



Escola de Tecnologias e Arquitectura

Departamento de Arquitectura e Urbanismo

Ricardo Luís Medeiros Cabral

Trabalho de projeto submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em
Arquitetura

**Componente teórica do trabalho de projeto realizado no âmbito da unidade curricular de
Projeto Final de Arquitectura**

Titulo tese

Vasco Rato, Professor Auxiliar do ISCTE-IUL

Lisboa, Outubro 2015

RESUMO

Os espaços públicos têm sofrido grandes transformações ao longo do tempo, provocadas pelas constantes alterações dos paradigmas da cidade e da sua população. A preocupação actual prende-se à sua flexibilidade e sustentabilidade, de forma a garantir espaços alternativos e viáveis para funções distintas e agradáveis.

Como tal, o presente trabalho vem ao auxílio das necessidades atuais dos espaços públicos e da população, por meio de um sistema de sombreamento de carácter efémero, que se adapta às diferentes amplitudes registadas ao longo do dia e do ano, sem comprometer a fisionomia do espaço. Pretende-se que o modelo reproduza na sua essência as qualidades térmicas e visuais, reconhecidas na sombra produzida pelas árvores, reforçando desta forma as condições de conforto no espaço público.

Objetivamente a estratégia consistiu em manipular a radiação solar de acordo com o seu ângulo de incidência, por meio de um processo geométrico que permitiu por sua vez deferir os períodos do dia e do ano em que se pretendia uma maior ou menor protecção solar. Resultando num conjunto de peças pequenas, sobrepostas e espaçadas entre si que permitem tanto a circulação e a refrigeração do ar, como a constante alteração dos padrões de sombra alcançados ao longo do dia e do ano.

Verifica-se que os respectivos padrões alteram-se por iniciativa da incidência solar, provocando um jogo de cheios e vazios que se revelam estimulantes visualmente à semelhança da sombra produzida pelas árvores. Desta forma foi possível aproximar os modelos da natureza à arquitetura, proporcionando por sua vez condições favoráveis para a prática de diversas actividades nos espaços públicos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Sombreamento; Espaços Públicos; Sombra; Árvores; Radiação Solar

ABSTRACT

The public spaces have suffered great transformations over time, caused by the frequent changes of the paradigms of the city and its population. The problem right now is due to the city flexibility and sustainability so that it is possible to guarantee alternative and viable spaces for distinct and pleasant functions.

As such, the current work comes to help the recent necessity of public spaces and population, through a system of shading with ephemeral features, which adapts to the different amplitudes recorded throughout the day and the year, without compromising the physiognomy of the place. It is intended that the model reproduce in his essence the thermal qualities and visuals, recognized in the shadow produced by the trees, thereby reinforcing the conditions of comfort in the public space.

Objectively the strategy was to manipulate the solar radiation according to its angle of incidence, with a geometric process that allowed accept or reject the periods of the day and year in which it was intended a greater or less solar protection. Resulting in a ensemble of small parts, overlapping and spaced between themselves which allow both the circulation and the air cooling, such as the frequent changing patterns of shadow achieved throughout the day and the year.

It can be observed that the respective patterns have changed by the sun incidence causing an empty and full game that reveal themselves visually stimulating like the shadow produced by the trees. In this way it was possible to bring the models of nature to the architecture, providing in its turn favorable conditions to the practice of different activities in public spaces.

KEYWORDS: Shading System; Commons; Shadow; Trees; Solar radiation

ÍNDICE

01.	INTRODUÇÃO	17
	01.1. ENQUADRAMENTO	17
	01.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA	18
02.	LUZ NATURAL	23
	02.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA	23
	02.2. LUZ DISPONÍVEL	25
	02.3. NECESSIDADES HUMANAS DE ILUMINAÇÃO	28
	02.3.1. CONFORTO TÉRMICO E VISUAL	29
	02.4. PARÂMETROS DE DESEMPENHO	34
	02.4.1. CONFORTO TÉRMICO E VISUAL	37
	02.4.2. BRILHO	40
	02.4.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÓMICA	41
03.	IMPACTO DA VEGETAÇÃO NO MEIO AMBIENTE	45
	03.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA	45
	03.2. QUALIDADES TÉRMICAS DA SOMBRA DAS ÁRVORES NOS ESPAÇOS PÚBLICOS	47
	03.3. CARACTERÍSTICAS E COMPORTAMENTOS	51
	03.3.1. EVAPOTRANSPIRAÇÃO	51
	03.3.2. TRANSMISSÃO	51
	03.3.3. ALBEDO	53

03.3.4. PERMEABILIDADE	52
03.4. RESTRIÇÕES TÉRMICAS	55
03.3.4. ESTRATÉGIAS PARA MELHORIA	56
04. CASOS DE ESTUDO	63
04.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA	63
04.2. INSIDE / OUTSIDE TREE	64
04.3. "THE FLOW" - A MULTIPURPOSE PAVILLION	66
05. COMPONENTE PRÁTICA: SISTEMA DE SOMBREAMENTO	71
05.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA	71
05.2. PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO	74
05.3. CONTROLE DA INCIDÊNCIA SOLAR	75
05.4. PADRÕES DE SOMBREAMENTO	83
05.5. MATERIAIS E SISTEMA CONSTRUTIVO	90
06. CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	94
07. BIBLIOGRAFIA	98

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 02

- 2.1 - Relação entre o sol e os movimentos da Terra** **26**
in <http://fotos.sapo.pt/becressmo/fotos/?uid=TGgWHKYZkdj3suAl1d28>
- 2.2 - Variação dos níveis de luz** **29**
in <http://www.helenebinet.com/photography/architects/le-corbusier.html>
- 2.3 - Curva internacional de luminosidade espectral relativa** **30**
in <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>
- 2.4 - Distribuição percentual da radiação solar incidente** **32**
in <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>
- 2.5 - Fundação Serralves, Álvaro Siza Vieira** **36**
in <http://www.dezeen.com/2009/05/23/selected-projects-by-alvaro-siza/>
- 2.6 - Igreja da Luz, Tadao Ando** **36**
in http://archpaper.com/uploads/qa_ando_05.jpg
- 2.7 - Unité d'Habitation de Berlin, Le Corbusier** **36**
in http://maimanohaz.blog.hu/2012/08/07/foto-kalendarium_lucien_herve_1910
- 2.8 - Secretariado em Chandigarh, Le Corbusier** **38**
in <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/47/37/9d/47379dcca97f8f909a2681b668e14d9f.jpg>
- 2.9 - Torre das Sombras, Le Corbusier** **38**
in <http://www.jaime-hernandez.com/Torre-de-las-sombras>

Capítulo 03

- 3.1 - As árvores como um refúgio às altas temperaturas **47**
in <http://www.merseyforest.org.uk/our-work/liverpool-green-infrastructure-strategy/>
- 3.2 - Desfrutando do sombreamento das árvores **47**
in https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ee/Relaxing_under_a_Tree_%282901573355%29.jpg
- 3.3 - High Line em Nova Iorque, (antes) **50**
in <http://blog.buildllc.com/2014/10/the-high-line-before-the-high-line/>
- 3.4 - High Line em Nova Iorque, (depois) **50**
in <http://www.archdaily.com.br/br/tag/high-line>
- 3.5 - Atividades no Verão, Parque Urbano em Madrid **57**
in <http://blogs.elpais.com/.a/6a00d8341bfb1653ef0167666c91fb970b-pi>
- 3.6 - Distribuição e diversidade nos elementos propostos, Parque Urbano em Madrid **57**
in <https://ymuchomas.files.wordpress.com/2013/05/legazpi.jpg>
- 3.7 - Controlo visual e Iluminação Noturna, High Line em Nova Iorque **58**
in <http://conexaomundo.com.br/o-inovador-high-line-park-em-new-york/#jp-carousel-18739>

Capítulo 04

- 4.1 - Primeiro modelo **64**
in <http://www.vam.ac.uk/blog/11-architects-build-small-spaces/sou-fujimoto-concept-model>
- 4.2 - Segundo modelo **64**
in <http://www.vam.ac.uk/blog/11-architects-build-small-spaces/sou-fujimoto-tensegrity-model>
- 4.3 - Modelo final **64**
in <http://futureproofdesigns.tumblr.com/image/53750640388>

4.4 - Modelo final em exposição	65
in http://www.designboom.com/architecture/sou-fujimoto-inside-outside-tree/	
4.5 - Várias atividades em simultâneo	66
in http://www.archdaily.com/589662/the-flow-a-multipurpose-pavilion-department-of-architecture	
4.6 - Atividade coletiva	66
in http://www.archdaily.com/589662/the-flow-a-multipurpose-pavilion-department-of-architecture	
4.7 - Sistema de sombreamento composto por duas camadas	67
in http://www.archdaily.com/589662/the-flow-a-multipurpose-pavilion-department-of-architecture	
4.8 - Camada superior e inferior	67
in http://www.archdaily.com/589662/the-flow-a-multipurpose-pavilion-department-of-architecture	

Capítulo 05

5.1 - Diagrama Solar Estereográfico	76
Imagem adaptada	
5.2 - Diagrama Solar Estereográfico: indicação dos períodos do dia e do ano que se pretende uma maior e menor proteção solar	77
Imagem adaptada	
5.3 - Processo geométrico: Obtenção do valor de (a)	81
Imagem do autor	
5.3.1 - Processo geométrico: Obtenção do valor de (b)	81
Imagem do autor	
5.3.2 - Processo geométrico: Entrada da luz solar de acordo com o seu ângulo de incidência	81
Imagem do autor	
5.3.3 - Processo geométrico: Obtenção dos valores (y) e (x)	81
Imagem do autor	

5.4 - Resultado final: Comparação entre o modelo proposto e o sombreamento produzido pelas árvores	82
Imagem do autor	
5.5 - Camada inferior	84
Imagem do autor	
5.6 - Camada superior	84
Imagem do autor	
5.7 - Planta de cobertura	84
Imagem do autor	
5.8 - Sombra obtida pela sobreposição das duas camadas	84
Imagem do autor	

INTRODUÇÃO

01

01. INTRODUÇÃO

01.1. ENQUADRAMENTO

O presente trabalho insere-se no âmbito da vertente teórica do Projecto Final de Arquitetura (PFA) integrado no plano de Mestrado do ISCTE-IUL.

O espaço construído resulta da intervenção do homem sobre a paisagem natural, atuando como um grande organismo no qual nos inserimos. Neste sentido, a necessidade de aproximar a arquitetura aos modelos naturais tem vindo a revelar-se iminente, uma vez que o espaço construído resulta na matéria manipulada da natureza pelo Homem e a nossa inserção neste meio tem vindo a desvirtuar muitas das suas características. Entender como o espaço construído pode condicionar e ser condicionado foi a base para o desenvolvimento desta dissertação.

Portanto, este estudo incide sobre as problemáticas atuais dos espaços públicos uma vez que são a chave para o bom funcionamento deste organismo. É nele que a sociedade tem a possibilidade de se expressar e se fortalece como um todo, devendo por este motivo ser o mais flexíveis possível, de forma a garantir espaços alternativos e viáveis para funções distintas e agradáveis. Pretende-se que estes espaços possam em simultâneo responder às necessidades térmicas dos seus utilizadores, proporcionando por sua vez condições favoráveis para a prática de actividades colectivas nos distintos períodos do ano.

Fortalecer as condições de conforto no espaço público manipulando em simultâneo todos estes fatores, foi neste sentido o desafio proposto para o desenvolvimento desta dissertação no presente ano letivo.

01.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

18

Nesta conjuntura, o objectivo principal prende-se ao desenvolvimento de um sistema de sombreamento de carácter efémero, que na sua essência reproduza as qualidades térmicas da sombra das árvores e ajude por sua vez a quebrar a rigidez encontrada em várias estruturas projetadas para o espaço público.

Pretende-se desta forma que o modelo proposto possa responder às distintas amplitudes registadas ao longo do dia e do ano, protegendo da radiação solar nos meses mais quentes e possibilitando por outro lado a transmissão de calor nos meses mais frios.

Portanto a estratégia consiste em manipular a luz solar conforme o seu ângulo de incidência por meio de um conjunto de peças pequenas e que por consequência da sua posição possibilitem, à imagem das árvores: um controle da luz solar ao longo do dia e do ano, a circulação e a refrigeração do ar e por conseguinte se estabeleçam padrões de sombra dinâmicos e estimulantes visualmente, aproximando desta forma os modelos da natureza à arquitectura.

Com base nestes pressupostos, o presente trabalho foca-se nas questões inerentes à incidência da luz natural e às características / comportamentos das árvores, para que seja possível estabelecer parâmetros que fundamentem e ajudem a definir critérios de construção para o respetivo sistema de sombreamento.

Tendo em conta os assuntos anteriormente referidos, esta dissertação é composta por quatro capítulos. Numa primeira fase serão abordadas as questões inerentes à luz natural e ao impacto da vegetação no meio ambiente, prendendo-se objectivamente ao entendimento das suas características e respetivas consequências face ao nosso conforto térmico e visual no espaço público.

Seguem-se dois casos de estudo, que por excelência fundamentam-se nestas questões e reconhecem nas árvores qualidades inerentes às suas características que acabaram por ser decisivas na realização dos seus projectos. O modelo “Inside/Outside Tree” realizado pelo arquiteto Sou Fujimoto e o projecto desenvolvido pelo Department of Architecture intitulado por “The Flow” - A Multipurpose Pavilion, foram neste sentido um apoio determinante na realização e contextualização do modelo proposto.

Como capítulo final, pretende-se desenvolver uma componente prática na qual seja aplicado todo o conhecimento adquirido nos temas anteriores. Neste sentido propõe-se a criação de um sistema de sombreamento que por meio de um processo geométrico dê resposta aos objectivos delineados e que por conseguinte seja um ponto de partida para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

LUZ NATURAL

02

02. LUZ NATURAL

02.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA

A luz natural é a principal fonte de energia da Terra, como tal é um elemento vital para todos os seres vivos. Tem a capacidade de iluminar e aquecer o nosso planeta, ou seja, é responsável pela sua manutenção e pelo bem-estar diário das pessoas, desde os aspetos visuais, até aos fisiológicos, que afetam o nosso comportamento, produtividade e estado emocional.

O sol é uma fonte de luz de posição variável, tanto durante o ano como ao longo do dia, o que provoca alterações na duração da luz disponível, na temperatura e na sua incidência. Portanto, as necessidades humanas de iluminação, sejam visuais ou fisiológicas alteram-se conforme a nossa localização e a atividade que pretendemos exercer. Estas mudanças são benéficas para o nosso conforto, no entanto um mau controlo destas relações poderá provocar deficiências no modo como utilizamos o espaço. Níveis abundantes de sombra ou sol no espaço público são normalmente as consequências mais evidentes destas constatações, resultando em condições inapropriadas para um uso corrente nas diferentes estações do ano.

Se é verdade que durante muitos ciclos da História do Homem a luz do dia foi a única forma eficiente de luminosidade, é também certo que foram sempre necessárias estratégias para a correta utilização, tendo em conta a orientação do sol, do local e das obstruções circundantes. Nesta conjuntura podemos referir que a luz disponível é, assim, consignada pela latitude, clima, e condições envolventes, no que toca a obstruções da luz e sua reflexão.

