

ARQUITECTURA SUSTENTÁVEL EM ANGOLA

{ MANUAL DE BOAS PRÁTICAS }





**ARQUITECTURA
SUSTENTÁVEL
EM ANGOLA**

{ MANUAL DE BOAS PRÁTICAS }

EDITOR

CPLP • Comunidade dos Países de Língua Portuguesa
www.cplp.org

COORDENAÇÃO

Prof. Arqº. Manuel Correia Guedes
mcguedes@civil.ist.utl.pt

EQUIPA TÉCNICA

Prof. Arqº. Benga Pedro, *Departamento de Arquitectura da Universidade Agostinho Neto*
Prof. Arqª. Isabel Nunes da Silva, *Departamento de Arquitectura da Universidade Agostinho Neto*
Prof. Arqº. Manuel Correia Guedes, *Instituto Superior Técnico*
Prof. Dr. Leão Lopes, *Escola Internacional de Artes do Mindelo*
Prof. Engº. Klas Ernard Borges, *Universidade de Lund*
Prof. Arqº. Gustavo Cantuária, *Universidade de Cambridge*
Prof. Engº. Manuel Duarte Pinheiro, *Instituto Superior Técnico*
Arqª. Joana Aleixo, *Instituto Superior Técnico*
Arqª. Mariana Pereira, *Escola Internacional de Artes do Mindelo*
Arqº. Ângelo Lopes, *Escola Internacional de Artes do Mindelo*
Engª. Carla Gomes, *Universidade de Aveiro*
Arqº. Luís Calixto, *Instituto Superior Técnico*

DESIGN GRÁFICO

José Brandão • Susana Brito
Alexandra Viola { Paginação }
[Atelier B2]

PRÉ-IMPRESSÃO E TRATAMENTO DE IMAGENS

Joana Ramalho • Gabriel Godoi
[Atelier B2]

IMPRESSÃO

idg Imagem Digital Gráfica
www.idg.pt

ISBN

978-989-97178-3-1

Nº DE EXEMPLARES

750

DEPÓSITO LEGAL

322 689/11



ARQUITECTURA SUSTENTÁVEL EM ANGOLA

{ MANUAL DE BOAS PRÁTICAS }





{ Prefácio }



O presente manual tem como principal objectivo sugerir medidas básicas para a prática de uma arquitectura sustentável. Destina-se a estudantes e profissionais de arquitectura e engenharia civil, sendo também acessível ao público com alguma preparação técnica na área da construção. Tendo em conta o clima, os recursos naturais e o contexto socioeconómico, são traçadas, de forma simplificada, estratégias de boas práticas de projecto.

Foi elaborado no âmbito do projecto europeu SURE–Africa (Sustainable Urban Renewal: Energy Efficient Buildings for Africa), implementado para aprofundar e disseminar o conhecimento existente em quatro países africanos de língua oficial portuguesa, na área da arquitectura sustentável – em particular no que se refere ao projecto bioclimático e à eficiência energética em edifícios, contribuindo para a melhoria das condições de habitabilidade do espaço construído. Participaram no projecto três instituições académicas europeias – o Instituto Superior Técnico (coordenador do projecto), a Universidade de Cambridge (Reino Unido) e a Universidade de Lund (Suécia) – e quatro instituições africanas: o Departamento

de Arquitectura da Universidade Agostinho Neto (Angola), a Escola Internacional de Artes do Mindelo (M–EIA, em Cabo Verde), o Ministério das Infra-estruturas e Transportes da República da Guiné-Bissau, e a Faculdade de Arquitectura da Universidade Eduardo Mondlane (Moçambique).

Ao longo do projecto SURE–Africa, que decorreu entre 2007 e 2009, foram realizados diversos seminários, workshops e conferências, foi criada uma rede de conhecimento entre as instituições envolvidas, no domínio da arquitectura e planeamento urbano sustentável, e foi produzido material de apoio ao ensino, assim como manuais de boas práticas. Os manuais são publicações pioneiras, podendo servir de referência não só para os países de língua portuguesa, mas também para outros países africanos, e constituem um ponto de partida para futuros trabalhos, tão necessários nesta área.

Deve ser salientado o contributo da Arq^a. Joana Aleixo para a elaboração deste manual, enquadrado na sua investigação para Doutoramento, sobre Arquitectura Sustentável em Angola.

Prof. Manuel Correia Guedes

Coordenador do projecto SURE–Africa.



{ Agradecimentos }



- > Ao Doutor Luís Alves, do Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC-IST), pelo constante e precioso apoio dado ao longo de todo o processo de elaboração deste manual.
- > Aos colegas da Universidade de Cambridge: Doutores Koen Steemers, Torwong Chenvidyakarn, Judith Britnell e, muito em particular, ao Doutor Nick Baker, que esteve na génese do projecto SURE-Africa, e que foi um elemento chave para a sua realização.
- > À Arq^a. Ana Mestre, do DECA, aos Engos. Ulisses Fernandes e Anildo Costa, e à Rita Maia e Maria do Céu Miranda, do IDMEC-IST.
- > À Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), que apoiou e financiou esta publicação.
- > À Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), que contribuiu com financiamento para a execução do design gráfico do manual.
- > Ao programa COOPENER da União Europeia, principal financiador do projecto SURE-Africa, e às instituições que contribuíram com co-financiamento: a CPLP, a Fundação Calouste Gulbenkian, a FCT e a Direcção Geral de Energia.
- > Ao Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (IPAD), pelo apoio logístico concedido durante a estadia em Luanda.

Prefácio	5
Agradecimentos	7
Introdução	11
<hr/>	
1. Enquadramento	12
<hr/>	
1.1 Informação geral	13
<hr/>	
1.2 Espaço construído: situação actual	14
<hr/>	
1.2.1 Construção consolidada em espaço urbano	14
1.2.2 Construção não consolidada em espaço urbano	18
1.2.3 Construção tradicional	19
<hr/>	
2. Arquitectura sustentável	22
<hr/>	
3. Projecto bioclimático: princípios gerais	26
<hr/>	
3.1 Contexto climático	28
<hr/>	
3.2 Localização, forma e orientação	30
<hr/>	
3.3 Sombreamento	36
<hr/>	
3.4 Revestimento reflexivo da envolvente	42
<hr/>	
3.5 Isolamento	43
<hr/>	
3.6 Áreas de envidraçado e tipos de vidro	46
<hr/>	
3.7 Ventilação natural	49
<hr/>	
3.8 Inércia térmica	59
<hr/>	
3.9 Arrefecimento evaporativo	62
<hr/>	
3.10 Controle de ganhos internos	63
<hr/>	
3.11 O uso de controlos ambientais	64
<hr/>	
3.12 Estratégias passivas e critérios de conforto	65
<hr/>	
4. Água	70
<hr/>	
4.1 Métodos de captação	72
<hr/>	
4.2 Métodos de potabilização	74
<hr/>	
4.3 Abastecimento	75
<hr/>	
4.4 Instalação	75

5. Energia	76
5.1 Poupança de energia	77
5.2 Sistemas activos de energia renovável	77
5.2.1 Energia solar térmica	77
5.2.2 Energia eólica	79
5.2.3 Energia fotovoltaica	80
5.2.4 Biogás ou gás metano	81
6. Saneamento	82
6.1 Latrina seca	83
6.2 Fossa séptica	85
7. Casos de estudo	88
7.1 Arquitectura de Terra: dois projectos da UAN	89
7.1.1 Habitação de alta renda	91
7.1.2 Hospital de 2º Nível	94
7.2 Projecto Cacucaco Esperança	99
Bibliografia	106
Anexos	
A1 Desempenho bioclimático: programas de análise	112
A1.1 Contexto climático	113
A1.2 Modelo de habitação unifamiliar	121
A2 O sistema Líder-A	126
A3 Vegetação e conforto microclimático	144
A4 A gestão urbana e o licenciamento: revisão bibliográfica	152
A5 Desenvolvimento limpo nos PALOP	168
Autorias	173



{ Introdução }



No âmbito das reflexões feitas a nível internacional, importa evidenciar a contribuição dos recentes debates sobre Habitat que levaram a uma revisão profunda da filosofia das intervenções nas áreas urbanas dos Países em via de desenvolvimento. Esta nova forma de projectar consiste em reformular os programas e iniciativas, tendo em conta a dimensão da instrução e formação, a relação investigação científica e produção e o reforço das capacidades locais. Num contexto como este, coloca-se a necessidade de qualificar a actividade no sector da formação, da avaliação dos recursos humanos e dos materiais disponíveis, respeitando plenamente as culturas e tradições locais.

A reconstrução nas áreas dos assentamentos humanos terá neste sentido como alicerce a valorização e a investigação dos materiais locais e técnicas construtivas tradicionais, promoção de acções de carácter pedagógico, tendentes a organizar e enquadrar as iniciativas populares e assegurar o acompanhamento técnico das suas intervenções. Constitui esta atitude um quadro es-tratégico e aposta válida para as instituições governamentais, na medida em que traz muitos benefícios em termos de melhoria de qualidade da vida da população desta região do mundo.

A Regulamentação relativa ao Ensino, de uma maneira geral, deve privilegiar a formação profissional, a promoção social dos cidadãos e a realização das intervenções em matéria de investigação científica e de transferência de tecnologia.

A individualização e contextualização das técnicas construtivas interventivas nas áreas urbanas é caracterizada pela degradação e falta de qualificação, tanto a nível de arquitectura como ambiental, e constitui o principal objectivo da nossa abordagem.

O presente manual insere-se no âmbito do Projecto SURE AFRICA – Reabilitação Urbana Sustentável, o qual visa aprofundar o conhecimento e sua aplicação na prática, com ênfase na área vital da eficiência energética nos edifícios, contribuindo para a melhoria das condições de vida, pelo aumento das condições de habitabilidade e conforto ambiental do espaço construído. O Manual tem como principal objectivo apoiar a prática da construção sustentável, destinando-se não só aos profissionais na área, como também a toda a população interessada.

Prof. Benga Pedro

Ph.D. em Tecnologia da Arquitectura

Director do Curso de Arquitectura

Universidade Agostinho Neto

{ capítulo 1 }

Enquadramento



1.1 Informação geral

Localização: costa Sudoeste do continente africano, delimitada a Norte e a Nordeste pela República Democrática do Congo, a Leste pela Zâmbia e a Sul pela Namíbia. A Oeste é banhada pelo Oceano Atlântico.

Superfície: 1.246.700 Km²

População: 12.531.357 habitantes (em 2008).

Território: composto por 18 províncias: Bengo, Benguela, Bié, Cabinda, Cunene, Huambo, Huíla, Kuando Kubango, Kwanza Norte, Kwanza Sul, Luanda, Lunda Norte, Lunda Sul, Malanje, Moxico, Namibe, Uíge e Zaire. As províncias dividem-se em Municípios (com um total de 163), que por sua vez se subdividem em Comunas.

Relevo: 60% do território são planaltos de 1.000m a 2.000m de altura, com uma densa e extensa rede hidrográfica, em que os principais rios são o Zaire, Cunene, Kwanza, Kubango e Queve. Os pontos mais altos do território são constituídos pelo Morro Moco (2.620m) e o Morro Meco (2.538m). Conseguem reunir no seu território *habitats* que vão desde a floresta tropical, floresta aberta, savana, e zona desértica no Sul.

Clima: Sub-tropical, quente e húmido na maior parte do território; semi-árido e sub-húmido seco no Sul e faixa litoral até à Província de Luanda (cf. 3.2 e anexo A1).

Sociedade: enfrenta ainda vários problemas ao nível da Saúde e Educação, com sistemas deficiências, apesar do desenvolvimento actual apontar para uma forte melhoria, especialmente nos centros urbanos. A língua oficial é o Português e existem mais de 42 línguas, consideradas línguas nacionais, sendo as mais faladas o Umbundo, o Quimbundo (ou Kimbundu) e o Quicongo (ou Kicongo).

Economia:

} Estrutura do Emprego: Sector Primário 68,5%; Secundário 4,5%; Terciário 26,8%.

} Principais Exportações: Petróleo, diamantes, minerais vários, madeiras, peixe, café, algodão e sisal

} Principais Importações: Produtos alimentares, bebidas, produtos vegetais, equipamentos eléctricos e viaturas.

} Principais Índices Económicos: PIB – \$80.95 bilhões (estatísticas de 2007).



{ FIG. 1.1 } Províncias de Angola

1.2 Espaço construído: situação actual

Antes de se entrar na temática sobre construção sustentável, propriamente dita, é fundamental compreender o estado da construção em Angola. Para tal, expõe-se de seguida um pequeno resumo sobre as características gerais dos tipos de construção existente e praticada actualmente quer em espaço urbano quer em espaço rural. Para tal, optou-se por dividir as tipologias de construção em:

- { 1 } Construção consolidada em espaço urbano;
- { 2 } Construção não consolidada em espaço urbano;
- { 3 } Construção tradicional.



ESCALA GRÁFICA:



LEGENDA:

1 Bengo	6 Kwanza-Norte	11 Luanda	16 Namibe
2 Benguela	7 Kwanza-Sul	12 Lunda-Norte	17 Uíge
3 Bié	8 Cunene	13 Lunda-Sul	18 Zaire
4 Cabinda	9 Huambo	14 Malanje	
5 Kuando-Kubango	10 Huila	15 Moxico	

1.2.1 Construção consolidada em espaço urbano

Dentro deste grupo inclui-se todo o edificado existente com carácter não provisório e que caracteriza o conjunto urbano resultante. Engloba, portanto edificado consolidado de vários períodos de construção até à actualidade.

O estado de conservação do edificado varia de região para região, consoante os níveis de conflitos armados que aí ocorreram, o seu desenvolvi-



{ FIG. 1.2 } Vista da baía de Luanda: é patente a intensa actividade de construção de novas edificações.

mento económico, político e administrativo, e a existência de políticas adequadas ao nível do planeamento urbano e da salvaguarda e recuperação do património edificado.

Nas maiores cidades, como Luanda, Huambo, Benguela, Namibe ou Lubango, é ainda notória a necessidade de reabilitação de edifícios em pior estado de conservação. Ao nível da habitação particular ou unifamiliar, os edifícios vão sendo mantidos, sofrendo por vezes algumas alterações, por exemplo nos seus revestimentos, que nem sempre são as mais adequadas. No entanto, nos últimos anos, têm sido feitos esforços muito significativos para que seja concretizada a recuperação da maioria dos edifícios.

Actualmente, o desenvolvimento do sector da construção, tal como nos restantes sectores, tem

sido notável. Os principais centros urbanos expandem e alteram-se de dia para dia, constituindo actores intervenientes nessa transformação não só entidades nacionais (públicas e privadas), mas também uma série de intervenientes externos, envolvidos nas relações de cooperação internacional. Os métodos construtivos seguem as disponibilidades do mercado, sendo os projectos bastante variados quanto à sua concepção.

Este “boom” construtivo verifica-se principalmente ao nível das infra-estruturas básicas de apoio (viárias, de saneamento e de abastecimento de água potável, gás e energia), da construção de edifícios de escritórios (grandes superfícies, geralmente distribuídas em altura), de edifícios de habitação colectiva, e de grandes bairros residenciais (geralmente na periferia dos centros urbanos).



{ FIG. 1.3 } Exemplos de edifícios a necessitar de reabilitação, em Luanda.

Verifica-se ainda a reabilitação de edifícios públicos e alguns edifícios de escritórios existentes nos centros urbanos. Há contudo ainda carências fora dos grandes centros urbanos, particularmente em termos de edificação para a população mais carenciada, apesar do grande esforço que tem sido feito neste sentido com a implementação de diversos projectos para Habitação Comparticipada pelo Estado.

Regra geral, os edifícios de habitação comparticipados pelo Estado são construídos em tijolo, com estrutura armada (pilares e fundações) em ferro e betão, e cobertura em madeira revestida a chapa metálica. São construções simples, apresentando uma tipologia de habitação unifamiliar isolada, de 1 piso, variando entre os 2 e 3 quartos. As técnicas de construção utilizadas na execuçã destes peque-



{ FIG. 1.4 } Nova construção: reabilitação das infra-estruturas viárias e edifícios de serviços, Luanda.



{ FIG. 1.5 } Nova construção e reabilitação de edifícios de habitação, Luanda.



{ FIG. 1.6 } Nova construção de condomínios de habitação, nos arredores da capital.

nos conjuntos habitacionais apresentam aspectos positivos, tanto no que diz respeito aos materiais empregues, como ao próprio modo como se erguem as construções, demonstrando preocupações especiais que contribuem para a melhoria da qualidade das mesmas.





{ FIG. 1.7 } Construção de edifícios de habitação compartilhados pelo estado.

1.2.2 Construção não consolidada em espaço urbano

As construções onde vive grande parte da população, em particular em áreas suburbanas, são ainda muito precárias, com baixos níveis de habitabilidade, reflectindo a pobreza dos seus ocupantes. São edificações que respondem a uma necessidade urgente por parte da população, sem qualquer carácter de permanência ou durabilidade e com grandes carências em termos de infra-estruturas de apoio básicas – mas que vão permanecendo implantadas, formando focos de insegurança social, insalubridade e doenças.

A construção da habitação é normalmente executada pelo próprio (auto-construção), sem qualquer projecto, baseando-se apenas no resultado da prática e experiência que este conhece. Os materiais mais utilizados são o tijolo, (de adobe, cimento ou cerâmico), pedra, ou ainda materiais diversos como pequenas pedras ou outros materiais aproveitados, por exemplo para aplicação nos revestimentos de parede e pavimentos. Para as coberturas, são utilizadas geralmente chapas metálicas, simplesmente colocadas sobre as paredes. Por vezes os vãos não têm portas ou janelas, e as divisões são mínimas em quantidade e dimensão.

Tornam-se urgentes acções de apoio a este tipo de construção, quer seja através de orientação por técnicos responsáveis dada à auto-construção executada pelos moradores, por implementação de grandes projectos de reabilitação urbana, ou outros. É necessário um entendimento de que é possível



{ FIG. 1.8 } Construção não consolidada em espaço urbano: a edificação é normalmente executada pelo próprio, utilizando recursos locais (auto-construção).

construir igualmente com materiais baratos, especialmente os de origem local, mas atribuindo condições suficientes de habitabilidade e higiene ao edifício. Basta por vezes uma correcta aplicação dos materiais disponíveis, e o cumprimento de estratégias construtivas e arquitectónicas adequadas ao contexto, sendo as principais referidas mais adiante.

1.2.3 Construção tradicional

Angola caracteriza-se por uma grande heterogeneidade etnográfica, em que cada grupo ou subgrupo étnico possui características socioculturais particulares e diferentes entre si. No entanto, no que concerne às características construtivas e materiais aplicados, as diferenças são poucas, uma vez que os materiais mais utilizados – paus, caniços, colmo, madeiras, adobe e pedra, se encontram facilmente por todo o país, apesar de possuírem carac-

terísticas diferentes. José Redinha, no seu livro – *A habitação tradicional Angolana – aspectos da sua evolução*”, descreve os diversos tipos tradicionais de habitação, de acordo com a sua distribuição geográfica, etnográfica e aspectos construtivos – materiais, estrutura e métodos de construção.

Actualmente, as construções tradicionais estão maioritariamente presentes no espaço rural. Considera-se, que apesar da falta ainda generalizada de infra-estruturas básicas – saneamento, abastecimento de água potável e energia eléctrica, estas edificações incorporam tecnologias construtivas que são o produto do conhecimento empírico de muitas gerações, que ao longo de séculos desenvolveram estratégias de adaptação ao meio ambiente, utilizando recursos locais – são assim uma importante referência para a prática actual de uma construção sustentável.

A aplicação de materiais locais torna a construção mais barata, pois geralmente estes são



{ FIG. 1.9 } A implementação de soluções para as zonas de habitação precária e insalubre é uma prioridade,

transformados e aplicados pelo próprio dono da habitação, e também mais rápida, pois são materiais de fácil acesso e cujo tempo de espera para aplicação é geralmente reduzido. O estado de conservação depende da duração dos materiais. A madeira e o colmo, aplicados sem tratamento, e reagindo por vezes a chuvas fortes, não têm um tempo de duração efectivo muito grande, sendo necessária a sua substituição periódica, que é feita com alguma facilidade.

Nos espaços suburbanos algumas construções seguem as tipologias tradicionais, principalmente no que diz respeito à forma, mas são modificados alguns materiais aplicados, sendo por vezes esta alteração suficiente para um decréscimo no desempenho de conforto interior. Por exemplo, a utilização de chapas metálicas na cobertura nem sempre mostra ser uma boa estratégia, uma vez que ao ser aplicada sem qualquer isolamento adicional irá gerar situações de sobreaquecimento.



{ FIG. 1.10 } Exemplo de habitação vernacular em Angola.



{ capítulo 2 }

Arquitetura Sustentável



Há muitas definições para Arquitectura Sustentável, mas a essência da sustentabilidade está intrinsecamente ligada à essência da Arquitectura. Um bom edifício é naturalmente sustentável.

“Os edifícios designados para a sustentabilidade são construídos e operados para minimizar todos os impactos negativos nos ocupantes (em termos de saúde, conforto e produtividade), e no ambiente (uso de energia, recursos naturais e poluição)”. Plainotis (2006).

Podemos afirmar que Vitruvius no século I a.C. já defendia um projecto de Arquitectura *Sustentável*. O sistema *firmitas, vetustas, utilitas* (solidez, beleza e utilidade) deveria incluir uma observação da Natureza e um conseqüente aproveitamento dos recursos naturais, com a utilização da iluminação solar e da ventilação natural. Factores determinantes para a funcionalidade ambiental, como a escolha do local para implantação das cidades, a disposição

das vias e a orientação das edificações deveriam reger o projecto desde o seu início.

