

CONFORTO AMBIENTAL

ORGANIZADORES BRENDA ALMEIDA TEJADA;
ANA LÚCIA DE GOES MONTEIRO BARBOSA



CONFORTO AMBIENTAL



Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, do Grupo Ser Educacional.

Diretor de EAD: Enzo Moreira

Gerente de design instrucional: Paulo Kazuo Kato

Coordenadora de projetos EAD: Manuela Martins Alves Gomes

Coordenadora educacional: Pamela Marques

Equipe de apoio educacional: Caroline Guglielmi, Danise Grimm, Jaqueline Moraes, Laís Pessoa

Designers gráficos: Kamilla Moreira, Mário Gomes, Sérgio Ramos, Tiago da Rocha

Ilustradores: Anderson Eloy, Luiz Meneghel, Vinícius Manzi

Tejada, Brenda Almeida.

Conforto ambiental / Brenda Almeida Tejada; Ana Lúcia de Goes Monteiro Barbosa. – São Paulo: Cengage, 2020.

Bibliografia.

ISBN: 9786555580358

1. Arquitetura. 2. Arquitetura - ambiental. 3. Clima. 4. Barbosa, Ana Lúcia de Goes Monteiro.

Grupo Ser Educacional

Rua Treze de Maio, 254 - Santo Amaro

CEP: 50100-160, Recife - PE

PABX: (81) 3413-4611

E-mail: sereducacional@sereducacional.com



PALAVRA DO GRUPO SER EDUCACIONAL



“É através da educação que a igualdade de oportunidades surge, e, com isso, há um maior desenvolvimento econômico e social para a nação. Há alguns anos, o Brasil vive um período de mudanças, e, assim, a educação também passa por tais transformações. A demanda por mão de obra qualificada, o aumento da competitividade e a produtividade fizeram com que o Ensino Superior ganhasse força e fosse tratado como prioridade para o Brasil.

O Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego – Pronatec, tem como objetivo atender a essa demanda e ajudar o País a qualificar seus cidadãos em suas formações, contribuindo para o desenvolvimento da economia, da crescente globalização, além de garantir o exercício da democracia com a ampliação da escolaridade.

Dessa forma, as instituições do Grupo Ser Educacional buscam ampliar as competências básicas da educação de seus estudantes, além de oferecer-lhes uma sólida formação técnica, sempre pensando nas ações dos alunos no contexto da sociedade.”

Janguê Diniz

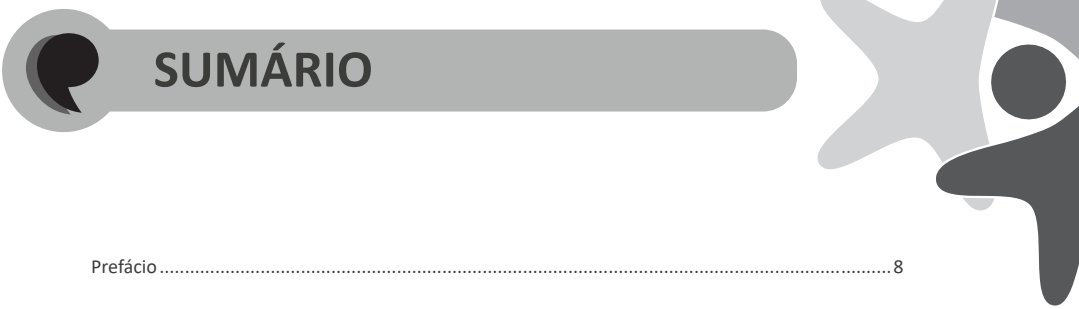
Autoria

Brenda Almeida Tejada

Graduada em Arquitetura e Urbanismo e mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas. Com foco de pesquisa na linha de Conforto e Sustentabilidade do Ambiente Construído.

Ana Lucia de Góes Monteiro Barbosa

Arquiteta e Urbanista graduada na UFF, mestre em Arquitetura na área de Conforto Ambiental e Eficiência Energética na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente professora nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharias na Universidade Anhanguera de Niterói. Formação de ator (CAL) com experiência em artes ciências. Cursos complementares nas áreas de arquitetura hospitalar, acessibilidade, iluminação e artes. Docência em curso preparatório para concursos públicos. Possui experiência na área de projetos de arquitetura, interiores, coordenação de curso, gestão de empresa, consultoria e obra. Coautora do livro "A Nova Velhice" ed. Revinter. Palestrante na área de acessibilidade e arquitetura inclusiva.



SUMÁRIO

Prefácio	8
UNIDADE 1 - Introdução ao conforto ambiental na arquitetura	9
Introdução.....	10
1. Edificação e o meio ambiente	11
2. Clima e micro-clima	20
3. Noções de conforto ambiental.....	27
4. Confortos lumínico e acústico	32
PARA RESUMIR.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
 UNIDADE 2 - Arquitetura e bem-estar	 43
Introdução.....	44
1. Arquitetura e clima	45
2. Homem e o ambiente	50
3. Evolução urbana.....	53
PARA RESUMIR.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
 UNIDADE 3 - Zoneamento bioclimático e estratégias de controle ambiental	 59
Introdução.....	60
1. Zoneamento e conforto	61
2. Consumo de energia	68
3. Orientação Solar das Edificações	72
4. Conforto Térmico	77
PARA RESUMIR.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
 UNIDADE 4 - Arquitetura bioclimática	 91
Introdução.....	92
1. Vegetação como elemento de conforto ambiental.....	93

2. Arquitetura bioclimática 95

PARA RESUMIR..... 107

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108





PREFÁCIO



O que significa conforto ambiental? Neste livro você vai entender os conceitos básicos desse tema, que está relacionado com condições térmicas, luminosas e energéticas tendo em vista os projetos arquitetônicos.

Vamos tratar de clima, macroclima, mesoclima e microclima e os fatores resultantes deles pode interferir no conforto dos indivíduos dentro e fora do edifício, na primeira unidade, intitulada Introdução ao conforto ambiental na arquitetura. A relação entre o edifício e o seu entorno próximo e como ele pode interferir no meio ambiente e vice-versa.

Arquitetura e bem-estar é o tema da segunda unidade, onde explicaremos a influência do clima na arquitetura e qual a importância de se conhecer o clima local para ter um bom projeto. Abordaremos como a relação do homem com o ambiente vem se modificando e como se adaptar às diferentes condições ambientais. Conheça o processo de evolução urbana e como ela se relaciona com as noções de conforto e quais são seus impactos no consumo de energia. Os conceitos-chave como conforto, sustentabilidade e eficiência energética serão apresentados também nesta unidade.

A terceira unidade vai tratar do Zoneamento bioclimático e estratégias de controle ambiental e aborda alguns métodos de análise do clima, ferramentas gráficas, uso da carta solar e programas de simulação. Você terá um panorama quanto ao consumo energético pelas edificações no Brasil e as conquistas já alcançadas com o uso da energia solar e os sistemas fotovoltaicos. Será detalhada ainda nesta unidade a análise do conforto de várias cidades brasileiras e estabelece critérios para proporcionar maior conforto nas edificações habitacionais.

O papel da vegetação como um elemento importante para o conforto ambiental e algumas vantagens e desvantagens da relação entre vegetação e arquitetura será tratado na quarta unidade, Arquitetura bioclimática. Conheça mais sobre essa área da arquitetura, seu conceito e as principais características. Por fim, trataremos de algumas tipologias climáticas e suas principais características.

Bons estudos!



UNIDADE 1

Introdução ao conforto ambiental na arquitetura

Introdução

Olá,

Você está na unidade Introdução ao Conforto Ambiental na Arquitetura. Conheça aqui os conceitos básicos de conforto ambiental relacionados às condições térmicas, luminosas e energéticas. Entenda sobre o clima, macroclima, mesoclima e microclima. Saiba como esses fatores interferem na avaliação do conforto humano dentro e fora do edifício.

Observe também a relação entre o edifício e o seu entorno próximo. Entenda como a construção do edifício pode interferir no meio ambiente e vice-versa. Aprenda o que deve ser analisado com relação as condições atmosféricas no momento definição do conceito e partido arquitetônico.

Bons estudos!

1. EDIFICAÇÃO E O MEIO AMBIENTE

Ao longo da história, as cidades cresceram muitas vezes de maneira orgânica, sem planejamento, sem um estudo da malha urbana e do impacto no meio ambiente. O adensamento urbano nas grandes cidades gerou uma série de prejuízos à natureza e a qualidade de vida dos habitantes. Esse crescimento desordenado das cidades e a produção arquitetônica de alto consumo energético culminou na chamada crise energética. A partir desse momento, um grupo de pesquisadores começou a estudar formas de reverter esse processo.

Hoje já existe uma série de cursos, normas técnicas e produção bibliográfica que orientam o profissional da arquitetura e construção civil a projetar com consciência, sem prejuízo ao meio ambiente e aos habitantes. Percebe-se claramente a relação entre o edifício, o consumo de energia e o meio ambiente. Como resultado dessas pesquisas, o estudo do conforto ambiental tornou-se um princípio básico para aqueles que buscam produzir uma arquitetura de qualidade e sustentável.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



1.1 Breve Histórico

No estudo da História da Arquitetura, verifica-se uma grade evolução tecnológica no que diz respeito aos materiais e técnicas construtivas. Métodos novos aceleraram o processo do desenvolvimento urbano e a construção civil ganhou em velocidade. A ciência e a tecnologia têm sido aplicadas tanto na construção como na manutenção do edifício. Normas técnicas atuais contribuem na redução de acidentes e no desempenho energético nas edificações. Essa evolução não foi sempre contínua: ao longo da história houveram momentos de descuido, com o uso abusivo dos recursos naturais que culminou com a crise energética mundial. Ao analisarmos os fundamentos e técnicas construtivas, desde os tempos antigos até os dias atuais, percebemos altos e baixos nesse processo.

No período Clássico (Século I a.C.), o arquiteto romano Marcus Pollio Vitruvius, comumente chamado de Vitrúvio, escreveu o tratado chamado *De Architectura* em 10 volumes. Cada livro abordava um aspecto específico da arquitetura. Sua visão a respeito da arquitetura era fundamentada em três princípios:

- Firmitas (solidez/estrutura).
- Venustas (beleza/forma).
- Utilitas (uso/função).

Vitrúvio concebia a arquitetura como a produção dos espaços em equilíbrio com esses três aspectos: aspectos estruturais, funcionais e formais. Porém, hoje em dia percebe-se que há uma nova demanda para garantir a sustentabilidade na arquitetura. Além dos três aspectos citados, a arquitetura precisa ter eficiência energética, ou seja, o edifício precisa proporcionar o máximo de conforto com o mínimo de consumo de energia elétrica (LAMBERT, 2013).

Os povos indígenas brasileiros, por outro lado, utilizavam técnicas bastante interessantes com aproveitamento de recursos naturais locais. Essa proposta é conhecida pelo nome de Arquitetura Vernacular. A Arquitetura Vernacular é aquela que usa técnicas construtivas tradicionais locais, além de materiais e recursos do ambiente onde se vai erguer a edificação, como, por exemplo, as utilizadas na construção das ocas e malocas das tribos indígenas. Outro exemplo são as casas subterrâneas, construídas em áreas desérticas no norte da China. A solução arquitetônica nesse caso protege do rigor climático externo. São diversas construções subterrâneas como escolas, mercados, residências locais em climas muito severos. Vista de cima, a cidade mostra apenas pátios. A temperatura externa é muito alta durante o dia e muito baixa à noite, mas abaixo da superfície a temperatura é mais amena.

Apesar dessa solução sempre ter existido, atualmente, devido à preocupação crescente com a sustentabilidade, tornou-se imprescindível buscar ao máximo o aproveitamento dos materiais presentes na região. Arquitetos resgatam, então, esses ensinamentos utilizando novas tecnologias e adaptando-as à vida contemporânea. Cada região tem suas características próprias de solo, clima e materiais naturais; portanto, as soluções de projetos são muito diversificadas, não há um padrão na construção vernacular. A intenção é prover o conforto ambiental com aproveitamento máximo dos recursos existentes no local.



Figura 1 - Casa Tai House (China)

Fonte: Fendiipg, Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A foto mostra o interior de uma casa rústica com uso de materiais naturais do norte da China e o aproveitamento da luz natural que penetra pelas frestas

A partir da metade do século XIX o Brasil passou a importar edifícios e complementos arquitetônicos em ferro produzidos na Europa. A revolução industrial trouxe novos materiais e tecnologia como uso do aço e o concreto armado. Desse modo, a tradição de construir em alvenaria de pedra foi rompida e surge um novo modelo construtivo em concreto armado (LAMBERT, 2013).

Até as primeiras décadas do século XX, havia muita energia disponível no Brasil, o suficiente para o crescimento das cidades. O petróleo era uma energia barata e havia abundância de recursos naturais no planeta. A partir da 2ª Guerra Mundial (1939-1945), grandes transformações sociais, econômicas e técnicas mudaram o quadro da arquitetura violentamente. Nesse período, muitos arquitetos, e profissionais da construção civil produziram uma arquitetura inadequada ao clima, sem respeito ao meio ambiente, sem considerar os recursos locais.

Construções com megaestruturas em aço e concreto armado, envidraçadas muitas vezes em fachadas ensolaradas podem ser comparadas a “edifícios estufas”, com sérios problemas de desconforto. A indústria de aparelhos de ar condicionado crescia e cumpria o papel de resolver o problema de desconforto térmico causado pelas edificações de alto consumo de energia elétrica. Essa situação se agravou com aumento da população nos grandes centros urbanos, a crise do petróleo e a crise energética mundial. (LAMBERTS, 2013).

Com a crise do petróleo em 1973, alguns arquitetos passam então a incorporar a energia solar aos edifícios. Buscaram, então, adequar a arquitetura ao clima, como por exemplo, a proposta do arquiteto Le Corbusier com o uso do terraço jardim, uso da planta livre e dos pilotis, que facilitaram a ventilação e redução da carga térmica no interior do edifício. Na década de 1970, um movimento com ideias de aproveitamento da luz do Sol e a construção de casas com energia limpa então surgiu. Alguns chamam esse movimento de arquitetura solar.

Nos anos 1980, o medo de uma mudança climática e elevação da temperatura global se tornam as maiores preocupações de alguns estudiosos do meio ambiente. Pesquisadores afirmam que houve redução na camada de ozônio no planeta e aumento dos gases que geram o efeito estufa, principalmente o CO₂. Segundo Sue Roaf, et al. (2009), as casas da atualidade, estão destruindo o planeta. A população está aumentando rapidamente e estamos desenvolvendo tecnologias sofisticadas para explorar os recursos naturais, mas é preciso ficar alerta para a questão da poluição advinda da construção civil. Os edifícios são poluentes ao meio e consomem mais da metade de toda energia usada nos países desenvolvidos e produzem mais da metade de todos os gases que vem modificando o clima.

Segundo Lamberts (2013), o termo eficiência energética trata da obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Sendo assim, um edifício é considerado mais eficiente do que o outro quando proporciona as mesmas condições de conforto ambiental com menor gasto energético. .

Após essa breve revisão da história e de alguns exemplos arquitetônico, pode-se concluir que no triângulo conceitual clássico de Vitruvius já havia a preocupação com as questões estruturais (firmitas), plásticas (venustas) e funcionais (utilitas), que são aspectos fundamentais nos nossos dias. Porém, a sociedade contemporânea necessita ir além. Não se pode desconsiderar os aspectos ambientais, a relação entre o homem e o meio ambiente, bem como as questões de acessibilidade e aspectos socioculturais. É preciso buscar uma arquitetura com conforto ambiental, que seja eficiente e sustentável, garantindo qualidade de vida também as futuras gerações.



FIQUE DE OLHO

Você deve ter percebido a relação entre o ambiente construído e o consumo de energia proveniente da construção e manutenção dos edifícios. A importação de estilos arquitetônicos sem a adequação da arquitetura ao clima da região trouxe sérias consequências. A construção de edifícios “estufas”, sistemas sofisticados de ar condicionado sem a devida adaptação ao local, condições climáticas e culturais culminou na crise de energia. Com a crise de energia produzida pelo grande aumento do consumo do petróleo em 1973, alguns arquitetos passam a incorporar a energia solar aos edifícios. Hoje buscamos soluções de projeto com adequação ao clima local e resgatamos valores antigos como a proposta da arquitetura vernacular e da arquitetura bioclimática.

1.2 Impacto da edificação no meio ambiente

No mundo atual, após um longo período de produção arquitetônica de alto consumo

energético e momentos de crise a nível mundial, verifica-se a necessidade de mudança no sistema. Construir com o clima não é mais uma posição ideológica, mas uma necessidade quando se analisa o panorama mundial da evolução do consumo em relação a disponibilidade de energia (MASCARÓ, 1991).