Neste seguimento importa definir que a iluminação natural de um novo projecto terá de ser coerente à obstrução possível de outros edifícios uma vez que estes podem limitar o seu acesso à luz do dia ou impulsionar as cargas térmicas de edifícios vizinhos ou locais em seu redor com a sua própria reflexão.

Como tal, neste capítulo serão abordadas três questões fundamentais: a luz disponível e as suas variações ao longo do dia e do ano, as necessidades humanas de iluminação no que diz respeito ao conforto térmico e visual tanto a nível quantitativo como qualitativo no espaço público, e por último, os parâmetros de desempenho que definem as relações entre as suas variações independentes e as necessidades humanas de iluminação. Portanto, a realização deste capítulo prende-se objetivamente ao entendimento das características da luz natural e das suas consequências, atendendo às necessidades humanas de iluminação no espaço público.

02.2. LUZ DISPONÍVEL

Desde a existência da humanidade que a luz disponível está associada ao dia e à noite. Esta condição natural permitiu ao Homem desenvolver uma noção temporal, definindo o dia como o período de atividade para a realização das suas tarefas e a noite como o período de refúgio e descanso. Torna-se evidente que este juízo consiste na sensação de conforto e segurança visual alcançada pelos níveis de luminosidade que se fazem sentir ao longo do dia, e por motivos opostos a sensação de insegurança inculcada pela noite.

A explicação para estes fenómenos está nos movimentos que o planeta Terra efetua de forma elíptica em redor do sol, e do seu próprio eixo, que se designam por movimento de translação e rotação. Neste sentido, são necessárias vinte e quatro horas para a Terra realizar por completo o movimento de rotação, estabelecendo desta forma o período de um dia. Devido à forma esférica do planeta Terra, durante este período uma parte do planeta está iluminada e a outra está obscurecida, dando origem aos dias e às noites. Estas constatações do senso comum juntam-se a outras de conhecimento geral como o movimento de translação, que se prolonga por 365 dias, e que nos dão a noção temporal de um ano. (Guimarães, 2003)

O eixo da Terra está inclinado $23,5^\circ$, como tal a luz solar não incide de forma igual nos dois hemisférios originando desta forma estações do ano inversas nos dois hemisférios. Verifica-se que quando é Verão num dos hemisférios será Inverno no hemisfério oposto, do mesmo modo quando for Outono num dos hemisférios será Primavera no hemisfério inverso. (Guimarães, 2003)

Portanto, a luz disponível na Primavera, no Verão, no Outono e no Inverno varia quanto à sua duração, inclinação e temperatura devido à inclinação do eixo terrestre e dos seus movimentos de rotação e translação como nos ilustra a Figura 2.1.

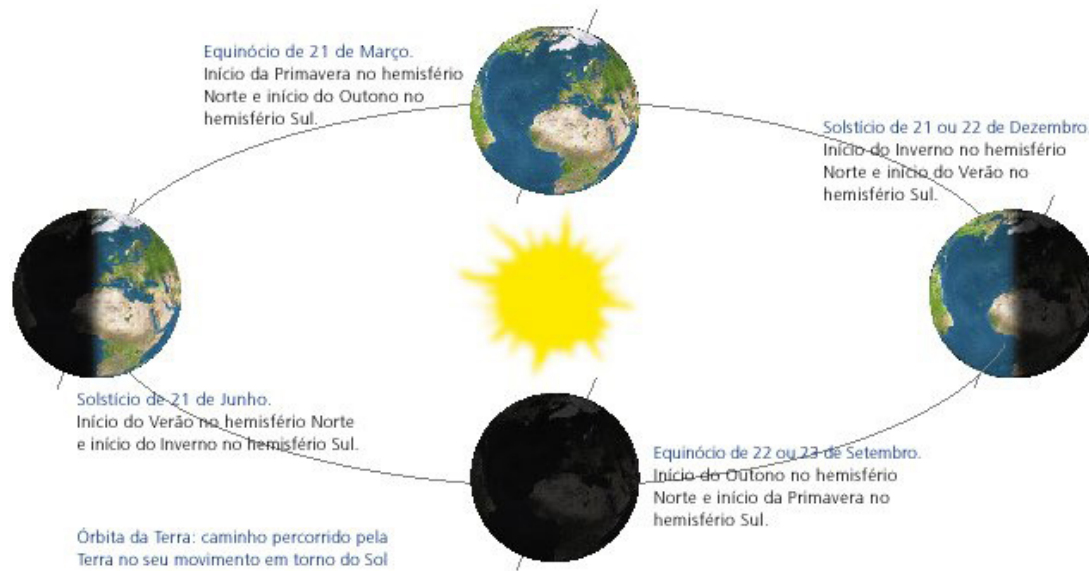


Figura 2.1 - Relação entre o sol e os movimentos da Terra

Por sua vez estes instantes são designados por Solstícios e Equinócios que representam o início e o final de cada estação do ano. Os equinócios ocorrem no dia 20 de Março e 22 de Setembro, assinalando o início da Primavera e do Outono no hemisfério norte e de forma inversa no hemisfério sul. O dia e a noite têm igualmente 12 horas de duração. Na Primavera os dias aumentam e as noites diminuem à medida que nos aproximamos do Verão, já no Outono acontece o processo inverso, os dias diminuem e as noites aumentam à medida que nos aproximamos do Inverno. Estas estações são caracterizadas pela sua temperatura amena, porque nestes instantes o sol incide com maior intensidade na linha do equador, distribuindo-se de forma igual nos dois hemisférios. (Guimarães, 2003)

Por outro lado, os Solstícios ocorrem no dia 21 de Junho e 21 de Dezembro, marcando o início do Verão e do Inverno no hemisfério norte e de forma oposta no hemisfério sul. Os solstícios também assinalam o dia mais longo do ano, no Verão e o dia mais curto no Inverno. À imagem do que acontece no Outono e na Primavera, os dias vão aumentando ao longo do tempo no Inverno e diminuindo no Verão. No Inverno o sol incide com maior declinação no plano terrestre, resultando assim nos dias mais frios do ano. No Verão ocorre o processo inverso, ou seja, o sol incide de forma mais direta num dos hemisférios, resultando consequentemente nos dias mais quentes do ano. (Guimarães, 2003)

02.3. NECESSIDADES HUMANAS DE ILUMINAÇÃO

Segundo a informação transmitida por (AAVV, 2000) percebemos que o conforto do usuário, sinónimo contemporâneo de necessidades humanas, está associado às características visuais e fisiológicas no que ao fator de iluminação diz respeito. Estas carências do ser humano alteram-se consoante a nossa localização, o período do ano em que nos encontramos ou aquilo que pretendemos executar.

Retomando ao trabalho realizado por Guimarães, verifica-se que o equador sinaliza um eixo de simetria em relação aos dois hemisférios. No entanto, devido à declinação do nosso planeta, ocorrem os denominados trópicos que por sua vez representam a linha de incidência solar perpendicular nos dias dos solstícios de verão (em cada hemisfério). Neste sentido, as linhas de latitude definem uma separação das necessidades humanas em termos de iluminação: ter ganhos de iluminação natural numa determinada latitude contrasta com o indispensável controlo de ganho de calor noutra lado do hemisfério.

No hemisfério norte, registam-se temperaturas mais elevadas nas localidades situadas a sul, sendo por esse motivo dada prioridade à prevenção do superaquecimento e primazia à refrigeração dos ambientes propostos. Por outro lado, à medida que as localidades se afastam da linha do equador e se aproximam do polo norte, a temperatura apresenta níveis mais reduzidos havendo necessidade de adaptar os projectos para uma maior captação de luz.

No hemisfério sul o fenómeno ocorre de forma inversa, ou seja, registam-se temperaturas mais elevadas nas localidades a norte, próximas da linha do equador. Em contra partida as localidades mais próximas do polo sul e por conseguinte mais afastadas da linha do equador caracterizam-se pela carência de iluminação natural havendo a necessidade de combater este fator com a maximização da entrada de luz natural nos edifícios. (Guimarães, 2003)

02.3.1. CONFORTO TÉRMICO E VISUAL

O conforto térmico e visual corresponde às respostas humanas relativamente a um ambiente iluminado, que vão desde os critérios de visibilidade até elementos psicológicos e cognitivos tais como a percepção, atenção, memória, raciocínio, juízo, imaginação, pensamento e linguagem. Por conseguinte, a luz pode afetar a nossa percepção das formas, das cores e o nosso comportamento social ou mesmo emocional. (AAVV, 2000)

É neste sentido que o arquiteto Juhani Pallasmaa (2011, p.44), valoriza a luz e a sombra no seu discurso, procurando entender estas questões mais sensoriais, ao afirmar que “As sombras profundas e a escuridão são essenciais, pois elas reduzem a precisão da visão, tornam a profundidade e a distância ambíguas e convidam a visão periférica inconsciente e a fantasia táctil.”

Portanto, a nossa percepção de conforto é constantemente alterada pela variação dos níveis de luz recebidos durante o dia e podem ser estimulantes através da sua distribuição, direccionalidade e movimentos desiguais, como nos mostra a Figura 2.2.



Figura 2.2 - Variação dos níveis de luz

Segundo Barbosa, a luz solar é composta por radiação eletromagnética, com diferentes comprimentos de onda. As que se situam no espectro visível são a mistura de todas as cores que resultam na luz branca, produzindo sensação visual, enquanto as ondas longas de baixa frequência e energia e as ondas curtas de alta frequência e energia não são visíveis a olho nu.

Neste sentido torna-se evidente que só é possível alcançar a percepção visual e a verdadeira reprodução de cores devido à presença da luz natural. Por sua vez, os olhos são o órgão que permite esta conexão entre a luz e a percepção da imagem, em três dimensões, por meio de impulsos elétricos provocados pelo nervo ótico e emitidos para o cérebro. A figura abaixo representa a “curva internacional de luminosidade espectral relativa”, indicando a sensibilidade de um olho humano médio, aos diversos comprimentos de ondas. (Barbosa, 2010)

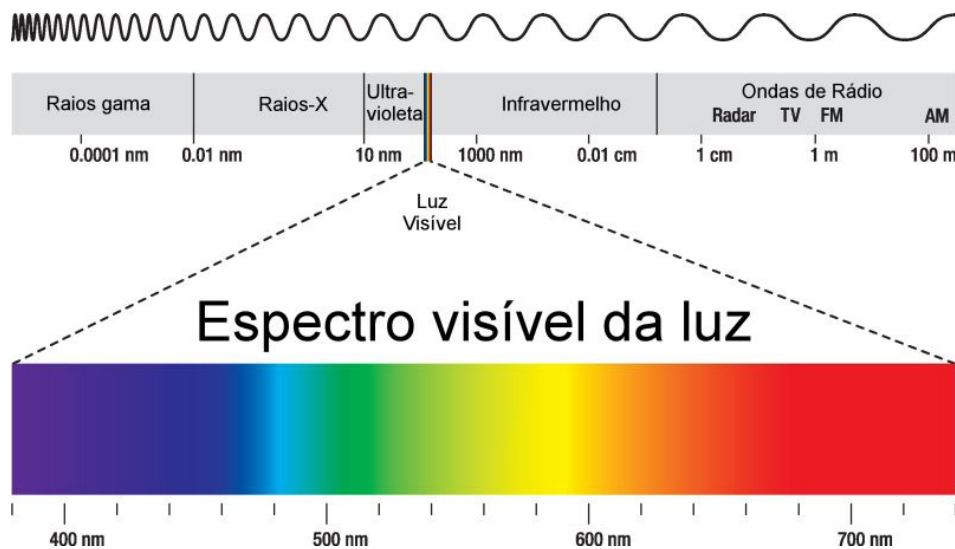


Figura 2.3 - Curva internacional de luminosidade espectral relativa

Quanto à questão da percepção das cores, o olho humano não reage de forma igual, revelando uma sensibilidade diferente conforme a intensidade de luz produzida. O comprimento de onda de 550 nanômetros é o mais estimulante, correspondendo ao amarelo esverdeado. Por outro lado, o vermelho (750nm) e o violeta (370nm) situam-se nas extremidades do espectro visível e correspondem a altos e baixos comprimentos de onda, resultando numa baixa acuidade visual. Quando há muita luz, radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) geram maior sensação visual durante o dia, no entanto, quando há pouca luz as radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) tornam-se mais perceptíveis durante a noite. Este fenómeno é conhecido por “efeito Purkinje”. (Barbosa, 2010)

Segundo o mesmo autor, a verdadeira reprodução de cores é importante para determinadas tarefas e pode afetar o julgamento e percepção do ser humano relativamente ao espaço. Portanto, é necessário em alguns casos um controle de qualidade das características da luz como a intensidade que corresponde ao brilho, a frequência que corresponde à cor e à polarização (ângulo de vibração). Como tal, o conforto visual é definido por uma distribuição uniforme da luz, pela falta de brilho e pelo entendimento real das cores e dos objetos tridimensionais.

Por conseguinte, trata-se aqui de apresentar algumas das estratégias definidas para que, em termos do conforto térmico e visual, os projetistas possam contrariar algumas condições deficitárias originadas pela posição da Terra em relação ao sol. A orientação é neste sentido um fator determinante na obtenção de ganhos solares, quer em termos quantitativos quer qualitativos, tornando-se desta forma parte integrante da execução de um projeto.

Os sistemas de iluminação natural como as janelas permitem não só a entrada de luz natural como a ventilação do espaço e o contacto visual com o exterior. No entanto, devido às mudanças climáticas que se fazem sentir ao longo do ano, estes sistemas também terão que se adaptar às nossas necessidades de iluminação sejam visuais ou fisiológicas. (AAVV, 2000)

Portanto a estratégia passa geralmente por fornecer mais luz no Inverno e menos no Verão, em função da sua orientação e da propagação da radiação solar que se manifesta de três formas distintas: direta, difusa e refletida. A imagem seguinte vem desta forma, ilustrar de forma clara a distribuição em termos percentuais da respetiva radiação solar incidente no nosso planeta.