Encontramos também práticas de sustentabilidade na arquitectura vernacular, não erudita, de muitas comunidades. Esta incorpora tecnologias construtivas que são o produto do conhecimento empírico de muitas gerações, que ao longo de séculos desenvolveram estratégias de adaptação ao meio ambiente, utilizando recursos locais.

As problemáticas da sustentabilidade e das alterações climáticas são frequentemente consideradas como questões pertencentes aos países ricos. O continente africano, apesar de pouco industrializado e pouco consumista, encontra-se numa posição mais vulnerável do que os países desenvolvidos e fortemente industrializados. O hiper-consumismo não deve ser um modelo a seguir pelos países em desenvolvimento que por vezes erradamente prescrevem as ten-



dências ocidentais. Há uma necessidade latente de não seguir os maus exemplos do mundo industrializado e preservar uma qualidade, que podemos considerar como intrínseca à falta de riqueza financeira, que é a capacidade de reciclar e aproveitar os recursos existentes.

Os países mais ricos têm explorado os recursos naturais dos mais pobres, e alguns dos (poucos) ricos dos países mais pobres colaboram com este sistema, permitindo a exportação de recursos naturais a custos irrisórios. O debate contra a fome, a pobreza e as doenças endémicas ocupa um lugar cimeiro em África.

É essencial pensar em estratégias de planeamento ecológico e desenvolvimento sustentável, de forma holística e integrada, evitando soluções de curto prazo e alcance. A sustentabilidade energética e o uso responsável dos recursos locais devem ser partes integrantes do desenvolvimento sustentável do ecossistema.

Actualmente, a problemática da construção sustentável, adaptada o contexto climático, socio-económico e cultural em que se insere, não se encontra devidamente estudada ou explorada no continente africano. Existe contudo um vasto corpo de conhecimentos e ferramentas de análise que permitem identificar as principais estratégias a utilizar no projecto de edifícios em África, – soluções eficazes e económicas para um bom desempenho do conforto interior de um edifício. O presente manual pretende ser um contributo para o conhecimento nesta área de estudos.

Uma medida indispensável é a auto-suficiência. Os altos custos de importação poderão ser a motivação para produzir e conduzir naturalmente a soluções mais viáveis em termos ecológicos e de respeito ambiental não envolvendo o uso de recursos locais. Tem de haver uma sensibilização da população neste sentido. O que pode e deve vir do exterior são as novas técnicas e concepções de construção, que permitem uma utilização mais racional da matéria-prima.

Apesar de medidas pontuais do sector da construção fazerem alguma diferença, este só poderá ser verdadeiramente fomentado através de um novo modelo de crescimento económico, que tenha por base um desenvolvimento ecologicamente sustentado. Deverão ser incrementadas medidas para a promoção de materiais de baixo custo, com desenvolvimento de tipologias e tecnologias de construção locais, que se revelem determinantes e eficientes. O cooperativismo e associativismo deverão ser fomentados para haver uma rede de solidariedade e cooperação entre os cidadãos e entre a ecotecnosfera e a biosfera.

O processo participativo e a auto-construção deverão ser integrados nesta teia sinérgica de solidariedade e união colectiva, com o objectivo de superação dos problemas de escassez de recursos financeiros. O arquitecto, na sua prática profissional, para além da utilização de materiais locais e da introdução de sistemas de energias renováveis, deve prever no projecto os espaços de construção prioritária e contemplar o edifício como um organismo que pode crescer, num processo espacial evolutivo

que acompanha o crescimento das famílias. O abrigo evolutivo que comporta espaços com potencial de expansão, para a família em crescimento, é um elemento cultural em África. Paralelamente, a definição dos espaços de construção prioritária é fundamental para a gestão dos recursos financeiros.

Mais de mil milhões de pessoas nos países em desenvolvimento não têm abrigo adequado e

calcula-se que cem milhões não têm casa. O objectivo deste Manual é sugerir medidas básicas para uma casa confortável, que respeite a natureza, e com custos reduzidos de construção e de manutenção. Tendo em conta o clima, os recursos naturais e o contexto socioeconómico, são traçadas estratégias de boas práticas para o projecto arquitectónico.



{ FIG. 2.1 } Construção precária num mussequê de Luanda – a melhoria das condições de habitabilidade é uma necessidade prioritária.

{ capítulo 3 }

Projecto Bioclimático: Princípios Gerais

No contexto climático angolano é possível atingir um equilíbrio entre o edifício e o clima através da aplicação de uma série de estratégias de projecto – referidas como bioclimáticas ou de *design* passivo.

As estratégias de *design* passivo têm como objectivo proporcionar ambientes confortáveis no interior dos edifícios e simultaneamente reduzir o seu consumo energético. Estas técnicas permitem que os edifícios se adaptem ao meio ambiente envolvente, através do projecto de arquitectura e da utilização inteligente dos materiais e elementos construtivos, evitando o recurso a sistemas mecânicos consumidores de energia fóssil.

O uso de energia fóssil, não renovável, é, como se sabe, o principal responsável pelo grave problema do aquecimento global, resultante da emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera. Nos edifícios, o uso de electricidade proveniente de energia fóssil, contribui em larga medida para a intensificação deste problema.

As medidas passivas são as que mais contribuem para reduzir os gastos energéticos do edifício ao longo da sua existência. Dois exemplos de estratégias passivas são a optimização do uso da iluminação natural para reduzir o recurso a sistemas de iluminação artificial, ou a promoção de ventilação natural, para evitar o uso de aparelhos de ar condicionado para arrefecimento.

Em Angola existem bons exemplos de arquitectura adequada ao meio ambiente em que se insere. Contudo, hoje em dia a prática de uma arquitectura passiva ou bioclimática, com preocupações ambientais e energéticas, necessita ainda de implementação. Embora as publicações existentes refiram extensamente os potenciais benefícios desta arquitectura, o seu uso é ainda muitas vezes mal compreendido, sendo erradamente considerado um risco, ineficiente, demasiado complicado ou caro. Por exemplo, em muitas novas construções as preocupações de climatização são deixadas para engenheiros, que tendem a adoptar o uso “seguro” do ar condicionado. Apesar



{ FIG. 3.1 } Edificação em complexo turístico recente, com algumas tipologias construtivas inspiradas na arquitectura vernacular.

de existirem já muitos exemplos que comprovam a eficácia, melhores níveis de conforto, e vantagens económicas do uso das técnicas passivas ainda há uma grande necessidade de difusão deste conhecimento e do aumento do número de edifícios passivos, bioclimáticos, em termos de nova construção e reabilitação.

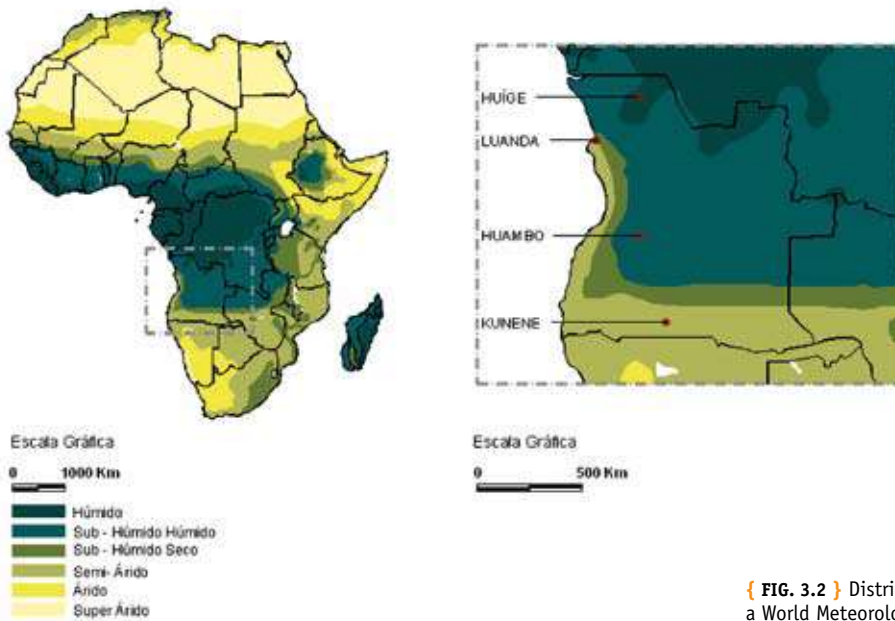
Sendo um clima quente, é também dada neste manual particular atenção à questão da refrigeração dos edifícios, fundamental para obtenção de ambientes confortáveis. O arrefecimento dos edifícios deve, e pode, ser conseguido através de meios naturais, evitando o recurso a sistemas de climatização energívoros. O objectivo das técnicas de arrefecimento passivo é evitar a acumulação de ganhos de calor e fornecer refrigeração natural, evitando o sobreaquecimento. Os princípios de técnicas de arrefecimento passivo foram usados com sucesso durante séculos, antes do aparecimento do ar condicionado. Estas técnicas tradicio-

nais foram simplesmente reforçadas com o conhecimento tecnológico hoje disponível, e optimizadas para que pudessem ser incorporados com sucesso na concepção e operação dos edifícios.

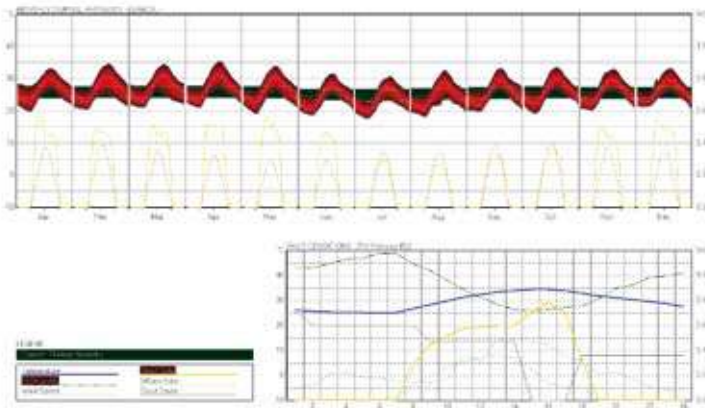
Neste capítulo é feita primeiramente uma descrição sumária do contexto climático de Angola, ponto de partida para a prática de uma arquitectura bioclimática, de *design* passivo. Seguidamente são apresentadas as principais estratégias de projecto bioclimático.

3.1 Contexto climático

Em Angola, o clima é classificado como sub-tropical, quente e húmido, na maior parte do território, e semi-árido e sub-húmido seco no Sul e faixa litoral até à Província de Luanda. A { FIGURA 3.2 } apresenta a divisão por zonas de aridez (divisão climática) para África.



{ FIG. 3.2 } Distribuição por Zonas de Aridez (segundo a World Meteorological Organization – WMO).



{ FIG. 3.3 } Em cima: gráfico com o perfil anual de valores médios de temperatura para Luanda. Em baixo: valores de temperatura do ar (azul), humidade relativa (tracejado verde), velocidade do vento (tracejado azul claro), radiação solar directa (amarelo) e difusa (tracejado), para um dia quente (21 de Fevereiro), e para um dia frio (15 de Julho), em Luanda. Valores estimados, obtidos através do software METEONORM.

O gráfico apresentado na { FIGURA 3.3 } mostra um exemplo típico de perfil anual de valores médios de temperatura e humidade para Luanda. Outros dados climáticos de referência para o projecto urbano e arquitectónico, correspondentes às Províncias de Luanda, Uíge, Huambo e Cunene, são apresentados no anexo 1.

Para o projecto de arquitectura devem ser previamente analisadas algumas questões que estão associadas ao clima, como: a orientação da casa; os tipos de materiais a serem utilizados; as necessidades de protecção solar nas diferentes zonas, etc.. Estes princípios são seguidamente apresentados, começando pelos primeiros passos a considerar no projecto – a localização, forma e orientação das edificações.



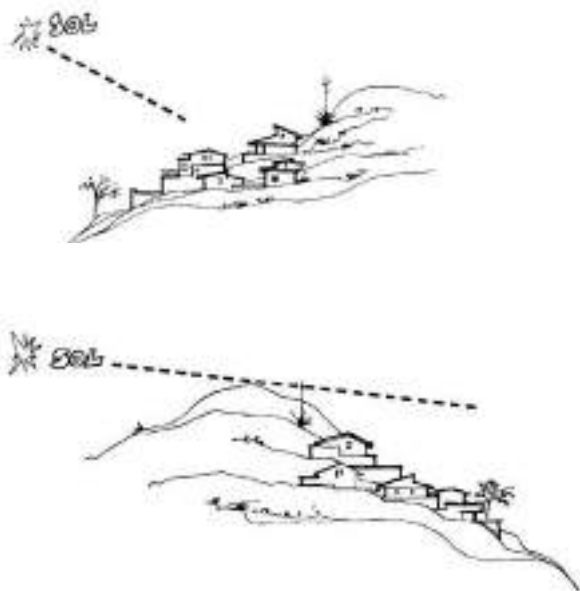
3.2 Localização, forma e orientação

A selecção do lugar, a forma e a orientação do edifício são as primeiras opções a considerar para a optimização da exposição ao trajecto solar e aos ventos dominantes. Num clima quente como o de Angola, é essencial que a implantação das casas tenha em consideração o regime de ventos, para uma ventilação eficiente, e consequente melhoria do

conforto na habitação. Nas regiões montanhosas, as habitações devem ser implantadas nas zonas mais baixas da montanha e acima do leito das ribeiras, onde circula mais o ar. Deve privilegiar-se o lado da encosta que beneficia de mais horas de sombra. No litoral, as fachadas voltadas para o mar devem ser protegidas por alpendres de dimensões generosas, para diminuir o impacto do reflexo do sol sobre o mar no interior das habitações. Os arranjos exteriores são essenciais para proteger o interior dos ganhos solares excessivos.

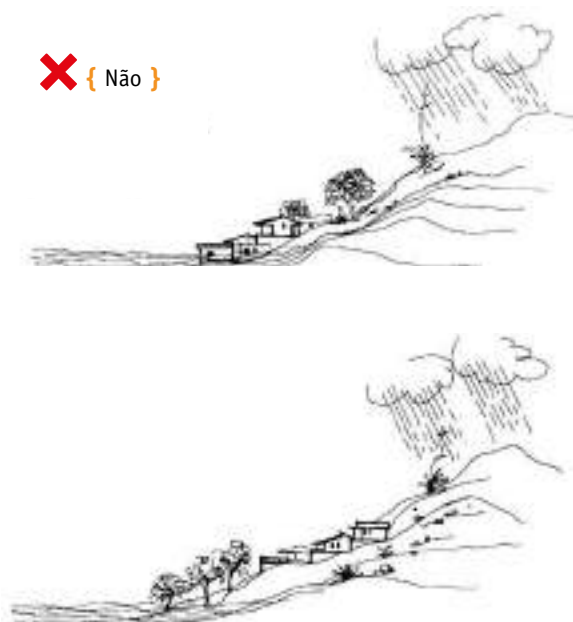
• Sol

{ FIG. 3.4 } Localização de um aglomerado numa encosta. No primeiro esquema, as habitações ficam demasiado expostas ao sol nas horas de maior incidência. O segundo esquema mostra uma localização mais favorável. Nas horas de maior incidência do sol, as casas beneficiam da sombra da encosta.



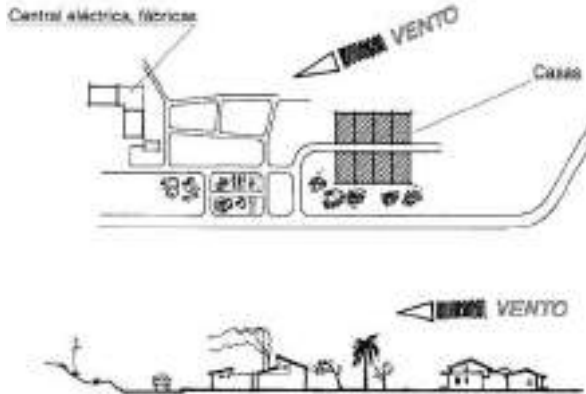
• Chuva

{ FIG. 3.5 } É necessário evitar a implantação das habitações em linhas de água, ribeiras secas, zonas predispostas a inundações e encostas sujeitas a enxurradas. Devem-se escolher zonas seguras e protegidas de inundações. Nas alturas de chuvas torrenciais, a água conhece o seu antigo caminho. As obras de correcção pluvial ficam sempre mais caras e normalmente só se executam quando as chuvas já causaram muitos prejuízos. O segundo esquema apresenta a localização conveniente de um aglomerado.

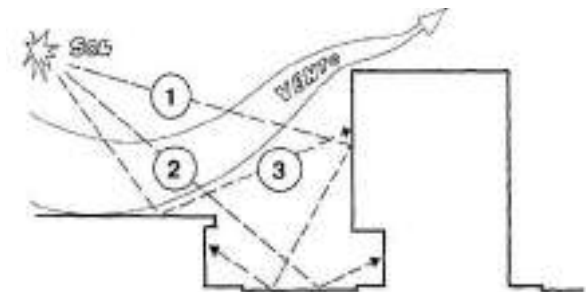
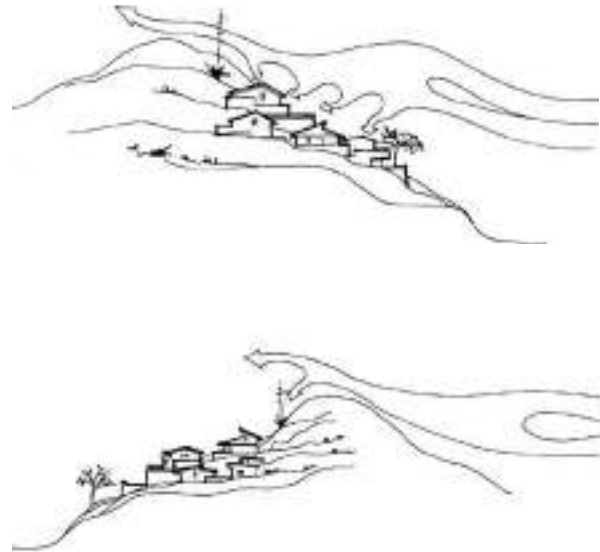


• Vento

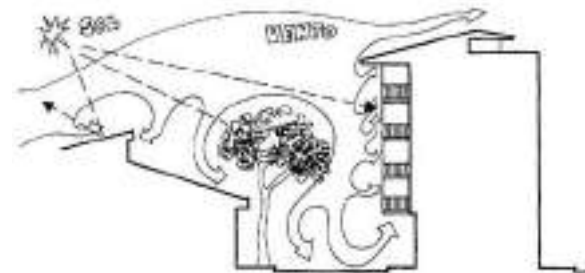
{ FIG. 3.6 } Orientação correcta, considerando o regime dos ventos.



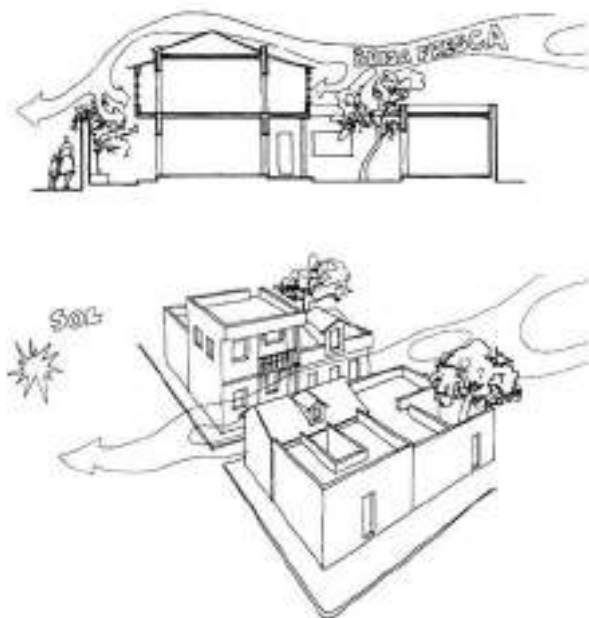
{ FIG. 3.7 } Num aglomerado situado numa encosta devemos estudar os ventos dominantes, para que a localização favoreça o arejamento das casas.



{ FIG. 3.8 } Neste esquema, os raios de sol (1) incidem na fachada do edifício que os reflecte para o pavimento e depois para o interior do edifício. Os raios (2) atingem o pavimento e reflectem na zona de circulação de pessoas. Os raios (3) caem sobre a cobertura plana do edifício mais baixo reflectindo-se na fachada do edifício mais alto. O vento resvala por cima da cobertura plana e como não encontra nenhuma reentrância na fachada da frente passa por cima do edifício. O ambiente fica excessivamente quente em redor e dentro dos edifícios.



{ FIG. 3.9 } A configuração da fachada do edifício alto e da cobertura do edifício baixo foram alterados para melhorar o ambiente externo nessa zona. A árvore amortecer o efeito dos raios solares e favorece a circulação do ar. O efeito do vento na zona, ajudado pela cobertura inclinada do edifício baixo e pelas varandas do edifício alto, torna-se mais diversificado, podendo assim penetrar nas habitações.