A construção civil interfere diretamente no meio ambiente. Os projetos arquitetônicos e urbanísticos, quando não bem planejados, podem causar impacto ambiental negativo, prejudicando a qualidade de vida da população. O impacto da construção civil ocorre tanto pelo consumo de recursos naturais e energéticos quanto pelos seus efeitos poluidores. (BARROSO-KRAUSE, C. et.al, 2012)

Devido à crescente industrialização e os costumes da sociedade contemporânea, as pessoas passam grande parte de suas vidas em ambientes fechados e condicionados artificialmente. Sendo assim, é fundamental conhecer os parâmetros relativos ao conforto térmico a fim de se evitar desperdícios com o uso do ar condicionado para calefação ou refrigeração, muitas vezes desnecessários (LAMBERTS, 2016).

O sistema econômico, estilo de vida contemporâneo, a evolução demográfica, relacionados ao crescimento de edificações residenciais, impactam de diversas formas no consumo energético do Brasil (CADERNOS MCIDADES PARCERIAS, 2005) Segundo Gonçalves et al. (2015), a ampliação dos recursos energético com utilização de fontes renováveis tornou-se uma preocupação no mundo contemporâneo. A partir dos anos 1990, as discussões sobre o impacto ambiental de edifícios ganharam peso na agenda de muitos países. Atualmente, os edifícios procuram aproveitar e valorizar sua relação com o meio externo, seja pelo aproveitamento do ar fresco e da luz natural, seja pelo contato entre o ambiente interno/externo ou pela visão da paisagem. (GONÇALVES e BODE et. al., 2015)

A partir da conferencia RIO 92 e da Agenda 21, a atenção ao desenvolvimento das cidades e as questões ambientais se tornaram temas de pesquisas e políticas públicas em vários países. (BARROSO-KRAUSE et.al, 2012) A Agenda 21 é um conjunto de resoluções, fruto da conferência internacional Eco-92 realizada no Rio de Janeiro e organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU). Participaram desta conferência 179 países, os quais tomaram medidas para conciliar o crescimento econômico e social com a preservação do meio ambiente. Nesse propósito, cada país definiu suas premissas visando o desenvolvimento sustentável com compromisso da preservação do meio ambiente.

Os objetivos da Agenda 21 e temas abordados têm ligação com nossos estudos do conforto ambiental e da arquitetura sustentável. Veja alguns exemplos:

- Proteção da atmosfera;

- Planejamento e ordenação no uso dos recursos da terra;
- Combate ao desmatamento das matas e florestas, a desertificação e a seca;
- Controle dos diversos tipos de resíduos;
- Educação como forma de conscientização para as questões ambientais.

Esse assunto vem sendo discutido até os dias de hoje, como foi observada nos encontros e preparativos para Rio+20, ocorrida em 2012. A conferência Rio+20 propôs uma agenda moderna, do século 21, com uma visão que apontou a intersecção entre o desenvolvimento sustentável e as áreas ambiental (clima, perda de biodiversidade), social (desemprego, desigualdade) e econômico-financeira.

Para superar a crise energética no Brasil, a produção de eletricidade teve de crescer muito. Com isso, trouxe os inconvenientes do impacto ambiental causado por novas usinas. Esse movimento gerou inundações e deslocamentos de populações para instalação de hidrelétricas. Somados a esses fatores, houveram altos investimentos do governo, a poluição e os riscos com a segurança pública (termoelétricas e nucleares). Conclui-se então que é mais barato economizar energia do que fornecê-la.

As decisões de projeto com propostas mais eficientes e sustentáveis, incluem por exemplo: o aproveitamento da iluminação natural, a ventilação, energia solar e eólica, vegetação na cobertura e no entorno da edificação, escolha de materiais abundantes na região evitando gastos com transporte, reuso da água. É papel do arquiteto considerar esses aspectos a fim de propor uma arquitetura com conforto ambiental e eficiência energética.

A concepção de projeto arquitetônico é responsável pelos índices de conforto térmico, lumínico, acústico, qualidade do ar e mobilidade. É preciso ter em mente a interdependência entre o edifício e o ambiente urbano, as relações entre o interior e exterior na concepção dos edifícios (GONÇALVES e BODE et. al., 2015).

Outro importante aspecto no estudo da Arquitetura e meio ambiente está na escolha dos materiais de construção. Os materiais são processados antes de serem utilizados na obra e se tornarem parte do edifício. Durante esse processamento, há um consumo de energia e geração de resíduos (ROAF et. al., 2006.).

É nesse quadro de tomada de consciência a respeito das relações entre a edificação e o meio ambiente que renasce uma Arquitetura preocupada com a integração ao clima local, visando construção centrada no conforto ambiental do ser humano e sua repercussão no planeta, a Arquitetura Bioclimática.



FIQUE DE OLHO

Os preparativos para a conferência Rio+20 já demonstravam uma grande preocupação com a economia verde, no contexto do desenvolvimento sustentável. Como arquitetos e profissionais da construção civil, precisamos atentar para essa nova realidade. A Arquitetura Bioclimática resgata valores antigos de ajuste da arquitetura ao clima com o compromisso de prover o conforto aos ocupantes com o mínimo de gasto de energia elétrica. É importante lembrar que essas considerações precisam ser feitas desde o início dos estudos de projeto, durante a etapa de coletas de dados, quando se conhece o terreno e se consulta a legislação do município. A reunião de todos esses dados é fundamental na definição do conceito e partido arquitetônico e no desenvolvimento do projeto fundamentado na arquitetura bioclimática.

1.3 Efeito estufa e ilha de calor

O efeito estufa gerado na atmosfera e no interior das edificações e a ilha de calor nas grandes metrópoles representam desafios para os dias atuais. Como arquitetos, urbanistas e profissionais da construção civil precisamos estar atentos a estes fenômenos comuns no mundo contemporâneo.

A princípio, o efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita a vida humana na Terra. Parte da energia solar que chega ao planeta é refletida e retorna ao espaço, e outra parcela é absorvida pelas águas dos oceanos e pela superfície terrestre, promovendo o seu aquecimento. O problema decorre de mudanças que estão ocorrendo na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera em função das ações humanas insustentáveis que elevam as emissões desses gases.

Na Arquitetura, o efeito estufa se refere à retenção de calor dentro das edificações, decorrente da produção de uma arquitetura hermética e utilização de vidros captadores da radiação solar. O uso de materiais transparentes tais como vidros e policarbonatos nas fachadas de edificações, sem o cuidado com a quantidade de energia solar retida no ambiente interno, tem sido uma das grandes causas do desconforto térmico, principalmente em climas quentes como o do Brasil.

O uso descuidado dos vidros na envoltória da edificação é também um dos grandes fatores de consumo excessivo de energia para refrigeração e condicionamento do ar. Esses materiais se caracterizam por seu comportamento específico em relação à radiação solar. Sabe-se que a indústria de vidros evoluiu bastante e já se produzem vidros com a capacidade seletiva de filtrar a radiação térmica deixando entrar no meio interno um percentual maior de radiação visível bloqueando a radiação de aquecimento térmico. No entanto esses vidros são mais caros e nem sempre compatíveis com a realidade econômica do consumidor.

Considera-se envoltória da edificação ou envelope construído, todo o material de conexão entre o meio externo com o interno no edifício, ou seja, os vedos, as paredes das fachadas, portas de entrada, janelas, telhado e demais materiais utilizados na cobertura do edifício. Por estarem em contato direto com as intempéries, são os que mais influenciarão no conforto interno, podendo ajudar ou prejudicar a qualidade ambiental.

Para compreensão do efeito estufa na arquitetura, vamos dar uma introdução aqui sobre o comportamento dos vidros simples e seu comportamento térmico na construção. A radiação solar vinda do meio externo incide nesses materiais transparentes em ondas curtas. Essa radiação é transmitida pelos vidros para o interior. Ao penetrar nos ambientes, ela é absorvida pelas superfícies internas, provocando elevação de sua temperatura e como consequência a emissão de radiação de onda longa. O vidro, sendo um material opaco a onda longa, não permite a devolução desse calor ao meio externo, a menos que se abram as janelas. Esse fenômeno de acúmulo de energia térmica no interior dos edifícios é conhecido como efeito estufa

Ilha de calor é um termo usado para se referir a determinadas áreas urbanas onde há um aumento da temperatura das superfícies comparado com o entorno dessa cidade. O fenômeno ocorre devido ao excesso de construções e diminuição das áreas verdes nas cidades, cobrimento do solo pelo asfalto e alto índice de poluição, aumentando assim a temperatura nas áreas urbanas. Segundo pesquisadores, o aquecimento urbano é um fenômeno regional cuja ocorrência depende de condições de clima e das características do tecido urbano. A melhor forma de combater este efeito é com o plantio de árvores por toda a cidade, a arborização de ruas e reservando algumas áreas para parques, praças e jardins. (RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, 2016).

O plantio de árvores contribui de diferentes formas para a solução do problema térmico, como, por exemplo, ao propiciar o sombreamento. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos EUA, as regiões sombreadas pelas árvores e vegetação em geral, podem reduzir até sete graus do que áreas ensolaradas, portanto a arborização é um procedimento de grande contribuição no combate ao fenômeno da ilha de calor nas cidades. Com a redução do calor, consegue-se assim diminuir a necessidade do uso de aparelhos para refrigeração nos ambientes internos e reduzir a quantidade de energia gasta para o controle ambiental térmico e consequentemente, diminui a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

A evapotranspiração das plantas é outro ponto positivo do combate a ilha de calor. Chamamos de evapotranspiração a soma da evaporação da água pela superfície do solo com a transpiração das plantas. As árvores liberam vapor de água na atmosfera, interferindo no microclima local, refrigeram naturalmente o ambiente. As árvores contribuem também na purificação da água e do ar atmosférico. Quanto ao ar, elas absorvem o óxido e dióxido de nitrogênio, dióxido sulfúrico e outros poluentes que costumam elevar a temperatura local. As árvores têm capacidade para limpar os poluentes atmosféricos. Quanto à purificação da água, ao envolver o solo, as plantas

funcionam como um filtro natural e retentor de águas. As árvores ajudam no escoamento das águas e evita o problema das enchentes. Quanto mais árvores presentes nas cidades, melhor será o escoamento de água durante as tempestades.

Um ciclo vicioso tem ocorrido no meio urbano, como mostra no gráfico Ciclo do efeito estufa. O modo desordenado como se tem ocupado muitas das grandes cidades, ocasionam a elevação das temperaturas locais e como consequência, entramos num ciclo vicioso. A elevação da temperatura incrementa o uso de equipamentos de ar condicionado, por conseguinte, mais energia é utilizada, mais emissão de gás do efeito estufa e mais emissão de produtos químicos; e como consequência destroem a camada de ozônio, que geram destruição do ozônio/aquecimento global e voltam a gerar aumento na temperatura num ciclo contínuo e prejudicial ao meio ambiente. Em face aos desafios do aquecimento global e das ilhas de calor, indica-se fazer da edificação um abrigo contra as mudanças climáticas e utilizar fontes renováveis de energia, como as tecnologias solares e eólicas.

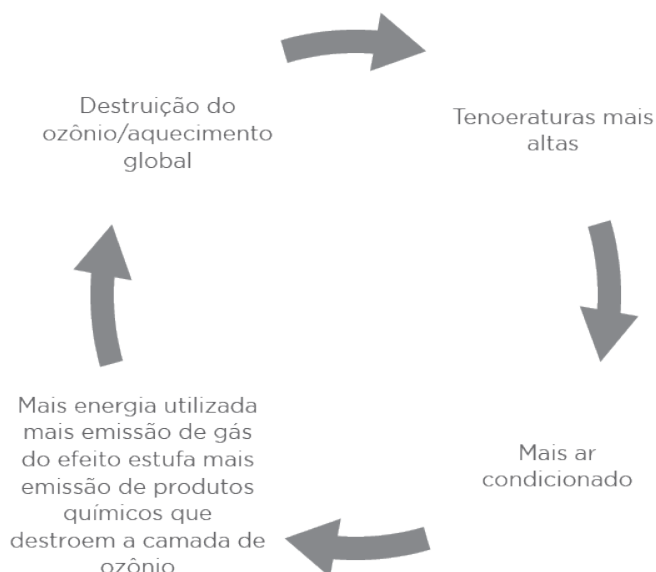


Figura 2 - Ciclo do efeito estufa
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

#ParaCegoVer: O gráfico mostra numa sequência contínua entre quatro momentos. As temperaturas mais altas geram maior uso do ar condicionado; daí geram mais energia utilizada, mais emissão de gás do efeito estufa e mais emissão de produtos químicos; por conseguinte destroem a camada de ozônio, que geram destruição do ozônio/aquecimento global e voltam a gerar aumento na temperatura num ciclo contínuo.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



2. CLIMA E MICRO-CLIMA

Para produzirmos edificações sustentáveis e com eficiência energética, garantindo o conforto ambiental dos usuários, será necessário adequar o projeto arquitetônico ao clima. E preciso, portanto, que o arquiteto conheça um pouco sobre Geografia e Climatologia, para, assim, aproveitar ao máximo os recursos naturais locais. Para aprender mais sobre esse assunto, será necessário conhecer o clima do Brasil, suas características e recomendações para cada situação.

2.1 Elementos climáticos e a arquitetura

Consideramos o conforto ambiental uma avaliação pessoal e subjetiva, mas com possibilidade de se analisar as respostas de uma grande maioria da população e dimensionar esses dados que irão definir o grau de satisfação dos usuários. É fundamental que o arquiteto conheça as variáveis climáticas para obter soluções de projeto arquitetônico mais adequadas ao conforto dos ocupantes e energeticamente mais eficientes.

Alguns autores classificam os dados de estudo em três categorias:

- Variáveis climáticas: diz respeito a radiação solar, ventos, nebulosidade, qualidade do ar umidade e índice pluviométrico.
- Variáveis humanas: número de ocupantes, atividades e vestimentas.

A Arquitetura utiliza da Meteorologia, para análise dos dados e posterior elaboração de projetos arquitetônicos compatíveis com o conforto ambiental no terreno em questão. Quando o projeto arquitetônico é uma solução de qualidade, o conforto nos espaços interiores será melhor do que no meio externo, ou seja, nossas propostas projetais devem proporcionar melhor conforto e qualidade ambiental do que há que já existe no meio externo sob a presença da radiação solar, chuva, ventos, intempéries em geral.

A Climatologia visa explicar o comportamento natural dos fenômenos atmosféricos, visando o benefício do homem, cientes de que as irregularidades dos fenômenos fazem parte das regras gerais e não são consideradas exceções. (OLIVEIRA, 2008). Tempestades fortes ou vendavais repentinos, por exemplo, não são fenômenos regulares do dia a dia, mas também não são consideradas exceções naquele local.

Para tanto, é necessário sabermos a diferença entre tempo e clima:

Tempo

Estado atmosférico em certo momento, considerado em relação a todos os fenômenos meteorológicos: temperatura, vento, umidade, etc. Esse estado é essencialmente variável. Em determinado dia pode amanhecer quente e ensolarado, porém ao final do dia ocorrer uma tempestade com rajadas de vento e diminuição da temperatura do ar, por exemplo.

Clima

Característica do tempo, num lugar, em meio a suas infinitas variações. Envolve diversos aspectos como: mudanças de temperatura, índices de chuvas, ventos predominantes.

De acordo com Mascaró (1996), o clima pode ser definido como respostas que retratem as características permanentes do tempo num lugar em meio a suas oscilações comuns. Estuda-se, portanto, os movimentos de rotação e translação, energia solar, latitude, altitude, ventos, topografia, presença de rios e mares, vegetação entre outros aspectos. Com base nesta análise durante um longo período, pode-se definir o clima de determinada região quantificando os elementos: temperatura do ar (mínima, média e máxima), umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações (OLIVEIRA, 2008).

Para a Arquitetura, é importante observar duas situações climáticas: o que acontece com mais frequência ao longo do ano e os períodos críticos, ou seja, próximo ao solstício de verão e inverno. Quando se consegue se beneficiar das condições climáticas locais em prol do conforto ambiental com pouco ou nenhum consumo energético, diz-se que estamos produzindo a arquitetura bioclimática. Desde épocas remotas, o homem procurava abrigo em cavernas para se proteger da radiação solar direta do verão e se utilizava da inércia térmica das rochas para capturar esse calor e manter o ambiente com temperaturas mais agradáveis durante a noite. Conforme o tempo foi passando, novas técnicas foram sendo desenvolvidas de acordo com o clima e a cultura dos povos.

Muitos dos edifícios do século XX possuíam complexos programas arquitetônicos, frequentemente foram construídas com uma série de ambientes fechados, sem iluminação e ventilação natural, prejudicando os níveis de conforto térmico. Viu-se então que poderiam resolver

o problema expelindo o calor armazenado no interior do edifício para fora da edificação através de janelas ou do telhado e assim o nível de conforto pudesse ser restaurado. No entanto, com a complexidade de programas arquitetônicos, as plantas baixas muito profundas dificultavam a abertura de janelas e o sistema adequado de ventilação natural em todos os ambientes. Somado a isso, a quantidade de pessoas nos edifícios crescia, máquinas e equipamentos, iluminação artificial fizeram parte do funcionamento dos espaços gerando maior carga térmica no interior.