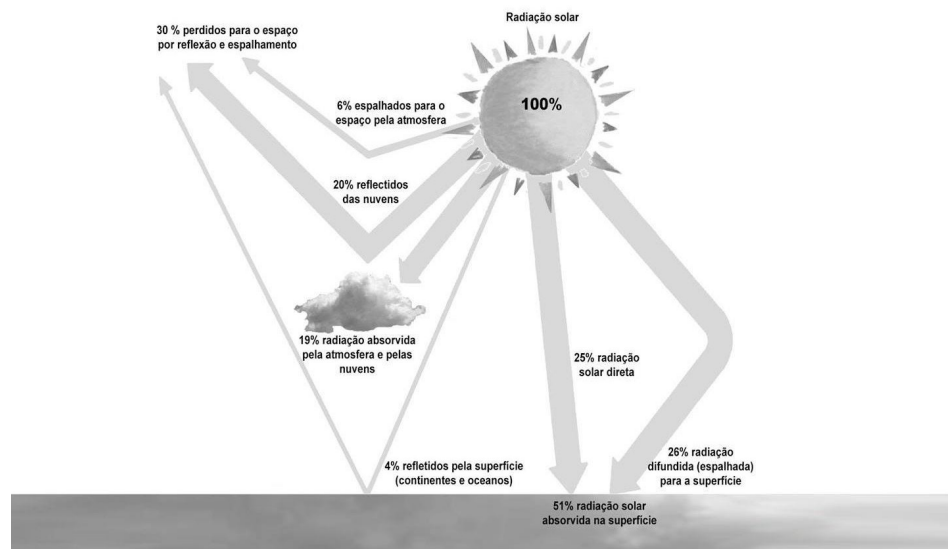


Figura 2.4 - Distribuição percentual da radiação solar incidente

Segundo Guimarães, no Inverno o sol apresenta-se numa posição mais baixa, neste sentido orientações a sul (no hemisfério norte) possibilitam um aproveitamento da radiação direta nos envidraçados, apontando sempre que possível para a maximização do conforto térmico. Por outro lado, no Verão o processo é inverso, ou seja o sol apresenta-se numa posição mais vertical, como tal a quantidade de radiação direta incidente nos envidraçados a sul (no hemisfério norte) é menos evidente do que no Inverno. Não obstante verifica-se que a radiação difusa apresenta níveis superiores no Verão, contribuindo desta forma para o aumento da temperatura exterior. (Guimarães, 2003)

Tendo em conta estes fatores as estratégias tomadas pelos arquitetos apontam normalmente para a construção de palas ou varandas nas fachadas a sul (no hemisfério norte). No entanto, a nascente e a poente os projetistas recorrem normalmente a sistemas de sombreamento, como os brise solei que podem ser fixos ou móveis, permitindo desta forma um redirecionamento da luz do dia conforme as necessidades humanas, tanto no Verão como no Inverno. Estas indicações, que mais não são que o aproveitamento da luz em cada hemisfério, nomeadamente a Norte orientar um edifício a Sul e vice-versa, possibilitam ao Homem, à partida, o atenuar de algumas consequências como a falta de luz num edifício. Sobretudo realçar que o conforto é, desde logo, uma prioridade a considerar na construção de um edifício para que visualmente e em questões térmicas seja estabelecida uma orientação correta e que por bônus da luz natural faça sozinha parte de um processo que torna o projecto a desenvolver num espaço confortável. (AAVV, 2000)

Em suma, para uma avaliação dos ganhos de luz natural em termos quantitativos e qualitativos, como a radiação solar e a luz visível podem ser utilizadas simples medidas, como já foi referido acima, no entanto é fundamental perceber que estes valores são alterados por meio da transmissão, reflexão, absorção, dispersão e difração.

02.4. PARÂMETROS DE DESEMPENHO

A variabilidade da luz disponível a partir do sol define-nos e ajuda-nos a calcular o adequado sistema de iluminação para um determinado local e consequente atividade a realizar no mesmo. Para tal, consignam-se os parâmetros de desempenho que nesta conjuntura associam-se às necessidades humanas de iluminação. Neste sentido, a tabela que se segue atua como uma base previamente estabelecida que facilita a compreensão da relação entre os parâmetros de desempenho da luz natural e as suas variações, permitindo deste modo responder às necessidades humanas de iluminação.

Parameters	Independent Variables	Baseline
Visual Comfort and Performance	Climate	Clear, unobstructed glass Glazing with shading system
Illuminance	Daylight availability	
Distribution	Temperature	
Glare	Site	
Direction	Latitude	
Visual Amenity	Local daylight availability	
Outside view	Atmospheric conditions	
Appearance	Exterior obstructions	
Apparent brightness	Ground reflectance	
Colour	Room	
Privacy	Geometry	
Social behaviour	Surface reflectances	
Thermal Comfort	Window	
Device Characteristics	Size	
Building Energy Use	Placement	
Lighting Energy	Orientation	
Space conditioning energy	Daylighting system	
Shading system	Shading system	
Peak demand	Lighting System	
Economy	Ambient and task system	
Codes and Standards	Control system	
Construction & Systems Integration	Task	
Product data	Reading, writing	
Systems integration	Computer or self-illuminating equipment	
User considerations	Occupancy schedule	

Tabela 2.1 - Parâmetros de desempenho

Fonte: (AAVV, 2000, p.3-2.)

Na prática serão a lei ou a regra para circunscrever a uma construção específica, a utilização ou não, de um determinado sistema de iluminação. Acrescente-se o facto de a variabilidade referida anteriormente ser ainda calculada para um espaço que esteja confinado a uma determinada tarefa. (AAVV, 2000)

Portanto, a performance da luz natural é condicionada por uma série de fatores que por sua vez afetam o nosso desempenho, como tal é exigido aos arquitetos um domínio sobre estas questões. Neste sentido, a tabela que se segue atua como uma base previamente estabelecida que facilita a compreensão da relação entre os parâmetros de desempenho da luz natural e as suas variações, permitindo deste modo responder às necessidades humanas de iluminação.

Deste modo, o objectivo principal prende-se ao facto de se conquistar a máxima independência da iluminação artificial, reforçando como é óbvio as redes e sistemas de luz natural. Objetivar um edifício tendo em conta todos estes parâmetros possibilita ao arquiteto dosear a quantidade ideal de luz natural, face às necessidades humanas de iluminação nas distintas estações do ano.

No entanto, os parâmetros de desempenho referidos acima são geralmente dados adquiridos de um projeto, como tal, arquitetos como Alvaro Siza, Tado Ando, Le Corbusier, Louis Kahn entre outros, aprofundam estas questões e mostram como é possível criar espaços impressionantes com a luz apoiando-se não só em aspetos quantitativos mas sobretudo em aspetos qualitativos. Para estes arquitectos a manipulação das formas arquitectónicas advêm de um processo meticuloso, que consiste na relação entre a luz e a sombra sobre o objeto construído, resultando em espaços estimulantes e que refletem o seu pensamento.

Uma pala horizontal, por exemplo, funciona até certo ponto, como dispositivo de proteção solar porque ajuda a redirecionar a luz solar e em parte controla o brilho. As arcadas, os átrios, as varandas e a janela profunda são outros exemplos de gestos simples de projeto arquitetónico que vêm atenuar a luz do dia, proporcionando espaços diversificados e estimulantes visualmente.

Todavia os arquitetos Álvaro Siza Vieira, Tadao Ando e Le Corbusier vão mais longe e incorporam estes elementos na composição das suas obras, oferecendo ao espectador um diálogo entre a função e a emoção, tal como ilustram as imagens seguintes.



Figura 2.5 - Fundação Serralves, Álvaro Siza Vieira



Figura 2.6 - Igreja da Luz, Tadao Ando



Figura 2.7 - Unité d'Habitation de Berlin, Le Corbusier

02.4.1. DISTRIBUIÇÃO

A incidência da luz solar por si só não responde a todas as necessidades humanas de iluminação, neste sentido, um controle da sua distribuição é um fator determinante na concepção de um Projecto.

É de realçar a importância de um certo grau de uniformidade do plano de trabalho para que seja possível a realização de uma determinada tarefa. Caso contrário uma má visibilidade e desconforto visual podem resultar em lesões nos olhos por serem forçados a adaptar-se rapidamente a uma série de níveis de luz distintos. A distribuição da iluminação é medida de ponto a ponto, através de um plano de trabalho horizontal, a uma altura de 0,8 m acima do chão, apoiados em índices de luminância, que são utilizados para quantificar a uniformidade de iluminação. (AAVV, 2000)

Um certo equilíbrio, entre uma luz difusa e uma mais direcional, proporciona uma correta compreensão das propriedades de uma superfície, como a forma, a profundidade e a textura, possibilitando modelar e avaliar os objetos tridimensionalmente. Por outro lado, se a luz for demasiado difusa, há pouca sombra e se a luz for bastante direcional ocorre muita sombra impossibilitando a compreensão do espaço.

Segundo Juhani Pallasmaa (2011, p.44), “A luz forte e homogénea paralisa a imaginação do mesmo modo que a homogeneização do espaço enfraquece a experiência da vida humana e arrasa o senso do lugar”

Portanto, constata-se que aumentar a luz do dia útil em espaços com maiores profundidades em climas com céu predominantemente nublado e controlar a incidência da luz direta em climas muito ensolarados, são estratégias utilizadas para minimizar estas condições adversas. O objetivo principal destas estratégias é estabelecer uma maior uniformidade na distribuição da luz, um equilíbrio dos brilhos e a redução do sobreaquecimento sem comprometer a entrada da luz do dia e a relação com as vistas para o exterior. (AAVV, 2000)

No âmbito geral, as técnicas mais tradicionais como as clarabóias, saliências e lamelas horizontais ou verticais são exemplos de sistemas fixos utilizado por vários arquitetos para dispersar a luz solar direta, normalmente em baixas latitudes, e em climas quentes. Têm como grande vantagem a sua simplicidade e eficácia, no entanto podem interferir com as vistas exteriores.

Ainda assim arquitetos como Le Corbusier demonstram nas suas obras, um domínio sobre estes elementos, alcançando um diálogo entre a luz e a sombra que por excelência dinamizam e organizam o espaço, como nos ilustram as Figuras 2.8 e 2.9.



Figura 2.8 - Secretariado em Chandigarh, Le Corbusier



Figura 2.9 - Torre das Sombras, Le Corbusier

Por outro lado sistemas mais avançados de sombreamento e redirecionamento da luz natural, tais como painéis de corte a laser, prateleiras de luz, grelhas, cortinas e outros sistemas móveis, permitem ajustar a distribuição da luz conforme a necessidade do ocupante. São concebidos para obter sombra e proteger do brilho quando necessário, interferindo ou não com a visão para o exterior, dependendo da intenção do arquiteto na manipulação das vistas.

No entanto, uma correta avaliação destes sistemas de protecção solar, é necessário considerar uma série de fatores que por vezes é complexa na sua apreciação. Desde logo, a luz variável do sol é por si só, devido ao número de condições a avaliar, um desses fatores, tal como a nossa localização ou a tarefa para que é destinado, obrigando por vezes que sejam consideradas todas as vistas no interior de um espaço para posteriormente seleccionar o compartimento certo para determinada tarefa. Como condicionantes refira-se a luminância de obstruções exteriores como outros edificios que se opõe ou mesmo o próprio solo através da reflexão de pavimentos extremamente refletores. Sublinhe-se, uma vez mais, que estas condicionantes podem variar com as condições atmosféricas. Nesta conjuntura torna-se evidente que as pessoas têm maior capacidade de aceitação das variações da densidade ou intensidade da luz quando esta é natural do que quando os espaços são iluminados artificialmente. (AAVV, 2000)

Como tal, pode-se concluir que a uniformidade de luz em todo o espaço é fundamental, devendo, desta forma, os sistemas de luz natural alcançar o máximo proveito, a partir da sua orientação, posição e dimensionamento. Recorrendo por vezes a ferramentas como mapas de luminância que permitem ao arquiteto medir ou simular situações reais para um determinado local, evitando ou corrigindo à priori danos inesperados.

02.4.2. BRILHO

No seguimento dos temas abordados o sinaliza-se a importância do brilho, definido pela quantidade de luz indesejada no campo visual, causando desconforto e uma redução da capacidade visual, devido à falta de contraste entre o objeto e o plano do fundo. Por vezes o brilho impossibilita o desempenho de uma determinada tarefa, um bom exemplo é o encandeamento que a incidência solar provoca nos condutores, particularmente ao início e ao final do dia, inviabilizando e limitando o seu campo de visão e conseqüentemente o seu desempenho. A origem destes distúrbios pode estar tanto numa fonte luminosa situada na mesma direção do observador como vimos acima, ou por reflexão da mesma, produzida por superfícies como o vidro das janelas ou pelos ecrãs dos computadores que ao entrarem em contacto direto com a incidência da luz solar acabam por reflectir o ambiente envolvente, impossibilitando deste modo executar a tarefa pretendida. (AAVV, 2000)

Tendo em conta estes factores, torna-se evidente que os sistemas de iluminação natural por vezes carecem de proteção solar contra o brilho e seus reflexos. É neste sentido que alguns laboratórios estão a desenvolver uma das tecnologias mais inovadoras e promissoras, denominada por vidro electrocrómico que tem a capacidade de ajustar a transmissão de radiação e o seu brilho, sem alterar a distribuição da luz do dia, ou seja a sua performance é alterada consoante os níveis de intensidade da luz solar e a sua temperatura. (AAVV, 2000)

Em suma, pode-se concluir que estes e outros sistemas mais tradicionais enunciados no capítulo anterior têm como principal função proteger da luz direta do sol e do seu brilho, possibilitando redireccionar a luz do dia em função da posição do sol, ou seja viabilizam um controle simultâneo entre os ambientes visuais e térmicos.

02.4.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÓMICA

Quando falamos em eficiência energética, podemos dizer que para existirem níveis suficientes para assegurar tarefas ou a correta iluminação de um determinado ambiente é fundamental ter em consideração a luz disponível. Fator decisivo para uma necessária compensação de energias quer em termos de eficiência quer a nível económico.

Analisar uma série de estatísticas que correspondam ao desempenho da iluminação natural ao longo de um ano civil, segundo (AAVV, 2000), pode ser uma forma eficaz de prever o uso energético de iluminação estimado para um determinado local de forma a obter a máxima eficiência energética e económica.

Ainda assim, o descontrolo meteorológico que o senso comum designa pela mudança repentina de alguns climas, pode levar à necessidade da utilização de ar condicionado como meio de combate aos ganhos excessivos de radiação solar ou pelo uso excessivo de iluminação artificial.

Conclui-se que a relação custo/eficiência pode ser analisada quando nos referimos aos sistemas de iluminação natural como contributo e conseqüente diminuição dos custos de um sistema de ar condicionado de um determinado edifício. Se por um lado os sistemas naturais podem obrigar à correta manutenção e a diversos custos da instalação, a aceitação destes inconvenientes por vezes depende igualmente dos seus proprietários, quer em termos da mentalidade ecológica que possuem ou do real fim a que se destina o edifício ou espaço em questão.

IMPACTO DA
VEGETAÇÃO
NO MEIO AMBIENTE

03

03. IMPACTO DA VEGETAÇÃO NO MEIO AMBIENTE

03.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA

As árvores têm um papel fundamental tanto na manutenção do nosso planeta como no comportamento do ecossistema, portanto são um elemento vital para todos os seres vivos, e preponderantes para o nosso bem-estar. Desde logo, são determinantes na produção de oxigénio e na retenção de gases carbónicos por meio da realização da fotossíntese. Este processo concretiza-se por meio da transmissão da energia solar, permitindo à vegetação absorver e reter tanto minerais como dióxido de carbono, transformados em oxigénio e libertados posteriormente para a nossa atmosfera.

Portanto, pode-se concluir que este fenómeno permite não só manter os níveis de oxigénio na Terra, ao qual todos os seres vivos dependem, como também refrescar e purificar o ar por meio da evapotranspiração das suas folhas e enriquecer o solo através das suas raízes no processo de absorção de água evitando, ao mesmo tempo, a erosão do terreno.

As árvores no seu estado natural oferecerem-nos estas qualidades mas o Homem foi mais longe e desde muito cedo começou a utilizar a matéria-prima destas para seu benefício. Exemplo desta constatação é a utilização dos seus frutos para alimentação, da madeira para aquecimento com a obtenção de lenha, a edificação de abrigos ou mesmo para sua defesa com a construção de armas. Com o passar dos tempos a tecnologia evoluiu e permitiu desenvolver novos produtos como o papel através da obtenção da celulose, a borracha por meio do latex, a cortiça extraída do sobreiro e muitos outros elementos utilizados em menor escala como por exemplo a resina.