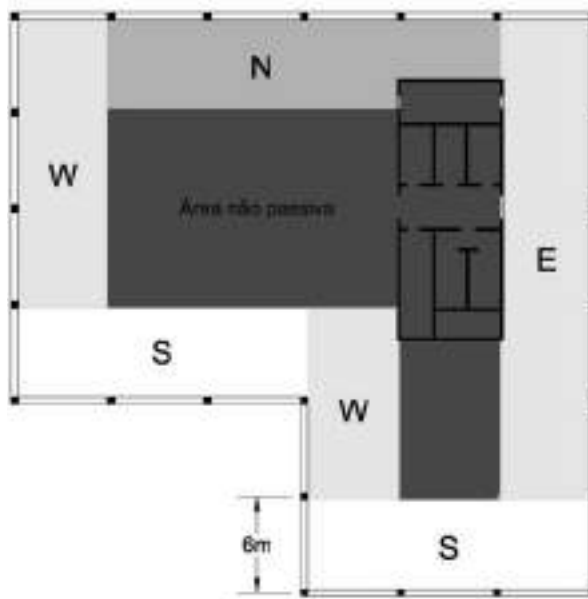
{ FIG. 3.10 } A ventilação tem um papel fundamental no contexto angolano, devendo-se privilegiar soluções para otimizar a circulação do ar. O recurso à tipologia da casa-pátio é uma medida eficiente. O tema da ventilação natural é adiante desenvolvido.

As novas zonas habitacionais devem também ser projectadas a uma distância conveniente da estrada de maior circulação, evitando ruídos e outros inconvenientes. As ruas devem ser estreitas e orientadas por forma a que pelo menos um lados tenha sempre sombra.

Sendo o ambiente externo quente, a ventilação e o conforto dentro de casa são aspectos críticos. Nas zonas urbanas o impacto dos raios solares nos telhados e nas fachadas dos edifícios e a circulação da brisa fresca em redor dos edifícios deve ser estudado. Caso contrário, poderá haver o risco da criação de um ambiente muito desconfortável no interior das habitações.

Em termos de forma do edifício, a configuração e o arranjo dos espaços internos, de acordo com a função, influenciam a exposição à radiação solar incidente, bem como a disponibilidade de iluminação e ventilação natural. Em geral, um edifício compacto terá uma superfície de exposição relativamente pequena, ou seja, um baixo rácio superfície/volume. Para as pequenas e médias construções, esta situação oferece vantagens para o controlo de trocas de calor através da envolvente do edifício. A geminação dos edifícios oferece também vantagens; ao diminuir a área de exposição solar, são reduzidos os riscos de sobreaquecimento.

{ FIG. 3.11 } Definição de áreas passivas (cor clara) e não passivas (ou activas, cor mais escura) na planta de um edifício (adaptado de Baker, 2000).

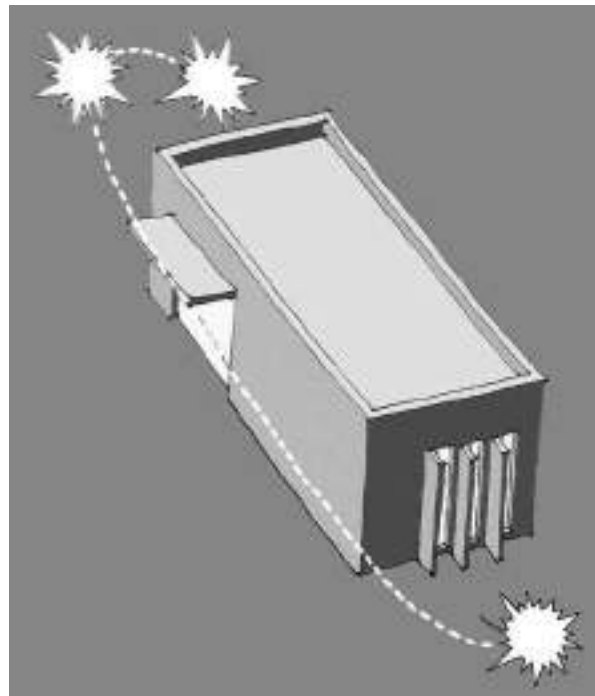
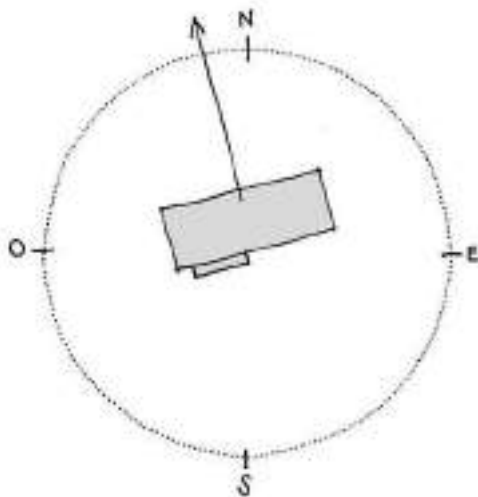


As áreas do edifício potencialmente iluminadas e ventiladas naturalmente, as chamadas áreas passivas, podem ser consideradas como tendo uma profundidade de duas vezes a altura do pé-direito (i.e. geralmente cerca de 6 metros). Esta profundidade pode ser reduzida quando há obstáculos à luz natural e à ventilação, devido a uma compartimentação interior pouco adequada, a edifícios vizinhos, ou no caso de espaços adjacentes a átrios. A proporção de área passiva de um edifício, em relação à sua área total, dá uma indicação do potencial do edifício para o emprego de estratégias bioclimáticas.

O objectivo é sempre maximizar a área passiva. Em edifícios com áreas não passivas (activas) de dimensão significativa, as soluções com recurso a sistemas mecânicos energívoros tendem a prevalecer { FIGURA 3.11 }. No caso da reabilitação de edifícios com áreas activas, deve-se procurar que estas sejam convertidas em espaços não ocupados, por exemplo arrumos. Quando a área activa atinge grandes dimensões, é aconselhável a incorporação de saguões ou átrios.

O conceito de zona passiva deve ser considerado a partir da primeira fase do projecto, em que são definidas a forma e a orientação do edifício. As es-

{ FIG. 3.12 } Optimização da orientação solar para a zona de Luanda. A melhor orientação para a fachada principal é de 352.5° N. As melhores orientações para outras regiões são indicadas no anexo A1. Para o território Angolano, a orientação aceitável não deve exceder uma variação até 45° a partir do Norte.





estratégias de *design* passivo a utilizar variam segundo a orientação das diferentes zonas do edifício. Estas estratégias que incluem, por exemplo, a alteração da área de envidraçado e a utilização de diferentes dispositivos de sombreamento, encontram-se descritas nos subcapítulos seguintes.

A melhor orientação do edifício para reduzir os ganhos solares de calor será paralela ao eixo Nascente-Poente, uma vez que restringe a área de exposição das fachadas que recebem sol de ângulo baixo (Nascente e Poente) e permite o sombreamento da fachada que mais recebe sol de ângulo alto (Norte), beneficiando ainda de iluminação natural – conforme representado na { FIGURA 3.12 }. Em remodelações, e em muitas situações urbanas onde a orientação está fora do controlo do projectista, uma orientação desfavorável pode ser compensada através do reforço de outras estratégias adequadas de controlo de ganhos solares, como o sombreamento ou o dimensionamento de janelas.

A orientação correcta dos espaços de permanência da habitação, em função do percurso do sol e do vento, é o ponto de partida para aproveitar estas energias renováveis. A insolação das fachadas é definida no processo de implantação do edifício e é decisiva no conforto dos espaços interiores. A orientação a Sul é geralmente recomendada para o hemisfério Norte, por ser a que mais otimiza os ganhos solares para aquecimento durante a estação fria. Contudo, em regiões do hemisfério Sul, e onde a questão do sobreaquecimento é prioritária, como no caso de Angola, a melhor

orientação é a Norte, sendo contudo aceitável uma variação até 45° (entre Nordeste e Noroeste). De acordo com simulações realizadas utilizando o software Ecotect, por exemplo para o caso de Luanda, uma ligeira variação (352°5'N) será a orientação óptima – as orientações óptimas para outras regiões são apresentadas no Anexo 1.

Os quartos de dormir, quando orientados a Nascente, captam menos calor e durante a tarde são espaços mais frescos. Os alçados orientados a Poente devem ser protegidos para não haver radiação solar excessiva. A utilização de frestas e de pequenos vãos é uma medida eficiente. O dimensionamento das áreas envidraçadas deve ser compatibilizado com a orientação da fachada. O espaço da cozinha deve ser o mais fresco da habitação, por isso não pode ser orientado a Poente. Deve ser tida em conta a direcção dos ventos dominantes para que quando soprem não arrastem os cheiros e o calor para o resto da casa.

A optimização da orientação e da área passiva contribuem para evitar situações de sobreaquecimento, sendo o primeiro passo para a promoção de estratégias de protecção e dissipação do calor. As técnicas de protecção ao calor como o sombreamento, o dimensionamento das janelas, o revestimento reflexivo da envolvente, ou o isolamento oferecem protecção térmica contra a penetração de ganhos de calor indesejáveis para o interior do edifício e minimizam os ganhos internos. Em Angola devem ser previstos elementos de sombreamento das áreas de envidraçado e paredes exteriores, por forma a evitar situações de

sobreaquecimento, para haver conforto térmico no interior dos compartimentos. Estes elementos podem ser tectónicos: palas ou alpendres, elementos vegetais ou ainda elementos mistos. Os elementos vegetais junto a fachadas ou mesmo o revestimento de fachadas com elementos vegetais aumentam o conforto interior e funcionam como um filtro dos raios solares. As paredes devem, quando possível, ter isolamento e ser suficientemente maciças para retardar a penetração de calor de dia e o frio à noite.

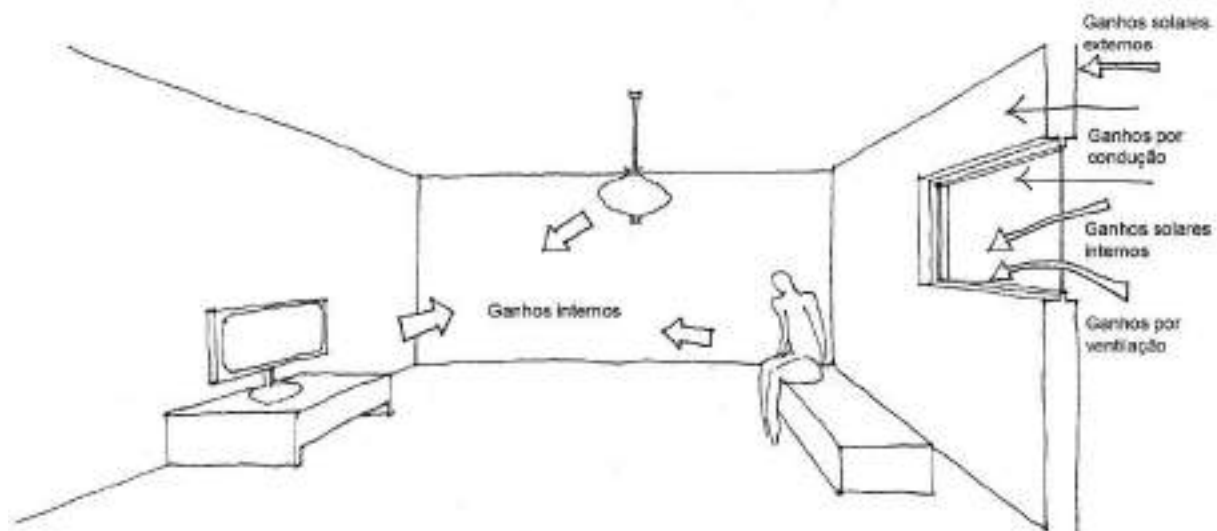
As Técnicas de dissipação do calor maximizam as perdas do calor que se acumulou no interior do edifício, dissipando-o através de ventilação natural e inércia térmica, evaporação, radiação, ou de um “poço de calor” como o solo. A utilização destas téc-

nicas evita o sobreaquecimento, conduzindo os valores da temperatura interior a níveis próximos da temperatura do ar exterior, ou mesmo abaixo destes.

A radiação solar directa é, de longe, a principal fonte de calor. O uso de técnicas de controlo solar no projecto de arquitectura é uma estratégia de alta prioridade para minimizar o impacto dos ganhos solares no edifício.

As melhores soluções de projecto para arrefecimento passivo combinam várias estratégias, com o fim de se alcançar uma maior eficácia – como por exemplo o arrefecimento por ventilação nocturna com isolamento externo da massa térmica.

A eficácia das técnicas de arrefecimento passivo pode muitas vezes ser melhorada através do



{ FIG. 3.13 } Os ganhos de calor: I Ganhos solares – causados pela incidência da radiação solar sobre as superfícies externas, que é conduzida para o interior do edifício (ganhos solares externos), e pela passagem da radiação solar através das janelas (ganhos solares internos); II Ganhos internos – provenientes dos ocupantes, iluminação artificial e equipamentos; III

por condução – a partir da condução de calor proveniente do ar exterior mais quente para o interior do edifício, através das superfícies externas do edifício (fachadas e telhado); IV Ganhos por ventilação – a partir da infiltração de ar quente para o interior do edifício.



uso de sistemas mecânicos de energia renovável, como os painéis solares ou fotovoltaicos, ou de sistemas de baixo consumo (de energia fóssil), como as ventoinhas. Estes sistemas são referidos no capítulo 5.

3.3 Sombreamento

O sombreamento é uma estratégia muito eficaz para reduzir a penetração da radiação solar no edifício, oferecendo protecção às áreas de envidraçado (janelas), e também à envolvente opaca. Os ganhos de calor através das janelas podem ser muito significa-

tivos, visto que estas têm muito pouca resistência à transferência de calor radiante. Em regiões quentes, um edifício bem sombreado pode ser entre 4°C a 12°C mais fresco do que um sem sombra.

O sombreamento da envolvente opaca do edifício pode ser feito por dispositivos fixos de sombreamento, pela vegetação, ou através de dispositivos ajustáveis. Varandas, pátios ou átrios, podem ser tipologias úteis na protecção solar.

Em termos de sombreamento das áreas de envidraçado, o edifício deve ser especialmente protegido dos ganhos solares nas janelas orientadas a Nascente e Poente, devido ao ângulo baixo do sol no início da manhã e ao fim da tarde. As orientações a Nas-



{ FIG. 3.14 } O sombreamento é uma estratégia secular de protecção ao calor.



{ FIG. 3.15 } Utilização de dispositivos fixos para sombreamento ("Brise soleil"), num edifício modernista em Luanda.



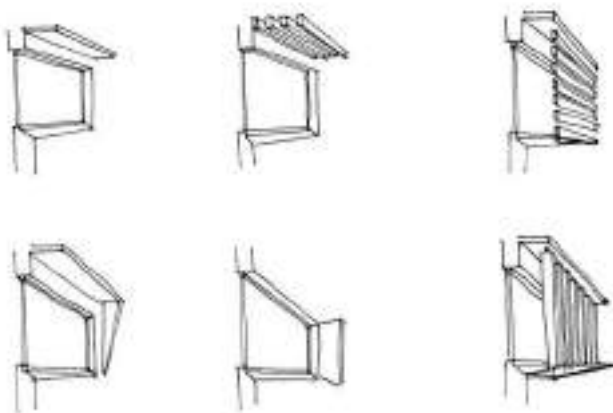
Sombreamento	Descrição	Desempenho
Dispositivos fixos	Geralmente elementos externos, como palas horizontais, aletas verticais, ou sistemas de grelhas.	<p>As palas horizontais, usadas acima de áreas de janela orientadas a Sul podem proporcionar um bom nível de sombreamento. Nas fachadas Nascente e Poente um dispositivo fixo vertical pode ser melhor do que um horizontal, mas a janela nunca é completamente sombreada. Aletas verticais podem também proteger a fachada Norte do sol baixo, de nascente e poente.</p> <p>O uso de sistemas de grelhas (desde simples gelosias de madeira até sistemas pré-fabricados em cimento ou material cerâmico) também pode ser muito eficaz para sombreamento, e oferece vantagens em termos de privacidade. Reduz contudo a vista para o exterior, e na sua concepção devem ser especialmente consideradas as necessidades de luz e ventilação natural.</p> <p>O uso de cor clara para o sombreador é preferível à cor escura, já que tem melhor desempenho na reflexão da radiação solar, reduzindo a sua penetração para o edifício. O uso de cor clara tem também um melhor desempenho em termos de iluminação natural.</p>
Espaços intermédios	Varandas, pátios, átrios ou arcadas.	Estas tipologias podem ser muito úteis como uma forma de sombreamento fixo, se o seu <i>design</i> for adequado. Como em todas as estratégias de sombreamento, o projecto também deve considerar os requisitos de ventilação e iluminação natural. O desempenho do sombreamento depende da configuração do edifício, e do desenho das varandas.
Prédios vizinhos	Os edifícios vizinhos, e.g. do outro lado da rua, podem proporcionar sombreamento de fachada, particularmente em pisos inferiores.	<p>Os edifícios vizinhos podem proporcionar um sombreamento eficiente, embora em algumas situações, como em ruas estreitas, tal possa diminuir a disponibilidade de luz natural.</p> <p>O impacto do sombreamento dos edifícios vizinhos deve ser considerado no processo de <i>design</i>, em termos da escolha dos dispositivos de sombreamento e dimensionamento da janela, por exemplo aumentando um pouco o tamanho da janela em áreas permanentemente sombreadas, para melhorar o desempenho de iluminação natural.</p>

{ QUADRO 1 } Características de estratégias de sombreamento através de dispositivos fixos, espaços intermédios e prédios vizinhos



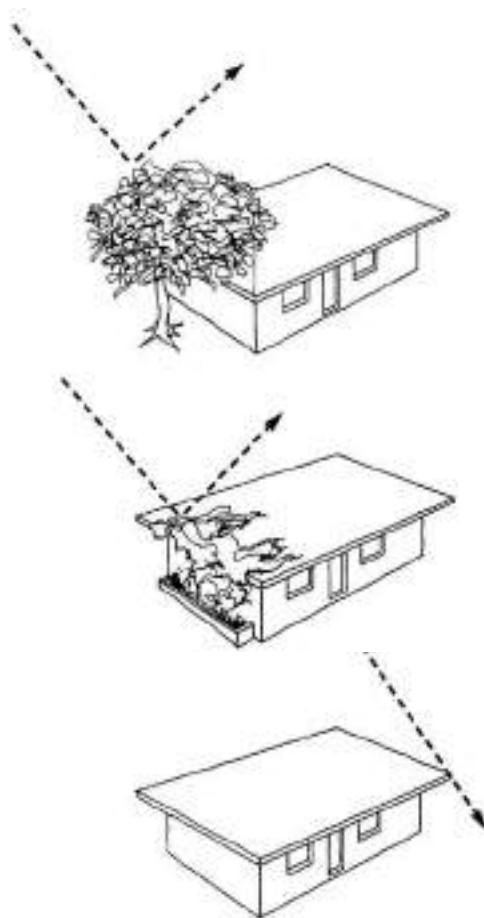


{ FIG. 3.16 } Utilização de palas fixas verticais e horizontais de sombreamento, num edifício modernista em Luanda.



{ FIG. 3.17 } Alguns exemplos típicos de dispositivos de sombreamento externos para janelas.

cente e Poente podem facilmente originar sobreaquecimento, especialmente em edifícios mal isolados e de baixa inércia. Existe uma grande variedade de dispositivos de sombreamento, fixos ou ajustáveis, internos ou externos, mais ou menos leves. Os { QUADROS 1 e 2 } apresentam as características dos diferentes tipos de sombreamento, que podem ser usados em habitações ou edifícios de serviços.



{ FIG. 3.18 } As árvores e as plantas, e os beirais salientes, diminuem a incidência solar.

Os sistemas de sombreamento fixo cortam a incidência dos raios solares antes de atravessarem o vidro, evitando o efeito de estufa. Há diversos elementos que podem ter esta função, como as palas, venezianas, toldos, estores e beirais. É importante garantir alguma distância entre o elemento de sombreamento e a zona envidraçada, para que a radiação térmica captada pelo elemento de sombra não seja transmitida para o interior do edifício.

{ FIG. 3.19 } Exemplos de varandas sombreadas em edifícios na cidade de Luanda.



{ FIG. 3.20 } Sombreamento fixo: arcadas (esquerda, em baixo); projecção da cobertura (esquerda, em cima); e palas fixas num edifício comercial contemporâneo (direita).



{ FIG. 3.21 } Sombreamento fixo: alpendre em vivanda; cobertura sombreada; grelhas de sombreamento.

Sombreamento	Descrição	Desempenho
Vegetação	A vegetação pode ser usada para sombrear os pisos inferiores do edifício.	Nas regiões quentes como em Angola, é preferível a utilização de árvores de folha perene, de modo a proporcionar sombra ao longo de todo o ano.
Dispositivos ajustáveis	Estes dispositivos podem ser externos – tais como estores ou persianas retrácteis, palas ou venezianas ajustáveis, aletas giratórias, placas horizontais, toldos, tendas, cortinas ou pérgulas – feitos de madeira, metais, plásticos, tecidos, etc. Também podem ser internos – como cortinas, persianas ou venezianas.	Os dispositivos ajustáveis podem ser mais eficazes do que fixos, pois podem ser regulados para diferentes ângulos de incidência solar. A sua flexibilidade permite também um melhor aproveitamento da luz natural, quando comparado com sombreamento fixo. Os dispositivos ajustáveis permitem também o controle pelos ocupantes, de acordo com as suas preferências individuais. Os dispositivos externos de sombreamento são mais eficientes do que os internos, pois reduzem a incidência da radiação solar sobre a área envidraçada, enquanto que os dispositivos de sombreamento interno apenas conseguem reflectir uma parcela da radiação que já entrou no espaço interno. No entanto há sistemas, como os estores, comuns em edifícios domésticos, que podem ser uma má escolha em termos de vista, iluminação natural e ventilação. Os dispositivos externos opacos de cor clara podem reflectir até 80% da radiação incidente nas fachadas, se forem devidamente controlados. Os dispositivos externos translúcidos de cor clara, de preferência brancos, (tais como dispositivos de tela ajustável) podem reflectir até 60% dessa radiação.