Para resolver o problema das construções herméticas e com grande quantidade de calor armazenado, a indústria desenvolveu sistemas ativos de controle, ou seja, sistemas mecânicos, chamados de técnicas ativas de controle ambiental, como é o caso dos aquecedores elétricos e aparelhos de ar condicionado. Porém, esses sistemas consomem muita energia e trouxe uma série de agravantes a população. Se antes as técnicas de controle eram sem uso de energia elétrica, ou seja, utilizavam-se técnicas passivas de controle ambiental, hoje predominam construções herméticas com o uso de técnicas ativas de controle. Após a verificação dos malefícios dessa situação, surgiu a proposta da arquitetura bioclimática a fim de resgatar os princípios naturais de observação das condições ambientais e tirar proveito disso para a elaboração do projeto arquitetônico.

A arquitetura bioclimática é fundamentada na Bioclimatologia, ciência que estuda as relações entre o clima e o ser humano com a finalidade de conhecer os dados climáticos de um local e assim definir as estratégias que devem ser adotadas no projeto arquitetônico para compensar as condições de desconforto. Essa análise, feita no início do desenvolvimento projetual, desde as primeiras visitas ao terreno, permite identificar os períodos de maior probabilidade de desconforto e, conseqüentemente prejudicariam o bem-estar e a produtividade das pessoas. Na proposta de controle ambiental baseada na arquitetura bioclimática, o projeto tem como objetivo atender conjuntamente à eficiência energética e às condições de conforto do usuário.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



A soluções dadas pela arquitetura bioclimática incluem diversas técnicas passivas de controle

ambiental sem o consumo de energia elétrica, tais como:

Sombreamento

Indicado principalmente em regiões de clima quente como em grande parte do território brasileiro. Pode-se obter o sombreamento através da arborização, varandas, beirais, prateleiras refletoras de luz, cobogós, quebra-sóis em geral.

Ventilação através das aberturas

Dimensionamento e posicionamento adequado das janelas permitindo a fluidez do ar, a entrada do ar fresco e a saída do ar quente, liberando calor, bem como a renovação do ar interno.

Materiais adequados

A escolha de materiais de comportamento térmico adequado ao microclima local, principalmente nas fachadas e cobertura do edifício onde há contato direto com as condições externas de sol, chuva, ventos, umidade do ar, poeiras, ruídos.

Vegetação

Plantio de árvores e uso da vegetação em geral reduz a temperatura e purifica o ar, além de proporcionar o sombreamento. A vegetação e a terra contribuem também com o conforto acústico, por absorver parte da energia sonora incidente.

2.2 Macroclima e mesoclima

Em continuidade ao assunto da arquitetura bioclimática, veremos aqui o estudo do clima. Esse estudo é analisado em três escalas diferentes com as seguintes terminologias: macroclima, mesoclima e microclima. Esses termos são relacionados a escala de observação e estudo, do mais amplo para o mais próximo.

A análise do clima é feita inicialmente numa escala mais ampla, a macroclimática, na qual se observa dados gerais do clima daquela região ou cidade. Pode-se referir ao macroclima quando se pretende tratar do clima global, clima zonal e clima regional. No desenvolvimento de um projeto, essa análise deve ser feita logo nas etapas preliminares, coletando os dados correspondem ao clima médio ocorrente num território amplo, em termos de sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitações. Lembrando que esses dados não descrevem descrever as condições do entorno imediato do edifício.

Os dados do macroclima do Brasil são difundidos através das normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET:

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normais Climatológicas como valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos.

Outras informações importantes a respeito do macroclima são encontradas na norma de desempenho térmico de edificações na ABNT, NBR 15575-3 parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social. A norma traz definições, informações sobre o zoneamento bioclimático do nosso país, parâmetros, diretrizes construtivas para cada zona bioclimática e estratégias de condicionamento térmico.

Posteriormente ao estudo do macroclima, observa-se a escala mesoclimática que pode ser exemplificada pelas características do clima em determinado bairro. O projeto urbano de um bairro ou de uma pequena cidade interfere nas condições climáticas do terreno. Por exemplo, podemos reunir as informações do macroclima da região Sudeste do Brasil, ou mesmo de uma cidade como São Paulo ou Rio de Janeiro, mas dependendo das características do bairro escolhido para o projeto, haverá alterações nos dados de temperatura, ventos e umidade do ar, devido a um mesoclima específico. Alguns bairros são mais arborizados do que outros, com ruas mais ou menos estreitas, gabarito de altura variável, próximo ou distante do mar, com permeabilidade do solo maior ou menor, enfim, vários elementos interferem na condição daquele clima que foi coletado nas estações meteorológicas. Resumindo, o macroclima numa região pode ter vários mesoclimas distribuídos devido a distintas formas de ocupação.

As particularidades macroclimáticas de uma região podem representar dificuldades adicionais ao projetista, que por sua vez tentará compensar com uma implantação e escolha de matérias favoráveis ao controle microclimático. Para cada tipo de clima utiliza-se técnicas diferentes de controle ambiental. Deste modo, uma construção no litoral de Pernambuco não pode ter a mesma tipologia arquitetônica em Palmas, Tocantins que por sua vez será diferente da construção na serra gaúcha.

Por fim, coletamos os dados do microclima, ou seja, os dados de temperatura, direção dos ventos, horários de insolação no terreno em questão. No estudo do microclima, são ponderados todos os aspectos ambientais próximos ao lote onde será feito o projeto, por exemplo: tipo de solo, arborização, brisas marinhas, elementos poluidores, barreiras aos ventos, elementos naturais e construídos na vizinhança. Nessa escala, a observação é feita na visita ao terreno de projeto considerando a interferência dos elementos naturais próximos e construções vizinhas.

2.3 Estudo do Microclima

Microclima corresponde a uma pequena variação de clima dentro de uma região muito específica espacialmente. Para um geógrafo, por exemplo que trabalha com estudos de grandes

regiões, o microclima pode se referir ao centro urbano de uma metrópole, onde tem suas particularidades climáticas diferente da zona intermediária, arredores do centro urbano, e diferente também da zona de periferia. Considera-se o centro urbano uma determinada área onde há adensamento na ocupação e não necessariamente são os centros físicos regionais. Geralmente, esses centros urbanos possuem temperaturas elevadas devido ao efeito ilha de calor, muitas vezes com a temperatura de 5°C ou 6°C mais elevadas do que a temperatura da periferia. A grande concentração de edifícios, pessoas, asfalto, veículos, poluição atmosférica, incrementam a temperatura.

Na Arquitetura, considera-se microclima as condições ambientais dentro do lote onde serão feitos o projeto e a futura construção. Numa visita ao terreno de projeto, quando chegamos na escala mais próxima ao nível da edificação, observamos os elementos de interferência imediata. Qualquer construção após edificada irá alterar o microclima daquele local. Até mesmo uma poda de uma árvore, a colocação do asfalto numa rua ou de um revestimento na fachada trará alterações no conforto daquele lugar. Visto que o arquiteto projeta tudo que está em volta do além do edifício, acessos, jardins, passeios públicos e privados, ele interfere de maneira direta no microclima, ou seja, o microclima pode ser concebido e alterado pelo projeto do arquiteto. Quando falamos de microclima, podemos estar nos referindo inclusive a um ambiente interno que também terá suas condições de conforto relacionadas ao entorno da edificação, posicionamento de portas, janelas e aberturas em geral.

Vejamos um roteiro de estudo das variáveis ambientais. Inicialmente, o arquiteto precisa ter uma noção geral do clima brasileiro. Nosso país é bastante extenso, localizado entre os dois trópicos com um clima bastante variado. Adotamos uma divisão do clima brasileiro conforme essas regiões: equatorial, tropical, tropical de altitude, tropical atlântico, semi-árido e subtropical. A partir desse conhecimento panorâmico do clima, precisamos fazer também uma análise bioclimática que considere os dados das variáveis do local. Pode-se utilizar as normas climatológicas ou o ano climático de referência que traz os valores horários.

Outra etapa de análise diz respeito às sensações térmicas humanas, ou seja, o estudo das variáveis humanas na avaliação de conforto ambiental onde é feita a coleta de dados relativos aos ocupantes do edifício, tais como quantidade de pessoas, horários, idades, vestimentas, etc. Posteriormente o arquiteto precisa ter o conhecimento das variáveis arquitetônicas, através da pesquisa e escolha dos materiais mais adequados, considerando o comportamento térmico de cada um. É necessário, ainda, conhecer a direção do Norte Geográfico e a partir de aí compreender a trajetória aparente do sol vista de dentro daquele lote. Muitas vezes os termos Norte magnético e Norte geográfico são confundidos. Nas palavras de Molina (2012): “O norte geográfico resulta do movimento de rotação da Terra, enquanto o norte magnético é o resultado do campo magnético gerado pelo movimento do metal fundido do núcleo externo em torno do núcleo metálico sólido da Terra’

Logo, o Norte Geográfico é um dos locais onde converge o eixo imaginário de rotação da terra, também chamado de Pólo Norte. O outro local de convergência será no Sul Geográfico, Pólo Sul. Para entender o Norte Magnético, é preciso lembrar que existe ao longo da Terra um campo magnético que converge nos pólos magnéticos norte e sul. A agulha de uma bússola é atraída por estes pólos, desta forma, o norte verdadeiro e o magnético raramente irão coincidir e ao invés disso, haverá um desvio entre essas direções que chamamos de declinação magnética ou desvio magnético. Declinação magnética, portanto, é o ângulo entre o Norte Magnético e o Norte Geográfico.

A declinação magnética atual no Rio de Janeiro, por exemplo é próxima a 23°NO, ou seja, o Norte Magnético está a 22° do Norte Verdadeiro no sentido anti-horário. A agulha da bússola pode ser influenciada por depósitos de minério de ferro, linhas de alta-tensão, vedações e outros objetos de ferro. Esses elementos provocam uma leitura errada, a menos que o campo magnético externo esteja exatamente em linha com o eixo de orientação (norte-sul) da bússola e de polaridade oposta, mas as possibilidades de isso acontecer são bem remotas.

Além da verificação da direção do Norte na planta de situação do terreno, coletamos muitos outros dados que precisam ser analisados com muita cautela antes de definir o conceito e partido arquitetônico. Com o Norte colocado em planta baixa, pode-se determinar o sentido oposto, Sul e o eixo perpendicular Leste-Oeste. Assim, saberemos onde haverá a insolação pela manhã, a tarde e próximo ao meio-dia. Com esses dados e com o uso da carta solar referente aquela determinada latitude, poderemos identificar mais detalhes como os horários de insolação e ângulo de incidência solar.

Obstáculos naturais e construções vizinhas alteram a incidência solar no terreno, pois funcionam como barreiras se sombreamento e rugosidade aos ventos. Observar se há presença do mar, rio, lagoas, ruídos, poeiras e outros agentes de poluição. O tipo de revestimento de solo no terreno e passeio público, arborização no local, enfim, todos os aspectos ambientais no lote onde será desenvolvido o projeto, deverão ser registrados e analisados nessa etapa de diagnóstico microclimático.



FIQUE DE OLHO

Não se pode esquecer que a bússola lê o Norte magnético e nós precisamos do Norte geográfico para utilização da geometria solar. O norte magnético, para onde a agulha aponta, não se situa exatamente no pólo Norte definido pelos meridianos (linhas norte-sul). A declinação existe porque o pólo norte verdadeiro e o pólo magnético não coincidem.

3. NOÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL

O estudo do conforto ambiental é essencial para se alcançar propostas de projeto arquitetônico compatíveis com as condições ambientais locais. Veremos aqui alguns conceitos básicos e tipos de abordagens distintas. Grande parte da bibliografia sobre o assunto define o conforto ambiental como uma avaliação relacionada a subjetividade, dependente de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. O termo tem sentido amplo e costuma ser dividido em áreas específicas.

3.1 Conceitos básicos

Muitos são os parâmetros usados na avaliação do conforto do homem. Podemos dizer que o conforto ambiental está relacionado às sensações humanas, à qualidade de vida e bem-estar. Porém, é algo difícil de se mensurar, pois se trata de uma avaliação pessoal e subjetiva e com várias dimensões diferentes de conforto. Os sentidos como o tato, olfato, visão e audição trazem ao ser humano as sensações térmicas, visuais e auditivas e consequentemente definirão o grau de satisfação daquela pessoa.

Você já deve ter observado em dado momento, dentro de uma sala ou ambiente qualquer, que algumas pessoas se queixam do calor enquanto outras estão satisfeitas ou até sentindo frio? Por outro lado, as vezes um som de uma música pode te atrapalhar a em determinada tarefa, enquanto que noutro momento você deseja colocar aquela mesma música no ambiente? Isso acontece porque conforto é uma avaliação pessoal e subjetiva, dependendo da pessoa, momento e lugar, teremos um resultado diferente. Essa subjetividade é advém de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (LAMBERTS,

O termo conforto ambiental, visto de maneira bastante ampla, inclui os fatores térmicos, visuais/lumínicos, acústicos, olfativo e de movimento. Para uma avaliação completa do conforto ambiental na arquitetura consideramos diversos aspectos, como por exemplo, os aspectos relativos a sensações:

- Térmicas;
- Acústica;
- Qualidade do ar e

- Ergonomia/movimento.

Embora o tema possa ser considerado com todas essas variáveis para diagnosticar se um projeto ou construção está atendendo satisfatoriamente os usuários, é mais comum nos estudos acadêmicos falar de cada aspecto em separado. Nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo, normalmente estudamos três aspectos de conforto:

- Conforto térmico,
- Conforto visual/lumínico e
- Conforto acústico.

O conforto antropodinâmico costuma ser abordado quando se fala em ergonomia e acessibilidade. É importante ressaltar que o conforto térmico e conforto lumínico estão mais relacionados a questão do consumo energético. Portanto, o estudo desses dois tipos de conforto tornou-se premissa básica para se alcançar a arquitetura sustentável e com eficiência energética.

Os esforços dos estudiosos no assunto demonstram que é possível descrever e quantificar os principais parâmetros de conforto que trarão o diagnóstico em determinado local. Conscientes de tantas variáveis, os pesquisadores se esforçam na elaboração de estudos detalhados com medições lumínicas, acústicas e higrotérmicas em diversos ambientes, contribuindo para precisar os resultados das avaliações cada vez melhor. Métodos de análise e alguns softwares ajudam nessa avaliação. É possível encontrar abordagens e classificações distintas em estudos de outros pesquisadores, mas são maneiras de organizar os conceitos acabam sendo definidos de modo semelhante. Alguns definem o conforto Ambiental como o conforto de cada indivíduo; variável segundo uma série de fatores que se dividem em dois grupos básicos: cultural e fisiológico.

No grupo cultural incluem-se os fatores de ordem moral, social e histórica. No fisiológico, estão os fatores geológicos, luminosos, sonoros, térmicos, espacial, de movimento e geográficos. Estes elementos, ainda passam por outros fatores limitantes: econômicos, necessidades físicas e necessidades emocionais. Lembrando que as necessidades emocionais e psicológicas interferem na avaliação do conforto. (BARBOSA, 2002)

O que realmente preocupa as pessoas é a sensação do desconforto, justamente porque incomoda e diminui atrapalha a realização das tarefas do dia a dia. No propósito de resolver a questão do desconforto, arquitetos e pesquisadores se dedicam a buscar soluções para eliminar o problema ou pelo menos minimizar os danos. O desconforto interfere no bem-estar, reduz a produtividade do indivíduo e para controlar essa situação desagradável, as pessoas se utilizam de aparelhos de condicionamento do ar, que podemos definir como a ausência das condições mínimas necessárias ao nosso bem-estar e que acaba interferindo também da produtividade, saúde, disposição, alegria, humor, entre outros. (RUSKIN, 2005).

3.2 Necessidades ambientais no conforto higrotérmico

Desde os tempos mais remotos, no período Paleolítico, o homem busca um local para habitar e se proteger das intempéries e dos animais. As cavernas eram locais de abrigo e conforto para aquela época. A busca pelo conforto outrora pelo instinto de sobrevivência, hoje conta com medições e inúmeras técnicas disponíveis.

Os estudos de conforto térmico na atualidade visam principalmente analisar e estabelecer as condições necessárias para a concepção de ambientes adequados ao homem nas suas diversas tarefas cotidianas. Contamos com métodos e princípios já estabelecidos para uma avaliação térmica detalhada de um ambiente. As trocas de calor ocorrem entre o homem e o meio ambiente e também entre as edificações e o seu entorno próximo. Segundo Frota et al. (2007), é necessário conhecer os fenômenos de trocas térmicas para melhor compreensão do comportamento térmico das edificações. As Trocas térmicas secas envolvem diferença de temperatura (Convecção; Radiação; Condução). As Trocas térmicas úmidas envolvem mudança de estado (Evaporação; Condensação). As trocas térmicas entre os corpos acontecem a partir de uma das duas condições básicas:

- existência de corpos que estejam a temperaturas diferentes;
- mudança de estado de agregação.

Muitas vezes utiliza-se o termo conforto higrotermico no lugar de conforto térmico para expressar o elemento umidade como participante na avaliação do conforto térmico. A sensação de conforto depende não apenas da temperatura do ar, mas também é influenciada pela umidade relativa do ar e pelas trocas de calor do corpo com o ar em movimento.