Na arquitetura, as árvores por si só desempenham um papel fundamental no nosso conforto tanto a nível visual como fisiológico. A obtenção da sua sombra, a qualidade do ar circundante, a absorção das águas da chuva e fundamentalmente o equilíbrio entre a natureza e o espaço construído são exemplos do impacto que estas têm na nossa existência.

Como tal, os arquitetos apoiam-se nas suas características para qualificar os seus projectos, procurando deste modo responder aos requisitos da população. Por outro lado a sua matéria-prima como a madeira também é utilizada na construção de edifícios, começando na sua estrutura, passando na utilização da mesma para revestimentos até ao mobiliário. Esta escolha ocorre normalmente por se tratar de um material natural renovável com altos índices de resistência, de fácil utilização e manutenção, transmitindo ainda um ambiente confortável para o utilizador. (Almeida, 2006)

No seguimento destes conceitos e do objetivo final, este capítulo servirá para entender a relação entre a luz, as árvores e a arquitetura, incidindo sobre as qualidades térmicas da sombra de uma árvore, tantas vezes procurada pelo Homem como refugio a temperaturas elevadas ou mesmo como um simples local de contemporização. Nesta conjuntura os temas mais explorados serão as suas características, comportamentos e a relação entre a sombra que produzem e o impacto que provocam no microclima, tentando estabelecer padrões e parâmetros que possibilitem um entendimento sobre esta questão e viabilizem a realização do projeto final.

03.2. QUALIDADES TÉRMICAS DA SOMBRA DAS ÁRVORES NO ESPAÇO PÚBLICO

O ser humano foi sempre capaz de se adaptar às diferentes condições climáticas com os meios que estavam ao seu alcance, no entanto com o desenvolvimento da tecnologia foram surgindo novas formas de otimizar os espaços menos confortáveis do homem.

Neste sentido, a evolução das tecnologias colocou as estratégias de combate às deficiências térmicas noutra patamar. Foram inventados sistemas para combater as altas temperaturas no interior de um edifício, como o ar condicionado, estratégias que surgiram para combater o desconforto térmico.

No exterior, apesar da evolução da tecnologia temos nas árvores um refúgio. A sua sombra é preponderante no combate e proteção de quantidades elevadas da luz solar no meio urbano como nos ilustram as imagens seguintes.



Figura 3.1 - As árvores como um refúgio às altas temperaturas



Figura 3.2 - Desfrutando do sombreamento das árvores

Portanto, a responsabilidade do arquiteto prende-se à manipulação destas condicionantes, de forma a maximizar as condições de conforto no espaço público e por sua vez possibilitar a combinação do maior número de atividades nas distintas estações do ano.

Nestas circunstâncias, torna-se fundamental que os arquitetos, ao projetarem um determinado edifício, estabeleçam numa primeira instância um compromisso com o lugar, determinando as suas diretrizes face às condicionantes da cidade e da natureza, nomeadamente a sua estrutura urbana e o seu clima. (Martinez; Moure; Meseguer, 2014)

Os autores (Dimoudi; Nikolopoulou, 2003) no artigo *Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits*, reforçam este ponto de vista ao afirmar que para o sucesso de um espaço público é necessária uma correta utilização da vegetação no contexto urbano. Deve-se ter em conta determinados fatores, como o acesso à luz do dia e as conseqüentes alterações térmicas que afectam o microclima e os edifícios circundantes por meio do seu sombreamento e evapotranspiração.

O impacto do uso de vegetação no espaço público afecta não só as questões térmicas mas também a qualidade do ar e os níveis de ruído. Para tal efeito e como nos explica este artigo, foram realizados estudos paramétricos com o objetivo de estudar o microclima, face ao uso de vegetação no espaço público.

Numa primeira abordagem, é fundamental ter por base critérios idênticos quando se trata de comparar os estudos efetuados para implementação de um determinado tipo de vegetação num espaço. Ou seja, a projeção e colocação de uma árvore num contexto urbano, deve ser realizada tendo em conta as suas características de modo a que possa responder às carências específicas de cada local.

Desta forma torna-se fundamental identificar o tipo correto de vegetação, tendo como alvo de comparação outros casos de estudo, de modo a precaver situações indesejadas e se possível acrescentar novas valências ao espaço.

Com base nos autores (Dimoudi; Nikolopoulou, 2003), seguem-se os critérios mais relevantes pelos quais os projetistas se devem basear para a utilização correta e coerente da vegetação no contexto urbano:

- densidade urbana;
- orientação;
- tamanho da área verde;
- a espécie da vegetação.
- condições climatéricas, como a velocidade do vento e temperatura do ar ambiente;

Portanto, uma compreensão deste encadeamento de relações entre a vegetação, o clima e o espaço urbano é fundamental para uma análise correta e coerente quando o arquiteto é chamado a intervir no espaço público. Uma estimativa da diminuição da temperatura ambiente, face à utilização de vegetação num contexto urbano é fundamental. Como tal é necessário identificar simples características que permitam um uso adequado da vegetação, sustentadas pelas características específicas para diferentes contextos climáticos e texturas urbanas. (Dimoudi; Nikolopoulou, 2003)

Com base neste artigo, ficou patente que a vegetação reduz a temperatura do ar, por meio da sua sombra, na área efetiva em que é implementada. Além desta evidência, e com a mesma importância, constata-se que esta alteração ou redução da temperatura se estende nas periferias das zonas onde se encontra esta vegetação, particularmente do lado sotavento.

Além da redução da temperatura do ar, a maior presença de vegetação num contexto urbano pode, ainda, potenciar o maior uso do espaço público. Ganhamos pela forma eficaz de amenizar os ganhos de calor e ao mesmo tempo damos azo ao maior usufruto dos espaços urbanos, como é evidente no célebre projeto High Line em Nova Iorque. (Figuras 3.3 e 3.4).

Em suma, esta temática foi elaborada com o intuito de alcançar o entendimento dos efeitos térmicos face à utilização da vegetação no contexto urbano. Verifica-se que o microclima tende a melhorar com o uso adequado da vegetação, permitindo desta forma reduzir as temperaturas elevadas, tanto nas proximidades da sua implantação como nas áreas circundantes. Portanto a inclusão destas medidas nos projetos de arquitectura revela-se de elevada importância uma vez que potencializam a ocupação do espaço público, fator decisivo no planeamento urbano.



Figura 3.3 - High Line em Nova Iorque, (antes)



Figura 3.4 - High Line em Nova Iorque, (depois)

03.3. CARACTERÍSTICAS E COMPORTAMENTOS

Esta temática tem como foco principal o entendimento das características e comportamentos da vegetação, com a finalidade de aprofundar as questões abordadas no capítulo anterior. Contudo, a quantidade indeterminada de espécies de vegetação existentes no nosso planeta impossibilita o conhecimento total das suas variantes, ainda assim é possível identificar determinados atributos em comum. Com base nos autores (Dimoudi; Nikolopoulou, 2003) e (Fernandes, 2012) foi possível nomear um conjunto de características e comportamentos, inerentes aos fatores que possibilitam a vegetação alcançar determinadas qualidades térmicas:

03.3.1. EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A Evapotranspiração é um processo determinante na redução da temperatura do ar, uma vez que aumenta os níveis de humidade, provocando assim o seu arrefecimento. Dados publicados sobre a evapotranspiração, como taxas máximas e mínimas, permitem estabelecer valores apropriados para diferentes tipos de vegetação.

03.3.2. TRANSMISSÃO

Este parâmetro refere-se ao efeito da vegetação em relação ao acesso de luz solar, variando de acordo com as estações do ano e o tipo de vegetação. No caso da vegetação de folha caduca verifica-se uma maior disponibilidade ao acesso da luz solar no Outono e no Inverno ao contrário das espécies de folha persistente. A sua sombra é decisiva na redução de trocas de calor, tanto para o espaço público como para os edifícios envolventes, ao atenuar temperaturas indesejadas em todas as superfícies, ou seja, nas janelas, nas paredes, nos pavimentos e nas coberturas.

03.3.3. ALBEDO

Este parâmetro refere-se à quantidade de radiação recebida e emitida, portanto está diretamente ligado aos aspetos térmicos do meio ambiente tendo em conta o acesso à luz do dia. É de salientar que as espécies de folha caduca registam níveis menos constantes ao longo do ano por perderem a sua folhagem nos meses mais frios, resultando em albedos com níveis elevados no Verão e mais baixos no Inverno.

03.3.4. PERMEABILIDADE

Este parâmetro refere-se aos níveis de transparência da vegetação que permitem, tanto o controle visual do espaço, como a circulação do vento e consequente redução de calor. Interpretada por (Fernandes, 2012, p.8), como "a possibilidade de ligação visual e física com a envolvente, contribui para a conexão das diversas estruturas constituídes do espaço urbano".

03.4. RESTRIÇÕES TÉRMICAS

Tal como já foi referido nos capítulos anteriores, as restrições térmicas estão diretamente associadas às condicionantes bioclimáticas como a orientação, a radiação solar, o vento, a humidade e outras questões ambientais como por exemplo o tipo de vegetação utilizada no espaço público. Neste sentido revela-se de elevada importância entender estas questões na sua conjuntura, uma vez que são determinantes para o nosso conforto térmico, influenciando à partida a nossa produtividade, estado emocional ou mesmo o nosso desempenho nas diferentes épocas do ano. (Almeida, 2006)

Com base nos autores (Martinez; Martí-ciriquián; Moure, 2013), conclui-se que as condições de conforto no espaço público estão dependentes tanto das restrições térmicas como por inúmeros fatores, como: a ocupação, a escala e a paisagem urbana, a percepção de segurança, o conforto acústico, a qualidade do ar e ainda a utilização do tipo de vegetação no desenho urbano.

Como tal, os respectivos autores indicam que foram realizados estudos extensivos dos indicadores de sustentabilidade ambiental estabelecendo ao longo do tempo as condições para espaços termicamente confortáveis. Estas investigações indicam-nos, por exemplo, que em função da configuração do espaço e seus materiais e do microclima qual o tempo que um indivíduo consegue estar exposto a uma determinada condição térmica, desta forma. Neste sentido, a área de conforto térmico no Inverno e no Verão é determinada objetivamente através de diagramas climáticos ou tabelas que se adaptam a diferentes latitudes.

“(…) El mayor porcentaje de individuos confortables en invierno se da ante una temperatura efectiva de 23°C, mientras que en verano corresponde a 25°C (...) medidas en ambientes en calma con un 50% de humedad relativa” (Martinez; Martí-ciriquián; Moure, 2013, p.67) baseado em (BEDOYA, Cesar; NEILA, F. Javier, 1997).

Objetivamente refira-se que uma pessoa terá, desta forma, de encontrar um espaço com respostas específicas para a estação em que se encontra, obtendo assim o desejado conforto térmico. Portanto, a frequência e a forma como as pessoas usufruem do espaço público está diretamente ligada a estas restrições e varia consoante as condições climatéricas.

Os fatores que influenciam o conforto de um espaço público em concreto podem, agora, ser analisados em simultâneo por meio de diversos softwares, nomeadamente o Envi-met, o Townscope, o Radthem entre outros. Ao incluir nos projetos o estudo destes fatores, pode-se simular situações reais e assim prevenir condições indesejadas, contribuindo desta forma para um maior conforto do espaço a utilizar. Objetivamente, a adaptação passa por garantir nas variadas áreas de um espaço a exposição à radiação solar, preparando-as para receber esta luz nas diferentes estações (com temperaturas e humidades diferentes) melhorando consequentemente o conforto térmico. (Martinez; Martí-ciriquián; Moure, 2013)

03.4.1. ESTRATÉGIAS PARA MELHORIA

Propõe-se neste seguimento uma temática a abordar estratégias que possibilitem contornar as condicionantes descritas no capítulo anterior. Tal como já foi descrito acima o objetivo passa por alcançar o resultado ideal face às necessidades do utilizador e as características do local. Fatores como a orientação, escala urbana, ocupação e a segurança, tornam-se desde já indispensáveis para a concretização de um espaço público que funcione na sua plenitude.

Uma das estratégias consiste em projetar espaços com a escala apropriada para as atividades a serem executadas no exterior. Ou seja, encontrar uma relação entre a altura, a largura e a distância a que se encontram os edifícios, permite estabelecer um controle da incidência solar e da sua sombra projectada, pelas obstruções adjacentes ao espaço público. (Almeida, 2006)

Posteriormente, o desenho do piso térreo torna-se para os arquitetos algo a definir com atenção, por se tratar do elo de ligação entre os edifícios e a cidade. É precisamente por estas razões que determinados arquitetos como Le Corbusier projetaram edifícios sustentados por pilotis, potencializando deste modo o espaço público num sentido de continuidade e comunidade.

Promover o equilíbrio na ocupação destes espaços e a interacção entre o cidadão e cidade passa por ser, desta feita, fulcral. Nesta conjuntura é quase consequente o acolhimento de distintas atividades que correspondem, por regra, às necessidades do usuário, como ilustra a Figura 3.5. Em termos concretos pode-se acrescentar como exemplo as praças e espaços abertos que devem ser ventilados no verão e protegidos nos meses mais frios por elementos de protecção tanto temporários como permanentes. (Almeida, 2006)



Figura 3.5 - Atividades no Verão, Parque Urbano em Madrid



Figura 3.6 - Distribuição e diversidade nos elementos propostos, Parque Urbano em Madrid

Quebrar a monotonia dos espaços públicos por meio da distribuição da vegetação e pelo uso de diversos pavimentos, são algumas das estratégias normalmente adotadas pelos projetistas, no sentido de estimular visualmente os seus utentes, (Figura 3.7). Nomeadamente, a utilização de diferentes portes e espécies de vegetação, tal como a aplicação de pavimentos com diversas texturas e padrões permitem reforçar estas vontades. Por sua vez, a projeção de condições distintas para o mesmo espaço, possibilita uma maior flexibilidade e conseqüentemente a ocupação por parte da população nos distintos períodos do dia e do ano. (Martinez; Moure; Meseguer, 2014)

No entanto, estas medidas devem ser aplicadas sem comprometer o controlo visual do espaço público. Como tal, a utilização de vegetação com altos índices de transparência ou de baixo porte possibilitam uma maior vigilância entre os cidadãos e uma conseqüente perceção de segurança. A ausência de obstrução visual contribui para a segurança dos indivíduos. Ao verificarmos, in loco, a fluidez de um espaço, podemos obter a sensação de segurança. Esta noção aliada, por exemplo, a outras estratégias como uma reforçada iluminação destes locais ajudam a ter uma impressão de confiança aos ocupantes como se verifica na imagem seguinte. (Martinez; Martí-ciriquián; Moure, 2013)

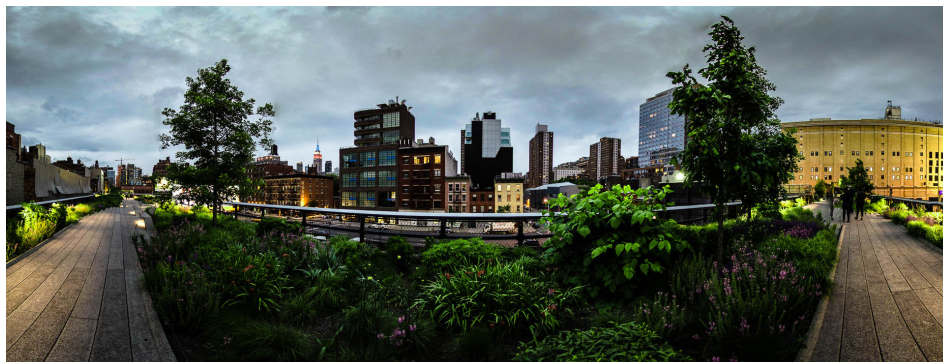


Figura 3.7 - Controlo visual e Iluminação Noturna, High Line em Nova Iorque

A utilização de espécies de vegetação que sejam capazes de absorver CO₂ é outra estratégia de importância redobrada. A esta medida podemos associar o controle de tráfego automóvel nas imediações dos espaços públicos. Neste último caso, precavendo a sociedade da poluição ambiental inerente, encontramos como solução a criação de barreiras anti-ruído e adoção de pavimentos e materiais que absorvam ruídos indesejáveis. (Almeida, 2006)

Em suma, o espaço público sempre foi de elevada importância para um arquiteto. Estratégias para a sua valorização, mais não são que um redobrar e reforçamento do mesmo. Projetar um espaço urbano para que funcione na sua plenitude é uma tarefa que parte à conquista de um equilíbrio dos fatores falados nesta tese interligando-os com as estratégias mencionadas neste capítulo. A sua interligação torna-se essencial para o espaço público ideal, compreendendo a cidade como um todo.