{ QUADRO 2 } Características de estratégias de sombreamento através de vegetação e dispositivos ajustáveis.



{ FIG. 3.22 } Utilização de vegetação e dispositivos fixos para sombreamento, no edifício da Faculdade de Arquitectura da UAN, Luanda



{ FIG. 3.23 } Sombreamento ajustável: portadas venezianas exteriores de madeira (esquerda) e estores (direita): proporcionam sombreamento e simultaneamente permitem iluminação e ventilação natural.

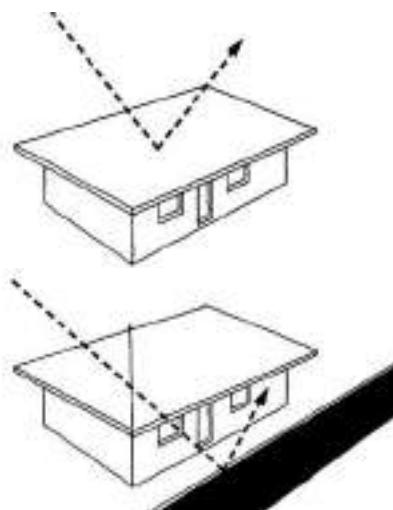


{ FIG. 3.24 } Sombreamento amovível: toldo em esplanada.



3.4 Revestimento reflexivo da envolvente

As cores claras de alguns materiais de revestimento reflectem uma parcela considerável da radiação solar. A cal branca para pintar os edifícios é um exemplo. Os revestimentos de cores claras contribuem para reduzir a temperatura da envolvente do edifício e evitar a condução de calor para o interior do edifício. O { QUADRO 3 } descreve as características dos revestimentos reflexivos, de cor clara.



{ FIG. 3.25 } As superfícies caídas diminuem a incidência solar (em cima). A proximidade da casa aos pavimentos de cor escura deve ser evitada, para não haver absorção de calor e irradiação para dentro da habitação (em baixo).

Descrição

Desempenho

REVESTIMENTO REFLECTIVO (Tinta ou azulejos de cor clara)

Tinta ou azulejos de cor clara (por exemplo, branco) nas fachadas.
O telhado, sempre que possível, também deve ser de cor clara.

A pintura de cor clara é um meio económico e eficaz para reduzir a entrada de calor no edifício, reflectindo a radiação solar. A cor que mais reflecte a radiação solar é o branco.

A pintura das paredes internas com uma cor clara também pode melhorar os níveis internos de iluminação natural, reduzindo assim a necessidade de luz artificial.

Nas proximidades da casa deve evitar-se o uso de materiais de cores escuras, como o gravilhão, a areia preta e o betão, para diminuir a absorção de radiação.

Em algumas situações urbanas, a reflexão da radiação solar para outros prédios, por vezes, pode não ser desejável, mas pode constituir uma vantagem em termos de luz natural. As reflexões indesejáveis de prédios vizinhos podem ser evitadas através da utilização de dispositivos de sombreamento.

{ QUADRO 3 } Características do uso de revestimentos de cor clara (reflexivos).





{ FIG. 3.26 } A pintura de cor clara reflecte o calor, evitando o sobreaquecimento no interior dos edifícios.



3.5 Isolamento

A localização correcta do isolamento protege o edifício contra os ganhos de calor durante os períodos mais quentes, e melhora o conforto térmico durante todo o ano. Também pode melhorar a vedação das paredes (evitando a infiltração de ar quente), e reduz problemas de condensação em superfícies, em zonas com climas mais húmidos.



{ FIG. 3.27 } O uso de tijolo perfurado contribui para o isolamento dos edifícios. Nas fachadas, deve ser reforçado com material isolante, pelo exterior, ou na cavidade das paredes duplas.



{ FIG. 3.28 } Utilização contemporânea do colmo, num complexo turístico na barra do Kuanza. O colmo é um material isolante, que protege o edifício contra os ganhos de calor. Ao utilizar esta tipologia de tradição local, recolhem-se também os benefícios térmicos da protecção solar.



Descrição	Desempenho
<p>ISOLAMENTO</p> <p>O material isolante pode ser acrescentado na superfície exterior das fachadas, ou na cavidade entre panos de parede (paredes duplas). Os materiais de isolamento evitam a condução de calor para o interior devido à existência de gás aprisionado em muitas camadas (e.g. fibra de vidro, lã de rocha) ou em células (poliestireno), aumentando a resistência térmica do material à condução, proporcionalmente à sua espessura, mas não restringem necessariamente o calor radiante. O isolamento externo pode ser adicionado utilizando painéis isolantes pré-fabricados. Deve ser pintado com cor clara.</p>	<p>O isolamento dos elementos opacos externos, ou o uso de isolamento adicional para as fachadas, é uma das medidas mais simples e eficazes de protecção ao calor e redução da necessidade de arrefecimento.</p> <p>O próprio ar existente nas cavidades dos tijolos, ou no espaço entre paredes (parede dupla de fachada) confere isolamento ao edifício, mas este pode ser significativamente reforçado com material adicional (isolamento externo ou de cavidade).</p> <p>O isolamento externo é preferível ao isolamento de cavidade, fazendo máximo uso da capacidade de armazenamento da massa térmica interna, e tem um melhor desempenho em termos de prevenção de ganhos de calor. Minimiza também as pontes térmicas do edifício.</p> <p>O recurso ao isolamento interno deve ser evitado, dado que reduz a área de exposição da massa térmica, retirando o benefício da inércia ao interior do edifício.</p> <p>O isolamento do telhado é uma prioridade, pois diminui o risco de temperaturas elevadas no piso superior.</p>
<p>BARREIRAS RADIANTES</p> <p>As barreiras radiantes, feitas de produtos reflexivos, como chapa de alumínio, podem ser instaladas em cavidades ventiladas do telhado. A chapa metálica reflecte a radiação, e a ventilação na cavidade impede a condução do calor para o interior do edifício.</p>	<p>A eficácia deste método depende da ventilação necessária para transportar o calor da chapa por convecção. Quando o arrefecimento é a principal preocupação pode ser preferível usar um sistema de barreira radiante, em alternativa a elevados níveis de isolamento do telhado. Este sistema pode contudo ser mais caro e complexo do que o isolamento simples.</p>

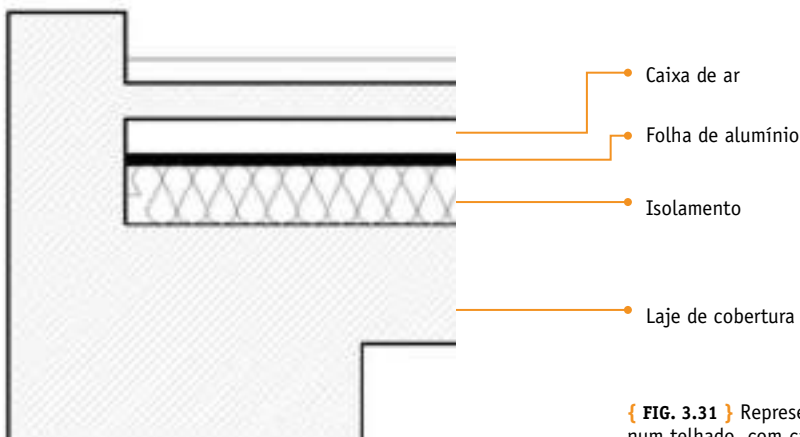
{ QUADRO 4 } Características de isolamentos e barreiras radiantes.





{ FIG. 3.29 } Sistema construtivo misto de cobertura. O colmo é sobreposto em chapa ondulada de material metálico (sub-capa): aos benefícios da impermeabilização e durabilidade conferidos pelo uso da sub-capa metálica adiciona-se a capacidade isolante do colmo.

{ FIG. 3.30 } O uso sem protecção (isolamento) de material metálico para coberturas deve ser evitado, dado que leva ao agravamento de situações de sobreaquecimento interno (esquerda em baixo).



{ FIG. 3.31 } Representação esquemática de uma barreira radiante num telhado, com caixa de ar ventilada.



3.6 Áreas de envidraçado e tipos de vidro

Grande parte dos ganhos de calor de um edifício passa através das áreas envidraçadas das fachadas, já que as janelas oferecem muito pouca resistência à transferência de calor radiante. A orientação e dimensionamento das áreas de envidraçado, bem como a escolha do tipo de vidro, determinam, em grande medida, a penetração da radiação solar no edifício.



{ FIG. 3.32 } Troca energética numa janela de vidro simples de 3mm.

Para um clima quente, com grande incidência de radiação solar, com em Angola, é importante evitar grandes vãos de envidraçado nas fachadas, conducentes a sobreaquecimento e ao uso de aparelhos

de ar condicionado. De forma geral, a área de envidraçado não deve ultrapassar 30% da área das fachadas a Norte e a Sul, considerando já que os vãos têm sombreamento adequado. Nas fachadas Nascente e poente, este valor deve ser reduzido para um máximo de 20%.

O dimensionamento das janelas é uma tarefa complexa. Há contudo uma série de programas de *software* de simulação, disponíveis para projectistas, para ajudar no dimensionamento das aberturas, como por exemplo, o EnergyPlus, o DOE, ou, para arquitectos, o Ecotect.

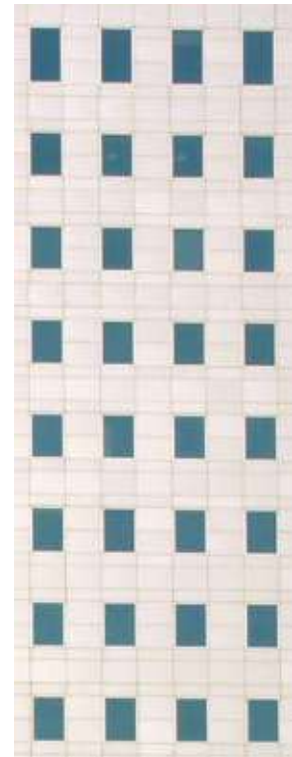
A utilização de vidros duplos pode reduzir os ganhos e as perdas de calor. Pode também recorrer-se a um tipo de vidro que transmite selectivamente as partes do espectro solar visível necessários para a iluminação natural, reflectindo a radiação indesejável – os chamados vidros de baixa emissividade. Os { QUADROS 5 e 6 } descrevem as estratégias para protecção da radiação solar através do dimensionamento das janelas e da escolha do tipo de vidro.





{ FIG. 3.33 } Devem ser evitadas tipologias de fachadas com grandes áreas de envidraçado, largamente responsáveis pelo sobreaquecimento do interior do edifício, e conseqüente recurso a sistemas energívoros de ar condicionado. As fachadas com grandes áreas de envidraçado são uma tipologia importada, não se adequando ao clima quente de Angola.

{ FIG. 3.34 } Uma parte significativa dos edifícios residenciais que encontramos nas zonas urbanas mais consolidadas em Luanda têm áreas de envidraçado muito razoáveis. São uma boa referência para o projecto de novos edifícios. A área de envidraçado não deve exceder os 30% da superfície total das fachadas Norte ou Sul, e deve ser devidamente sombreada.





	Descrição	Desempenho
<p>DIMENSIONAMENTO DE JANELAS</p>	<p>Janelas, área de envidraçado, orientação, fachadas.</p>	<p>As janelas também influenciam o desempenho da iluminação e ventilação natural, acústica, e o contacto visual com o ambiente externo. Devem, portanto, ser projectadas para permitirem essa integração.</p> <p>As janelas devem ser dimensionadas de acordo com a orientação. Existe software apropriado para o dimensionamento de vãos, como por exemplo os programas DOE, Energy Plus, ou, para arquitectos, o Ecotect. Poder ser utilizados tanto no design de novos edificios como na reabilitação.</p> <p>A área de envidraçado deve ser reduzida ao indispensável. É recomendado que não ultrapasse 30% da área das fachadas a Norte e a Sul, considerando já que os vãos têm sombreamento adequado. Nas fachadas Nascente e poente, este valor deve ser reduzido para um máximo de 20%.</p> <p>As áreas de envidraçado horizontal só devem ser utilizadas muito pontualmente, em zonas de pé-direito elevado (duplo, de preferência), e com sombreamento adequado, pois podem facilmente causar problemas de sobreaquecimento.</p>

{ **QUADRO 5** } Descrição das estratégias que envolvem o dimensionamento de janelas.

O dimensionamento dos vãos e o isolamento da envolvente opaca, além de protecção contra a radiação solar, também previnem a entrada de ganhos de calor por condução, causados pelo fluxo de calor proveniente do ar exterior mais quente, através das paredes e áreas envidraçadas, quando a temperatura externa é maior do que a temperatura interna. São

um motivo de preocupação, principalmente em regiões mais quentes, com altas temperaturas, que podem chegar no verão a 40°C, como muitas regiões de países africanos. Os ganhos por condução tendem contudo geralmente a ter um impacto relativamente menor nas necessidades de refrigeração, quando comparados com os ganhos solares ou internos.



Descrição	Desempenho
<p>TIPO DE VIDRO</p> <p>Vidro simples, vidro duplo, vidro de baixa emissividade.</p>	<p>O vidro duplo aumenta o valor do isolamento da área de envidraçado, e tem também a vantagem de reduzir condensações, e as taxas de infiltração. Comparado com vidros simples, o seu uso pode reduzir significativamente os ganhos de calor. A amortização de janelas de vidro duplo pode ser alcançada entre 5 e 15 anos, de acordo com a qualidade dos materiais e o tamanho das janelas.</p> <p>Uma maior redução no ganho de calor é alcançada com o uso de vidros de baixa emissividade. Estes vidros podem ser quase opacos à radiação infravermelha, reduzindo a transmissão de energia solar em mais de 50%. Este tipo de vidro não reduz os níveis de luz natural, apesar de serem eficientes na redução da radiação solar. No entanto, podem ser bastante caros.</p> <p>O uso de vidros fumados e reflexivos para sombreamento e prevenção de brilho deve ser evitado, pois estes materiais reduzem substancialmente os níveis de luz natural, aumentando o uso de luz artificial (gerando maior consumo energético, e calor). É preferível usar vidro translúcido, e sombreamento adequado.</p>

{ QUADRO 6 } Descrição das estratégias que envolvem a escolha do tipo de vidro.

3.7 Ventilação natural

A ventilação natural consiste no fluxo de ar entre o exterior e o interior do edifício. A ventilação natural é originada por duas forças naturais: por diferenças de pressão criadas pelo vento em redor do edifício – ventilação por acção do vento; e por diferenças de temperatura – ventilação por “efeito de chaminé”. O { QUADRO 9 } mostra os vários objetivos da ventilação e respectivos requisitos.



{ FIG. 3.35 } Portadas exteriores de duas casas, além de sombreamento, permitem e direccionam o fluxo de ventilação natural.



Objectivos	Descrição	Requisitos
Fornecimento de ar fresco	A ventilação é necessária para fornecer ar fresco aos ocupantes, melhorando a qualidade do ar: substituindo o ar viciado e controlando odores, humidade, CO2 e concentração de poluentes.	Para este processo são normalmente necessárias 0,5-3 renovações de ar por hora por pessoa, dependendo da intensidade da ocupação. Em geral, a regulamentação internacional considera um padrão mínimo de 5l/s por pessoa (o que é conseguido através da taxa de infiltração média), aumentando este padrão para 16l/s em zonas de fumadores.
Remoção de calor do edifício	Este tipo de ventilação é usado para remover o calor excessivo do interior do edifício, proporcionando temperaturas mais confortáveis.	Requer maiores taxas de ventilação que o processo anterior. Mais eficaz a nível superior (junto ao tecto), para remover o calor acumulado. Quando a temperatura do ar exterior é inferior à temperatura do ar interior, as taxas típicas de ventilação para dissipação do calor no espaço são 5-25 ach/h, dependendo da diferença de temperaturas. Quanto maior o ganho de calor, mais necessária é a ventilação.
Arrefecimento do corpo humano por convecção e evaporação.	Uma maior velocidade do ar aumenta a evaporação do suor da pele, ampliando o limite superior da temperatura de conforto. A sensação térmica correspondente a uma temperatura efectiva de 27°C pode ser alcançada se uma circulação do ar de 1m/s for aplicada a um quarto com uma temperatura do ar de 30°C.	Este processo requer velocidades do ar entre 0,5 e 3 m/s. Admite-se que cada aumento de 0.275m/s corresponde a um acréscimo do limite superior de conforto de 1°C. A velocidade máxima do ar recomendado em escritórios é de 1,5 m/s. Para habitações este valor pode aumentar para os 2,5 – 3m/s.

{ QUADRO 9 } Os vários objectivos da ventilação e respectivos requisitos.

A ventilação por pressão do vento é influenciada pela intensidade e direcção do vento e ainda por obstruções decorrentes de prédios vizinhos ou vegetação. O conhecimento das condições do vento em torno do edifício e o seu padrão de velocidade e direcção (informação que pode ser obtida em institutos meteorológicos) são dados necessários para

a concepção dos vãos. A direcção do vento varia muito ao longo do dia. Além dos ventos dominantes, o regime de ventos de terra (noite) e a brisa do mar (dia) são também importantes.

A distribuição, dimensão e a forma dos vãos são elementos fundamentais para a realização de uma ventilação eficiente. As aberturas devem ser ampla-



{ FIG. 3.36 } Uso de sistemas fixos de sombreamento, permitindo simultaneamente a passagem do fluxo de ventilação.

mente distribuídas nas diferentes fachadas, de acordo com os padrões de vento, assegurando que estes terão diferentes pressões, melhorando a distribuição do fluxo de ar no edifício. As aberturas de entrada e de saída (janelas, portas, outros vãos) devem estar localizadas de forma a ser alcançado um sistema eficaz de ventilação em que o ar percorre todo espaço ocupado, considerando já os elementos que poderão funcionar como obstáculos (divisórias internas). As aberturas que se localizam numa posição alta permitem altas taxas de ventilação para dissipação de calor. As aberturas situadas num nível inferior podem

proporcionar a circulação do ar em toda a zona ocupada. As janelas acentuadamente verticais facilitam a ventilação a nível superior, e conseguem um melhor desempenho em termos de iluminação natural e arranjo do espaço interior.

No *design* de janelas para ventilação natural deve haver um compromisso com outras necessidades ambientais, tais como a iluminação natural, a impermeabilização, os ganhos solares, o desempenho funcional, a manutenção, o ruído, a segurança, os custos e o controlo de circulação de ar. O problema do ruído, típico dos ambientes urbanos, pode ser minimizado



Pressão do vento	Descrição	Desempenho
Ventilação unilateral (lado único)	Ventilação fornecida por aberturas em apenas um lado da divisão ou fachada.	A ventilação unilateral tem uma penetração menos profunda do que a ventilação cruzada – normalmente de 3 a 6m ou até cerca de duas vezes a altura do tecto ao chão. Este tipo de ventilação é criado com a entrada de ar na divisão, ar que sai poucos segundos depois devido à flutuação de pressão estática do vento.
Ventilação cruzada	Aberturas de ambos os lados do edifício e um percurso de fluxo de ar dentro do edifício.	<p>A ventilação cruzada constante é geralmente o mais forte mecanismo de ventilação natural, especialmente em edifícios de maiores dimensões.</p> <p>Este tipo de ventilação funciona em situações com uma profundidade útil de 9m, ou até três vezes a altura de pé-direito – zonas com 18m podem ser ventiladas, se estiverem dispostas “costas com costas”.</p> <p>Áreas de circulação, como corredores e escadas, também podem ser utilizadas para abastecer as divisões que não têm acesso ao lado de barlavento.</p> <p>Podem ser utilizados pátios, em vez de planos profundos, para promover a ventilação cruzada.</p> <p>Se o edifício está voltado para a direcção predominante do vento, e o vento tem uma boa intensidade, a utilização de condutas e cavidades na laje para ventilação cruzada também podem ser eficazes.</p>
Torres de vento	Se o edifício não está numa posição favorável ao sentido do vento e brisas predominantes, podem ser utilizados dispositivos para canalização do vento, tais como torres de vento.	<p>Torres eólicas, como as usadas em alguns países quentes (2 a 20m de altura), também podem ser úteis para criar o movimento de ar, quando o vento para ventilação cruzada não está disponível a nível do edifício. O abastecimento e extracção da torre de vento são feitos por pressão do vento, revertendo para “efeito de chaminé” quando não há vento suficiente.</p> <p>Em certas regiões com clima quente e seco, charcos ou potes de cerâmica com água são colocadas na base da torre eólica para fornecer arrefecimento evaporativo adicional.</p>

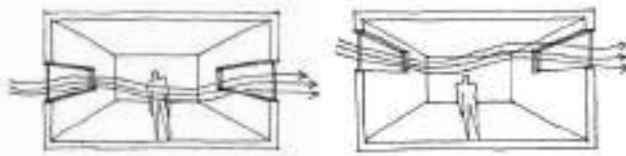
{ **QUADRO 10** } Estratégias de ventilação natural por pressão do vento, para arrefecimento do edifício e do ocupante.