Segundo Lamberts (2016), a importância do estudo de conforto térmico está baseada principalmente em três fatores: satisfação humana, performance e conservação de energia. Com isso, consegue-se ajustar as condições ambientais proporcionando maior qualidade de vida, aumento da produtividade tanto em termos de atividades físicas como de raciocínio e ainda reduzir o consumo energético com equipamentos de aquecimento e refrigeração.

A partir do momento em que as construções se tornaram grandes com muitos ambientes enclausurados, retendo grande carga térmica no interior, tentou-se solucionar o problema do desconforto térmico através do uso de equipamentos e máquinas diversas de condicionamento. Entretanto, o uso de sistemas mecanizados e ativos de controle ambiental nos edifícios consumiam muita eletricidade.

As variáveis arquitetônicas de conforto serão definidas com base no conhecimento das variáveis ambientais e variáveis humanas, isto é, conhecendo bem o clima, as condições peculiares do microclima, o perfil dos usuários e função da edificação, teremos as informações

necessárias para tomar as decisões construtivas cabíveis. Essas decisões definirão a forma do edifício, dispositivos de controle, materiais de construção e acabamento, cobertura do edifício, enfim todo o tratamento da envoltória da edificação.

A claraboia é exemplo prático de um elemento arquitetônico de controle ambiental. Claraboias são materiais transparentes colocados em aberturas no teto da construção, vedada em seu perímetro por caixilho com vidro ou outro para iluminar o interior. Trata-se de uma abertura no alto das edificações destinada a permitir a entrada de luz ou a passagem de ventilação.



Figura 3 - Claraboia com abertura para ventilação

Fonte: U.J. Alexander, Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A figura ilustra um exemplo de claraboia. As claraboias podem ser semelhantes a janelas colocadas no telhado, sendo feito um recorte em determinado trecho para iluminação e ventilação.

É claro que o fator forma plástica e aparência estética do projeto é algo importante, mas nem por isso o conforto ambiental deve ser ignorado. As soluções da arquitetura bioclimática não limitam a criatividade do arquiteto como alguns pensam. Saber utilizar técnicas compatíveis para prover o conforto ambiental e a sustentabilidade na arquitetura, considerando ainda a legislação e os fatores humanos envolvidos, exigirá do arquiteto muita reflexão e criatividade, portanto pode ser considerada uma expressão da arte.

O Brasil é um país de grande extensão territorial, apresentando diferentes tipos de clima: equatorial, tropical, semiárido, tropical de altitude, tropical atlântico e subtropical. Uma extensa área tropical abrange estados das regiões centro-oeste, nordeste, norte e sudeste. Para se projetar nessas regiões visando o conforto ambiental, será necessário se familiarizar com o clima tropical. Corbella et al. (2015), algumas estratégias de controle ambiental em regiões de clima tropical brasileiro permitem boas condições de habitabilidade. Como por exemplo:

Controlar a radiação solar incidente no verão e aproveitar o Sol no inverno. Para isso será preciso utilizar a carta solar e pesquisar as opções de brise soleil e outros dispositivos.

Reduzir as áreas envidraçadas nas coberturas e fachadas ou pelo menos sombreá-las. Esses elementos favorecem a entrada de luz natural no interior, mas devem ser aplicados com moderação e bem localizados para não gerar o efeito estufa no edifício.

Uso da ventilação para reduzir a umidade, renovação do ar interno e resfriamento. Prever nesse caso abertura de entrada e saída do ar, preferencialmente de acordo com os ventos predominantes.

Isolamento quando o ambiente for climatizado artificialmente, impedindo a saída do ar interno por frestas ou qualquer outro tipo de abertura.

Uso de paredes com alta inércia térmica, quando fizer parte das estratégias recomendadas no zoneamento bioclimático para aquela cidade. Materiais de alta inércia térmica atuam no amortecimento das variações da temperatura externa. Essa estratégia pode ser utilizada quando se pretende utilizar a ventilação noturna para resfriamento. (ABNT NBR 15575-3: Desempenho térmico de edificações)

Uso de paredes com baixa inércia térmica, quando for utilizar o recurso da ventilação natural diurna. Nesse caso os materiais da envoltória são mais leves.

Adequar o projeto aos elementos do entorno, considerando as informações coletadas no diagnóstico microclimático: topografia, vegetação, presença de brisas marinhas, etc.

A inércia térmica é uma propriedade dos materiais relacionada ao peso, o calor específico e a condutividade térmica. Esses materiais tem a capacidade de gerar um atraso térmico na variação da temperatura e amortecimento desta variação.

O Método Fanger destaca-se entre as tentativas utilizadas na avaliação de conforto térmico. Através de experiências, Fanger elaborou uma equação geral de conforto considerando as variáveis ambientais: temperatura média radiante, velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do ar, atividade física e vestimenta. O método é mais indicado para ambientes climatizados artificialmente. Fanger avaliou o conforto em pessoas de diferentes nacionalidades, sexo, raça, obtendo o Voto Médio Predito (Predicted Mean Vote) para determinadas condições ambientais. O PMV é um valor numérico que qualifica a sensação humana em relação ao frio e calor. Quando o PMV é zero, qualificamos como conforto, quando negativo, sensação de frio e positivo, sensação de calor. (LAMBERT et. al. 2013)

Além do uso da equação, gráficos e tabelas são utilizadas nesse tipo de avaliação. Atualmente, utilizamos os programas de análise de simulação de conforto térmico: Analysis- BIO e Analysis-CST que substituem esses cálculos. Esses softwares auxiliam no processo de adequação do projeto de arquitetura ao clima local. O Analysis-BIO utiliza arquivos climáticos anuais e seus respectivos horários.

4. CONFORTOS LUMÍNICO E ACÚSTICO

Os confortos lumínico e acústico são parâmetros distintos de análise do conforto ambiental na arquitetura. Para se chegar a um bom projeto bioclimático, é preciso considerar todas ações integradas. Não seria sensato prover um bom conforto hidrotérmico se a proposta traz desconforto acústico ou lumínico. Os seres humanos sentem o ambiente como um todo, isto é, os parâmetros de conforto se fundem no processo avaliativo do usuário e o indivíduo traduz numa resposta pessoal de satisfação ou insatisfação naquele momento e lugar. Essa divisão dos “confortos” é utilizada pelas suas peculiaridades e para facilitar o entendimento.

4.1 Conforto lumínico

Todo ser humano possui necessidades lumínicas. Não se vive sem a presença da luz por questões de saúde e de comunicação. O sentido da visão é intensamente solicitado pelas atividades cotidianas, trazendo a percepção de profundidade, distinção das formas, cores, brilhos e volumes. A luz e as cores influenciam nossas experiências, nosso estado de ânimo e nosso comportamento no tempo e espaço, mesmo que seja de forma inconsciente.

Em termos físicos, o espectro eletromagnético é definido como a distribuição das ondas eletromagnéticas a partir dos valores dos comprimentos de onda e da frequência das radiações. Tal distribuição é classificada em luz visível e não visível, de acordo com a frequência e o comprimento de onda característico de cada radiação.

A relação entre a luz e arquitetura é fundada nos princípios da física. O olho humano capta as ondas luminosas e as transforma em impulsos nervosos que, através do nervo ótico, estimulam o cérebro, onde se processa a interpretação das diferentes intensidades de luz. A visão espacial depende da saúde dos olhos, campo visual, capacidade acomodação e adaptação do olho e mobilidade da cabeça. A capacidade visual varia de pessoa, podendo ser prejudicada por deficiências visuais, desgaste devido à idade e ou mau uso da visão.

De acordo com Barbosa (2002), conforto lumínico pode ser definido como resultado da criação de condições para o indivíduo exercer as atividades visuais no espaço arquitetônico, com o menor esforço possível e o máximo de acuidade, para, assim, trabalhar com eficiência, rapidez e segurança, e proporcionar um ambiente visual agradável.

A expressão conforto visual geralmente é utilizada quando que quer avaliar as sensações de maneira mais abrangentes, tais como a visão da paisagem, composição das cores, figuras, enfim fatores psicológicos que são incluídos na avaliação, além das considerações quantitativas da luz. O conforto visual e lumínico estão relacionados ao bem-estar e a distinção clara dos elementos observados.

O conforto lumínico está relacionado à quantificação de luz necessária para cada tipo de atividade. Essa quantificação é variável de acordo com a função do espaço, tipo de tarefa, tempo de execução e idade das pessoas envolvidas. A orientação em projetos de iluminação e procedimentos para avaliação do conforto lumínico podem ser encontradas em normas. A ABNT dispõe de algumas normas que são utilizadas de acordo com o tipo de projeto que se necessita realizar. Vejamos algumas normas que contemplam o assunto da iluminação e conforto lumínico:

NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho

NBR 5461 – 1991 – Iluminação: terminologia.

NBR 5382 – 1985 – Verificação de iluminância de interiores: procedimento

NBR 15215 – 2004 – Iluminação natural – Parte 1: conceitos básicos e definições.

NBR 15215 – 2004 – Iluminação natural – Parte 2: procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural.

NBR 15215 – 2004 – Iluminação natural – Parte 3: procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.

NBR 15215 – 2004 – Iluminação natural – Parte 4: verificação e método de medição

NBR 15575:2013 - Edificações habitacionais — Desempenho

A NBR 15575:2013 é uma norma que trata do desempenho de edificações habitacionais, com o objetivo de proporcionar o conforto, acessibilidade, higiene, estabilidade, vida útil da construção, segurança estrutural e contra incêndios. É uma norma bem detalhada e está dividida em 6 partes:

- Requisitos gerais;
- Sistemas estruturais;
- Sistemas de pisos;
- Sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Sistemas de coberturas;
- Sistemas hidrossanitários.

A parte 1 NBR 15575:2013 da estipula níveis requeridos de iluminação natural e artificial visando o desempenho lumínico e estabelece alguns critérios. Quanto à luz natural, a norma exige uma quantidade mínima de iluminação no projeto. Todos os ambientes de permanência

prolongada, como sala, quarto, cozinha tem que ter no mínimo 60 luxes de luz natural no centro do ambiente, caso tenha 90 luxes, considera-se um nível intermediário de luz natural; se tiver 120 luxes, considera-se um nível superior. A medição nos ambientes pode ser feita por simulações utilizando softwares, fazendo várias considerações, tais como: latitude, obstruções de sombreamento vindas do entorno, cores no ambiente interno, tipo de vidro nas janelas. Outra forma de medição é indo ao local e utilizando um aparelho de medição chamado luxímetro. A norma estabelece metodologia para esses procedimentos.

A norma também traz recomendações mínimas para os Níveis de iluminação geral para iluminação artificial. Em ambientes de sala de estar, dormitório, banheiro e área de serviço, a norma exige um mínimo de 100 lux. Em copa e cozinha é exigido no mínimo 200lux. Corredores, escadas e garagens cobertas, mínimo de 75 lux.

Como premissas de projeto visando o desempenho lumínico, a NBR 15575:2013 determina:

“Os requisitos de iluminância natural podem ser atendidos mediante adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos etc), inserção de poços de ventilação / iluminação, eventual introdução de domus de iluminação, etc”; (ABNT, NBR15575:2013, Parte 1, item 13.2.5)

“A presença de taludes, muros, coberturas de garagens e outros obstáculos do gênero não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados”; (ABNT, NBR15575:2013, Parte 1, item 13.2.5)

“Nos conjuntos habitacionais integrados por edifícios, as implantações relativas dos prédios, de eventuais caixas de escada ou de outras construções, não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados”. (ABNT, NBR15575:2013, Parte 1, item 13.2.5)

A falta de um bom projeto luminotécnico pode ocasionar uma quantidade excessiva de luz no ambiente ou aquém do necessário, que também prejudicarão o conforto e o desempenho das tarefas. O posicionamento das luminárias bem, como a escolha das fontes luminosas precisam ser feitas com consciência. Para cada tipo de lâmpada e de sistema de iluminação tem uma aplicação recomendada.

Aproximadamente 50% da radiação solar recebida na superfície da Terra, é qualificada como luz visível, isto é, radiação eletromagnética visível aos nossos olhos. A luz natural chega até nos de forma direta (diretamente do Sol), difusa (quando vem da abóboda celeste, não considerando a luz direta do solo) ou refletida (proveniente do reflexo do entorno, também chamado de albedo) (CORBELLA e CORNER, 2015).

4.2 Conforto acústico

A audição é um dos sentidos importantes na percepção do espaço, comunicação e bem-estar. Os sons da natureza somam-se aos sons produzidos pelo homem, máquinas e equipamentos diversos, com uma série de variações de intensidade e tempo de propagação. O tema é bastante complexo, mas, através do desenvolvimento de pesquisas, já se consegue chegar a recomendações oportunas para a arquitetura, design de interiores e construção civil.

A acústica produz um forte impacto na caracterização de um lugar. No estudo da acústica arquitetônica encontramos duas áreas de estudo importantes:

Defesa contra o ruído: Trata da eliminação ou amortecimento dos ruídos indesejáveis, sejam de fontes internas ou externas.

Defesa contra o ruído: Trata da eliminação ou amortecimento dos ruídos indesejáveis, sejam de fontes internas ou externas.

Controle dos sons no recinto: Visa melhorar a comunicação sonora no recinto, a preservação da inteligibilidade, evitando defeitos acústicos comuns (ecos, ressonâncias, reverberação excessiva).

O estudo do conforto acústico engloba os princípios básicos de emissão e propagação do som e as formas como o som interfere no homem, levando-se em conta as propriedades acústicas dos materiais, forma e tamanho dos locais, disposição dos diferentes elementos, etc. (BARBOSA, 2002). Assim como no conforto hidrotérmico, a avaliação pode diferir de uma pessoa para outra, o mesmo acontece no conforto acústico. De acordo com o indivíduo, sua idade, tarefa e momento, a sensação acústica pode ser positiva ou negativa. Por exemplo, um determinado som, seja voz humana, som de pássaros ou música, pode ser motivo de prazer em determinado momento e noutro ser um fator incomodativo.

A Física define o som como uma perturbação que se propaga nos meios materiais e é capaz de ser detectada pelo ouvido humano. Portanto o som é uma sensação auditiva gerada por uma onda acústica. A onda acústica é resultado de uma vibração que gera uma série de compressões e rarefações em um meio elástico, como o ar, a terra ou qualquer tipo de material de construção (BARBOSA, 2002).

Um local é considerado confortável acusticamente quando se consegue realizar as tarefas sem incômodos auditivos, sem sons de interferência e ainda ouvir as informações com clareza. As interferências sonoras no ambiente são consideradas ruído. Os ruídos podem vir de fontes internas ou externas a edificação. O primeiro passo numa avaliação acústica visando a defesa contra os ruídos é identificar quase sempre as fontes perturbadoras e onde situam. A melhor forma de

combater o ruído é na própria fonte, eliminando ou reduzindo a sua intensidade sonora. Quando não for possível, a correção é feita no percurso do som entre a fonte e o ouvinte.

A ABNT NBR 16313:2014. Acústica – Terminologia, estabelece termos e definições em acústica. A ABNT NBR 10152:2017 - Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, estabelece procedimento para execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, valores de referência de níveis de pressão sonora para estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações, em função de sua finalidade de uso, entre outras recomendações. A ABNT NBR15575:2013, faz recomendações quanto ao desempenho acústico: “A edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas”.

É importante observar os ruídos urbanos e outras fontes externas existentes nas vizinhanças e definir as melhores ações corretivas, a fim de dificultar a penetração desses ruídos externos no ambiente. Veja algumas recomendações de controle do ruído externo e interno. Como estratégias de controle dos ruídos externos, recomenda-se:

Ação na fonte: Caso esteja em desacordo com a legislação local, pode-se procurar meios legais obrigando a reduzir a intensidade sonora.

Ação no percurso: Na implantação, a construção, deve ser posicionada o mais distante possível das fontes ruidosas urbanas. O tratamento pode ser feito no entorno da edificação, através muros, taludes e vegetação, por exemplo.

Ação na envoltória da edificação: Quando não for possível resolver o problema junto as fontes de ruído, podemos utilizar materiais isolantes nas fachadas da edificação, nesse caso a escolha das esquadrias também precisam ter propriedade isolante. A edificação receberá as ondas sonoras e precisam ser tratadas com materiais isolantes impedindo a entrada do ruído no interior. Pode-se usar materiais refletores do som, que irão devolver a as ondas sonoras para fora, ou materiais absorventes, que reduzem a energia sonora incidentes paredes externas.

Ação no interior da edificação: priorizar os ambientes que necessitam de silêncio para o melhor posicionamento, os mais afastados possível das fontes de ruído. Certos ambientes de menores exigências acústicas poderão servir de filtro, sendo posicionados entre a fonte e demais ambientes que requeiram silêncio.