CASOS DE
ESTUDO

04

04. CASOS DE ESTUDO

04.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA

Todos os parâmetros referidos nos capítulos anteriores devem ser dados adquiridos para quem projeta um espaço, entendendo as suas relações para garantir o máximo proveito do espaço em questão. As questões analisadas são na sua grande totalidade inerentes ao estudo de um arquiteto. Estas matérias fazem parte da bagagem de um projetista sendo que por vezes alguns estendem o seu conhecimento procurando desenvolver ou aprofundar esse “know how” com mais estudos pormenorizados.

No mundo da arquitetura arquitetos como Tado Ando, Louis Kahn, Sou Fujimoto entre outros vão mais além e procuram na luz, na sombra e nas árvores pistas e respostas para o desenvolvimento dos seus projetos. São casos óbvios de indivíduos que manipulam e têm conhecimentos que desenvolvem de uma forma mais expressiva, baseando-se nas capacidades destes fatores para a projeção dos seus projetos. O enfoque é dado à luz ou às sombras como ferramenta e pretexto para a realização dos seus trabalhos.

Como tal, neste capítulo serão analisados dois projectos que se apoiam precisamente nestas questões. São os casos do modelo “Inside/Outside Tree” realizado pelo arquiteto Sou Fujimoto para o museu Victoria and Albert Museum em Londres, e do projecto desenvolvido pelo Department of Architecture intitulado por “The Flow” - A Multipurpose Pavilion, localizado em South Bang Saen, na Tailândia.

Os respetivos projetos reconhecem nos modelos naturais, nomeadamente nas árvores qualidades inerentes às suas características que por sua vez acabaram por ser decisivas na realização dos seus projetos e no desenvolvimento do modelo proposto nesta dissertação. Por um lado o arquiteto Sou Fujimoto explora a complexidade dos modelos naturais dentro de um contexto mais abstrato e figurativo, por outro lado o modelo realizado pelo Department of Architecture aborda estas questões de forma mais objetiva, baseando-se nas qualidades térmicas da sombra das árvores.

04.2. INSIDE / OUTSIDE TREE

Inside / Outside Tree é o resultado de um conceito elaborado por Sou Fujimoto e restante equipa, para o museu Victoria and Albert Museum em Londres cujo desenvolvimento foi acompanhado pelo site oficial do respetivo museu. Ao longo deste procedimento o site online do Victoria and Albert Museum, permitiu aceder a visitas e entrevistas efetuadas ao próprio arquiteto e seus parceiros, possibilitando desta forma acompanhar a evolução deste modelo.

Para o arquiteto o objetivo encontra-se na criação de algo muito complexo de forma artificial. Segundo Sou Fujimoto as componentes artificiais produzidas pelo Homem são, por norma, simples contrastando às componentes que a Natureza evidência. Dentro deste ponto de vista, Fujimoto pretende mostrar a combinação entre a natureza e as peças artificiais valorizando e expondo no seu modelo a complexidade da Natureza naquilo que vai produzir artificialmente.

As imagens seguintes ilustram as várias experiências realizadas pelo arquiteto japonês, baseadas nos limites exteriores e interiores de uma árvore. Embora a árvore não seja reproduzida artificialmente, conseguir-se-á explorar o seu vazio. Para quem visualiza será imperceptível aquilo que é interior ou exterior mas não será adulterada a imagem do modelo no seu todo.



Figura 4.1 - Primeiro modelo



Figura 4.2 - Segundo modelo



Figura 4.3 - Modelo final

Com base nesta plataforma online a metodologia utilizada para concretizar o seu trabalho apoiou-se em experiências efetuadas por meio de diversas maquetas em várias escalas e modelos 3D. As folhas de acrílico pela sua rigidez e transparência foram o ponto de partida para que os objetivos iniciais idealizados fossem concretizados. A estrutura foi cortada em polígonos de várias formas unidos por laços zip, uma maneira extremamente primitiva e muito simples para conectar as peças. (in <http://www.vam.ac.uk/blog/tag/insideoutside-tree>)

O trabalho realizado por Sou Fujimoto tem na sua essência um resultado estético fora dos trâmites normais no que diz respeito à complexidade da Natureza e simplicidade dos modelos artificiais, como se verifica na Figura 4.4. A compreensão e entendimento da teoria final aplicada no modelo de Fujimoto será utilizada para o desenvolvimento do modelo de sombreamento a explorar nesta dissertação.



Figura 4.4 - Modelo final em exposição

04.3. “THE FLOW” - A MULTIPURPOSE PAVILLION

“The Flow” - A Multipurpose Pavilion é um projeto desenvolvido pelo Department of Architecture, para um parque público situado em South Bang Saen, na Tailândia. Com base na sua publicação, disponível na plataforma online arch daily o respectivo projeto consiste na criação de um equipamento urbano de carácter flexível, sugerindo a realização de diversas atividades para o mesmo local.

A estratégia passou pela conceção de um pavimento que se “dobra” gerando zonas distintas, que possibilitam por sua vez acomodar as diferentes atividades delineadas. Devido á sua proximidade com o mar, foi criada uma bancada com vários níveis, permitindo aos usuários descansar, contemplar a vista ou mesmo observar algum espectáculo que se realize no respetivo local. Neste sentido os usuários poderão ainda interpretar o mesmo espaço de formas diferentes, resultando numa ocupação dinâmica em relação aos seus usos, como se verifica na figura abaixo.



Figura 4.5 - Várias atividades em simultâneo

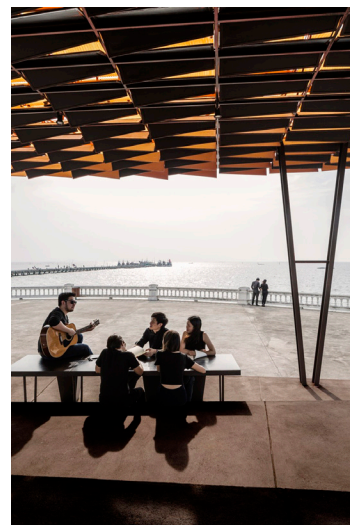


Figura 4.6- Atividade coletiva

Segundo a informação disponível na respetiva plataforma online foram ainda criadas condições de conforto, por meio de um sistema de sombreamento que protege os usuários da incidência solar. Para este efeito foi tida em consideração a sombra produzida pelas árvores, resultado que se conseguiu obter através de um sistema de sombreamento composto por duas camadas distintas.

Ambas são constituídas por peças cuja orientação corresponde a ângulos diferentes, além de exercerem, ao mesmo tempo, funções distintas com um objectivo comum final: ambiente termicamente confortável, (Figuras 4.7 e 4.8).

A camada superior tem como principal objectivo reduzir o calor transmitido pela radiação solar, enquanto que a camada inferior procura complementar a primeira no que diz respeito ao arrefecimento do ar, permitindo que o ar quente suba e simultaneamente crie um efeito visual que descobre a luz no ambiente termicamente confortável pretendido. A sobreposição das duas camadas permitiu, desta forma, criar um efeito semelhante ao sombreamento das árvores. (in <http://www.archdaily.com/589662/the-flow-a-multipurpose-pavilion-department-of-architecture>)



Figura 4.7 - Sistema de sombreamento composto por duas camadas



Figura 4.8 - Camada superior e inferior

COMPONENTE
PRÁTICA

05

05. COMPONENTE PRÁTICA: SISTEMA DE SOMBREAMENTO

05.1. ENQUADRAMENTO AO TEMA

A questão da incidência solar foi em tempos um dos principais critérios de decisão de projeto, no entanto a introdução da iluminação artificial nos edifícios permitiu esquecer a importância desta relação com o sol. Resultando na construção de edifícios nos quais a entrada de luz do dia não foi uma preocupação.

Por conseguinte o Movimento Moderno motivado pela Carta de Atenas tratou de retomar o assunto, ao referir que as habitações deveriam garantir um afastamento mínimo entre si possibilitando desta forma adquirir ganhos solares ao longo do dia. Se é verdade que as questões que englobam a luz solar são determinantes para o conforto do utilizador no interior de um edifício, também podemos afirmar que é de igual modo decisivo estabelecer critérios de construção no que toca às questões inerentes ao nosso conforto, tanto visual como térmico, no espaço público. Partindo do princípio, como nos mostra Fernandes, os espaços públicos são a chave para um bom funcionamento da cidade, ao afirmar que:

“o espaço público não é meramente o espaço vazio entre edifícios e ruas, nem um espaço vazio público por razões exclusivamente jurídicas. É mais do que isso. É um espaço multifuncional que serve de palco á sociedade; é um espaço físico, simbólico e político onde as relações sociais se estabelecem.” (2012, p.4).

Portanto, torna-se claro que é necessário os arquitetos reunirem esforços para que no momento de projetar, a atenção recaia sobre estas questões. Promover a utilização do espaço público nunca foi tão importante, numa época em que a tecnologia parece ter-se esquecido destas premissas, focando-se apenas em aspetos que valorizam as necessidades individuais em detrimento das coletivas. Como tal o sucesso de um espaço público é obtido por uma série de factores

que estão directamente ligados às necessidades dos seus utilizadores e às características / condicionantes de cada local. As árvores são normalmente o meio encontrado para dar resposta a estas questões, estabelecendo condições de conforto térmico e visual no espaço público. No entanto, o processo lento do seu crescimento e a necessidade de se fixar ao solo como forma de sustento, são muita vez incompatíveis com as necessidades efectivas de um determinado local.

Nesta conjuntura é fácil compreender a razão pela qual muitos espaços públicos não conseguem responder às necessidades da cidade e de quem as habita. Contribuindo desta forma para um desaproveitamento de espaços com bastante potencial, que por erro de projeto ou carências mal calculadas acabaram por não funcionar corretamente.

A realização de um sistema de sombreamento para o espaço público, que na sua essência reproduza as qualidades térmicas da sombra das árvores, foi neste sentido o meio encontrado para se estabelecer uma relação entre os modelos da natureza, a arquitetura e as pessoas. Um olhar atento sobre as características e o comportamento das árvores e da luz natural permitiram estabelecer parâmetros que fundamentaram e ajudaram a definir o sistema de sombreamento proposto.

O modelo proposto vem ao auxílio das necessidades atuais dos espaços públicos, que se querem o mais flexíveis possível, de forma a garantir o maior número de atividades distintas para o mesmo local, sem comprometer a fisionomia do próprio espaço. Portanto, a concretização de um sistema de sombreamento de carácter efémero, que responda às necessidades temporárias de um determinado local, vem nesta medida ajudar a quebrar a rigidez encontrada em várias estruturas projetadas para o espaço público.

Em suma, com a inclusão deste sistema de sombreamento, pretende-se corrigir e satisfazer as necessidades térmicas de quem utiliza o espaço público. Potencializando-o desta forma, para um uso mais corrente e por sua vez, proporcionar uma maior interação entre a sociedade e as atividades coletivas que a definem como tal.

05.2. PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO

Como ponto de partida, foi fundamental um pleno entendimento das características que definem a luz natural e um olhar atento sobre os atributos que garantem as qualidades térmicas da sombra das árvores, permitindo definir parâmetros a serem trabalhados para a realização deste sistema de sombreamento.

A estratégia desenvolvida para a elaboração do modelo proposto consistiu em reduzir a árvore à sua essência, aproximando desta forma os modelos da natureza aqui estudados aos modelos artificiais. Revendo-se na sua composição, o sistema de sombreamento é composto por duas camadas que se sobrepõem, concebidas por um conjunto de peças pequenas e espaçadas entre si criando um conjunto, que permite:

- uma luz controlada, (ao longo do dia e do ano);
- a circulação do ar;
- uma sombra que estabeleça padrões dinâmicos e estimulantes visualmente;
- de carácter efémero.

Neste sentido, foi determinante prosseguir para a escolha do local da sua implantação, possibilitando desta forma definir valores em concreto relativamente aos parâmetros estabelecidos acima. Revelou-se pertinente eleger o ISCTE como palco desta experiência no sentido de divulgar aos restantes alunos e professores da universidade o trabalho final desenvolvido no âmbito do curso de arquitetura. O terraço do edifício 2 foi o local escolhido para a implantação deste modelo, uma vez que corresponde aos propósitos do desenvolvimento do trabalho. Caracteriza-se pela sua extensa amplitude e polivalência, no entanto a inexistência de qualquer elemento de protecção à incidência solar, resulta num espaço termicamente desconfortável e por conseguinte pouco utilizado.

05.3. CONTROLE DA INCIDÊNCIA SOLAR

A concretização destes parâmetros foi determinante para estabelecer critérios que ajudassem a definir valores em concreto para a realização do sistema de sombreamento proposto. Como primeira abordagem, foi determinante analisar os índices de temperatura que se fazem sentir ao longo do dia e do ano, tendo como base a localização estabelecida para implantação do modelo proposto.

Segundo dados climáticos constantes do programa Sol Term, LNEG foi possível determinar as temperaturas médias máximas e mínimas, definindo desta forma os meses e os dias mais quentes e os mais frios do período 1961 - 1990. Estas medidas foram determinantes na obtenção de critérios para o desenvolvimento deste sistema de sombreamento indo ao encontro das necessidades de conforto do ser humano relativamente ao espaço público.

Seguindo o mesmo ponto de vista e com o apoio de um diagrama solar estereográfico foi possível relacionar a inclinação da incidência solar com o período do dia e do ano, tendo em conta a nossa posição terrestre e as correspondentes coordenadas. Neste caso o diagrama apresentado na Figura 5.1 teve como base as coordenadas correspondentes à cidade de Lisboa (38.0° , -9.1°).