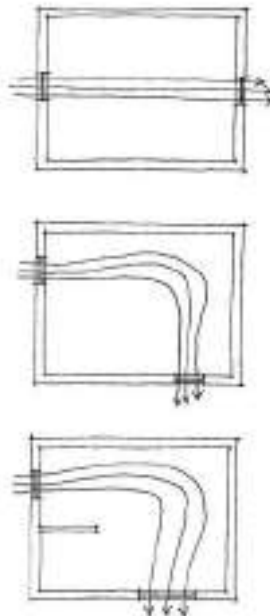
através da utilização de prateleiras acústicas no exterior das janelas ou painéis acústicos absorventes sobre as superfícies internas. Os problemas de poluição também podem ser evitados com o uso de espaços tampão, e trazendo para o interior do edifício o ar que entra de uma área exterior menos poluída.

Os problemas de segurança podem ser resolvidos através do dimensionamento das aberturas, ou colocação de portadas exteriores venezianas.

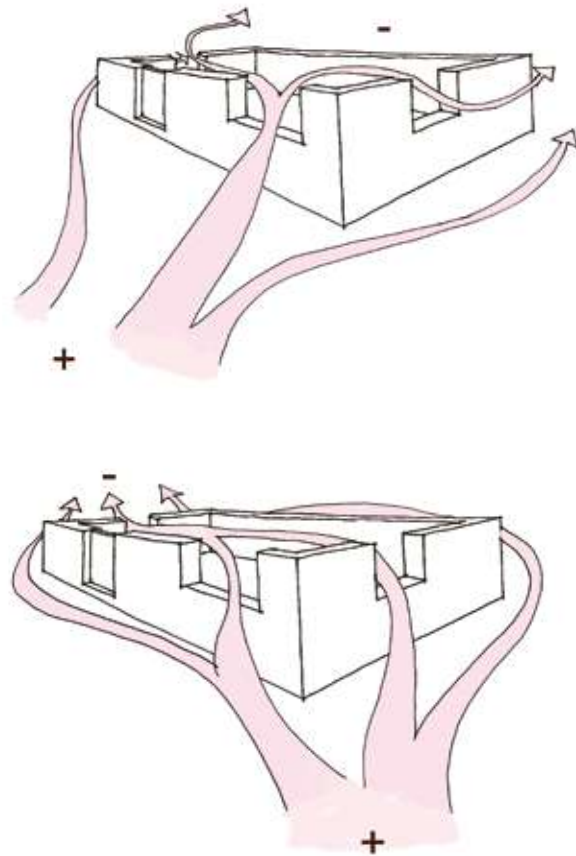
A ventilação por “efeito de chaminé” é apropriada para edifícios em altura, e principalmente em situações em que o vento não consegue proporcionar



{ FIG. 3.37 } Posição de aberturas para dois tipos de arrefecimento. A situação do primeiro esquema é ideal para o conforto do ocupante (arrefecimento) – a entrada de ar mais fresco é feita a nível inferior. A situação do segundo esquema serve para o para arrefecimento do edifício – escoamento do ar aquecido, que sobe e se acumula junto ao tecto, é feito a nível superior. O uso de janelas altas, verticais, é ideal para permitir e controlar estes dois níveis de ventilação.



{ FIG. 3.38 } Alguns padrões de ventilação para diferentes tamanhos e posições de janela.



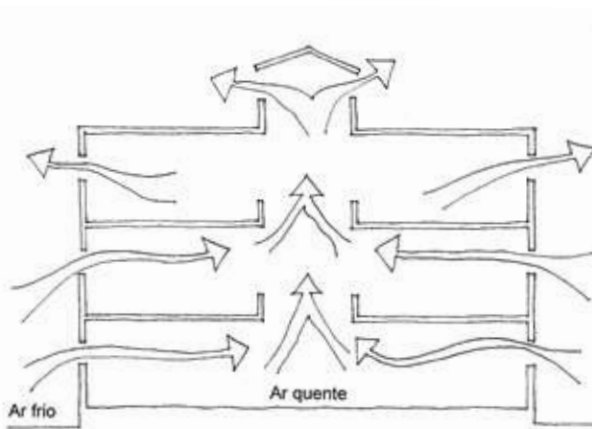
{ FIG. 3.39 } As pressões positivas e negativas causadas por diferentes direcções do vento e as posições das aberturas.



Efeito de chaminé	Descrição	Desempenho
Aberturas duplas de um único lado	Aberturas com posições baixa e alta, numa janela ou parede.	Pode ser eficaz até 6m ou duas vezes a altura do pé direito. Pode aumentar a profundidade da ventilação natural em salas de plano profundo. Depende da diferença de altura entre a entrada (inferior) e saída (superior).
Átrios	A introdução de um átrio oferece um bom potencial para ventilação por efeito de chaminé.	Os átrios podem ser utilizados em edifícios de maiores dimensões e devem ter uma altura considerável em países quentes, já que podem conduzir a sobreaquecimento.
Chaminés solares	Em chaminés solares, a radiação solar é usada para aumentar o efeito de chaminé. Quando as superfícies da chaminé são aquecidas pelo sol, a taxa de ventilação aumenta.	A chaminé solar deve terminar bem acima do topo do telhado, de modo a oferecer maior superfície exposta para aquecimento, potenciando a circulação por efeito de chaminé. O seu desempenho também é influenciado pelas pressões de vento no topo da chaminé.
Paredes com cavidade ventilada	Paredes com cavidade ventilada (ver também “massa térmica”).	As paredes com cavidade ventilada melhoram a dissipação do calor armazenado no edifício. Esta técnica é exclusiva para a remoção de calor do edifício.

{ QUADRO 11 } Estratégias de ventilação natural por efeito de chaminé.

um movimento de ar adequado: quando há baixa velocidade de ventos ou o vento tem um padrão imprevisível. Este método também pode ser utilizado em conjunto com a ventilação por pressão do vento, para reforçar o desempenho do sistema de ventilação, especialmente em prédios de plano mais profundo onde é difícil conseguir a ventilação cruzada. O “efeito de chaminé” consiste na geração de uma diferença de pressão vertical, dependendo da diferença de temperatura média entre a coluna de ar e da tem-



{ FIG. 3.40 } Esquema de ventilação por efeito de chaminé num edifício de átrio.



peratura externa, os tamanhos de abertura/localização e da altura da coluna de ar. O ar quente sobe e sai do topo das aberturas; o ar mais fresco irá penetrar no edifício em níveis de solo. O problema da ventilação por “efeito de chaminé” é o sistema atingir o seu máximo quando se registam temperaturas exteriores mais baixas e quando há maiores diferenças de temperatura dentro do edifício. Em climas mais quentes, como o angolano, uma chaminé solar pode ser usada para elevar as temperaturas nas áreas desocupadas, aumentando as diferenças de temperatura. O desempenho é mais fraco do que o da ventilação por

pressão do vento, uma vez que requer maiores diferenças de temperatura e maiores áreas de aberturas (por exemplo, a ventilação cruzada alcançada a partir de um vento a 2.7m/s pode superar a de uma chaminé com 3m de altura a 43°C no seu topo).

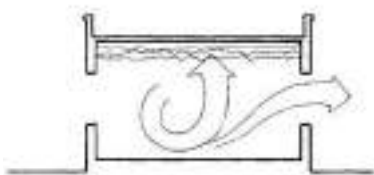
Os { QUADROS 10 e 11 } mostram as características da ventilação por pressão do vento e “efeito de chaminé”. O { QUADRO 12 } diz respeito a casos particulares de técnicas nocturnas e diurnas de ventilação, incluindo ventilação por pressão do vento e “efeito de chaminé”. O { QUADRO 13 } diz respeito à utilização de ventilação assistida.

Dia/Noite	Descrição	Desempenho
Ventilação diurna	É a estratégia mais simples para melhorar o conforto quando a temperatura interna é superior à temperatura externa. Pode ser usada ventilação por pressão do vento, ou por efeito de chaminé.	Apropriado quando o conforto interior pode ser obtido na temperatura do ar exterior, e com variações de temperatura diurna inferiores a 10 ° C.
Ventilação nocturna	Usada para arrefecer a massa do edifício durante a noite. No final do dia, a temperatura de armazenamento (nas paredes, lajes, e outros elementos maciços) será aumentada sem degradar o conforto, aumentando também a capacidade de dissipação de calor do sistema. O calor é então libertado através de ventilação durante a noite, e o edifício está fresco na manhã seguinte (ver também massa térmica).	É especialmente adequada para situações em que as temperaturas exteriores são demasiado quentes durante o dia, e a ventilação diurna é impossível. A ventilação nocturna é eficaz quando as temperaturas nocturnas são substancialmente inferiores às temperaturas diurnas, com uma amplitude de 8°C-10°C. O seu desempenho pode ser melhorado através da utilização de ventoinhas (ventilação mecânica). Esta técnica é utilizada para a remoção de calor do edifício.

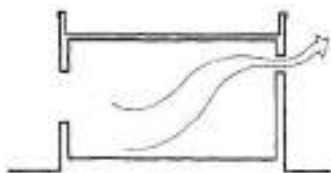
{ QUADRO 12 } Uso de estratégias de ventilação natural em função da diferença entre as temperaturas externas e internas: ventilação diurna e nocturna.



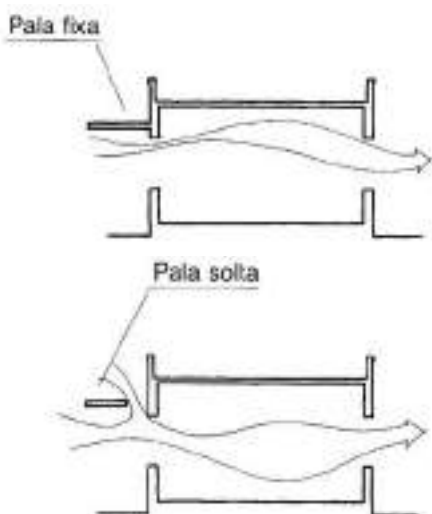
Quando a temperatura exterior é demasiado quente, há que prevenir os ganhos de calor por ventilação – causados pela infiltração de ar quente exterior dentro do edifício. Este tipo de ganhos pode ser minimizado através da redução da taxa de ventilação quan-



{ FIG. 3.41 } O ar quente deve ser puxado para o exterior para não se acumular no tecto.

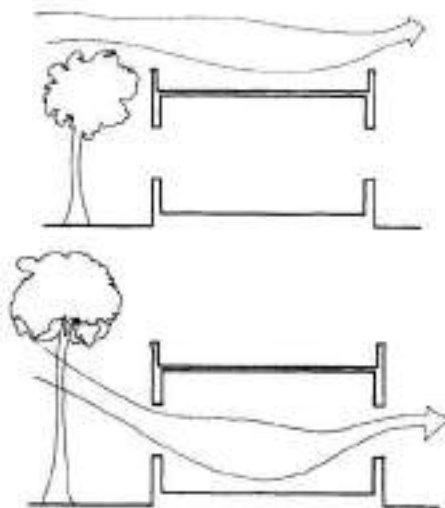


{ FIG. 3.42 } Quando os vãos da entrada de ar são mais pequenos do que os da saída de ar, há maior eficiência na sucção do ar fresco que expulsa o ar quente.

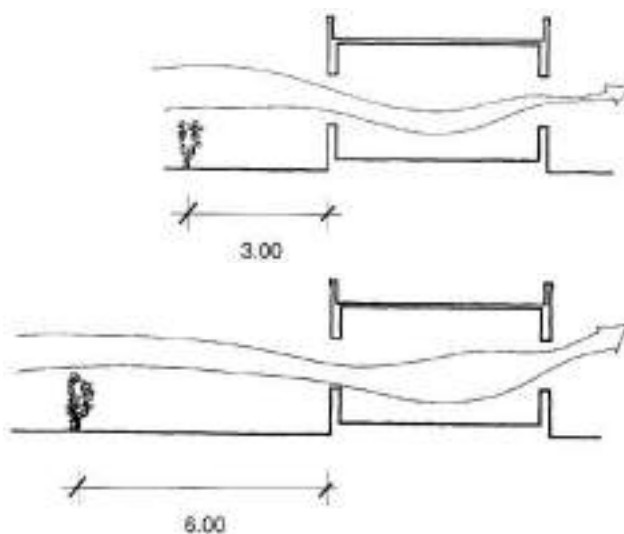


{ FIG. 3.43 } A pala distanciada da parede aumenta a entrada de ar.

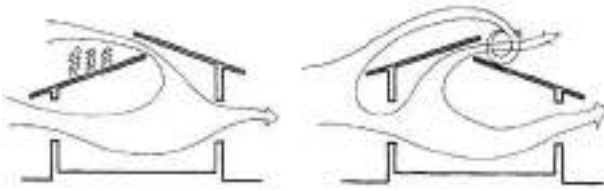
do a temperatura exterior é maior do que a temperatura interior. A taxa de ventilação deve ser substancialmente aumentada nos períodos em que a temperatura exterior é menor do que a temperatura interior – por exemplo, durante a noite (ventilação nocturna).



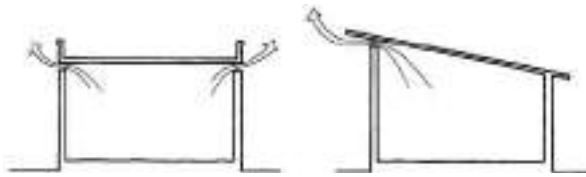
{ FIG. 3.44 } Com árvores baixas a brisa sobe; com árvores altas a brisa desce e refresca a habitação.



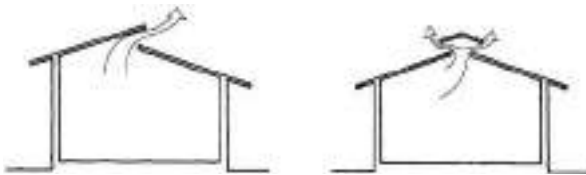
{ FIG. 3.45 } Quanto maior for a distância entre o edifício e as árvores, mais força terá a entrada da brisa.



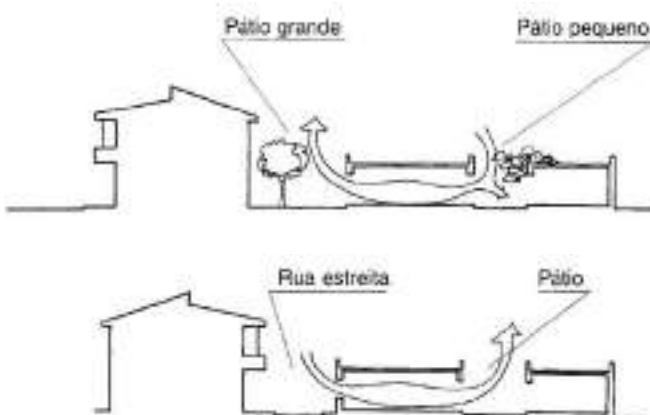
{ FIG. 3.46 } No primeiro esquema, a clarabóia está mal localizada, porque o ar quente do telhado entra dentro do edifício. No segundo esquema, há um bom posicionamento – o ar quente do compartimento pode sair pela clarabóia.



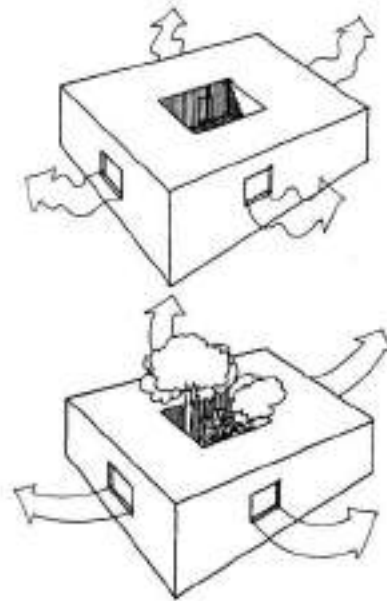
{ FIG. 3.47 } No caso das coberturas inclinadas, a abertura deve ser feita na parede mais alta.



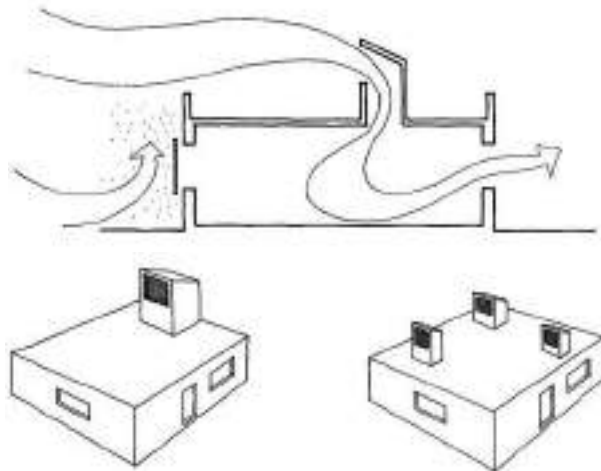
{ FIG. 3.48 } Dois recursos para forçar a movimentação do ar, através de abertura nos tectos.



{ FIG. 3.50 } O movimento de ar fresco também pode ser produzido através de dois pátios, um mais pequeno que o outro. O ar do pátio mais pequeno, por ter mais sombra, é mais fresco do que o ar do pátio maior. Assim, o ar quente sobe, fazendo com que o ar fresco penetre melhor nos compartimentos entre os dois pátios.



{ FIG. 3.49 } A inclusão de pátios nas habitações traz vantagens suplementares à climatização da casa. O ar fresco do pátio entra e circula nos compartimentos. Se o pátio tiver plantas, a climatização será maior. Nas zonas onde há poucas árvores, a casa pode ser climatizada com um pátio para ser criada uma zona de sombra, onde o ar é mais fresco. O uso de pátio ou quintal possibilita mais aberturas na fachada, para ventilação dos compartimentos interiores.

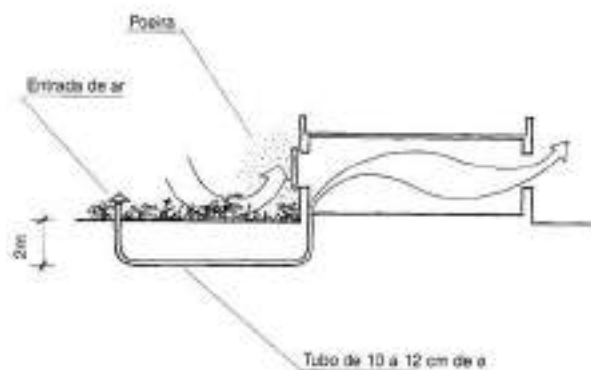


{ FIG. 3.51 } Podemos construir um captador central para a ventilação de todos os compartimentos ou pequenos captadores individuais (torres de vento). Uma forma de fazer entrar ar fresco e limpo no interior de um edifício é utilizar captadores, que permitem reciclar o ar viciado e aquecido. Quanto maior for a altura de captação, mais fresca é a brisa; evita-se também a entrada de poeiras arrastadas pelo vento. Se a direcção da brisa fresca for relativamente constante, esta solução é muito eficaz.



Algumas das medidas para baixar a temperatura nas lajes de cobertura são: isolar a cobertura; fazer aberturas de saída de ar quente na parte mais alta das paredes; melhorar a entrada de ar com aberturas na parte baixa das paredes – orientadas na direcção dos ventos de forma a proporcionar no interior da habitação uma ventilação cruzada; isolar com caixa-de-ar; fazer canteiros. As lajes de betão aligeiradas com abobadilhas suportadas por vigotas pré-esforçadas são uma solução eficaz. Além de serem leves, têm custos mais reduzidos e permitem uma boa ventilação.

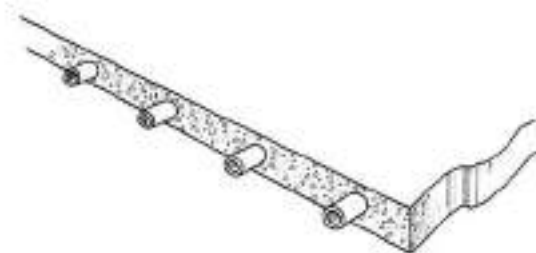
Em regiões com períodos muito quentes, a ventilação natural pode ser reforçada com dispositivos mecânicos de refrigeração de baixo consumo energético, como ventoinhas. Os dispositivos de arrefecimento de baixa energia podem ser muito úteis em



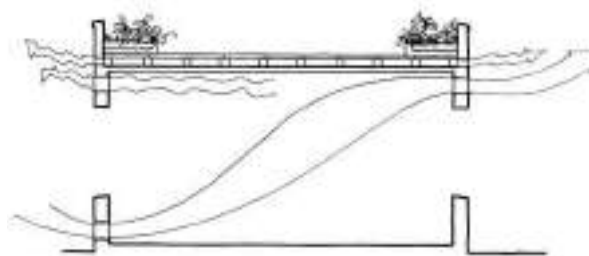
{ FIG. 3.52 } Esquema de um edifício ventilado pelo subsolo. É possível baixar a temperatura interior da habitação através de um sistema de ventilação de subsolo. Esta técnica consiste em fazer passar o ar por debaixo do solo por meio de um tubo, a cerca de dois metros de profundidade, para tornar o ar mais frio. O tubo é conduzido até ao compartimento que se quer refrescar. É importante que o tubo esteja a essa profundidade para se obter ar fresco. A captação faz-se numa área fresca com sombra de árvores ou de plantas. A saída do tubo, dentro do compartimento, protege-se com uma rede de mosquiteiro, para evitar a entrada de insectos, e persianas com lâminas móveis, para controlar a entrada de ar.

casos de edifícios existentes, especialmente naqueles onde o potencial da ventilação natural é limitado.