Como estratégias de controle dos ruídos internos, recomenda-se:

Ação na fonte: a prioridade é sempre que possível, resolver o problema na fonte de emissão do ruído. A troca de um aparelho ruidoso por um silencioso, ou ajustar os horários de uso, podem resolver

o problema. A indústria costuma informar a intensidade do ruído produzido pelos seus produtos. É preciso se familiarizar com essas medições para saber se o equipamento será ou não um elemento perturbador. O confinamento de máquinas é utilizado em indústrias para que a propagação não se espalhe por toda edificação. Nesse caso, é necessário ter o devido cuidado com o calor.

Ação no percurso: Quando o ruído é produzido dentro da edificação, porém num outro ambiente, procura-se colocar anteparos entre os dois cômodos, por exemplo, um corredor, vasos de plantas, jardins internos, armários, estantes com livros.

Ação no interior da edificação: quando o ruído é produzido dentro do próprio ambiente que se deseja ter conforto, é preciso utilizar materiais absorventes do som que irão abafar e reduzir a reverberação sonora. Tapetes, cortinas, almofadas, quadros e forros acústicos costumam resolver bem esse problema. É importante lembrar quando o som é absorvido pelo material, há uma transformação da energia sonora em energia térmica, portanto mais calor ao ambiente.

É muito comum recorrer a projetos de acústica após a construção ter sido executada, gerando tratamentos acústicos caros e muitas vezes inviáveis. A questão do conforto acústico quando é considerada desde o início do desenvolvimento projetual, proporcionará melhores resultados. A escolha da implantação por exemplo, é definida no início. O posicionamento de certos ambientes ruidosos distantes dos ambientes que necessitam de silêncio, também precisam ser observados no estudo preliminar. As sacadas e varandas podem ser uma boa solução de redução sonora, funcionando como ambiente de transição entre o ruído externo e o espaço interno.

Outro aspecto importante no conforto acústico é em relação a lei da massa. Quanto maior a massa, ou densidade de uma parede, melhor o seu desempenho acústico. Massas maiores reduzem a ocorrência de vibrações e a transmissão sonora pelo sistema de vedação. Portanto, o isolamento sonoro de uma parede está ligado à sua massa.

É sabido que certos tipos de edificações como teatro, auditórios, sala de cinema, sala de concerto, igrejas, casa de shows, estúdio de gravação, são projetos específicos e para tanto recomenda-se um estudo mais aprofundado e algumas vezes com uso de softwares específicos de controle acústico. Entretanto, a definição da forma dos ambientes, posicionamento em planta baixa, volume de ar, são questões básicas que não podem deixar de ser bem resolvidas no projeto arquitetônico.

Existem gráficos e tabelas próprias para ajuste do tempo de reverberação nos ambientes e controle da inteligibilidade. Para cada tipo de projeto, seja auditório, igreja, estúdio, sala de aula, sala de reuniões, existe um valor do tempo de reverberação ideal (TR) e o controle se faz através dos ajustes na altura do pé direito, colocação de materiais absorventes ou isolantes. Os valores de TR ideais estão disponíveis nas normas de acústica NBR 12179:1992 - Tratamento Acústico Em Recintos Fechados.

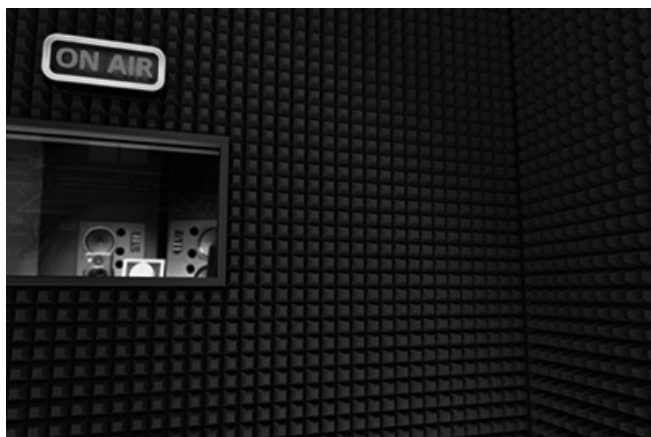


Figura 4 - Tratamento acústico em estúdio

Fonte: Baldarik, Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A figura mostra o revestimento de material absorvente nas paredes de um estúdio de gravação, aplicado para reduzir ao máximo a reverberação para o tratamento acústico de um estúdio de gravação.



PARA RESUMIR

Nesta unidade, você teve a oportunidade de:

- ter uma visão geral da história quanto a tipologia das edificações e a compatibilização da arquitetura e o clima nos vários períodos;
- conhecer sobre os impactos ambientais das edificações no meio ambiente;
- aprender sobre o efeito estufa, o fenômeno da ilha de calor e várias conquistas já alcançadas no propósito da arquitetura bioclimática;
- conhecer os principais elementos climáticos e a relação com a arquitetura;
- conhecer as escalas de análise macro, meso e micro necessárias para o diagnóstico de conforto em determinada localidade;
- ter uma noção geral a respeito do conforto ambiental, alguns conceitos, as variáveis envolvidas na avaliação do conforto.
- conhecer os elementos de análise no conforto térmico e por que usamos o termo higrotermico.
- ver outras áreas de conforto, como o conforto visual e lumínico, e como ele interfere no conforto térmico;
- aprender sobre o conforto acústico, algumas propriedades físicas, recomendações e cuidados na compatibilização de todos os aspectos: higrotérmico, lumínico e acústico.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABNT NBR15575:2013. Desempenho térmico de edificações.

ABNT NBR 16313:2014. Acústica – Terminologia.

ABNT NBR 12179:1992 - Tratamento Acústico Em Recintos Fechados.

ABNT NBR 10152:2017. Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.

BARBOSA, A. L. G. M. Conforto e qualidade ambiental no habitat do idoso. Dissertação de Mestrado, PROARQ/UFRJ, 2002.

BARBOSA, Ana Lucia G.M. Espaços edificados para o idoso: condições de conforto. NU-TAU/ Seminário Internacional: sustentabilidade, arquitetura, desenho urbano, São Paulo, 2002. Disponível em: forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=32&Cod=1325. Acesso em: fevereiro, 2020.

BARROSO-KRAUSE, C. et.al. Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista. Rio de Janeiro: PROARQ/DTC/FAU/UFRJ, 2005.

BARROSO-KRAUSE, C. et. al. Princípios de alta qualidade ambiental aplicados ao processo de seleção de projetos de arquitetura: o laboratório nutre. GTP - Grupo, Projeto, Arquitetura e Sustentabilidade. Vol. 7, Nº 1 | São Carlos, p. 73-89, Maio, 2012.

BROWN, G. Z et al. Sol, Vento e Luz: Estratégias para o Projeto de Arquitetura. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CADERNOS MCIDADES PARCERIAS. Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social, v.9. ed. PROCEL/ELETOBRÁS/Ministério Minas e Energia/Ministério das Cidades, 2005.

CORBELLA, O. et al. Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORBELLA, O. et al. Manual de Arquitetura bioclimática Tropical: para redução do consumo energético. Rio de Janeiro: Revan, 2015.

FROTA, A. B. et al. Manual de Conforto Térmico. 8. ed. São Paulo: Nobel, 2007.

GONÇALVES, J. et al. Edifício Ambiental. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Vários autores.

LABEE. Analysis BIO. (S.I.) Disponível em: labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio. Acesso em: janeiro 2020.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



LABEE. Analysis SOL-AR. (S.I.) Labee. Disponível em: labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio. Acesso em: janeiro 2020.

LAMBERTS, R. et al. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW Editores. 1997. 192 p. E-book disponível em: labeee.ufsc.br/publicacoes/livros 3 ed. E-book, Rio de Janeiro: Eletrobrás, PROCEL, 2013.

LAMBERTS, R. Conforto e Stress Térmico. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Última atualização: junho 2016. Disponível em: labeee.ufsc.br.

MACARÓ, L. R. Energia na edificação: estratégias para minimizar o seu consumo. 2 ed. São Paulo: projeto, 1991.

MARCO, C.S. Elementos de Acústica Arquitetônica. Ed. Nobel.São Paulo, 1990.

MASCARÓ, L. R. de. Ambiência Urbana. 1. ed. Porto Alegre: Sagra – D.C. Luzzatto, 1996.

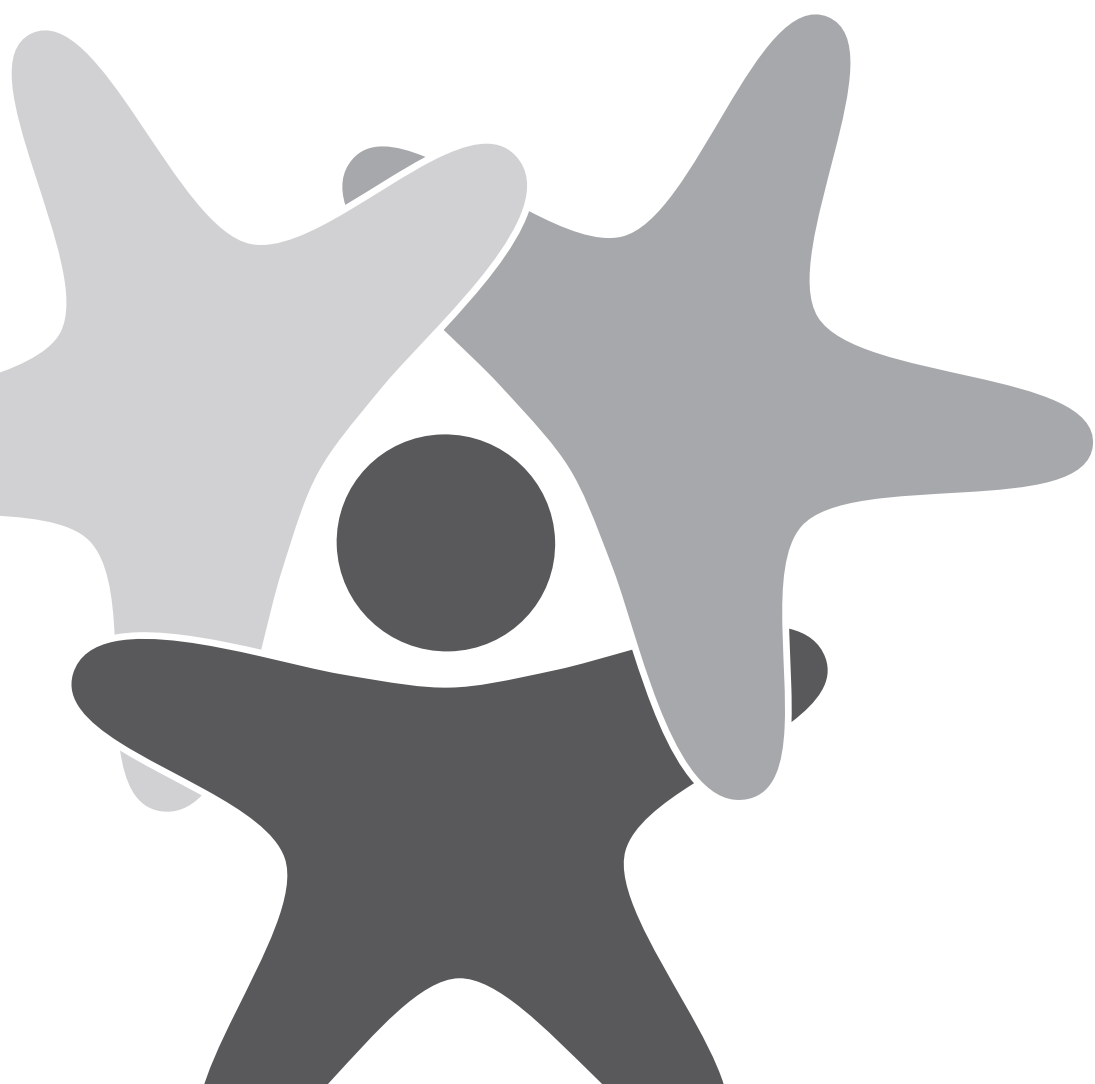
OLIVEIRA, A. G. Avaliação das temperaturas superficiais do solo em relação à conformação urbana existente na praça do Aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande/Mt. Cuiabá, MT, 2008. 81p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

ROAF, S. et al. A Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROAF, S. et al.. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, J. Ilha urbana de calor superficial e a energia das edificações: visualização dos fluxos do clima urbano. Pós. Revista Do Programa De Pós-Graduação Em Arquitetura E Urbanismo Da FAUUSP, 23(41), 122-139, 2016. doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v23i41p122-139

ROMERO, M. A. B. A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. 4.ed. Brasília: Unb, 2016.





UNIDADE 2

Arquitetura e bem-estar

Introdução

Você está na unidade Arquitetura e bem-estar. Conheça aqui a influência do clima na Arquitetura e por que entender o clima do local é essencial para um bom projeto. Entenda ainda a relação do homem com o ambiente, como ela vem se modificando e como ele se adapta e encontra conforto em diferentes condições ambientais. Aprenda conceitos chave como o de conforto, sustentabilidade e eficiência energética. Conheça o processo de evolução urbana e como ela se relaciona com as noções de conforto e quais são seus impactos no consumo de energia.

Bons estudos!

1. ARQUITETURA E CLIMA

Antes de iniciar um projeto arquitetônico, é essencial fazer um estudo do local e do clima. Estes fornecem informações básicas para a elaboração do programa de necessidades. Segundo Lambertz et al. (2013) um projeto arquitetônico bom deve, através das informações obtidas na análise climática e formuladas no programa de necessidades, atender à eficiência energética e ao conforto do usuário simultaneamente.

A Arquitetura deve ser cada vez mais sustentável. Entender a influência que o clima exerce sobre ela tem papel fundamental nessa busca por um desenvolvimento sustentável. Conforme Lambertz et al. (2013, p.71) “os fatores climáticos atuam de forma intrínseca na natureza. A ação simultânea das variáveis climáticas terá influência no conforto do espaço arquitetônico construído.”

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



1.1 Variáveis climáticas

As variáveis climáticas referem-se às características gerais de uma região, em relação à temperatura, umidade, ventos, chuvas, nuvens e sol. Conhecer estas características é indispensável para elaborar projetos arquitetônicos com eficiência energética e conforto aos usuários. Lambertz et al. (2013) definem algumas das variáveis climáticas da seguinte forma:

Radiação solar

É a principal fonte de energia do planeta, fornecendo luz e calor, o que torna o Sol muito importante nos estudos de eficiência energética na arquitetura. Ao se buscar o conforto térmico e visual dos ocupantes e a economia de energia se pode utilizar ou evitar a luz e o calor do sol nos edifícios. Porém é difícil integrar os fenômenos térmicos e visuais em uma edificação, fazendo

com que muitas vezes os arquitetos deem prioridade para apenas um deles, deixando o outro para ser resolvido com sistemas artificiais, o que potencializa o aumento no consumo de energia. Portanto é extremamente importante a busca pela integração dos fenômenos térmicos e visuais, o que depende da sua maior compreensão.

Vento

Uma região climática pode ter variações significativas na direção e na velocidade do movimento do ar, o que ocorre principalmente pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar, provocando o seu deslocamento da área de maior pressão (ar frio e pesado) para a área de menor pressão (ar quente e leve). O movimento do ar sofre influência da rugosidade da superfície, o desenho urbano pode canalizar o fluxo de ar de maneira que evite o vento indesejável e aproveite o desejável.

Umidade

A umidade do ar é resultado da evaporação da água dos rios, lagos, mares e da terra, bem como da evapotranspiração dos vegetais, a pressão de vapor é variável climática mais estável ao longo do dia. A umidade relativa tende a diminuir quando a temperatura aumenta e aumentar quando a temperatura diminui. A umidade pode ser modificada na escala mais próxima da edificação, através da presença de água ou de vegetação.

É importante o arquiteto ter pelo menos uma ideia do comportamento das variáveis climáticas ao longo do ano no local em que está projetando, pois assim conseguirá identificar os períodos com maior possibilidade de desconforto e aplicar estratégias em seu projeto para evitá-lo.



FIQUE DE OLHO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas possui uma norma para o Desempenho Térmico das Edificações, a NBR 15220: 2005 e na parte 3 dessa norma uma das coisas que se encontra é o Zoneamento bioclimático brasileiro, que divide do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, apresenta um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. Para acessar a parte 3 da NBR 15220: 2005 acesse o link: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte3_SET2004.pdf

1.2 Clima e Microclima

Os climas são classificados de diferentes formas por diferentes autores ao redor do mundo, levando em consideração as variáveis climáticas de cada região. Segundo Lambertz, et al. (2013, p.81) dentre as classificações “uma das mais aceitas é a de Köppen (Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas 2006).”

No Brasil se encontram climas bastante variados, por seu imenso tamanho e o fato de se localizar entre os trópicos. Baseados na classificação de Köppen são eles:

Clima Subtropical

As temperaturas médias são normalmente abaixo dos 20°C e a amplitude térmica anual varia de 9°C a 13°C. Chuvas fartas e bem distribuídas. Inverno rigoroso nas áreas mais elevadas, onde pode ocorrer neve.