Este diagrama é representado por meio de um círculo, dividido em quatro partes iguais e que designam as respetivas coordenadas do nosso planeta, Norte (0°), Sul (180°), Este (90°) e Oeste (270°). Por sua vez, os meses do ano e as horas do dia estão representados na cor azul. No entanto, as linhas horizontais representam a curvatura da incidência solar, respetivamente a cada mês ao longo de um dia, enquanto, a curvatura das linhas verticais definem a variação da incidência solar, respetivamente a cada hora, no período de um ano. O primeiro semestre do ano é representado por linhas contínuas, e o segundo semestre por linhas a tracejado.

Portanto, ao cruzar estas duas informações, nomeadamente as horas e o dia do mês, são obtidos os valores da inclinação da incidência solar, representados em círculos a tracejado na cor cinza, como nos ilustra a Figura 5.1.

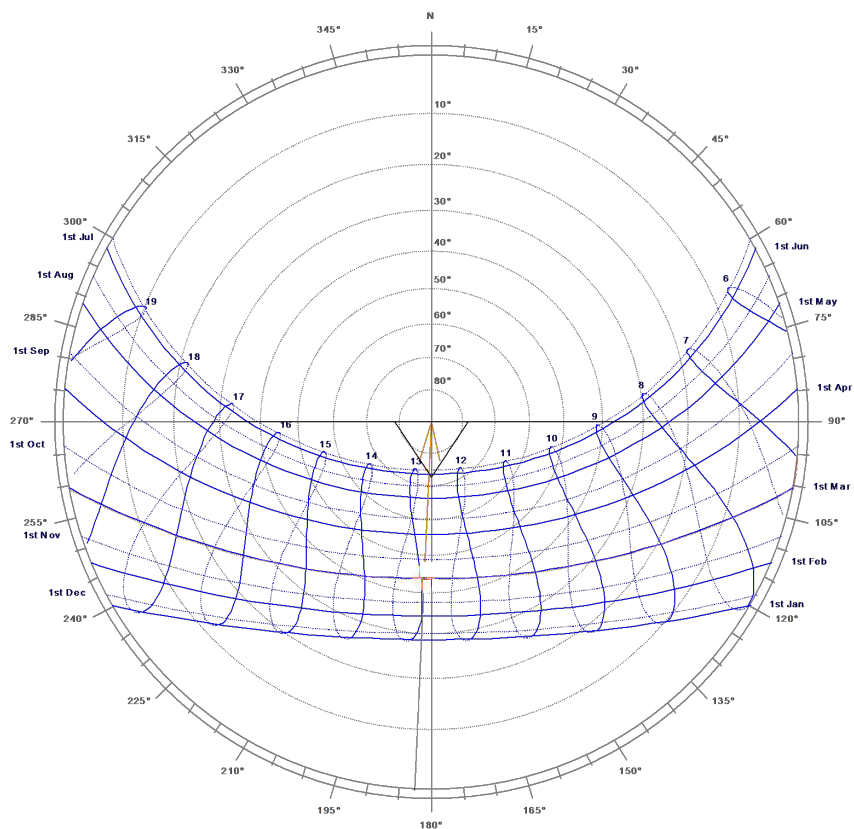


Figura 5.1 - Diagrama Solar Estereográfico

Neste sentido, foi representado numa escala de cinzas do mais escuro para o mais claro, respetivamente os períodos do dia e do ano em que se pretendia uma maior e menor menor protecção solar (Figura 5.1), conforme as necessidades humanas, no que diz respeito ao seu conforto e bem-estar no espaço público.

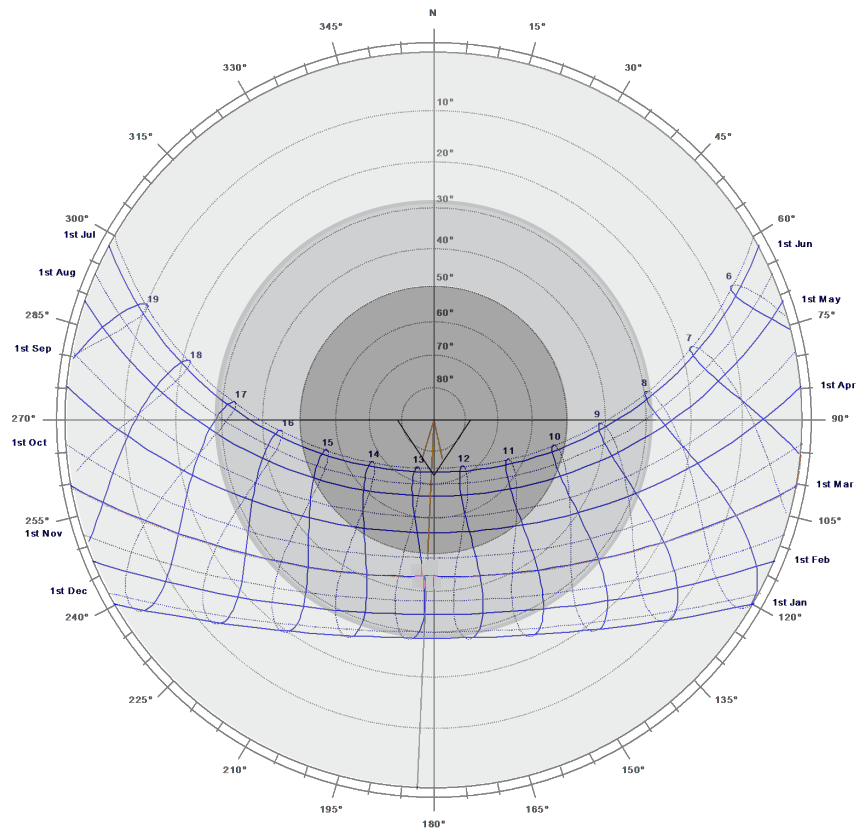


Figura 5.2 - Diagrama Solar Estereográfico: indicação dos períodos do dia e do ano que se pretende uma maior e menor protecção solar

Como se verifica na Figura 5.1, ficou estipulado, e representado com uma mancha cinza escura, que se deveria evitar a incidência directa da luz solar quando esta atingisse entre os 50° e os 75° de inclinação. Desta forma, foi possível

garantir uma maior proteção solar nos meses mais quentes, nomeadamente Junho, Julho e Agosto. Por consequência, os meses Abril e Maio surgem por se considerar Agosto (alturas solares iguais, com “eixo de simetria” em 21 de Junho). Conciliando por sua vez com os períodos do dia em que a temperatura atinge níveis mais elevados, nomeadamente entre as 10:00 horas e as 15:30 horas. Verifica-se que durante este período do dia, existe uma maior probabilidade da utilização do espaço público, por se tratar do período do dia em que a maior parte da população estabeleceu como momento de pausa, nomeadamente para almoçar ou descansar.

Por outro lado, nos meses mais frios do ano o processo é inverso, ou seja pretende-se uma menor proteção solar, para que os ganhos de calor possam contribuir para o nosso conforto no espaço público. Como tal, ficou estipulado que se deveria obter ganhos solares quando a sua incidência solar atingisse entre os 29° e os 50° de inclinação. Desta forma foi possível garantir que nos períodos entre as 8:00 horas e as 10:00 horas, e as 15:30 horas e as 17:00 horas, tanto nos meses mais quentes como nos meses mais frios, uma menor proteção face à inclinação da incidência solar. Por apresentar valores menos preocupantes, no que diz respeito à inclinação solar e à temperatura ambiente, apresentam-se representados a cinza, mas num tom mais claro que o parâmetro anterior. Apesar destes valores representarem níveis menos inquietantes, no que toca ao conforto térmico e visual das pessoas no espaço público, deveriam ser dados a ter em conta, principalmente nos meses mais quentes do ano.

Portanto, um controle simultâneo destes factores ambientais permitiu concluir que, nestes intervalos de tempo, a incidência solar era bem-vinda nos meses mais frios, mas por outro lado nos meses mais quentes as necessidades eram opostas. Estabelecer um equilíbrio nos ganhos e perdas de calor ao longo destes períodos do dia foi o modo encontrado para satisfazer as necessidades dos ocupantes nas distintas estações do ano.

Já os valores assentes na periferia do gráfico, representados numa mancha ainda mais clara, assinalam os períodos do dia em que o sol se apresenta com uma menor inclinação, equivalentes ao “nascer” e ao “por do sol”. Mais precisamente entre as 5:00 horas e as 7:00 horas no período da manhã e posteriormente no final do dia no intervalo das 18:00 horas às 20:00 horas. Neste sentido, ficou assente que o controlo de ganhos ou perdas solares dentro destes intervalos de tempo eram insignificantes para o conforto térmico e visual e consequentemente para o desenvolvimento do sistema de sombreamento proposto.

Para uma melhor compreensão destas relações descritas acima foi elaborada a tabela abaixo, que corresponde aos períodos do dia em que a inclinação da incidência solar atinge entre os 29° e os 50°. Portanto, a tabela possibilita analisar com precisão os intervalos de tempo em que o sistema de sombreamento proposto permite a entrada e a proteção da luz solar, durante o 1º dia de cada Mês.

	Entrada de luz	Proteção Solar
Janeiro	12:30h	-
Fevereiro	11:00h / 14:30h	-
Março	9:50h / 15:40h	-
Abril	(8:50h / 11:10h) (14:20h / 16:30h)	11:10h / 14:20h
Maio	(8:10h / 10:10h) (15:00h / 17:00h)	10:10h / 15:00h
Junho	(7:50h / 9:50h) (15:30h / 17:20h)	9:50h / 15:30h
Julho	(7:50h / 9:50h) (15:30h / 17:20h)	9:50h / 15:30h
Agosto	(8:10h / 9:55h) (15:20h / 17:20h)	9:55h / 15:20h
Setembro	(8:30h / 10:40h) (14:40h / 17:40h)	10:40h / 14:40h
Outubro	9:10h / 15:50h	-
Novembro	10:00h / 14:30h	-
Dezembro	11:40 / 13:00h	-

Tabela 5.1 - Intervalos de tempo em que se pretende a proteção ou a entrada da luz solar.

Fonte: Tabela do autor

Perante este cenário foi possível partir para um primeiro esboço, que define por excelência as relações retiradas desta análise. Como se pode ver nas imagens abaixo, um esquema em corte foi o modo encontrado para demonstrar de uma forma geral o método desenvolvido na elaboração deste sistema de sombreamento. Portanto, como já foi referido acima, o sistema de sombreamento proposto faz alusão à sombra projetada das árvores e às suas qualidades térmicas.

Como tal é composto por duas camadas sobrepostas, mas distanciadas por (h), permitindo desta forma a circulação do ar e a proteção da radiação solar, conforme a sua inclinação ao longo do dia e do ano. Por sua vez, ficou estipulado que o sistema de sombreamento ficaria a 3 metros do solo, de modo a que a sua sombra não se afastasse muito nos meses em que a inclinação da incidência solar é menor.

Um processo geométrico, que consiste no cruzamento dos dados analisados no parâmetro acima, possibilitou definir o dimensionamento de todo o modelo construtivo, nomeadamente as suas peças e os respectivos afastamentos que o compõem.

Como tal, admitir a incidência da luz solar de forma gradual, num intervalo compreendido entre os 29° e os 50° de inclinação, foi o ponto de partida para a definição deste esquema. Foram desenhadas duas linhas com os respectivos ângulos e intersectadas na camada superior, permitindo desta forma definir (h), face à transmissão de calor desejada para este intervalo. Verifica-se que quanto maior for o afastamento entre as duas camadas, maiores serão os ganhos solares adquiridos nestes períodos de tempo. Neste sentido foi determinado um afastamento de 0,50 metros da camada inferior em relação à camada superior. Obteve-se, desta forma, o valor de (a), correspondente à entrada de luz adequada para estes intervalos de tempo. (Figura 5.3.)

Por outro lado, o cruzamento destas duas amplitudes na camada inferior deu origem ao valor de (b), correspondente ao vazio da camada superior, possibilitando desta forma garantir ganhos solares apenas nestes intervalos de tempo, (Figura 5.3.1). Verifica-se que em função de (h) e da interseção destas duas amplitudes em ambas as camadas, é possível obter a entrada da luz solar de forma gradual, no intervalo entre os 29° e os 50° de inclinação, (Figura 5.3.2).

Seguindo o mesmo raciocínio, foi possível garantir o dimensionamento das peças, em função da interseção entre a amplitude máxima (75°) e a mínima (29°), (Figura 5.3.3). O resultado obtido foram peças com 0,794 metros de comprimento (x/y) e distanciadas entre si 0,50 metros (a/b).

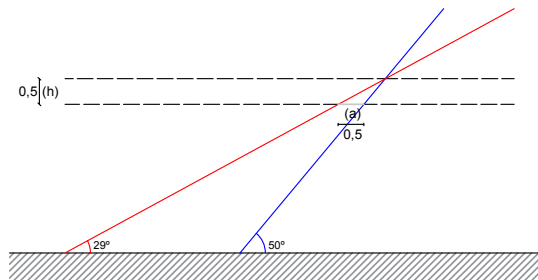


Figura 5.3- Processo geométrico: Obtenção do valor de (a)

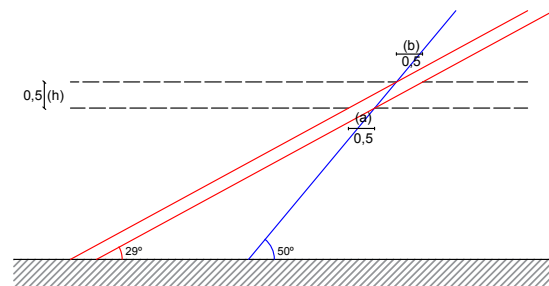


Figura 5.3.1- Processo geométrico: Obtenção do valor de (b)

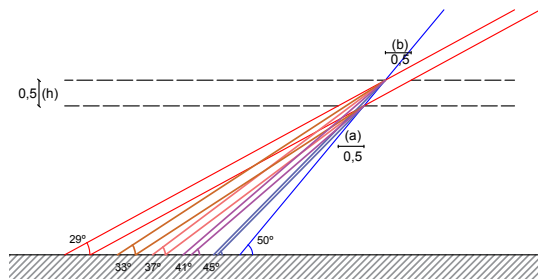


Figura 5.3.2 - Processo geométrico: Entrada da luz solar de acordo com o seu ângulo de incidência

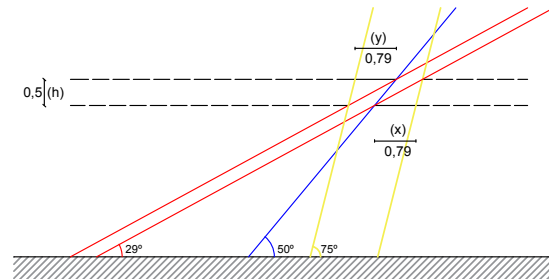


Figura 5.3.3- Processo geométrico: Obtenção dos valores (y) e (x)

Verifica-se que desta forma é possível bloquear por completo a incidência solar num intervalo compreendido entre os 50° e os 75° de inclinação, reduzindo de forma significativa a transmissão de calor, tanto nos meses mais quentes do ano como nas horas de maior incidência solar.

Nesta conjuntura foi possível manipular de forma progressiva a transmissão de calor desejada, no que diz respeito às necessidades humanas de conforto ao longo do ano. Portanto, a área de sombra projectada no solo amplia à medida que a inclinação da incidência solar aumentar, permitindo desta forma vislumbres de luz que se escapam entre as duas camadas proporcionando uma sombra semelhante à das árvores, como ilustra a imagem seguinte.