Em situações muito pontuais em que o potencial de ventilação natural é reduzido e o uso de sistemas de ventilação de baixo consumo, como as ventoinhas, não são suficientes para colmatar as necessidades de ventilação e refrigeração do edifício, é preferível utilizar os chamados sistemas de “modo misto” – ou seja utilizar os sistemas de climatização apenas quando e onde for necessário. A utilização de estratégias de “modo misto” pode evitar o sobredimensionamento dos sistemas centralizados, reduzir os custos operacionais do edifício e economizar energia.



{ FIG. 3.53 } Pormenor de um piso ventilado com tubos PVC. As lajes podem ter canais de circulação de ar para climatização da habitação. Estes canais devem ter entrada e saída para o exterior para que o ar circule e se renove no interior do piso. As aberturas devem ser protegidas contra a entrada de insectos.



{ FIG. 3.54 } Esquema de um edifício ventilado pela cobertura. A maior parte dos ganhos e perdas térmicas dá-se através da cobertura, por estar mais exposta à insolação.

Descrição

Desempenho

VENTOINHAS

O uso de ventoinhas pode melhorar o desempenho das técnicas de ventilação natural. Ventoinhas de tecto, caixa ou oscilantes, aumentam as velocidades do ar interior e trocas por convecção, aumentando os processos convectivos e melhorando o conforto. Estes mecanismos podem também ser úteis quando a abertura de janelas causa a penetração de calor, excesso de velocidade do ar, ou problemas de ruído. Os sistemas de ventilação assistida, envolvendo ductos e aberturas especiais para o efeito, podem também ser utilizados para melhorar a circulação do ar através do edifício.

A utilização de ventoinhas de tecto, de caixa ou oscilantes podem permitir um aumento da temperatura de conforto interior, de 3°C-5°C, a 1m/s, digamos de 24°C a 28°C, reduzindo muito as exigências de arrefecimento.

As ventoinhas de tecto podem ter um período de retorno de apenas 3 anos.

A qualidade do movimento turbulento e variável de ar produzido pelas ventoinhas também produz efeitos mais confortáveis do que o movimento do ar uniforme.

Uma ventoinha de tecto ou de mesa não incomoda ou causa correntes de ar a 1m/s.

Os sistemas de ventilação assistida envolvendo ductos e aberturas especiais, fora da zona ocupada, não são utilizados para o resfriamento convectivo do corpo, mas para o arrefecimento da massa da construção e fornecimento de ar fresco. Estes sistemas podem ser muito mais baratos e consumir menos energia do que o ar condicionado.



{ QUADRO 13 } Ventilação assistida

3.8 Inércia térmica

Na maior parte das construções consolidadas em Angola, a envolvente opaca do edifício, as estruturas e as divisões internas são construídas com materiais maciços, como o betão, o tijolo ou a pedra. A massa térmica actua como armazenamento de calor e frio, regulando e suavizando as oscilações de temperatura. A alta inércia térmica dos componentes de construção maciça diminui os valores máximos de temperatura radiante no Verão, proporcionando melhores condições de conforto. O calor armazenado durante

o dia pode ser dissipado durante a noite através de ventilação nocturna. A inércia atrasa as trocas de calor por condução com o exterior, o que é particularmente benéfico durante as ondas de calor.

Ao contrário de outros dissipadores de calor, como a atmosfera, o céu, ou o subsolo, que fornecem um recurso quase ilimitado para este propósito, o uso da massa térmica é uma solução temporária, de transição. Após um certo ponto, o calor começa a acumular na massa do edifício e a massa térmica diminui a sua eficiência. Portanto, o uso da massa térmica deve ser conjugado com estratégias de ventilação para remover o calor acumulado, em particular

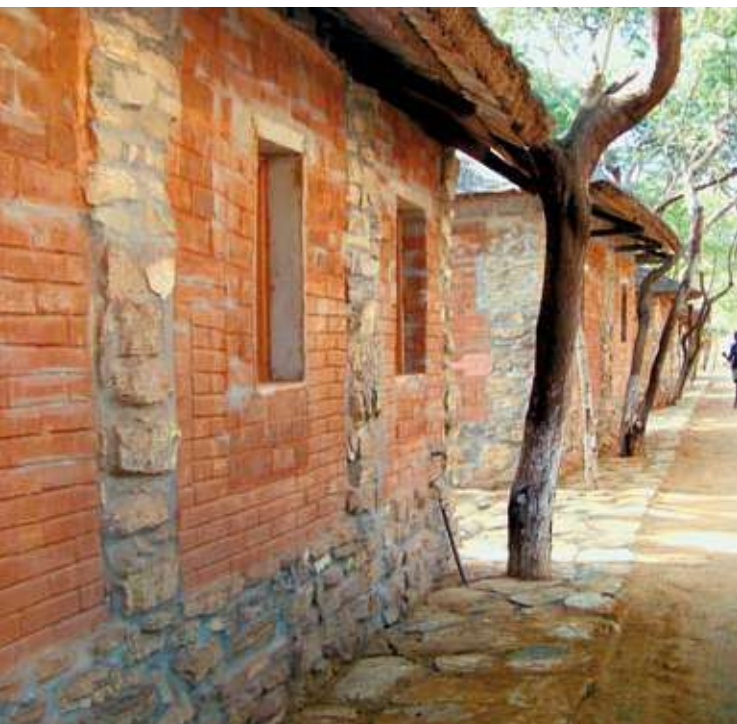


com ventilação nocturna. As estratégias de ventilação nocturna aliadas a uma boa massa térmica podem reduzir as temperaturas médias internas durante o dia abaixo da média das temperaturas exteriores diurnas. No entanto, em edifícios com grandes ganhos internos, como edifícios de serviços com grande concentração de ocupantes e equipamento, isto é mais difícil de ser conseguido. Contudo, mesmo nestes casos particulares, as temperaturas médias diurnas no interior podem ser mesmo assim reduzidas para valores próximos da média exterior, ou um pouco acima desta, com um desempenho ainda razoável em termos de arrefecimento passivo.

Quando são necessários sistemas auxiliares de refrigeração, como no caso dos edifícios de “modo misto”, a utilização de massa térmica pode atrasar

a necessidade de refrigeração e reduzir os períodos de tempo em que se torna necessário arrefecer.

O desempenho da massa térmica depende da capacidade das características construtivas do edifício para a transferência de calor para o espaço, ou seja, depende do coeficiente de transmissão térmica dos materiais empregues. O desempenho depende também da capacidade física desses materiais para armazenar calor, ou seja, o seu calor específico. A porção de massa térmica utilizada no processo corresponde tipicamente a uma espessura de 50-150mm a partir da superfície. O material maciço deve ter a maior exposição possível. Os problemas de acústica, por vezes causados pelo aumento da exposição dos elementos maciços (paredes, lajes), podem ser reduzidos pelo uso de tectos falsos perfurados, com absorvente de som.



{ FIG. 3.55 } Nova construção, utilizando materiais maciços, como pedra, tijolo ou betão, que conferem inércia térmica aos edifícios. Este tipo de construção é adequado a climas quentes com amplitudes térmicas significativas entre o dia e a noite.



{ FIG. 3.55 }

Descrição

Desempenho

MASSA TÉRMICA

Elementos construtivos maciços, como paredes, estrutura, lajes. A ventilação nocturna da massa térmica proporciona um meio eficiente de refrigeração do edifício. À noite, quando a temperatura exterior é consideravelmente menor do que no interior, a ventilação nocturna é usada para dissipar o calor acumulado durante o dia na massa do edifício, para a atmosfera, de mais baixa temperatura, impedindo o sobreaquecimento no dia seguinte. O ar exterior é introduzido no edifício através das janelas, ou através de canais especiais incorporados na estrutura do edifício.

Os sistemas de refrigeração nocturna podem ser uma das mais eficientes técnicas de arrefecimento passivo. Este sistema exige taxas de ventilação, de 10 - 25 ach/h, tendo a construção de ser suficientemente maciça para armazenar o efeito de resfriamento até o dia seguinte. Este tipo de ventilação pode ser natural ou assistida por ventoinhas.

As paredes e a estrutura devem ser suficientemente expostas ao fluxo de ar, evitando o uso de tectos falsos, e de quaisquer outros elementos que poderiam impedir este contacto. A optimização da inércia térmica normalmente não exige acções complexas e caras – pode ser suficiente aumentar a exposição em massa térmica, por exemplo, através da remoção de tectos falsos e abrir as janelas existentes, tendo em conta as precauções de segurança, protecção contra insectos e correntes de ar. Para facilitar a ventilação nocturna, as janelas podem ter aberturas na parte superior.

{ QUADRO 14 } Técnicas que podem ser usadas para otimizar a utilização de massa térmica.





3.9 Arrefecimento evaporativo

O arrefecimento evaporativo é alcançado por um processo adiabático, em que a temperatura sensível do ar é reduzida e compensada por um ganho de calor latente. O uso de fontes e vegetação nos pátios, assim como o acto de derramar água no chão e a utilização de grandes vasos de barro poroso cheio de água nos quartos são bons exemplos de técnicas de arrefecimento evaporativo directo, usados em alguns dos países mais quentes de África e que também po-

derão ser aplicadas com sucesso em Angola – em particular nas zonas Sul e Litoral (mais áridas).

Existem também técnicas de arrefecimento evaporativo indirecto, em que o ar é arrefecido sem que haja aumento do seu conteúdo em vapor de água. Através destes sistema, a temperatura do ar pode ser diminuída até se igualar à Temperatura de Bolbo Húmido. O consumo de água é bastante mais reduzido que em sistemas directos. Contudo, os sistemas indirectos envolvem o recurso a aparelhos mecânicos, que podem ser caros e requerer uma manutenção complexa.



{ FIG. 3.56 } Exemplos de uso de vegetação em espaços exteriores: além de oferecerem sombreamento e contribuírem para a beleza do local, a vegetação também contribui para uma ligeira redução da temperatura local através do processo de evapotranspiração resultante da fotossíntese (arrefecimento evaporativo).



3.10 Controle de ganhos internos

As principais fontes de calor no interior do edifício são: a iluminação eléctrica, a concentração dos ocupantes e os equipamentos que estes utilizam. Os ganhos internos de calor também podem contribuir significativamente para o sobreaqueci-

mento, especialmente em edifícios de serviços de maiores dimensões. As principais estratégias para reduzir os ganhos internos de calor são:

- a) Evitar o uso excessivo de iluminação artificial;
- b) Optimizar a utilização da luz natural;
- c) Evitar ganhos excessivos de calor de ocupantes e equipamentos.

Descrição

Eficiência

Luz Artificial

O uso de iluminação artificial é muitas vezes excessivo, ou porque os níveis de iluminação são muito altos, os sistemas de iluminação são ineficientes, ou devido a uma má gestão por parte dos ocupantes. Os ganhos internos de calor provenientes da luz artificial podem variar de 6 a mais de 20 W/m².

É recomendado o uso de iluminação pontual, de secretária, com baixos níveis de iluminação de fundo

Fontes de luz de alta eficácia, com baixa emissão de calor e baixo consumo energético, como lâmpadas fluorescentes, devem ser utilizadas em vez das convencionais lâmpadas incandescentes, de tungsténio.

Em edifícios de serviços também podem ser usados extractos de ventilação junto das luminárias para reduzir os ganhos de calor.

Luz Natural

O uso da luz natural pode reduzir substancialmente as cargas de refrigeração, ao substituir ou complementar o uso de luz artificial durante o dia. A luz natural deve ser bem distribuída pelas várias divisões. Deve ser tomado em conta o conforto visual dos ocupantes, evitando situações de encadeamento e contraste luminoso excessivo.

Estima-se que por cada 1KWh evitado para iluminação na estação de arrefecimento, se poupam cerca de 0.3KWh de electricidade usada pelo ar condicionado.

Deve ser considerado que a área de espaço que pode ser iluminada naturalmente é a correspondente ao dobro da altura do tecto ao chão – em geral até cerca de 6m em profundidade, a partir das janelas. Regra geral, janelas localizadas a um nível mais alto têm um desempenho melhor do que janelas a um nível mais baixo, e janelas verticais altas, têm um desempenho melhor do que janelas horizontais em banda (visto que a luz do sol entra mais profundamente no espaço). A utilização de cores claras (reflexivas) nas paredes e decoração também aumenta os níveis de iluminação.

A utilização de clarabóias nos últimos andares deve ser feita com cuidado, dado que pode causar o sobreaquecimento durante o verão, assim como o encandeamento.

{ QUADRO 7 } Estratégias de utilização de diferentes tipos de iluminação para reduzir ganhos internos.





Descrição	Eficiência
<p>Pátios e Átrios</p> <p>A introdução de pátios e átrios pode melhorar a iluminação natural e a ventilação, reduzindo o consumo de energia da iluminação artificial e ar condicionado.</p>	<p>A introdução de átrios envidraçados deve ser cuidadosamente considerada em climas mais quentes, já que muitas vezes leva a problemas de sobreaquecimento. A zona naturalmente iluminada adjacente ao átrio a ser considerada é limitada à zona de visão do céu (o que corresponde a uma proporção de cerca de 3 para 1 entre a altura e a largura do átrio).</p>
<p>Ocupantes e equipamento interno</p> <p>Os ganhos internos provenientes dos ocupantes e equipamentos, como computadores e fotocopiadoras, podem produzir ganhos de calor anual na faixa de 15 a 30W/m².</p>	<p>A redução dos ganhos internos pode ser alcançada através da localização do equipamento de geração de calor em áreas especiais (por exemplo, sala de informática), com maiores taxas de ventilação (climatização especial, se necessário), servindo como espaços tampão, e longe dos ocupantes, se possível.</p> <p>Os ganhos internos dos ocupantes podem ser reduzidos evitando uma excessiva densidade de ocupação, no caso de escritórios, através de uma boa gestão da organização espacial.</p>

{ QUADRO 8 } Estratégias para reduzir ganhos internos .

3.11 O uso de controlos ambientais

Algumas técnicas de arrefecimento passivo, como a utilização de isolamento térmico ou de revestimento reflexivo para reduzir a penetração do calor dentro do edifício, não envolvem o uso de controlos operacionais, ou seja, os sistemas são fixos, inerentes ao edifício, não exigindo controlo por parte do ocupante ou interação automática.

No entanto, em muitas outras estratégias passivas, como a abertura de janelas para ventilação natural, o ajuste de sombreamento ou a utilização

de ventoinhas, o desempenho do sistema é regulado por controlos operacionais. Nestes casos, a eficiência dos sistemas de redução do consumo de energia e a criação de ambientes confortáveis estão condicionadas não só pela eficiência dos controlos, mas também pelo pela forma como os ocupantes os utilizam. O uso de controlos ambientais permite aos utilizadores mudar o ambiente, adaptando-o às suas necessidades de conforto térmico. Consecutivamente, pode haver uma melhoria significativa na satisfação térmica, permitindo que os ocupantes vão ao encontro das suas necessidades específicas de conforto, reduzindo o desconforto por sobreaquecimento.

É importante que os ocupantes se apercebam que a utilização de controlos não só leva a uma melhoria da eficiência do próprio sistema, mas também tem um grande impacto sobre a poupança de energia. Para tal, o seu design deve ser simples, por forma a facilitar uma compreensão intuitiva sobre o seu uso.

3.12 Estratégias passivas e critérios de conforto térmico

As técnicas de *design* passivo podem ser aplicadas com um bom grau de eficácia. É verdade que não promovem o tipo de ambientes uniformes, de baixas temperaturas, encontradas em edifícios com ar condicionado. Coloca-se uma questão: esse tipo de ambientes internos é realmente necessário e desejável?

Em pesquisas realizadas por todo o mundo em edifícios naturalmente ventilados, onde as condições de ambiente térmico variam fora da zona de conforto convencional, um número maioritário de pessoas relataram sentir-se, de facto, confortáveis com o seu ambiente térmico. Outros estudos, realizados em edifícios com ar condicionado central, demonstraram uma insatisfação significativa com o ambiente térmico por parte dos ocupantes. Este descontentamento poderia ser atribuído a várias causas como a falta de “naturalidade” e os problemas de saúde inerentes ao sistema e ainda a outro factor muito importante: a falta de controlos ambientais existentes em

edifícios com sistema centralizado, que inibem o processo natural de adaptação humana.

Existe hoje uma grande controvérsia em relação aos critérios de conforto térmico. As normas convencionais apresentam uma zona limitada de temperatura, como sendo teoricamente “ideal”, isto é, dentro da qual a grande maioria dos ocupantes de um edifício se vai sentir confortável. Estes padrões de conforto convencionais, como as actuais normas ASHRAE ou ISO, são considerados ainda como aplicáveis em qualquer lugar do mundo, apesar da grande variedade climática existente, com apenas uma pequena variação sazonal para situações de Verão e Inverno. Consideram temperaturas de Verão em torno de 22°C como ideais, com temperaturas máximas na ordem dos 26°C. Em países mais quentes, tal implica o recurso extensivo a sistemas de ar condicionado.

Por outro lado, existe hoje um vasto corpo de informação, que demonstra que as pessoas que vivem em países com climas mais quentes estão satisfeitas em temperaturas mais altas do que as pessoas que vivem em países com climas mais frios, e estas temperaturas são significativamente diferentes (superiores e inferiores, respectivamente) das temperaturas consideradas “ideais” pelos padrões convencionais.

Os edifícios que usam técnicas de arrefecimento passivo podem ser uma alternativa mais eficiente e económica, de baixo consumo energético e amigos do ambiente, a edifícios com ar condicionado. Estes edifícios bioclimáticos oferecem também ambientes térmicos mais satisfatórios – não na sua capacidade



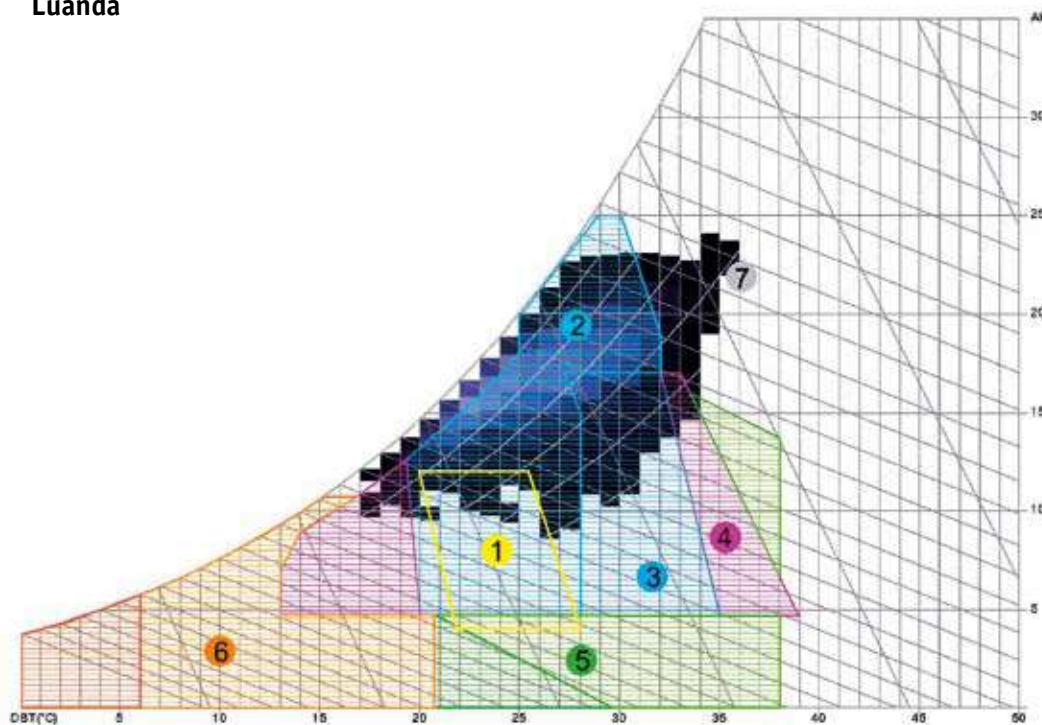
de cumprir normas rigorosas, mas na melhoria do conforto fisiológico e psicológico dos ocupantes.

Para uma melhor percepção do que poderá significar o conforto interior de um edifício em Angola, a { FIGURA 3.57 } apresenta os diagramas psicrométricos referentes às capitais das Províncias de Luanda, Uíge, Huambo e Cunene. As manchas a azul escuro na carta representam as características climáticas (temperatura de bolbo seco e húmido, humidade relativa e pressão de vapor). O contorno amarelo representa a zona convencional de conforto ASHRAE, considerada directamente pelo software ECOTECT – Weather Tools (um dos softwares de apoio à elaboração do presente manual).