Clima Tropical Atlântico

Característico das regiões litorâneas do Brasil, com temperaturas médias entre 18°C e 26°C. Chuvas abundantes, se concentrando no verão para as regiões mais ao sul e no inverno e outono para as regiões de latitudes mais baixas. A amplitude varia em cada região, mais ao norte as amplitudes são mais baixas ao longo do ano, conforme a latitude aumenta a amplitude anual também aumenta, diferenciando as estações.

Clima Tropical de Altitude

As temperaturas médias são normalmente na faixa de 18°C a 22°C. No verão as chuvas são mais intensas e no inverno pode gear devido às massas frias que se originam da massa polar atlântica.

Clima Tropical

O verão é quente e chuvoso e o inverno quente e seco. Apresenta temperaturas médias acima de 20°C e amplitude térmica anual de até 7°C.

Clima Equatorial

Compreende toda a Amazônia e possui temperaturas médias entre 24°C e 26°C, com amplitude térmica anual de até 3°C. Com chuvas abundantes e bem distribuídas.

Clima Semiárido

Clima característico da região climática mais seca do país, em parte do Nordeste, caracterizada por temperaturas médias muito altas, em torno de 27°C, com amplitude térmica anual baixíssima,

em torno de 5°C, e com chuvas muito escassas.



Figura 1 - Região do semiárido brasileiro

Fonte: Kleber Cordeiro, Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A imagem ilustra uma paisagem de caatinga própria da região do microclima semiárido. Vemos na imagem um cacto e pouca vegetação, sem folhas, num local seco.

O microclima é encontrado quando se chega mais perto do nível da edificação, alguns fatores como o tipo de solo, a vegetação, a topografia, a presença de barreiras naturais ou artificiais influenciam as condições do clima local. De acordo com Lambertz et al. (2013), estudar as variáveis desta escala é primordial para lançar as ideias do projeto, afinal as particularidades climáticas locais podem trazer soluções arquitetônicas mais adequadas em relação ao bem-estar das pessoas e à eficiência energética. O microclima pode ser modificado e delineado pelo arquiteto.

1.3 Aplicação na Arquitetura

Entender os fatores climáticos do local e seus efeitos na Arquitetura possibilita projetos arquitetônicos com estratégias adequadas para integrar o usuário com o clima.

Tirando partido ou evitando as variáveis climáticas no edifício se consegue construir ambientes que ofereçam conforto para as pessoas que irão utiliza-lo. Lambertz et al. (2013) ressaltam que existem duas formas de fazer isso, a primeira utilizando os sistemas de climatização e iluminação artificiais, e a segunda de forma natural, incorporando estratégias de resfriamento, aquecimento e iluminação naturais. Os autores ainda salientam a importância de o arquiteto integrar o uso dos dois sistemas, o natural e o artificial, considerando os limites de execução e o custo/benefício de cada solução adotada.



FIQUE DE OLHO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas possui uma norma para o Desempenho Térmico das Edificações, a NBR 15220: 2005 e na parte 3 dessa norma uma das coisas que se encontra é o Zoneamento bioclimático brasileiro, que divide do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, apresenta um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. Para acessar a parte 3 da NBR 15220: 2005 acesse o link: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte3_SET2004.pdf

A Carta Bioclimática é construída sobre o diagrama psicrométrico que relaciona temperatura do ar e umidade relativa, apresentando as estratégias que devem ser adotadas no desenho do edifício conforme essas variáveis se modificam em cada região e período do ano. A carta apresenta nove zonas, sendo elas: zona de conforto, zona de ventilação natural, zona de ar condicionado, zona de inércia térmica para resfriamento, zona de umidificação, zona de resfriamento evaporativo, zona de inércia térmica para aquecimento, zona de aquecimento solar e zona de aquecimento artificial.

Cada uma das oito zonas bioclimáticas brasileiras pode utilizar uma ou mais das nove estratégias que são encontradas na carta bioclimática. Lambertz et al. (2013, p.98) descrevem as oito zonas bioclimáticas brasileiras:

Zona 1: inclui as cidades de Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão e as principais recomendações construtivas são usar aberturas para ventilação com dimensões médias, sombrear estas aberturas de forma que permita o sol no inverno e utilizar paredes e cobertura com inércia térmica leve, com as coberturas idealmente isoladas. Sobre as estratégias bioclimáticas, as principais para a região 1 são aquecimento solar e grande inércia térmica nas vedações internas.

Zona 2: possui as mesmas diretrizes construtivas que a zona 1, porém inclui a necessidade de ventilação cruzada no verão. As cidades incluídas nessa zona são Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba.

Zona 3: inclui as cidades de Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis e recomenda as mesmas diretrizes construtivas da zona 2, incluindo paredes leves e refletoras de radiação solar.

Zona 4: tem como principais recomendações construtivas o uso de aberturas médias, sombreamento necessário nas aberturas o ano todo, paredes pesadas e cobertura leve com isolamento térmico. As estratégias bioclimáticas principais são o resfriamento evaporativo, a

inércia térmica para resfriamento e a ventilação seletiva no verão e o aquecimento solar e a grande inércia térmica das vedações internas para o período frio. As cidades Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos ficam nessa zona.

Zona 5: inclui as cidades de Niterói, São Francisco do Sul e Santos. As principais recomendações construtivas são janelas de tamanho médio com sombreamento, paredes leves e refletoras, coberturas leves e isoladas termicamente, uso de ventilação cruzada no verão e de vedações internas pesadas (com grande inércia térmica) no inverno.

Zona 6: inclui as cidades de Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente, suas principais diretrizes bioclimáticas são o uso de aberturas médias sombreadas, paredes pesadas, coberturas leves com isolamento térmico, uso de resfriamento evaporativo e de ventilação seletiva no verão e uso de vedações internas pesadas no inverno.

Zona 7: as recomendações construtivas são o uso de aberturas pequenas e sombreadas o ano todo, o uso de paredes e de coberturas pesadas e o uso de resfriamento evaporativo, de inércia para resfriamento e de ventilação seletiva no verão. Inclui as cidades de Cuiabá e Teresina.

Zona 8: inclui as cidades de Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luís e Vitória. As principais diretrizes construtivas são o uso de aberturas grandes e totalmente sombreadas, o uso de paredes e coberturas leves e refletoras e o uso de ventilação cruzada permanente durante o ano todo.

Através das recomendações construtivas e das estratégias bioclimáticas, é possível entender um pouco melhor a grande influência que o clima de cada local tem sobre a arquitetura e a grande importância de conhecer sobre ele para fazer as escolhas corretas para cada projeto.

2. HOMEM E O AMBIENTE

O homem sempre dependeu do ambiente para sobreviver. Porém, com o passar do tempo a interação com ele vem se modificando. De acordo com Mesquita et al. (2017), os povos primitivos relacionavam a natureza com um sinônimo de Deus; enquanto no antropocentrismo prevalecia o entendimento de que a natureza era um objeto que deveria satisfazer as necessidades humanas. Já a visão mais atual, é a da interdependência entre o homem e a natureza.

Porém, com a utilização e exploração indiscriminada dos recursos do ambiente, o homem gerou um grande desequilíbrio ecológico, resultando em diversas mudanças climáticas, com isso a preocupação com a preservação do meio ambiente vem se acentuando. Surgem então estratégias a serem adotadas, para mudar a relação do homem com o ambiente, buscando a preservação. Dentre elas estão:

Reduzir o desperdício de comida;
economizar água;
poluir menos;
utilizar fontes renováveis de energia;
aumentar a eficiência energética;
desenvolver hábitos de consumo mais conscientes



Figura 2 - Mudança climática
Fonte: Sepp photography, Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A imagem ilustra o processo de mudança climática. De um lado, vemos uma árvore cheia de folhas, o gramado verde e o sol. Do outro, a mesma árvore está seca, o terreno semiárido e o céu escuro

A relação do homem com o ambiente pode ser também analisada em uma escala mais próxima: o ser humano busca o conforto ambiental, no qual um conjunto de condições do ambiente o permitam as sensações de bem-estar acústico, antropométrico, olfativo, visual e térmico. Principalmente em relação ao conforto térmico existe uma relação e influência do ser humano no ambiente, das suas questões fisiológicas, além das suas ações.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



2.1 Trocas térmicas do homem com o ambiente

O ser humano é adaptável a diferentes ambientes e diferentes condições climáticas. Ele utiliza mecanismos culturais como a vestimenta, a arquitetura e a tecnologia para esta adaptação. Muitos dos mecanismos são utilizados não apenas para se adaptar e conseguir sobreviver, mas para alcançar uma sensação de conforto.

A temperatura interna do organismo humano tende a permanecer constante em qualquer condição climática. Porém, alguns processos como o metabolismo produzem calor no interior do corpo, gerando assim as trocas térmicas, que segundo Lambertz et al. (2013, p.43): “podem ocorrer por condução, convecção, radiação, evaporação e respiração, processos que dependem de certas variáveis de conforto térmico.”

Além disso, existem no organismo humano alguns mecanismos chamados de Termorreguladores, que servem para manter a temperatura interna constante quando as condições térmicas do ambiente ultrapassam certas faixas. Se o organismo ganhar ou perder calor e sua temperatura interna se alterar demais, pode haver riscos de danos à saúde e até morte. De acordo com Lambertz et al. (2013), esses mecanismos são diferentes, dependendo se o ambiente está frio ou calor. Eles serão apresentados a seguir.

Entre os mecanismos termorreguladores no calor, podemos citar:

Vasodilatação periférica

Os vasos capilares mais próximos à pele se expandem, aumentando a temperatura da pele e assim, aumentando as perdas de calor por radiação e convecção.

Suor

Os poros estão sempre produzindo suor, que vai sendo evaporado, aumentando assim a perda de calor do corpo. Mas quando a temperatura do corpo aumenta muito ou o ar está muito úmido, o suor não é totalmente evaporado e fica na superfície da pele.

Redução do metabolismo

Diminuição da produção interna de calor.

Entre os mecanismos termorreguladores no frio, podemos citar:

Vasoconstrição periférica

Os vasos capilares mais próximos da pele se contraem, enquanto os mais próximos aos órgãos internos se dilatam, assim a pele se resfria, chegando a uma temperatura similar à do ambiente, evitando as perdas de calor por convecção e radiação.

Arrepio

O movimento muscular realizado para provocar o arrepio aquece a pele por atrito, além disso, o aumento da rugosidade da pele evita perdas de calor por convecção.

Aumento do metabolismo

Após o arrepio, se o frio ainda for intenso, o organismo aumentará o metabolismo entre trinta e cem por cento, que pode se manifestar pelo tremor dos músculos, desta forma o calor produzido pelo organismo será maior e irá compensar as perdas para o ambiente.

Todas essas trocas e mecanismo são uma forma do corpo humano buscar o conforto térmico. Segundo Ashrae (2005), trata-se de um estado de espírito que manifesta satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Para se dizer que o homem está sentindo conforto térmico, o balanço das trocas de calor do corpo deve ser nulo e a temperatura da pele e o suor devem estar dentro de certos limites.

3. EVOLUÇÃO URBANA

Desde que os povos nômades resolveram se fixar, a evolução urbana começou e cresceu rapidamente, e continua em um ritmo cada vez mais acelerado. A prática da Arquitetura e do desenho urbano se modificou ao longo dos anos e é necessário entender essas transformações que compõe a evolução urbana para entender sua relação com o conforto e com a energia.

Nos primórdios, não existia ainda a figura do Arquiteto: eram utilizados conhecimentos empíricos, transmitido de geração em geração para construir, a chamada Arquitetura Vernacular. Romero (2001)

fala que, ao observar essa Arquitetura, é possível notar como o ser humano fazia naturalmente o seu abrigo perfeitamente adaptado e em harmonia com o meio, muitas vezes o abrigo e a paisagem se confundiam, pois, estavam incorporados. Ferreira (1999) afirma que essa arquitetura é genuína, pura, correta e livre de estrangeirismos. Enquanto Lambertz, et al. (2013) dizem que ela ensina muitas técnicas conceitos e princípios sustentáveis e bioclimáticos que podem ser usados em edificações que busquem uma alta eficiência energética. Para eles o primeiro destes princípios era, na maioria das vezes, aproveitar as características desejáveis do clima e evitar as indesejáveis.

Segundo os mesmos autores, na Roma antiga que surgiu o primeiro sistema de aquecimento artificial conhecido, onde utilizavam a queima de madeira e carvão em fornalhas para aquecer, porém o sistema era insustentável, pois as reservas de madeira estavam se esgotando. Então foi necessário que eles buscassem tecnologias mais sustentáveis para construir, onde o sol era considerado a principal fonte de calor. No início deste processo, Plínio, um escritor da época, construiu sua casa utilizando a técnica solar dos gregos antigos, priorizando a captação o sol durante todo o dia, técnica que ele batizou de *heliocaminus*. Já os arquitetos Paladio e Faventino escreveram manuais de técnicas com enfoque sustentável, hoje os denominamos estas técnicas de autoconstrução. Elas incluíam reutilização de água, aproveitamento do calor dos banhos quentes e do calor solar, além da utilização de cores escuras para absorver o calor e de cores claras para refletir o calor. Lambertz et al. (2013) também falam sobre o que hoje é definido como a primeira legislação ambiental que se tem notícia: no século VI, a importância do acesso solar foi registrada pelo imperador Justiniano. A lei falava que qualquer objeto que obstruísse o sol em um *heliocaminus* criaria sombra onde o sol era absolutamente necessário, sendo assim uma violação do direito ao sol do *heliocaminus*.

Lambertz et al. (2013) ainda citam outros povos que adaptavam suas construções ao clima, como no norte da China e na Tunísia, onde as habitações eram subterrâneas para se proteger dos extremos de temperatura; no deserto do Colorado, nos Estados Unidos, onde as habitações eram construídas protegidas pelas encostas de pedra, evitando o sol no verão e garantindo sol no inverno; e em Sevilha, na Espanha, onde toldos sombreavam as ruas, artifício utilizado até hoje em algumas ruas durante o verão.

Até o Período Gótico, artesão e arquiteto trabalhavam juntos - a concepção e a construção eram simultâneas. Novas técnicas estruturais surgiram nessa época e permitiram mais aberturas nas paredes. Já a partir do Renascimento, o arquiteto se desvincula do artesão, o que afastou o projetista de um rico vocabulário de soluções arquitetônicas da época e limitou o conhecimento que antes, na Arquitetura Vernacular, era passado de pai para filho.

Lambertz et al. (2013) mostram que a Revolução Industrial trouxe novos materiais como o aço e o concreto armado, que desafiaram a tradição de construir em alvenaria de pedra que existia desde o Egito Antigo. Porém, a tradição construtiva persistiu até a Segunda Guerra Mundial. A partir dela, grandes transformações econômicas, sociais e técnicas mudaram a arquitetura drasticamente. O Estilo

Internacional surgiu no período entre guerras, transformando totalmente os conceitos da arquitetura. Le Corbusier lançou as ideias da planta livre, do esqueleto estrutural, do terraço-jardim, dos pilotis e do Modulor. Este último relaciona as proporções do homem ao espaço arquitetônico projetado.

Porém, Lambert et al. (2013) citam, que, depois disso, muitos profissionais limitaram a Arquitetura funcionalista a um mero jogo de motivos em fachadas ou em uma luta por vão cada vez maiores em concreto armado. Em paralelo, avanços em áreas particulares do processo de construção, como o conforto ambiental, já não eram mais assimilados pelos arquitetos. Mies van der Rohe trouxe as cortinas de vidro e criou um verdadeiro ícone de edifícios de escritórios. Esse formalis



Figura 3 - Pavilhão de Mies van der Rohe, Barcelona (Espanha)

Fonte: Miguel(ito), Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A imagem ilustra a área externa do Pavilhão de Mies van der Rohe, em Barcelona (Espanha). Notam-se as cortinas de vidro, uma das características do arquiteto.

Por fim Lambert et al. (2013) citam que a consequência disso tudo é que esse edifício estufa foi exportado como símbolo de poder, com seus sistemas sofisticados de ar condicionado e megaestruturas de aço e concreto, sem ser readaptado para as características culturais e climáticas do local que seriam implantados, dificultando assim o conforto e aumentando muito o consumo energético.

3.1 Evolução urbana e conforto

O conforto é um fator extremamente importante e indispensável. Para que o ser humano possa viver em um local, é necessário se adaptar ao clima. Para tanto, utilizam-se mecanismos como a Arquitetura, que, ao longo do tempo, ganhou cada vez mais importância quando se trata de conforto. Cabe ressaltar a importância não apenas do conforto nas edificações, mas também nos espaços aberto da cidade, incentivando assim o seu uso e gerando vitalidade urbana, que impacta na segurança, economia e bem-estar.

Ao analisar a evolução da Arquitetura e das cidades fica claro que a maioria das mudanças e evoluções surgiram da busca por mais conforto. Porém, chegou um momento em que a internacionalização da arquitetura e a preocupação apenas estética, fizeram com que o conforto ambiental não fosse mais uma premissa, sem a adequação do edifício ao clima. Os sistemas artificiais passaram a ser largamente utilizados na busca pelo conforto que havia sido perdido. A partir daí a relação da evolução urbana com o conforto passa a impactar no aumentando desenfreadamente do uso da energia.