Figura 5.4 - Resultado final: Comparação entre o modelo proposto e o sombreamento produzido pelas árvores

05.4. PADRÕES DE SMBREAMENTO

A variação da luz natural que se faz sentir ao longo do dia e do ano, proporciona um contraste de sombras que se evidenciam como elemento primordial e estimulante, para a nossa percepção do espaço e do tempo. Por conseguinte, estes estímulos prendem-se a questões mais sensoriais como explica o arquitecto Juhani Pallasma:

“A sombra dá forma e vida ao objecto sob a luz. Ela também cria o ambiente no qual surgem as fantasias e os sonhos. Da mesma maneira, a arte do claro-escuro é um talento do mestre-arquitecto. Em espaços de arquitectura espectaculares, há uma respiração constante e profunda de sombras e luzes; a escuridão inspira e a iluminação expira a luz.” (2011, p.44)

Partindo deste ponto de vista, torna-se evidente que a protecção da incidência solar por si só não responde a todas as exigências e carências de quem utiliza o espaço. É necessário estabelecer contrastes estimulantes entre luz e sombra, de modo a despertar o interesse e a imaginação dos utentes, contribuindo desta forma para o seu conforto e bem-estar.

A estratégia utilizada para que o sistema de sombreamento proposto respondesse a todas estas questões, foi encontrada novamente nos modelos naturais, nomeadamente na sombra das árvores. Uma observação atenta no que diz respeito à sua sombra projectada no solo, ao longo do dia e do ano, permitiu entender que devido às diferentes inclinações da incidência solar, durante estes períodos, os seus padrões de sombreamento também se alteravam.

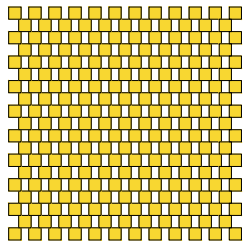


Figura 5.5 - Camada inferior

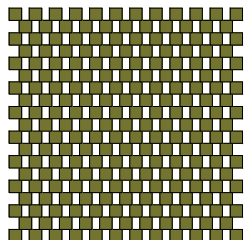


Figura 5.6 - Camada superior

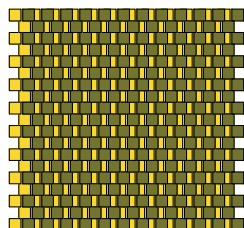


Figura 5.7 - Planta de cobertura

Seguindo estes pressupostos, foi desenvolvida uma malha que permitisse, ao sistema de sombreamento proposto, alcançar uma sombra dinâmica ao longo do dia e do ano, conciliando com a redução ou transmissão de calor nos períodos do ano mais e menos críticos. Por conseguinte, foi representado um esquema em planta, possibilitando deste modo definir a regra a ser utilizada no sistema de sombreamento, por consequência das dimensões alcançadas no corte Norte-Sul.

Como se verifica nas Figuras 5.5 e 5.6), a estratégia consistiu em criar um módulo quadrado com 0.79m de lado que se repete a cada 0.50m na direção Norte-Sul. Por outro lado, na direção Nascente-Poente, a posição das peças e dos vazios são invertidas relativamente à direção anterior. Por sua vez, a sobreposição das duas camadas (Figura 5.7), resultou num jogo de cheios e vazios criando um padrão dinâmico possível de ser multiplicado ou subtraído, conforme as condicionantes espaciais de cada local.

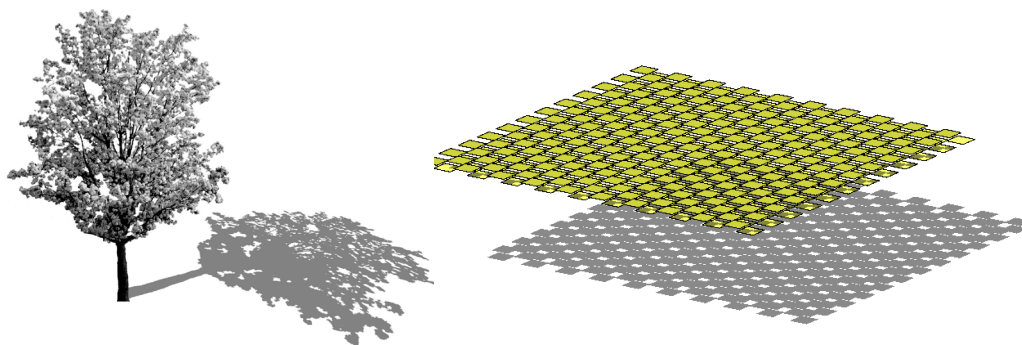


Figura 5.8 - Sombra obtida pela sobreposição das duas camadas

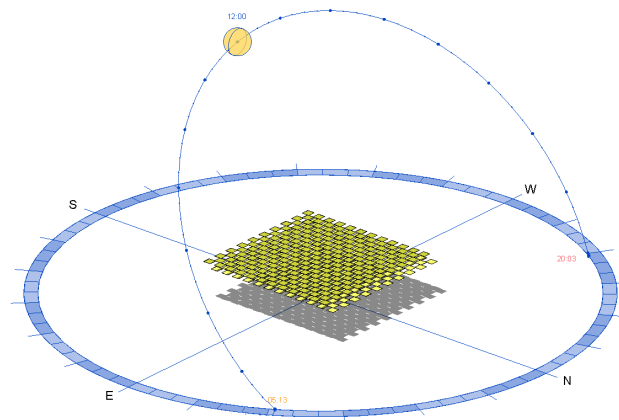
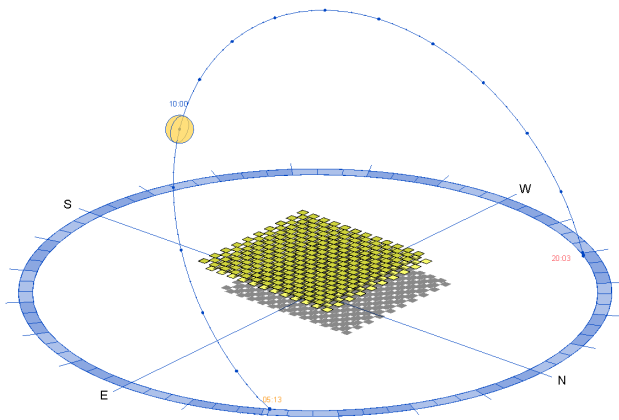
Esta malha dinâmica foi o meio encontrado para responder em simultâneo a todos os parâmetros estabelecidos para a realização deste sistema de sombreamento. O foco principal manteve-se na construção de um sistema artificial que sintetiza e se apoia nos modelos da natureza para dar resposta aos requisitos do lugar e dos seus utentes, (Figura 5.8). Não obstante, verifica-se que esta malha é resultado da manipulação das diferentes amplitudes que se fazem sentir ao longo do dia e do ano.

Após o cruzamento de todas estas questões e com o apoio do software Revit, foi possível partir para a realização de um modelo em três dimensões. Esta ferramenta permitiu simular a incidência solar relativamente ao período do dia e do ano que se pretendia analisar. Obtendo desta forma os distintos padrões de sombra, respetivamente aos períodos do dia e do ano com maior relevância para o desenvolvimento e compreensão deste sistema de sombreamento.

Neste sentido as imagens seguintes ilustram os padrões de sombra obtidos nos solstícios do Verão e Inverno, e posteriormente nos equinócios da Primavera e Outono. Para uma avaliação mais coerente, foram ainda estipulados quatro períodos do dia, nomeadamente às 10:00h, às 12:00h, às 14:00h e às 16h, permitindo desta forma estabelecer um termo de comparação nos diferentes períodos do dia e do ano.

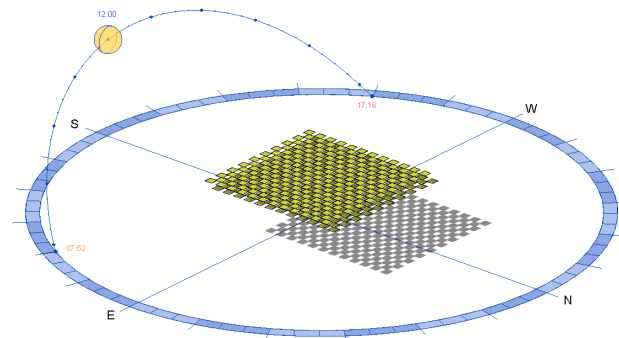
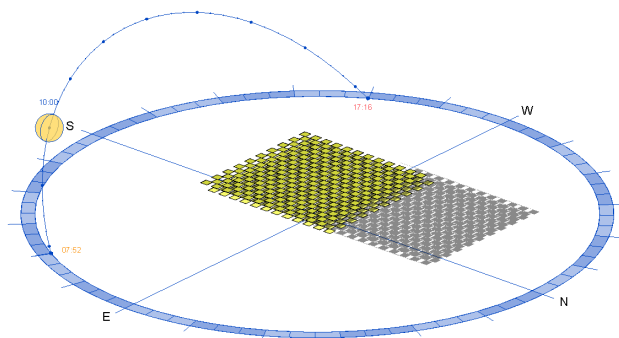
10:00h

12:00h



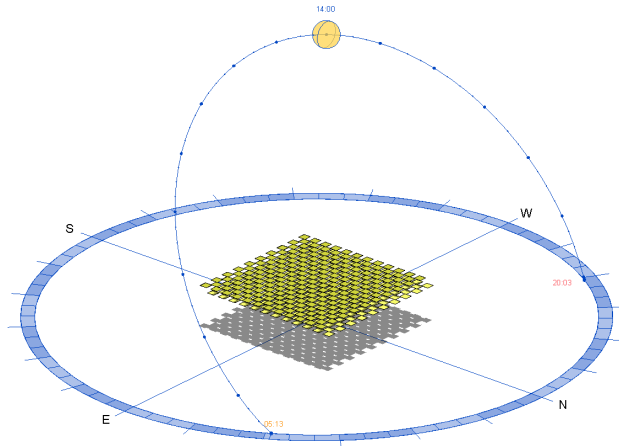
21 de Junho

21 de Dezembro

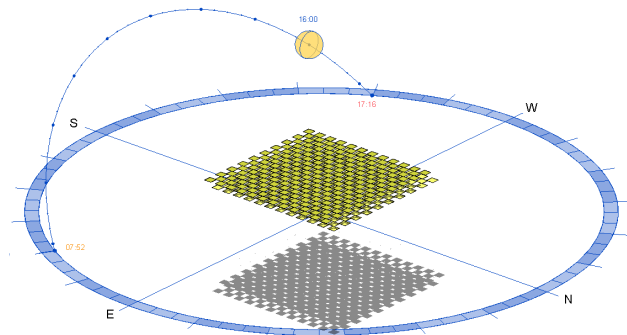
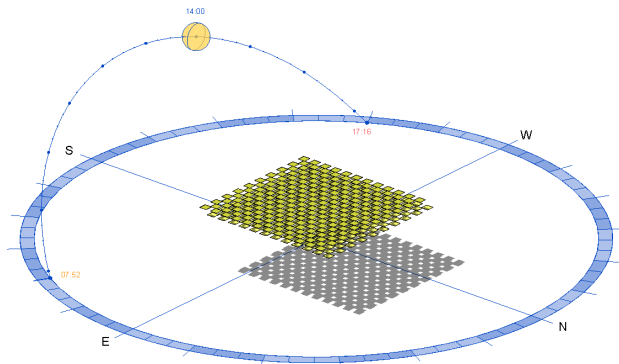
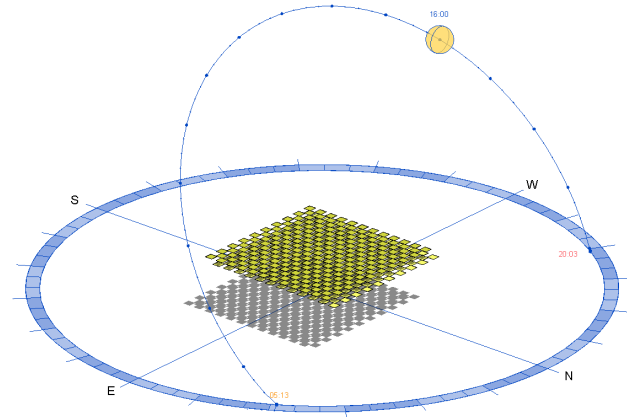


Verifica-se que no período matinal, nomeadamente às 10:00h as sombras obtidas nos solstícios do Verão e Inverno apresentam um padrão regular e estimulante visualmente, permitindo a proteção da incidência solar direta por meio da sua distribuição. Por outro lado às 12:00h e às 14:00h os padrões de sombra comportam-se de forma distinta nestes períodos do ano. Enquanto no Verão é dada prioridade

14:00h



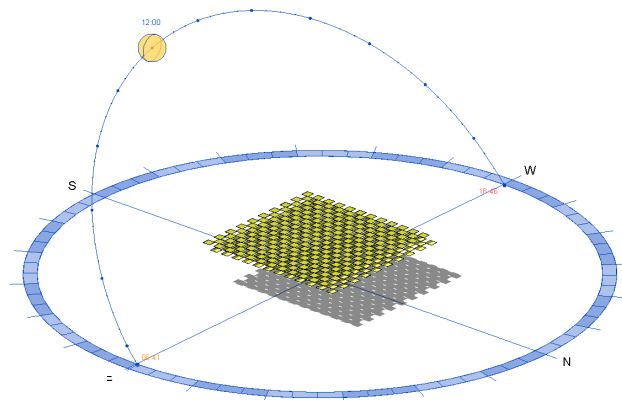
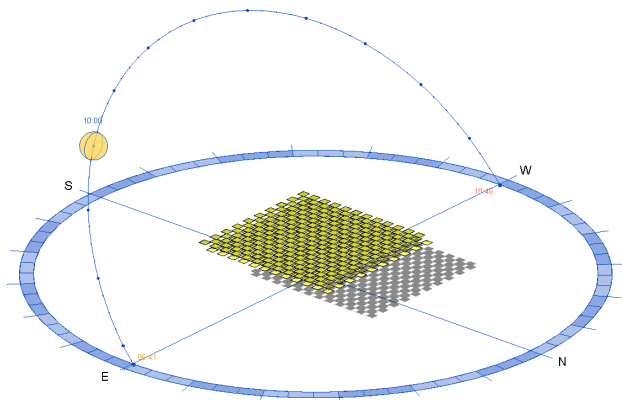
16:00h



à protecção da radiação solar, no Inverno pretende-se dar primazia aos ganhos de calor, alcançando desta forma um padrão com menores contrastes de luz e sombra no Verão do que no Inverno. No entanto, às 16:00h o sol apresenta-se numa posição mais baixa e os níveis da temperatura tendem a descer, permitindo a entrada de uma luz controlada à imagem da sombra produzida pelas árvores.