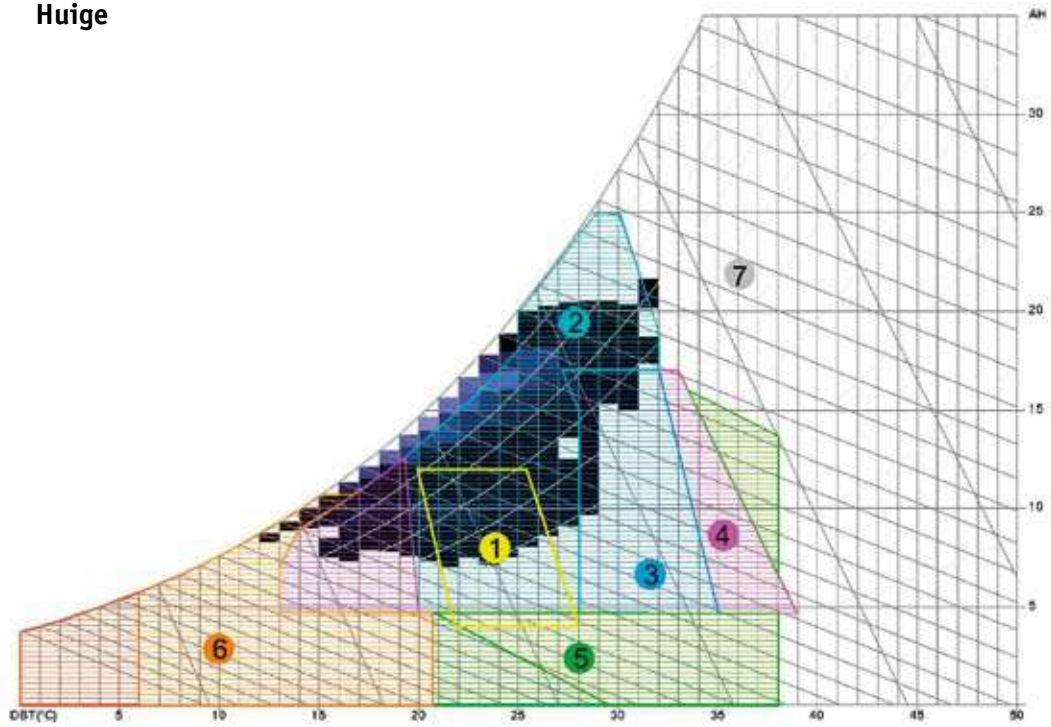
Nestas figuras encontram-se ainda sobrepostas as zonas de influência das diversas técnicas de arrefecimento passivo baseados em pesquisa realizada por Givoni (1969).

Os vários diagramas mostram como a zona convencional de conforto poderia ser ampliada através da utilização de várias técnicas de arrefecimento passivo. As estratégias referenciadas são as mais adequadas ao bom desempenho do edifício nessa zona climática. Pode verificar-se que, se nenhuma estratégia passiva for utilizada, a aplicação de padrões de conforto da ASHRAE (ASHRAE, 1995) leva ao uso de ar condicionado durante a maior parte do ano.

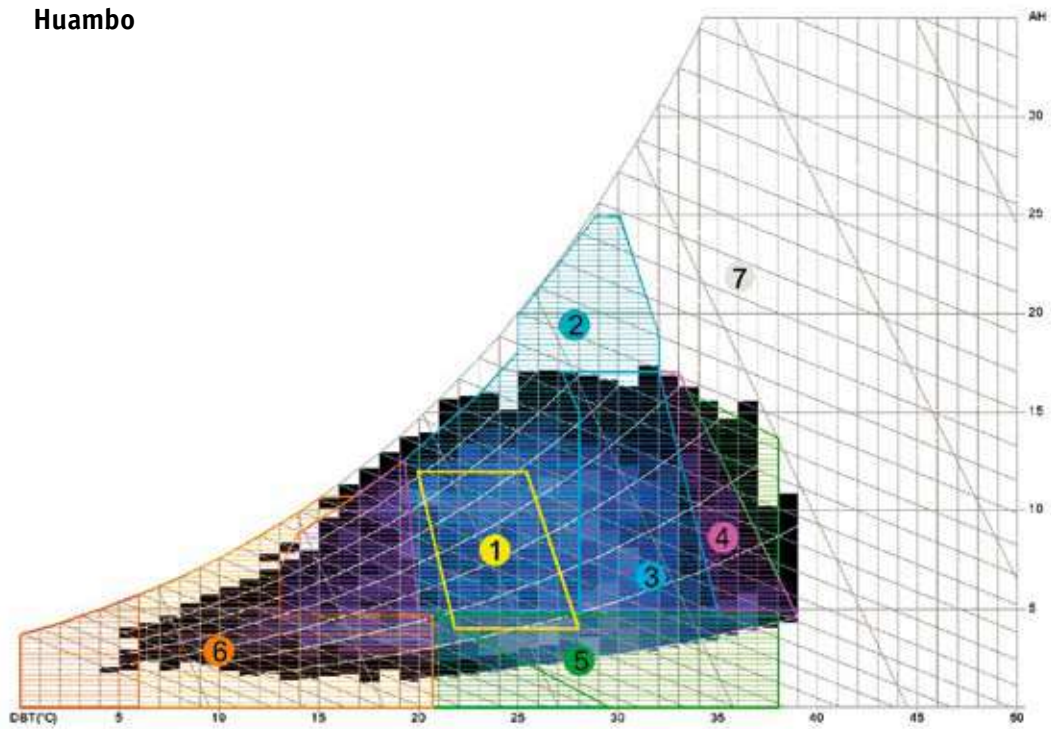
Luanda



Huige

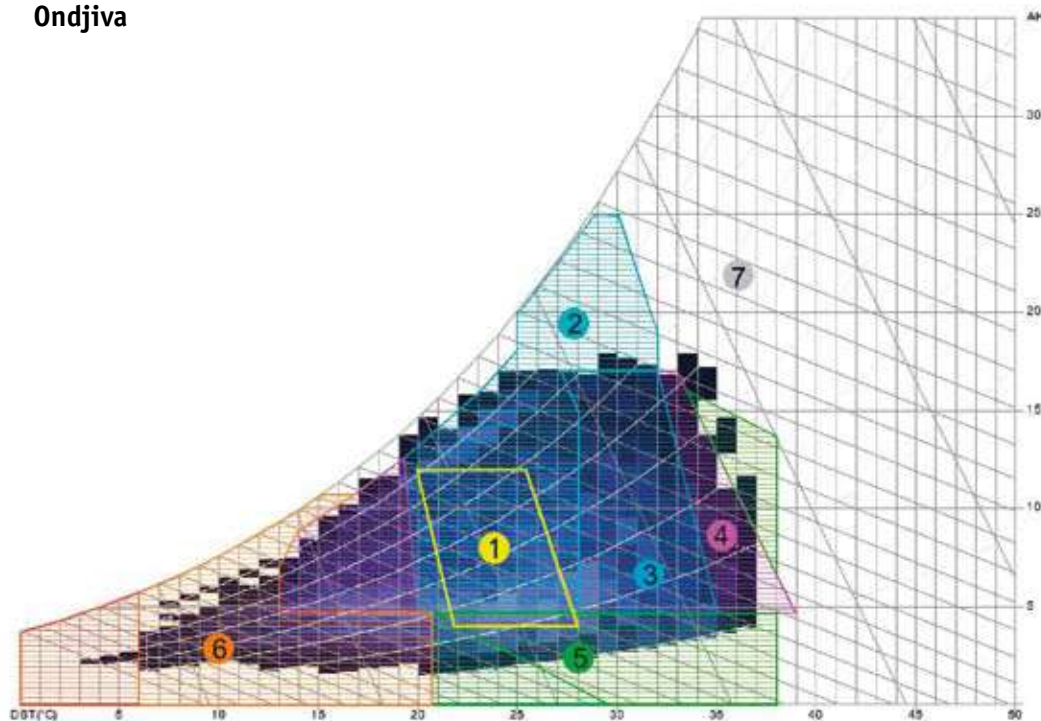


Huambo





Ondjiva



{ FIG. 3.57 } Diagramas psicrométricos – Cidades de Luanda, Uíge, Huambo, e Ondjiva. A mancha azul escura ilustra o perfil climático da região. O gráfico mostra como a zona convencional de conforto de verão da ASHRAE (1) pode ser ampliada através da utilização de várias técnicas de arrefecimento passivo. As várias zonas apresentadas nos gráficos foram definidas por Givoni (1969) e correspondem a:

- {1} Zona convencional de conforto de Verão da ASHRAE, utilizada como padrão para o uso de ar condicionado (contorno amarelo)
- {2} Zona de influência da ventilação diurna (contorno azul claro).
- {3} Zona de influência da ventilação nocturna (contorno azul).
- {4} Zona de influência da inércia térmica (contorno cor de rosa). Inclui zonas 2 e 3.
- {5} Zona de influência do arrefecimento evaporativo (contorno verde). O arrefecimento evaporativo pode também ser utilizado nas zonas 2, 3 e 4, para temperaturas do bolbo seco superiores a 21°C.
- {6} Zona de aquecimento passivo (contorno amarelo torrado) e zona de aquecimento activo (contorno castanho claro).
- {7} Zona onde o ar condicionado é necessário (fundo branco).

Verifica-se ainda que há uma grande diversidade de perfis climáticos no território Angolano, cada um com requisitos específicos em termos de utilização de estratégias passivas. Para a cidade de Luanda a

estratégia principal de arrefecimento passivo a implementar é a ventilação diurna. A ventilação nocturna e a inércia térmica desempenham também um papel importante no arrefecimento do edifício. Para a cidade do Uíge, que apresenta valores de temperatura e humidade mais baixos do que em Luanda, a estratégia principal de arrefecimento a implementar será a ventilação diurna, sendo também significativo o desempenho da inércia térmica do edifício. Para períodos excepcionalmente quentes correspondentes à margem que se localiza na zona activa (7-onde a climatização artificial é necessária), pode recorrer-se a sistemas de baixo consumo energético, como ventoinhas (mais económicas e eficazes), ou sistemas de modo misto. Para situações de excepção, em que

o uso de ar condicionado é difícil de evitar (e.g. grandes edifícios de serviços), existe também hoje tecnologia alternativa aos sistemas convencionais de climatização: o chamado AVAC solar, um sistema mecânico de ar condicionado em que o uso de electricidade proveniente de combustíveis fósseis é substituído pelo da energia solar, uma fonte renovável, reduzindo assim o impacto negativo sobre o ambiente, e também os custos de manutenção.

Tanto o Huambo como Ondjiva, apesar de se situarem em zonas climáticas diferentes, possuem grandes amplitudes térmicas, podendo, principalmente no caso de Ondjiva, atingir baixas temperaturas durante a noite e altas durante o dia. As características climáticas destas cidades fazem com que as mesmas estejam sob a influência de mais técnicas de arrefecimento passivo do que as ante-

riores, sendo elas a ventilação diurna e nocturna, a inércia térmica, o arrefecimento evaporativo, e a humidificação. Há um período em que é necessário aquecimento, que pode ser obtido de forma passiva (aproveitando a energia solar), por exemplo através de uma correcta orientação e dimensionamento dos vãos. Encontram-se também situações onde é necessário aquecimento activo, que pode ser obtido através do recurso a painéis solares térmicos. Destaca-se também que, nestas regiões, as estratégias passivas cobrem praticamente todo perfil climático (mancha azul escura), mostrando que, em teoria, não há necessidade de recorrer a sistemas activos de ar condicionado para arrefecimento.

{ FIG. 3.58 } O uso do ar condicionado pode ser evitado através da correcta utilização de design passivo, evitando encargos económicos e danos ambientais.



{ capítulo 4 }

Água



Actualmente uma em cada seis pessoas no mundo não tem acesso a água potável, e África é o continente mais afectado. Os problemas ligados à água estão intimamente conectados com a saúde. Muitas vezes, a água aparece contaminada por bactérias originárias de matérias orgânicas de diversas origens: resíduos humanos, resíduos animais e lixos industriais, provocando cólera, disenteria, febre tifóide, esquistossomose, ancilostomíase e tracoma. A água contaminada das principais causas de morte no mundo. A escassez de água potável é um problema enfrentado em África, mas que se agrava a um ritmo galopante em todo o Mundo. Por isso, actualmente, a investigação nesta área é prioritária, e a implementação de medidas nos países africanos, poderá constituir um potencial modelo para o ocidente, num futuro próximo.

Brian Edwards (2008) refere-se à água como "o petróleo do futuro". A resolução de problemas de sustentabilidade deve privilegiar as questões ligadas a este bem essencial e ao saneamento. É necessário criar redes de abastecimento de água não contami-

nada; incrementar equipamentos sanitários apropriados e a colecta e tratamento de águas residuais e esgoto, contribuindo para a saúde da população.

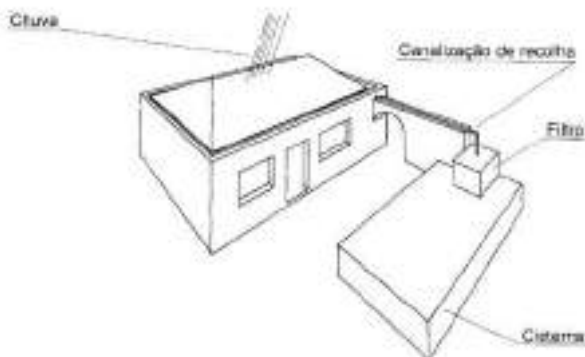
Existem regiões cujo único recurso de abastecimento é de nascentes, que se situam a grandes distâncias de aglomerados habitacionais e em locais de difícil acesso. Há muitas situações de crianças e adolescentes que despendem parte do seu tempo a procurar e transportar água para as suas famílias. Este problema contribui para o abandono ou insucesso escolares e consequentemente alimenta a pobreza. Muitas famílias gastam grande parte do seu rendimento em água potável engarrafada, que tem custos muito mais elevados do que nos países desenvolvidos. Há localidades abastecidas por lençóis aquíferos subterrâneos e outras por nascentes, através de cisternas municipais. São contudo necessários sistemas de retenção para aproveitar as águas da chuva. Um outro recurso com potencial em zonas de altitude, mas que ainda não é explorado convenientemente é o da captação da água, através da condensação de nuvens baixas.



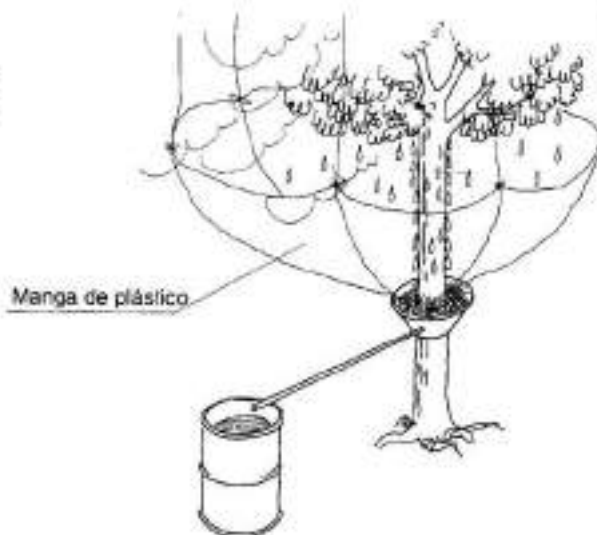
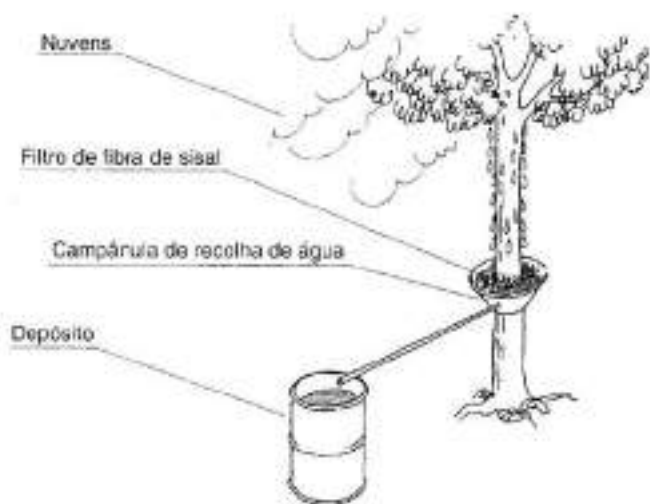
4.1 Métodos de captação

• Captação da água da chuva

Nas regiões onde não existem sistemas de abastecimento regular de água, recomenda-se a construção de cisternas domésticas para o armazenamento da água na época das chuvas.



{ FIG. 4.1 } Cisterna doméstica de recolha da água da chuva.



{ FIG. 4.2 } Sistema de recolha da água das nuvens.

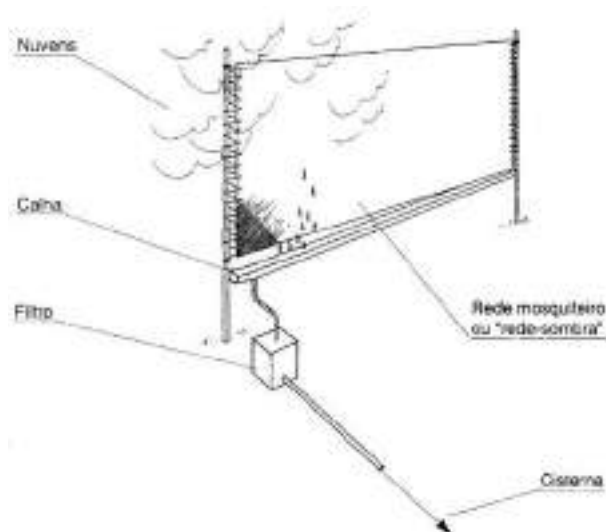
• Captação da água das nuvens

Para as famílias que vivem em zonas de altitude onde se podem recolher grandes quantidades de água por condensação das nuvens, é possível instalar um sistema de recolha adaptado às suas necessidades. Nessas zonas, podem-se obter quantidades significativas de água durante alguns meses e armazená-la em cisternas para usar em tempo seco.

O primeiro esquema corresponde ao sistema simples, que rende cerca de 60 litros por hora por cada copa de um pinheiro médio. A captação pode ser melhorada se a água for canalizada por uma campânula, através de oleados ou mangas de plástico. Desta forma, as gotas de água não são canalizadas para o tronco.

• Captação por condensação

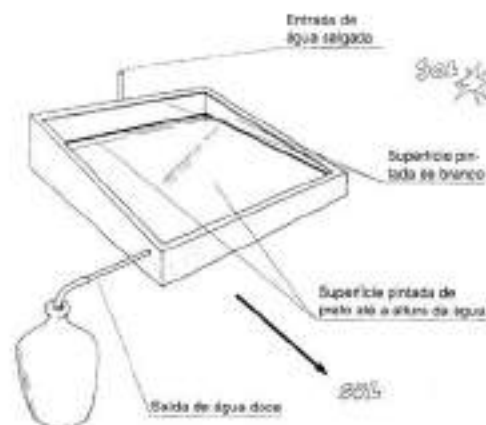
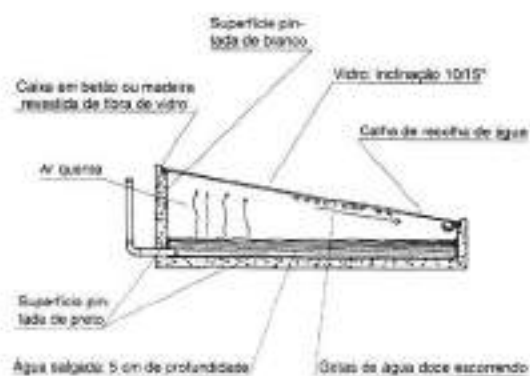
Um sistema de captação mais elaborado consiste na instalação de superfícies de redes – mosquiteiro ou “rede sombra” que se usa na agricultura – montadas na vertical de forma a provocar a condensação pelo impacto das nuvens. A água é recolhida por um canal montado em toda a extensão da rede e canalizada para uma cisterna, depois de passar por um filtro.



{ FIG. 4.3 } Sistema de recolha da água através de redes.

• Sistema de água doce por evaporação solar da água do mar

Da água do mar ou a partir de águas salobras podemos ter água doce por evaporação solar. A produção de água por metro quadrado pode ir de 4 a 6 litros por dia. O processo consiste em fazer evaporar a água dentro de um recipiente fechado (evaporador ou destilador solar), cuja tampa é um vidro inclinado. O vapor de água em contacto com o vidro condensa e a água purificada é recolhida. O evaporador deve ser orientado a Sul e em lugar acessível para facilitar a limpeza.

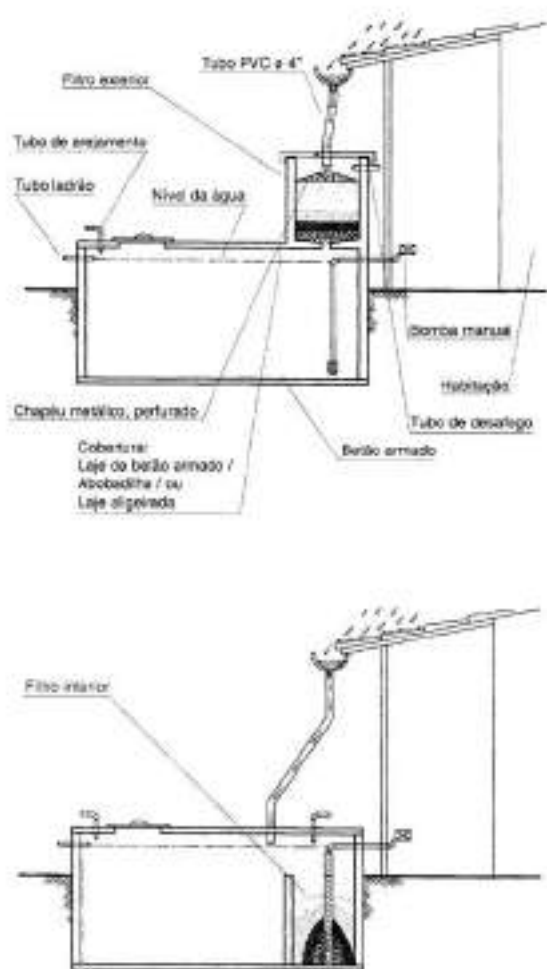


{ FIG. 4.4 } Sistema de captação da água do mar – vista lateral e perspectiva de um destilador solar.