3.2 Evolução urbana e energia

Se considerarmos toda a História da Arquitetura, que se inicia a mais de 9000 a.C., a utilização de energia é ainda muito recente. Durante muito tempo, foi possível sobreviver nos mais diversos climas apenas utilizando técnicas que adaptavam a Arquitetura a eles.

Segundo Roméro et al. (2014), a partir do início da era da eletricidade urbana, na segunda década do século XIX, até o final dos anos 1960, foram 140 anos de consumo crescente de energia nos edifícios e nas cidades, sem nenhuma preocupação com eficiência energética. Essa questão só é tratada como assunto extremamente relevante no cenário internacional a partir dos anos 1970, e a partir daí essa preocupação só vem crescendo.

Apesar da preocupação com a eficiência energética já existir a cerca de 50 anos, e da sua importância cada vez mais estar crescendo e sendo entendida pela sociedade, ainda é necessário evoluir muito, principalmente no que se trata de diminuir o consumo de combustíveis fósseis e aumentar a utilização de fontes de energia renováveis. Também é necessária uma reavaliação do tipo de arquitetura que vem sendo produzida, voltar a adaptá-la ao clima, conseguindo assim propiciar conforto sem a necessidade de utilizar tanta energia. Cabe aos novos profissionais modificar essa relação da evolução urbana com a energia, buscando um desenvolvimento cada vez mais sustentável.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:





PARA RESUMIR

Nesta unidade, você teve a oportunidade de:

- conhecer melhor a relação e a influência entre o clima e a Arquitetura;
- entender como o homem se adapta se relaciona com o ambiente;
- aprender sobre evolução urbana e a relação com o conforto;
- compreender conceitos chave como sustentabilidade e eficiência energética;
- estudar sobre evolução urbana e como isso impactou no consumo energético.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ASHRAE. Handbook of Fundamentals. Nova Iorque: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2005.

FERREIRA. A. B. H. Dicionário Aurélio eletrônico – século XXI. São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1999.

LAMBERTZ, R. et al. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ªed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

MESQUITA, I. R. S. B. et al. O homem e o ambiente: interações e impactos. Âmbito Jurídico. 12 março 2017. Acessado em fev. 2019. Online. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/o-homem-e-o-ambiente-interacoes-e-impactos/>

ROMERO, M. A. B. Arquitetura bioclimática dos espaços públicos. Brasília: Editora da UnB, 2001.

ROMÉRO, M. A. et al. Eficiência energética em edifícios. Barueri: Editora Monole Ltda., 2014.



UNIDADE 3

Zoneamento bioclimático e estratégias de controle ambiental

Introdução

Você está na unidade Zoneamento bioclimático e estratégias de controle ambiental. Conheça aqui alguns métodos de análise do clima, ferramentas gráficas, uso da carta solar e programas de simulação. Você vai ter um panorama sobre o consumo energético pelas edificações no Brasil e as conquistas já alcançadas com o uso da energia solar e os sistemas fotovoltaicos.

Veja como a norma ABNT NBR 15220:2005 Desempenho térmico de edificações faz a análise do conforto de várias das cidades brasileiras e estabelece critérios para proporcionar maior conforto nas edificações habitacionais. Conheça aqui um pouco sobre estratégias de controle ambiental e a importância da escolha dos materiais utilizados na envoltória do edifício.

Bons estudos!

1. ZONEAMENTO E CONFORTO

Os métodos de análise de dados climáticos com o objetivo de indicar estratégias bioclimáticas são ferramentas importantes para a indicação das melhores soluções arquitetônicas em benefício do conforto. A análise do clima de uma cidade e suas respectivas estratégias recomendadas pode ser feita através várias maneiras, como: consulta de gráficos, normas, tabelas, programas de informática. O objetivo principal é identificar as exigências relativas ao conforto higrotérmico em cada localidade e definir as melhores estratégias.

A Planilha de Mahoney e a Carta Bioclimática de Givoni são métodos manuais. O Ano Climático de Referência ou (Test Reference Year, TRY) é um método baseado em um ano representativo dos dados climáticos. O ano climático de referência é usado em programas de simulação computacional tanto para cálculo de consumo de energia como na definição das estratégias bioclimática indicada para a cidade escolhida. O Analysis BIO e o Sol-Ar, desenvolvidos pela LaBEE na Universidade Federal de Santa Catarina, são exemplos desses programas. No Brasil temos a ABNT NBR 15220:2003 Desempenho térmico de edificações, uma fonte de consulta indispensável para estudo das recomendações e diretrizes construtivas no território nacional.

1.1 Zoneamento bioclimático brasileiro

A norma ABNT NBR 15220:2003 Desempenho térmico de edificações, na parte 3, intitulada Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, tem como objetivos criar uma divisão por zonas no território brasileiro e estabelecer uma série de recomendações apropriadas para residências unifamiliares de interesse social. Para cada zona, atribui-se algumas estratégias de controle ambiental. A norma apresenta uma lista de 330 cidades com a classificação dos climas e a metodologia adotada na determinação do zoneamento.

As recomendações priorizam o uso de técnicas passivas de controle ambiental. Na formulação das diretrizes construtivas, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Tamanho das aberturas para ventilação;
- proteção das aberturas;
- vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- Estratégias de condicionamento térmico passivo.

A classificação bioclimática de vários municípios brasileiros e suas diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, conforme a ABNT NBR 15220-3, 2005, podem ser visualizadas com o uso do programa ZBBR: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

O programa indica a zona bioclimática a qual a cidade pertence de acordo com a norma, o seu tipo de clima e as recomendações para a escolha dos materiais para paredes e coberturas, levando-se em conta as propriedades termo físicas dos materiais. Ainda apresenta informações quanto as áreas de aberturas de janelas para ventilação e as estratégias bioclimática para inverno e verão.

As pesquisas na área do conforto ambiental e da arquitetura bioclimática já perduram algumas décadas. Nos anos 60, os irmãos Olgyay (1963) elaboraram um diagrama organizado em função da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar, referentes aos dados coletados durante o ano. A Carta bioclimática dos irmãos Olgyay é bastante simples, comparada ao que já alcançamos de informações nos dias atuais através das normas, mapas de zoneamento bioclimático e programas de computador, mas foi uma etapa necessária, fonte de consulta básica para as pesquisas mais recentes.

Givoni (1992) desenvolveu a carta bioclimática considerando que uma edificação possui uma massa e, portanto, um clima interno diferente do externo. Givoni corrigiu a limitação do método anterior, criou zonas de estratégias, considerando as propriedades dos materiais na envoltória da edificação. Foi a partir do seu diagrama, *Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines: Energy and Building*, que a norma ABNT NBR 15220-3 adaptou e definiu a Carta Bioclimática Brasileira.

As estratégias aplicadas são referidas por uma letra que varia de A até L. As zonas da carta bioclimática correspondem às seguintes estratégias:

ZONA	ESTRATÉGIAS
A	Zona de aquecimento artificial (calefação): quando eventualmente a sensação térmica de frio não é resolvida exclusivamente de forma passiva pelo aquecimento solar.
B	Zona de aquecimento solar da edificação: a forma do edifício, bem como a localização e dimensionamento das aberturas, o uso do vidro e outros materiais transparentes nas fachadas e coberturas, posicionados para captar a radiação solar para dentro dos ambientes. As cores escuras nas faces externas dos materiais também ajudam a absorver o calor para os ambientes internos.
C	Zona de massa térmica para aquecimento: paredes espessas contribuem para armazenar o calor internamente durante um período mais longo. Deve-se reduzir as áreas de aberturas e inserir vidros voltados para o sol.
D	Zona de conforto térmico (baixa umidade): caracteriza conforto térmico com baixa umidade.
E	Zona de conforto térmico: caracteriza conforto térmico.
F	Zona de desumidificação (renovação do ar): Recomenda-se a renovação do ar interno pelo ar externo através da ventilação dos ambientes com a finalidade de reduzir a umidade e melhorar a sensação térmica.
G + H	Zona de resfriamento evaporativo: corresponde a regiões quentes e seca, portanto recomenda-se inserir elementos com água, como piscinas, chafarizes, cobertura vegetal, espelhos d'água, etc. A sensação do calor pode ser amenizada através do aumento da umidade pela evaporação da água.
H + I	Zona de massa térmica de refrigeração: o recurso da inércia térmica é obtido com o uso de coberturas e paredes externas e internas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem. Nesse caso, há um retardo na transferência de calor através das paredes mais espessas. As aberturas devem ser sombreadas e deve-se evitar a ventilação diurna, que poderia trazer ar quente para o interior. A ventilação noturna é recomendada para retirada do calor acumulado durante o dia.
I + J	Zona de ventilação: A ventilação obtida de diversas maneiras. Estudar a forma e orientação da construção aproveitando o máximo dos ventos predominantes e evitando as barreiras no entorno da edificação que podem alterar a velocidade e direção dos ventos. Projetar espaços fluidos para a ventilação cruzada e circulação de ar pelos ambientes da edificação. Quando possível, manter portas e janelas abertas ou usar venezianas. Promover a ventilação vertical com uso de lanternins, exaustores eólicos e aberturas zenitais.
K	Zona de refrigeração artificial: em regiões de altíssimas temperaturas, quando o desconforto pelo calor não é resolvido com a ventilação e demais recursos passivos, se faz necessário o uso dos sistemas de condicionamento do ar para refrigeração.
L	Zona de umidificação do ar: corresponde a regiões com umidade relativa do ar muito baixa, inferior a 30% e a temperatura do ar entre 21oC e 30oC. A estratégia da umidificação do ar pode ser obtida através da utilização de recipientes com água, plantas nos ambientes internos e do controle da ventilação, afim de manter a umidade do ar interior.

Figura 1 - Estratégias para definir as zonas da Carta Bioclimática

Fonte: Elaborada pela autora, 2020

#ParaCegoVer: A tabela apresenta as zonas da carta bioclimática e indicação detalhada das estratégias recomendadas.

O método de classificação bioclimática, apresentado na norma NBR 15220:2005, foi adaptado a partir da Carta de Givoni. A tabela Cidade, estratégias e zona apresenta alguns exemplos extraídos da norma:

UF	CIDADE	ESTRATÉGIA	ZONA
AL	Maceió	FIJ	8
AM	Manaus	FJK	8
BA	Salvador (Ondina)	FIJ	8
CE	Fortaleza	FIJ	8
DF	Brasília	BCDFI	4
MG	Belo Horizonte	BCFI	3
PR	Curitiba	ABCF	1
RJ	Rio de Janeiro	FIJ	8
RS	Porto Alegre	BCFI	3
SC	Florianópolis	BCFIJ	3
SP	São Paulo	BCFI	3

Figura 2 - Cidade, estratégias e zona

Fonte: Elaborada pela autora, 2020

#ParaCegoVer: A tabela divide as capitais brasileiras de acordo com as suas estratégias e as zonas correspondentes.

Observe a zona 8 no mapa do zoneamento bioclimático da norma ABNT NBR 15220:2003, parte 3. Essa zona abrange uma grande parte do território brasileiro com as indicações das estratégias F, I, J. Conclui-se que as estratégias de ventilação e desumidificação (renovação do ar) são amplamente recomendadas, resolvendo o problema do desconforto pelo calor em grande parte dos casos.

Nesse breve estudo da norma, vimos a ampla abordagem quanto ao conforto no território brasileiro. A norma apresenta dados para 330 cidades com a indicação das estratégias e indicação do zoneamento a qual pertencem.

A metodologia adotada na classificação dos climas utiliza dados referentes a temperatura e umidade relativa para cada mês do ano. Os dados mensais de temperatura e umidade do ar são representados por uma reta no gráfico da carta solar.

Dados de entrada, segundo a ABNT NBR 15220:2005 (2005, p. 15):

- a) Tmin igual à temperatura média das mínimas;
- b) Tmax igual à temperatura média das máximas;
- c) UR igual à média mensal da umidade relativa.

Cálculo da temperatura média mensal e sequência

$$T_{med} = (T_{min} + T_{max}) / 2$$



FIQUE DE OLHO

Para conhecer a aplicação deste método, é importante consultar a norma e acompanhar exemplos de análise e procedimentos. Visto que existem vários métodos de análise do conforto e indicação das estratégias apropriadas, convém analisar a situação em específico e escolher o método de análise conveniente e definir a estratégia mais apropriada.

1.2 Estratégias de controle ambiental

As estratégias de controle ambiental para cada cidade podem ser encontradas tanto pelo diagrama de Givoni como através do uso de programas de computador ou mesmo em consulta a norma ABNT NBR 15220:2005. Tais estratégias representam maneiras de lidar com a situação, ou seja, formas de intervenção no objetivo de obter condição de conforto ambiental.

Veja como exemplo de aplicação da norma e análise das estratégias para a cidade de Curitiba. De acordo com a tabela Cidade, estratégias e zona extraída da norma, atribui-se as estratégias ABCF. Consultando a outra tabela Zonas da carta bioclimática e indicação das estratégias, temos as seguintes informações:

A = Zona de aquecimento artificial (calefação):

B = Zona de aquecimento solar da edificação

C = Zona de massa térmica para aquecimento

F = Zona de desumidificação (renovação do ar)

O projeto bioclimático na cidade de Curitiba, portanto, deverá prever essas quatro estratégias acima a fim de prover o conforto ambiental térmico com baixo consumo de energia elétrica.

Lamberts, et. al. (2013), descrevem cada estratégia bioclimática com conceituações e exemplos, além de informar características básicas de cada uma das 8 zonas bioclimáticas. São elas:

Zona 1

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão. As principais estratégias bioclimáticas para as cidades em questão são: aquecimento solar e grande inércia térmica nas vedações internas. Como recomendações construtivas temos: aberturas para ventilação de dimensões médias; sombrear as aberturas no verão e permitir a entrada do sol no inverno; paredes e coberturas com inércia leve; coberturas com matérias isolantes.

Zona 2

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba. Indica-se as mesmas diretrizes construtivas da zona 1, adicionando a ventilação cruzada no verão.

Zona 3

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis. Recomenda-se como diretrizes construtivas o mesmo que a zona 2, incluindo paredes externas leves e refletoras a radiação solar.

Zona 4

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos. Recomenda-se como diretrizes construtivas o uso de aberturas de dimensão média devendo ser sombreadas durante todo o ano. Paredes pesadas e cobertura leve com isolamento térmico. As estratégias bioclimáticas recomendadas são: o resfriamento evaporativo; a ventilação seletiva no verão; o aquecimento solar; a alta inércia térmica das paredes internas no período frio.

Zona 5

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Niterói, São Francisco do Sul e Santos. Recomenda-se como diretrizes construtivas: janelas de tamanho médio com sombreamento; paredes leves e refletoras; ventilação cruzada no verão; paredes internas pesadas com grande inércia térmica e coberturas leves com isolamento térmico.

Zona 6

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Goiânia, Capo Grande e Presidente Prudente. As principais diretrizes bioclimáticas construtivas são: janelas de tamanho médio com sombreamento; paredes pesadas; coberturas leves com isolamento térmico; técnica do resfriamento evaporativo e ventilação seletiva no verão.

Zona 7

Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Cuiabá e Teresina. Recomenda-se como diretrizes construtivas: aberturas pequenas e sombreadas durante todo o ano; paredes e coberturas pesadas; técnica do resfriamento evaporativo e ventilação seletiva no verão.

Zona 8

Abrange uma ampla área do território brasileiro. Fazem parte dessa zona bioclimática as cidades de Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luiz e Vitória. Recomenda-se como diretrizes construtivas: uso de aberturas grandes e totalmente sombreadas; paredes e coberturas leves e refletoras; uso de ventilação cruzada permanente durante todo o ano.

A escolha dos materiais é uma importante etapa de projeto, na qual o arquiteto precisa ter conhecimento a respeito do comportamento térmico dos materiais e algumas propriedades físicas, tais como: transmitância térmica (W/m^2K), atraso térmico (horas) e fator solar para as superfícies opacas e transparentes (%). A forma da construção, definição dos cheios e vazios do edifício, materiais da envoltória (fachadas e cobertura) são decisões de grande importância para o conforto interno do edifício e consequentemente, impactarão no consumo energético do edifício.

Corbela et al. (2015) fazem algumas recomendações para de estratégias da arquitetura bioclimática tropical visando a redução de consumo energético. No livro, os autores fazem considerações distintas para o caso de edificações com climatização artificial e sem climatização artificial.

Em edificações sem climatização artificial, recomenda-se:

- Recomendações em edificações sem climatização artificial
- Controlar os ganhos de calor, minimizando a radiação solar que entra pelas aberturas. Cuidado com as paredes de cores escuras na face externa e com materiais de alta transmitância térmica.
- Não ventilar quando a temperatura externa for superior a temperatura interna.
- Cuidado com lâmpadas e motores que irradiam calor no ambiente.
- Dissipar a energia térmica do interior do edifício.
- Remover a umidade em excesso e promover o movimento de ar.
- Promover o uso da iluminação natural integrando a luz natural com a iluminação artificial.
- Controlar o ruído utilizando materiais de isolamento sonoro.
- Em edificações com climatização artificial, recomenda-se:
- Recomendações para edificações com climatização artificial
- Diminuir ao máximo as trocas térmicas com o exterior, permitindo somente a renovação de ar para higienização.