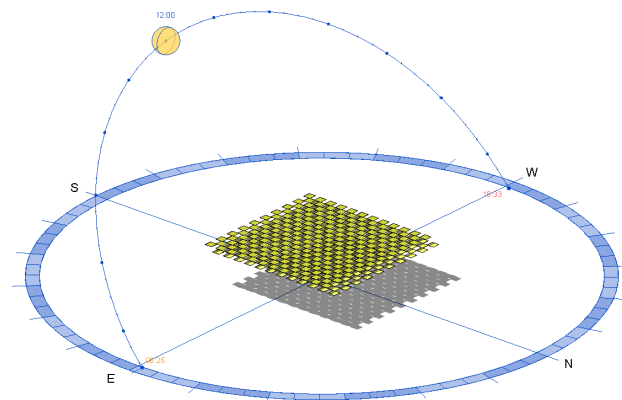
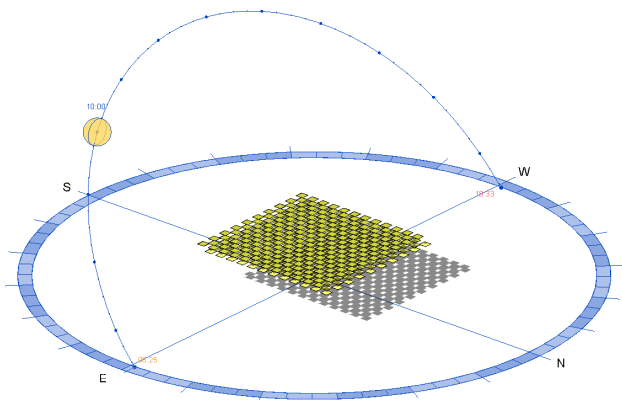
10:00h

12:00h



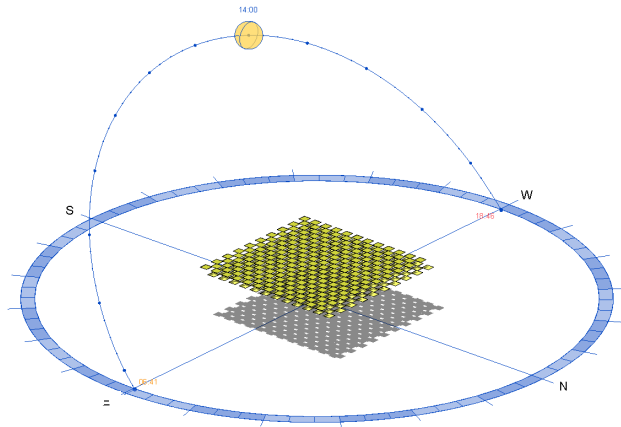
20 de Março

22 de Setembro

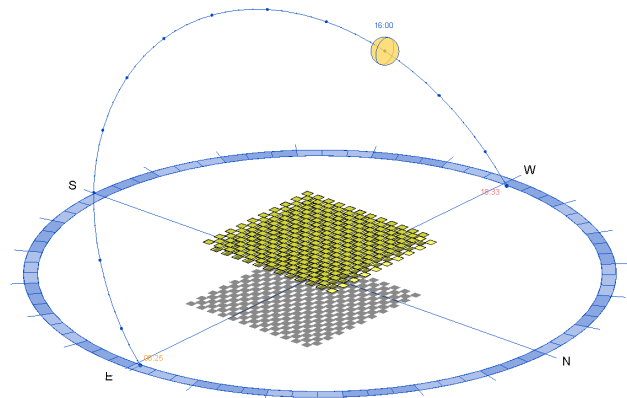
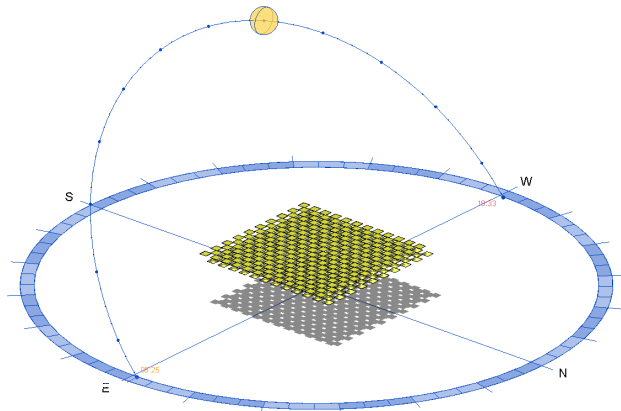
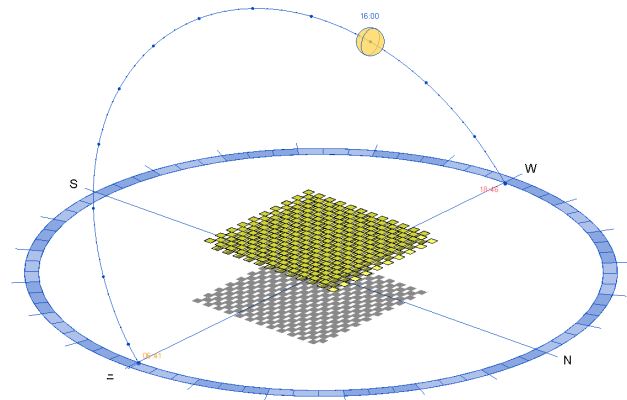


Ao contrário do que acontece no solstício do Verão e do Inverno, o sol apresenta-se numa posição semelhante no equinócio da Primavera e do Outono, resultando desta forma em padrões de sombreamento quase idênticos, nomeadamente no dia 20 de Março e no dia 22 de Setembro. Como se verifica nas respetivas imagens, foi dada primazia à proteção solar no intervalo entre as 12:00h e as 14:00h por sinalizar o período do dia em que a temperatura atinge níveis mais elevados.

14:00h



16:00h



Por outro lado, às 10:00h e às 16:00h o sol apresenta-se numa posição mais baixa e os níveis da temperatura tendem a ser mais reduzidos, resultando desta forma num padrão de sombreamento em que o contraste de luz e a sombra se torna evidente. Portanto, os padrões de sombreamento alcançados nestes períodos apresentam formas dinâmicas e estimulantes visualmente, estabelecendo à partida condições de conforto ao longo dos distintos períodos do dia.

05.5. MATERIAIS E SISTEMA CONSTRUTIVO

Os materiais são a matéria em vários estados (sólido, líquido e gasoso) pelo qual o nosso planeta é constituído. Podem ser de origem natural ou artificial e são definidos pelas suas características e respetivos comportamentos. Foram determinantes para a evolução da humanidade e continuam a ter um papel fundamental nos nossos dias, nomeadamente na arquitetura.

A selecção do material é neste sentido, um dos principais critérios de construção, como tal é fundamental que os arquitetos estabeleçam as suas escolhas com base nas suas características e respetivos comportamentos de forma a responder às diferentes necessidades de cada local.

Portanto, como foi descrito no capítulo anterior o sistema de sombreamento proposto tem como objetivo principal proteger da incidência solar nos meses mais quentes do ano e por outro lado permitir o acesso à luz solar nos meses mais frios. Verifica-se que este fenómeno é visível nas árvores de folha caduca que ao perderem as suas folhas no Inverno permitem aumentar a energia incidente da radiação solar e por consequência reduzir as irradiações. No entanto no Verão observa-se o processo inverso, ou seja as folhas funcionam como protecção solar, refletindo ao máximo e diminuindo a energia solar incidente.

Como tal a escolha do material a ser utilizado nas peças que compõem o respetivo sistema de sombreamento teve como base o seu desempenho em relação à incidência solar. Ainda assim o material proposto teria que responder a uma série de requisitos impostos pelo sistema construtivo do presente trabalho, nomeadamente à sua durabilidade, resistência e peso.

Portanto, uma avaliação e um controle sobre estas questões permitiram eleger a cortiça como o material capaz de responder em simultâneo aos objetivos pretendidos. Para além do seu poder isolante também tem a vantagem de ser um material de carácter renovável, resistente, leve e durável.

Pretende-se desta forma que o sistema de sombreamento possa resistir às intempéries que por vezes afetam o nosso planeta como o vento e a chuva. Não obstante deverá ser leve o suficiente para não sobrecarregar a sua estrutura e facilitar no processo de montagem e desmontagem do respectivo sistema de sombreamento.

Com base na malha estabelecida no capítulo anterior, resultante da manipulação das diferentes amplitudes registadas ao longo do dia e do ano foi possível a integração de um sistema construtivo simples e de enorme eficácia. Consiste num conjunto de peças quadradas em cortiça, unidas e suportadas por cabos de aço à tenção. Por sua vez são colocados no sentido nascente-poente de forma a intersectar todas as peças. Por outro lado a sua composição consiste num jogo de cheios e vazios intercalados entre si, possibilitando desta forma travar o movimento das peças no sentido contrário ao dos cabos.

Resta salientar que apesar dos objetivos do presente trabalho terem como foco primordial a criação de um sistema de sombreamento resultante de um processo geométrico que por sua vez permitiu manipular as diferentes amplitudes registadas ao longo do dia e do ano, também foram criadas condições para em termos construtivos não ficassem “marcas” no respetivo local de implantação. Ou seja o sistema de sombreamento poderá ser suportado por cabos de aço fixos às fachadas envolventes ou mesmo de forma mais convencional, por elementos verticais que por sua vez distribuem a sua carga para o solo. Portanto, a manipulação de todos estes factores resultou na criação de um sistema de sombreamento de carácter efémero e que responde às necessidades atuais do espaço público, sem comprometer a sua fisionomia.

CONCLUSÃO

E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

06

06. CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os espaços públicos têm vindo a ganhar a importância que outrora perdera. A globalização foi de facto a grande impulsionadora da integração social e cultural, ditando novas tendências e formas de pensar nos respetivos espaços públicos. Actualmente a preocupação prende-se à sua sustentabilidade e flexibilidade, de forma a garantir o maior número de actividades distintas para o mesmo local criando espaços alternativos e confortáveis. No entanto, verifica-se que as estruturas projectadas para estes espaços, nomeadamente os sistemas de sombreamento apresentam de um modo geral alguma rigidez, comprometendo por sua vez a fisionomia do local e limitando o espaço a um determinado uso.

Como tal, o presente trabalho vem ao auxílio das necessidades atuais dos espaços públicos e da população, por meio de um sistema de sombreamento de carácter efémero que se adapta às diferentes amplitudes registadas ao longo do ano e que reproduz na sua essência as qualidades térmicas e visuais da sombra das árvores sem comprometer a fisionomia do espaço. Neste sentido, os temas abordados ao longo deste trabalho recaíram sobre as características e o comportamento das árvores e da luz natural no meio ambiente, revelando-se determinantes na criação de parâmetros que ajudaram por sua vez a definir o modelo alcançado.

Com base no desenvolvimento de um processo geométrico foi possível manipular de forma simétrica a luz solar de acordo com o seu ângulo de incidência, protegendo da radiação solar nos períodos do dia e do ano mais quentes e garantindo por outro lado a transmissão de calor nos períodos do dia e do ano mais frios.

Portanto, a estratégia consistiu na realização de um sistema de sombreamento composto por duas camadas que por sua vez são constituídas por peças pequenas e espaçadas entre si, possibilitando desta forma uma entrada de luz controlada tal como a circulação e a refrigeração do ar.

Por outro lado a sobreposição das duas camadas resultou na constante alteração dos padrões de sombra alcançados ao longo do dia e do ano, provocando um jogo de cheios e vazios à semelhança da sombra produzida pelas árvores. Conclui-se que os diferentes padrões de sombra alcançados ao longo do dia e do ano alteram-se por iniciativa da variação da incidência solar, indo ao encontro das necessidades térmicas e visuais de quem utiliza o espaço público.

Ainda assim, este trabalho assume-se como um ponto de partida para o desenvolvimento de trabalhos futuros. Nomeadamente a realização de um sistema paramétrico que possibilite ao modelo proposto adaptar-se às diferentes latitudes e longitudes do nosso planeta, tal como o controlo assimétrico da protecção solar, tanto ao longo do dia como ao longo do ano, revelam-se como as questões mais pertinentes a serem desenvolvidas no futuro.

Pretende-se desta forma que os resultados obtidos nesta dissertação sirvam de apoio e incentivo às novas gerações, dando continuidade às questões aqui abordadas e estabelecendo por conseguinte novas respostas que acompanhem as necessidades atuais dos espaços públicos e da população.

BIBLIOGRAFIA

07

07. BIBLIOGRAFIA

AAVV. (2000). *Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting and Components*. Report of IEASHC Task 21.

ALMEIDA, Ana (2006) *O Valor das Árvores: Árvores e Floresta Urbana de Lisboa* (Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa). Dissertação de Doutoramento.

BARBOSA, Cláudia (2010) *Percepção da Iluminação no Espaço da Arquitetura: Preferências Humanas em Ambientes de Trabalho* (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Paulo). Dissertação de Doutoramento.

DIMOUDI, A. & NIKOLOPOULOU, M. (2003) «Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits». *Energy and buildings* 35, 69-76.

FERNANDES, Inês (2012) *Requalificação do Espaço Público Urbano: Caso de Estudo- Bairro Olival de Fora* (Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa). Dissertação de Mestrado.

GUIMARÃES, Ana (2003) *Estimativa de Parâmetros da Camada Atmosférica para Cálculo da Irradiação Solar Incidente na Superfície Terrestre* (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). Dissertação de Doutoramento.

MARTINEZ, E., MOURE, M. & MESEGUER, D. (2014) «Estrategias de regeneración para proyectar entornos urbanos sostenibles: Travesía Urbana de Pliego». *Revista de Urbanismo* 31, 123-142.

MARTINEZ, E. MARTÍ-CIRIQUIÁN, P. & MOURE, M. (2013) «Claves para proyectar espacios públicos confortables». *Equipamiento y servicios municipales* 165, 66-76.

HONGBING, W., JUN, Q., YONGHONG, H. & LI, D. (2010) «Optimal tree design for daylighting in residential buildings». *Building and Environment* 45, 2594-2606.

LITTLEFAIR, Paul (2001) «Daylight, Sunlight and Solar Gain in the Urban Environment». *Solar Energy* 3, 177-185.

MARDALJEVIC, John & RYLATT, Mark (2003) « Irradiation mapping of complex urban environments: an image-based approach ». *Energy and buildings* 35, 27-35.

MIGUET, Francis & GROLEAU, Dominique (2002) «A daylight simulation tool for urban and architectural spaces - application to transmitted direct and diffuse light through glazing». *Building and Environment* 37, 833-843.

MILHEIRO, Ana Vaz (2009) *Habitar em Colectivo: Arquitectura Portuguesa antes do S.A.A.L.* Departamento de Arquitectura e Urbanismo do ISCTE-IUL. Lisboa

PALLASMAA, Juhani. (2011) *Os Olhos da Pele: A arquitetura e os sentidos.* Porto Alegre: Bookman.

ROXO, Ana (2013) «Setúbal Nascente, Visões no Tempo da Incerteza. Habitação, Cidade, Território e Desenvolvimento». Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono. Lisboa. LNEC.

SILVA, Pedro (2006) *Análise do Comportamento Térmico de Construções não Convencionais através de Simulação em VisualDOE* (Universidade do Minho - Escola de Engenharia, Minho). Dissertação de Mestrado.

TANIKAZI, Junichiro. (1999) *Elogia da Sombra.* Lisboa: Relógio D'Água Editores.

vam.ac.uk/blog/tag/insideoutside-tree (Consultado em Agosto de 2015)

archdaily.com/589662/the-flow-a-multipurpose-pavilion-department-of-architecture (Consultado em Agosto de 2015)