• Captação e conservação da água da chuva

Um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida das populações rurais é a escassez ou a falta de água potável para o consumo humano. Um bom sistema de armazenamento de água consiste numa cisterna equipada com um filtro que recolhe e conserva a água da chuva canalizada da cobertura da habitação.



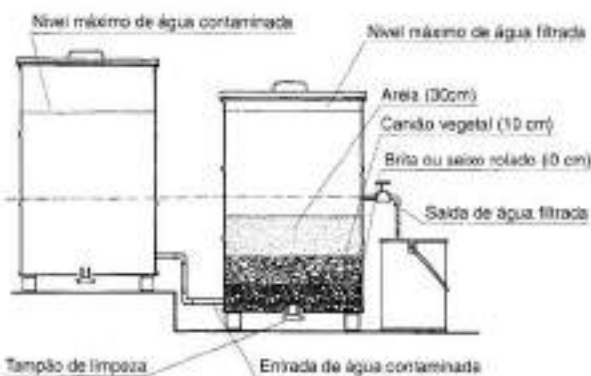
{ FIG. 4.5 } Sistema de filtração da água da chuva.

4.2 Métodos de potabilização

Métodos físicos

• Filtração

A água de qualidade duvidosa deve ser filtrada. Embora a filtração ajude a eliminar as bactérias, não é suficiente para garantir a potabilização da água. Um sistema de um filtro de areia e cascalho de construção simples com um bidão de 200 litros pode ser uma boa solução para o meio rural.



{ FIG. 4.6 } Sistema de filtração com um bidão com filtro de areia e cascalho.

• Ebulição

A ebulição é o melhor método para destruir os microrganismos patogénicos que se encontram na água. Para que este método seja efectivo é necessário que a água seja fervida.

Método químico

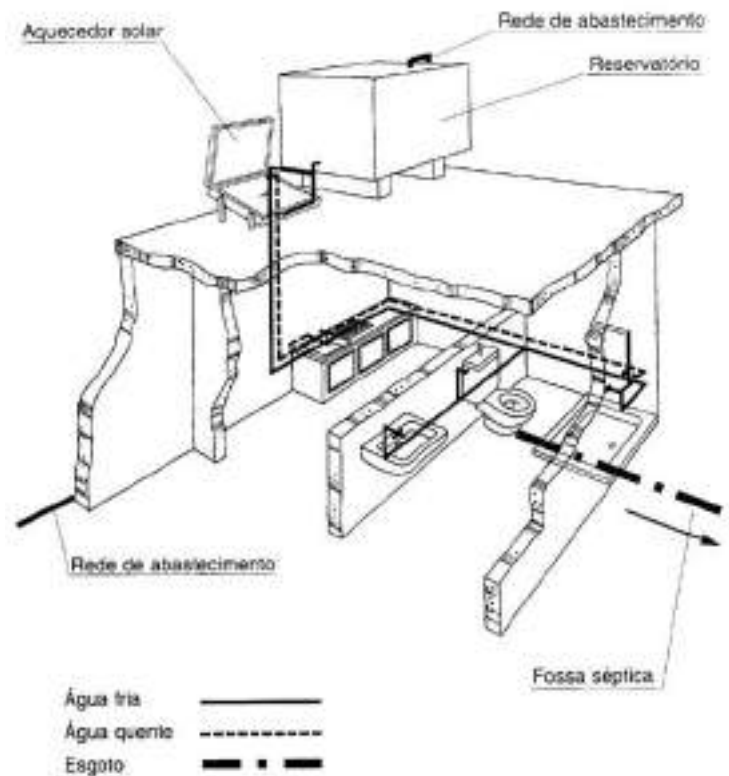
Existem vários métodos químicos para o tratamento da água, mas o cloro é sem dúvida o elemento mais importante para a desinfecção da água. A lixívia é de fácil controlo, económica e eficiente. Deve-se filtrar a água previamente antes de juntar a lixívia que deve ficar em repouso durante cerca de 20 minutos antes de ser usada. Para cada litro de água é necessário juntar duas gotas de lixívia.

4.3 Abastecimento

Os custos de um sistema de abastecimento de água às comunidades são muito mais baixos relativamente aos custos que uma família dispensa em tempo e esforço para o seu auto-abastecimento. Neste caso, os perigos de contaminação da água são mais evidentes. A importância social de um sistema de abastecimento domiciliário de água é indiscutível, justificando-se todos os esforços para o realizar. A longo prazo, é o sistema mais barato de obter água potável, uma vez que proporciona: melhores condições para a saúde; maior poupança e conseqüentemente maior riqueza; um meio ambiente mais saudável. O aproveitamento adequado dos sistemas de abastecimento de água consiste em evitar desperdícios ou fugas de água, que nunca se justificam, especialmente num país onde os recursos são escassos.

4.4 Instalação

O princípio de distribuição de água corrente numa habitação aplica-se tanto no meio rural como no meio urbano. Estas instalações, que se designam instalações sanitárias, consistem em tubos de distribuição de água aos equipamentos sanitários e seus acessórios e na evacuação das águas negras. A existência de um sistema de abastecimento de água exige a presença de um sistema de evacuação de águas negras.



{ FIG. 4.7 } Sistema de abastecimento de água numa habitação.

{ capítulo 5 }

Energia

5.1 Poupança de energia

Considerando o impacto negativo do uso de combustíveis fósseis no meio ambiente (aquecimento global e poluição atmosférica), e a crescente diminuição de reservas destes combustíveis (como o petróleo) a nível global, é urgente a promoção do uso de energias alternativas, renováveis, bem como a racionalização do consumo, evitando gastos desnecessários.

A prática de uma arquitectura bioclimática, referida no capítulo 1, é o primeiro passo para uma redução significativa do consumo energético em edifícios.

A nível dos utilizadores, a poupança de energia deve ser iniciada com pequenos gestos quotidianos, que não têm implicações ao nível do conforto de quem usufrui dos espaços interiores do edifício. A economia energética implica uma mudança de hábitos. A utilização racional dos electrodomésticos, para não ser desperdiçada energia, é a primeira regra de poupança – utilizar a máquina de lavar a roupa com o máximo de roupa possível, manter sempre fechada a porta do frigorífico e apagar as luzes dos compartimentos quando estes estão desocupados,

são alguns exemplos de medidas básicas. A selecção de lâmpadas de baixo consumo e a escolha de electrodomésticos com classe de eficiência A, A+ ou A++ são outras duas estratégias facilmente alcançáveis.

5.2 Sistemas activos de energia renovável

O sol e o vento são as duas fontes de energia renovável de que se pode tirar mais partido. O movimento das ondas do mar e as diferenças térmicas do oceano são outras fontes de energia para explorar.

5.2.1 Energia solar térmica

Os painéis solares térmicos aproveitam a energia solar para aquecimento da água. Esta tecnologia tem custos irrisórios comparativamente aos gastos com electricidade em aquecimento de água. Os colectores de aquecimento solar devem ser instalados nas coberturas dos edifícios, orientados a Norte e com 30° de inclinação. A sua instalação está dependente da localização do depósito de água fria.

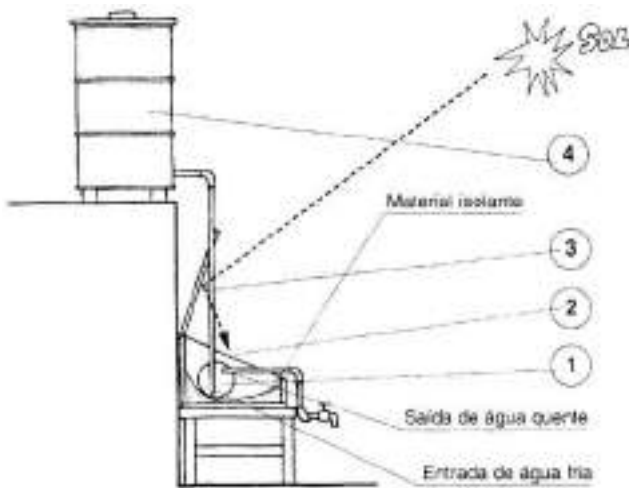


Processo de auto-construção de um sistema com depósito para aquecimento de água

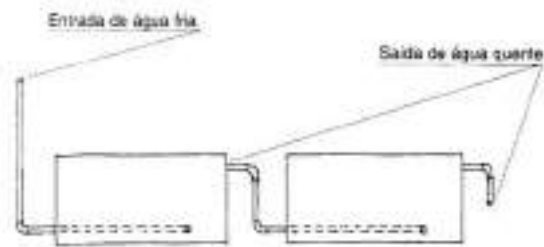
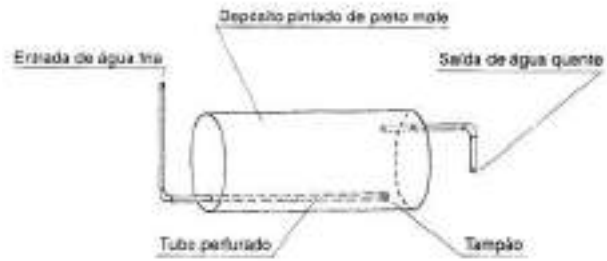
Um sistema para aquecimento de água para uso corrente numa habitação pode ser construído com meios acessíveis.

Elementos necessários:

- { 1 } Um depósito de 40–60 litros pintado de preto para absorver uma maior quantidade de calor;
- { 2 } Uma caixa isoladora pintada de branco e com tampo de vidro para isolar o ar quente;
- { 3 } Uma tampa isoladora e reflectora pintada de branco para melhorar a incidência do sol. À noite serve para cobrir a caixa e conservar o calor ganho durante o dia.
- { 4 } Um depósito de água fria.



{ FIG. 5.1 } Sistema com depósito para aquecimento de água.



{ FIG. 5.2 } Depósito de água isolado e ligação de vários depósitos.

Para se rentabilizar este sistema e aumentar a quantidade de água quente, devemos instalar vários tanques pequenos ligados entre si, em vez de um só.

Processo de auto-construção de um coletor solar

Um depósito de gasolina de um carro velho pode ser convertido num coletor solar. Este pode ser ligado à rede de água ou abastecido por um depósito. O coletor deve estar orientado a Norte, para captar mais radiações solar, com cerca de 30 graus de inclinação e próximo do tanque de água. A tampa reflectora e isoladora deve funcionar com dobradiças e ter um dispositivo que permita tapar a caixa à distância, sem necessidade de subir ao telhado. Esta caixa deve fechar muito bem para evitar que se perca o calor durante a noite. O coletor pode estar conectado à rede de água ou então ser abastecido por um depósito.

5.2.2 Energia eólica

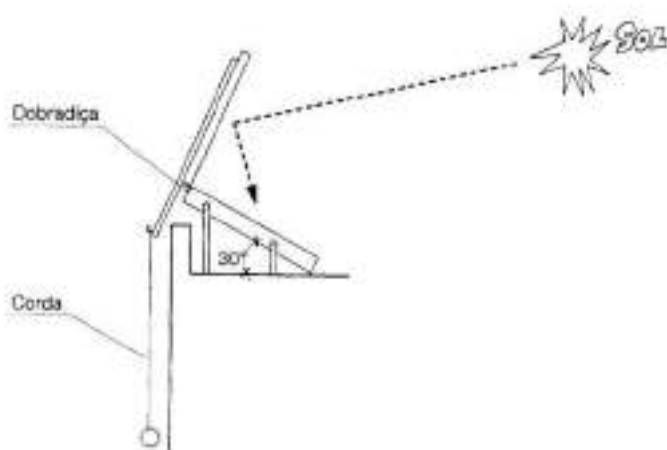
O aproveitamento da energia do vento é tradicionalmente feito em algumas situações para a bombagem de água dos poços e a produção de electricidade. A electricidade obtida através dos geradores pode ser conectada a uma rede de distribuição e utilizada posteriormente em caso de ausência de ventos. A energia eólica é uma mais-valia onde não há combustíveis fósseis.

Processo de auto-construção de aerogeradores

É possível construir um aerogerador com capacidade de produção até 750 watts com a reciclagem de materiais.

Elementos necessários:

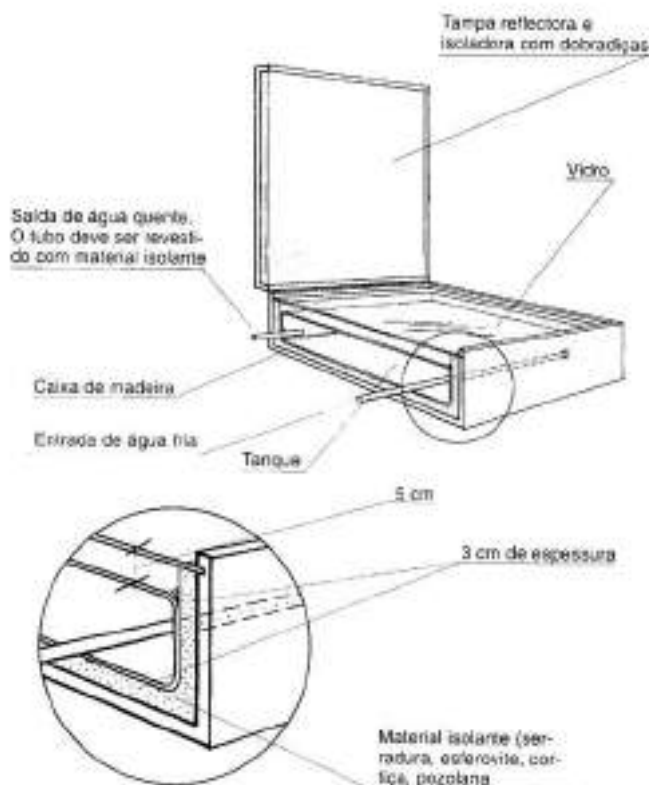
- { 1 } Um alternador de automóvel;
- { 2 } Pedacos de madeira ou fibra de vidro para pás;
- { 3 } Tubos.



{ FIG. 5.4 } Vista lateral, perspectiva e pormenor do colector solar.

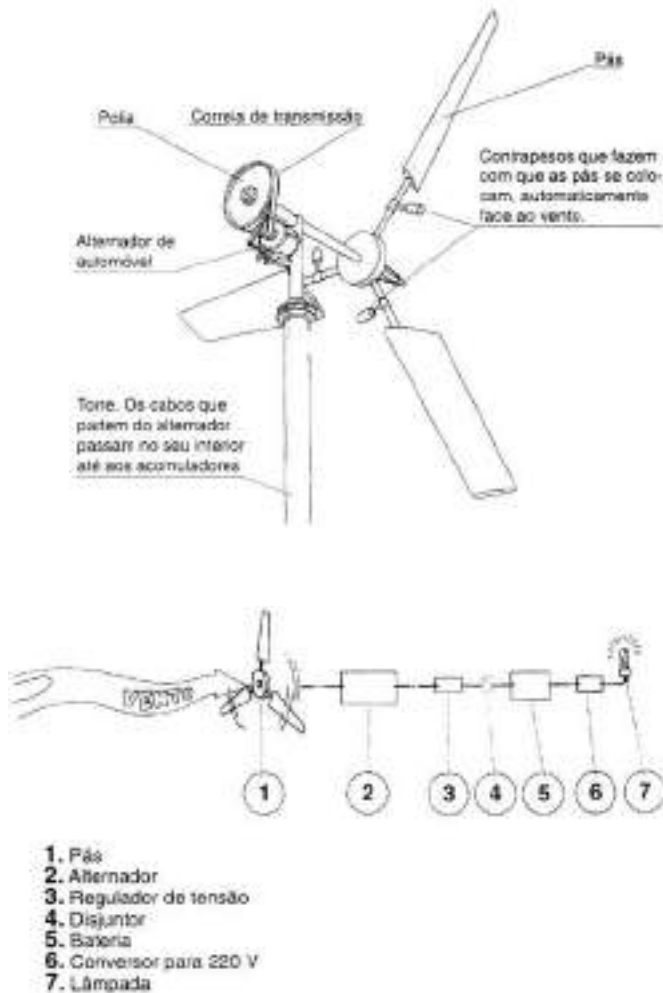


{ FIG. 5.3 } Localização do colector solar na cobertura do edificio.





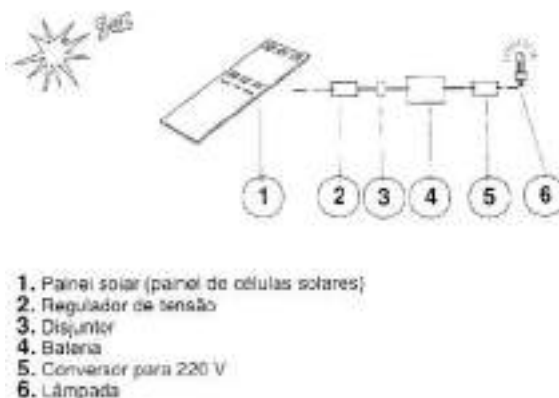
No processo de produção de energia eólica, a energia fornecida pelo aeródinamo – alternador – é acumulada em baterias a partir das quais se faz a distribuição. Entre o alternador e as baterias é necessário instalar um regulador de tensão e um disjuntor para evitar os dias excepcionais a nível de consumo. Por isso, é necessário instalar baterias de reserva que guardam uma grande quantidade de energia para essas eventualidades.



{ FIG. 5.5 } Elementos para a auto-construção de um aerogerador.

5.2.3 Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica consiste na conversão da radiação solar em energia eléctrica, através de células solares. Os painéis fotovoltaicos não produzem ruídos ou resíduos, excepto no final da sua vida útil. A tecnologia fotovoltaica e solar passiva formam um sistema ideal. Em Africa há forte radiação solar durante todo o ano, por isso uma habitação com este sistema é auto-suficiente na produção de energia eléctrica. Os painéis fotovoltaicos contribuem para uma imagem “high-tech” dos edifícios, o que os torna sedutores para os arquitectos contemporâneos. Faltam incentivos fiscais do Governo para promoverem o incremento da sua aplicação.

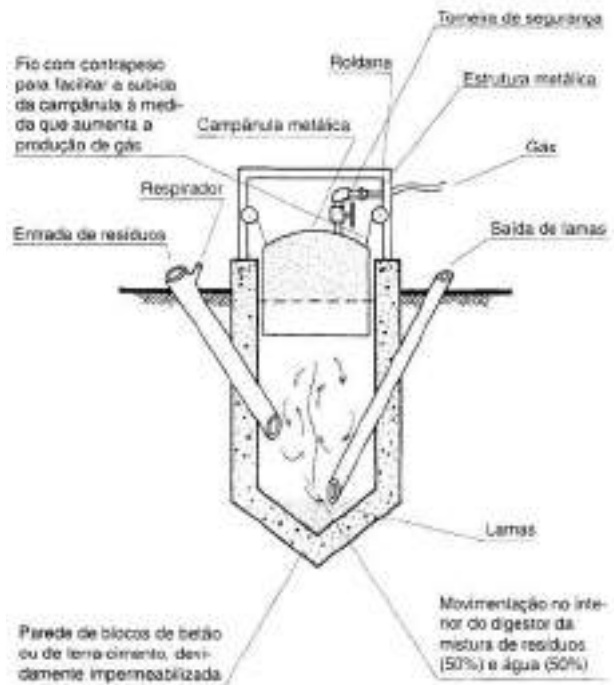


{ FIG. 5.6 } Elementos para a auto-construção de um painel fotovoltaico.

5.2.4 Biogás ou gás metano

O lixo que é produzido pelo homem e despejado no meio ambiente, libertando gases tóxicos, pode ser “purificado” e aproveitado, através da eliminação da sua toxicidade e transformação em energia – o gás metano. O sistema de produção de biogás está associado à reciclagem de resíduos orgânicos ou outros produzidos diariamente.

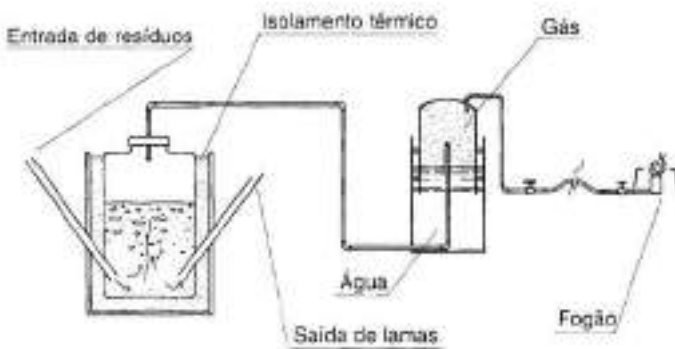
O gás metano resulta da fermentação anaeróbica de resíduos orgânicos, com ausência de oxigênio, para provocar o apodrecimento da matéria orgânica. O biogás não é tóxico, podendo ser utilizado com segurança. As lamas resultantes do processo de produção, ricas em azoto, podem ser utilizadas como adubo. A produção de gás metano é uma alternativa ao consumo de lenha, que contribui para a desertificação.



Processo de auto-construção de pequenas unidades de produção de biogás

O método mais simples para a construção de uma pequena unidade de produção de biogás exige apenas um tanque, que é utilizado tanto para a fermentação, como para a recolha de gás. Os sistemas mais elaborados articulam dois tanques – um para o digestor e outro para a recolha de gás.

Em ambos os casos, os disjuntores quando não são subterrâneos exigem um isolamento térmico, para que a temperatura dos resíduos no seu interior, que deve ser de 35°, seja constante. Os resíduos devem ser misturados com água, antes de serem vazados para o tanque. A mistura pode ter 50% de água e 50% de resíduos.



{ FIG. 5.7 } Elementos para a auto-construção de pequenas unidades de produção de biogás.