A envoltória do ambiente climatizado deve ter uma difusividade pequena, ou seja, usar materiais isolantes e grande resistência térmica). Lembrando que a difusividade térmica é uma

propriedade específica do material, que caracteriza quanto à condução do calor. Este valor representa o quão rapidamente um material reage às mudanças de temperatura.

A Arquitetura Bioclimática prioriza o uso de técnicas passivas de controle ambiental, assim a estratégia com climatização artificial deve ser adotada apenas em situações indispensáveis ao uso do ar-condicionado. Ainda assim, não se descarta incorporar algumas das estratégias passivas, tais como: sombreamento das fachadas e aberturas, cores claras nas fachadas, cobertura vegetal, ventilação noturna, inércia térmica, entre outros recursos.

2. CONSUMO DE ENERGIA

O setor da construção civil tem grande peso no consumo de energia elétrica. O consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, serviços e edificações públicas no Brasil corresponde a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país. Segundo o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (PROCELINFO), o potencial de consumo é grande, mas por outro lado, a economia de energia na construção civil é expressiva atualmente. As edificações novas construídas de acordo com os padrões definidos pela Etiquetagem PBE Edifica podem obter uma economia de até 50%, já as edificações existentes que sofrerem grandes reformas, uma economia de até 30%.

O papel do arquiteto é fundamental, visto que as soluções de projeto, quando bem elaboradas, podem reduzir os impactos sobre o meio ambiente. Os profissionais precisam estar constantemente se atualizando, conhecendo as novas tecnologias e se capacitando para que as boas práticas em projetos eficientes e sustentáveis sejam disseminadas. O PROCEL atua tanto na capacitação dos profissionais como na promoção de novas tecnologias, disseminação de boas práticas, regulamentação e critérios de eficiência energética para edificações e etiquetagem de edificações novas e existentes.

O profissional da construção civil precisa estar sempre atento ao uso eficiente dos recursos naturais e uso prioritário das técnicas passivas de controle ambiental nas edificações, reduzindo o desperdício e os impactos sobre o meio ambiente.

2.1 Consumo energético no Brasil

A oferta de energia no Brasil tem origem em diversas fontes, tais como: hidráulica, gás, carvão, óleo combustível, petróleo e óleo diesel, por exemplo. Segundo Lambert et al. (2013), em consulta a EPE (Empresa de Pesquisa em Energia Elétrica), em 2011 mais de 80% da produção de energia no Brasil veio de geração de hidrelétrica. Importante ressaltar que esses dados podem variar de acordo com a fonte bibliográfica, mas de maneira geral pode-se concluir que a maior parte da energia em nosso país tem origem nas hidrelétricas. De acordo com Lambert et al. (2013), o consumo de energia elétrica em 2011 no Brasil alcançou 480,12 TWh, sendo que deste total as edificações representam 46,7% (224,20 TWh).

Na tabela Consumo de Energia Elétrica em edificações no Brasil em 2011, observe o percentual consumo de energia nos setores residencial, comercial e público:

CONSUMO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES NO BRASIL		
SETOR RESIDENCIAL	111,97 TWh	23,3%
SETOR COMERCIAL	74,05 TWh	15,4%
SETOR PÚBLICO	38,07 TWh	8,0%
TOTAL DO CONSUMO PELAS EDIFICAÇÕES	224,20 TWh	46,7%

Figura 3 - Consumo de energia em edificações no Brasil

Fonte: Elaborada pela autora

#ParaCegoVer: A imagem mostra consumo de energia no setor residência (23,3%); setor comercial (15,4%) e setor público (8,0%), num total de 46,7% de consumo energético pelas edificações.

Observe na tabela que o consumo total pelas edificações chega próximo a 50%. Segundo Gonçalves et al. (2015), esses valores de energia consumida no setor das edificações variam consideravelmente de uma região ou país para outro, de acordo com as condições climáticas, economia, tecnologia disponível e padrões culturais.

No Brasil, a distribuição do consumo de energia elétrica no setor residencial mostra a predominância dos eletrodomésticos somada a iluminação artificial totalizando 60%, seguidos pelo aquecimento de água, com mais 30%. Em países desenvolvidos, em que a maioria está localizado em regiões de clima temperado e frio, o consumo predominante no setor residencial está relacionado ao aquecimento de ambientes internos, representando 60% do consumo energético, seguido pelo aquecimento de água com 18% (GONÇALVES et al., 2015).

Não se pode culpar a arquitetura pelo consumo energético em todas as circunstâncias, visto que grande parte do consumo de energia é oriundo de eletrodomésticos, cabendo a conscientização do público em geral em prol de um consumo mais eficiente. Quanto aos edifícios comerciais, há predominância da demanda pelo resfriamento artificial, independente do contexto climático. Essa dependência dos sistemas ativos de climatização é característica marcante da cultura internacional nos ambientes de trabalho (GONÇALVES et al., 2015).

É importante conhecer o uso da edificação. Edificações com baixos níveis de uso, geram pouco calor interno. Portanto, suas necessidades de aquecimento ou refrigeração dependerá das características climáticas. Edificações com altos níveis de uso, tendem a necessitar de refrigeração devido a geração de calor interno no edifício com máquinas, pessoas em suas atividades, motores e equipamentos diversos.

No contexto do papel do arquiteto frente ao desenvolvimento sustentável, é preciso considerar os aspectos climáticos, humanos e construtivos a fim de propor uma arquitetura com conforto ambiental e eficiência energética. Se imaginarmos as edificações como a nossa terceira pele e dedicarmos mais atenção a concepção dos nossos projetos, podemos contribuir efetivamente ao desenvolvimento sustentável com propostas que utilizem materiais locais, adequadas ao clima paisagens e sociedade.

Roaf et. al. (2009), recorda que o homem desde há milhares de anos atrás, já precisava construir edificações mais resistentes que o protegeriam do calor do deserto e do frio. O resultado desta grande imigração da humanidade é uma extraordinária diversidade de moradias construídas com materiais locais, concebidas de modo adequado ao clima e costumes da sociedade local.

Veja no gráfico Interação entre clima, pessoas e edificações a ilustração esquemática dessas relações:

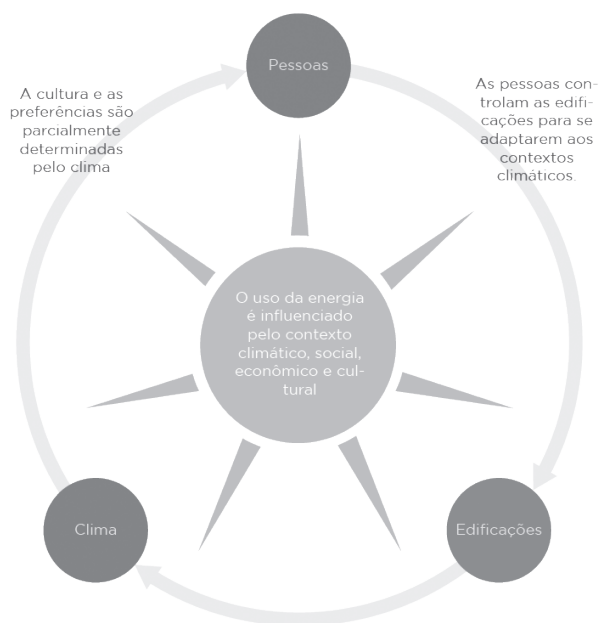


Figura 4 - Interação entre clima, pessoas e edificações

Fonte: Elaborada pela autora, 2020

#ParaCegoVer: A imagem mostra graficamente o uso da energia influenciado pelo contexto climático, social, econômico e cultural.

2.2 Tendências e conquistas alcançadas

Diante da complexidade das análises existentes e das urgências recorrentes no mundo

contemporâneo, é provável que o uso das ferramentas de simulação seja cada vez mais utilizado, ao passo que os métodos de cálculo manual sejam minoritários entre os profissionais de mercado. A tendência de uso dos programas de simulação direciona a trabalhos multidisciplinares em equipes, como no caso dos trabalhos de equipe em rede BIM (Building Information Modeling – Modelagem de Informações da Construção) e uso da realidade virtual. Essa metodologia poupa tempo de análise e avaliação de alternativas, com a colaboração de diversos profissionais envolvidos no processo. A simulação já é incorporada desde as etapas iniciais no processo de projeto, ou seja, etapa de estudos preliminares (GONÇALVES et al., 2015).

Atualmente, o profissional tem fácil acesso a ferramentas de simulação com visualização tridimensional e aplicação de normas e diretrizes para auxiliar na elaboração de modelos de referências. Os cursos de pós-graduação em arquitetura nas áreas de concentração em conforto ambiental e eficiência energética fazem esse tipo de treinamento. As pesquisas são voltadas para o desenvolvimento de ferramentas com base na Web e em sistemas de realidade virtual (GONÇALVES et al., 2015).

As ferramentas estão em constante evolução e a expectativa é que as análises consigam mensurar simultaneamente as condições climáticas, estratégias e análises de ciclo de vida. As interfaces das ferramentas estão cada vez mais simples e o foco dos projetos tende a ser voltado para a otimização da operação da edificação e seus sistemas (GONÇALVES et al., 2015).

Cada vez mais profissionais tem acesso a essas ferramentas de análise. A expectativa para o futuro próximo é de uma integração mais intensa entre os profissionais de equipes multidisciplinares em grande parte dos projetos. Um novo cenário aponta para o desenvolvimento de projetos de maior qualidade. De acordo com Hong et al. (2000), apud GONÇALVES et al. (2015, p. 294), a escolha da ferramenta de uso pode ser difícil e deve-se levar em conta os seguintes aspectos:

- Necessidade ou propósito: entender a natureza do problema a fim de não cair no erro de escolher uma ferramenta mais complexa do que a necessária.
- Orçamento: avaliar os custos da ferramenta, atualizações e treinamento.
- Disponibilidade de instalações: escolher a ferramenta de simulação compatível com as instalações de computação disponíveis.

Uma grande vantagem dos métodos com ferramentas computacionais comparados aos métodos analíticos é a possibilidade de avaliação termodinâmica. As técnicas computacionais consideram as variações do clima externo, padrão de ocupação, efeitos de inércia térmica da construção ao longo do tempo. De acordo com Gonçalves (2015, p. 297): “Com relação aos resultados, no caso de edifícios dependentes de sistemas de climatização artificial, as simulações de termodinâmica fornecem dados de carga térmica de resfriamento e/ou aquecimento, dependendo do clima em questão e dos requisitos de desempenho”.

No caso dos edifícios com condições ambientais favoráveis ao uso de estratégias passivas, a simulação termodinâmica propicia a quantificação desse potencial, com identificação total de horas em que os espaços internos apresentam condições de conforto térmico.

Ainda exemplificando as conquistas alcançadas da arquitetura bioclimática, segundo a visão sustentável de projeto, vários exemplos de uso da energia solar aplicados as chamadas edificações fotovoltaicas podem ser citados como referências. Essas edificações podem ser conectadas a redes elétricas ou edificações autônomas. Segundo Chivelet et al. (2010), os módulos fotovoltaicos transformam diretamente a luz solar em energia elétrica e podem ser incluídos de muitas maneiras nos sistemas de vedação externa de uma edificação.

Importante ressaltar que o conceito de sustentabilidade nos dias atuais está sendo identificado com o conceito de saúde. Segundo Gonçalves et al. (2015), os processos visam a eficiência nos processos para que assim alcancem a saudabilidade de sistemas complexos de diversas escalas: do planeta, da região, do município, do bairro, da habitação, etc. Tais sistemas deverão ser pensados em termos de saudabilidade econômica, social, ambiental em cada uma das escalas mencionadas. Tendo em vista que as edificações de um modo geral duram cerca de 50 anos, é preciso ficar alerta quanto aquilo que se está construindo, pois deveria se considerar o panorama ambiental, social e econômico de algumas décadas adiante.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



3. ORIENTAÇÃO SOLAR DAS EDIFICAÇÕES

A orientação solar é um dos elementos mais importantes a ser considerado quando se tem como objetivo o conforto dos usuários. A posição da edificação no lote deve ser definida de acordo com a posição do Norte e a quantidade de radiação que vai incidir em cada fachada. A trajetória aparente do Sol influi no potencial de iluminação e no conforto térmico do edifício. Um

projeto com conforto e qualidade ambiental traz benefícios aos ocupantes, economiza energia e valoriza o imóvel

O estudo de insolação no terreno de projeto é fundamental antes de desenvolver as plantas baixas, cortes e fachadas. Nem sempre o cliente se dá conta da importância disso e muitas vezes a orientação solar no projeto é subestimada. A análise da trajetória solar e a adequação do projeto com o entorno são determinantes para o conforto, sustentabilidade e até mesmo durabilidade dos materiais.

3.1 Movimento aparente do sol

Considerando um observador situado na Terra, ao contemplar o trajeto feito pelo Sol da posição nascente (a Leste) ao poente (Oeste), este terá a impressão de que o Sol se movimenta ao redor da Terra, variando a inclinação dos raios em função do dia e horário observado.

No movimento de rotação, a Terra gira em torno de seu próprio eixo e leva 24 horas para completar o percurso completo. Devido ao movimento de rotação da Terra, um observador situado em determinada latitude, terá a impressão de que a Terra é estática e que o Sol se movimenta ao redor da Terra.

Já no movimento de translação, a Terra executa um deslocamento em torno do Sol de forma elíptica e o tempo de duração para realizar o percurso completo é de aproximadamente 365 dias, ou seja, um ano. Em determinados meses do ano um hemisfério receberá mais radiação do Sol do que o outro, definindo os períodos do verão e inverno. Nos dias de solstício, ocorre o recebimento de luz e calor de forma desigual nos hemisférios. Quando é verão no hemisfério sul é inverno no hemisfério norte. A título de estudo, costuma-se utilizar as seguintes datas como referências:

21 DE MARÇO	Equinócio de Outono	Passagem do Sol pelo Equador . Duração do dia igual à da noite para qualquer ponto da Terra.
21 DE JUNHO	Solstício de Inverno	O Sol atingirá perpendicularmente o Trópico de Câncer. Dia mais curto e noite mais longa do ano nas cidades do hemisfério Sul.
21 DE SETEMBRO	Equinócio de Primavera	Passagem do Sol pelo Equador. Duração do dia igual à da noite para qualquer ponto da Terra.
21 DE DEZEMBRO	Solstício de Verão	O Sol atingirá perpendicularmente o Trópico de Capricórnio. Dia mais longo e noite mais curta do ano nas cidades do hemisfério Sul.

Figura 5 - Datas referência para o estudo do movimento aparente do Sol

Fonte: Elaborada pela autora, 2020

#ParaCegoVer: A tabela mostra as datas referentes aos solstícios (verão e inverno) e equinócios (primavera e outono) e suas respectivas características.

A trajetória solar dada pelo movimento aparente do Sol tem variações pouco perceptíveis de um dia para o outro, mas se compararmos as datas específicas dos equinócios e solstícios que marcam o início das estações, conseguimos perceber as diferenças nos horários de insolação. Devido à inclinação de $23 \frac{1}{2}^\circ$ do eixo imaginário que une os polos Norte e Sul do planeta, temos as diferentes estações do ano durante o movimento de translação.

As datas do equinócio, determinam o começo do outono e da primavera. Nesses dias, os dois hemisférios recebem luz e calor de maneira equivalente. A característica desses dias é que as noites e os dias possuem o mesmo tempo de duração, ou seja, 12 horas. Importante ressaltar que essas datas são aproximadas, podendo variar um pouco de uma bibliografia para outra. A trajetória aparente do Sol nas regiões dos polos norte e sul são muito peculiares: nessas latitudes tem-se dias inteiros de Sol e dias também inteiros de noite.

A análise do movimento aparente do Sol e horários de insolação nas fachadas são essenciais para o controle da radiação solar na arquitetura. Nos locais onde o clima é predominantemente quente, o estudo da geometria da insolação pode auxiliar no posicionamento e dimensionamentos dos dispositivos de proteção solar e prevenção dos ganhos excessivos de calor. O controle pode ser feito com quebra-sol horizontal, quebra-sol vertical, telas, fachadas duplas e ventiladas, sistemas de fachadas fotovoltaicas e até mesmo o uso da vegetação em diversas formas de aplicação.

Se considerarmos uma data e horário determinado, ou seja, um instante fixo qualquer, a inclinação dos raios solares que chega a Terra é variável conforme a latitude onde se situa o observador. Na prática, utilizamos as cartas solares para determinar o ângulo de incidência do Sol sobre as superfícies, como cobertura e fachadas.

As cartas solares são representações gráficas das trajetórias aparentes do sol, projetadas no plano horizonte do observador. As cartas solares variam conforme a latitude. Veja no exemplo a figura da carta solar para a latitude 21° sul. As cartas solares são representadas nos métodos estereográfico, equidistante e ortográfico. E todos eles, a abóboda celeste é representada por um círculo cujo centro é a posição do zênite do observador no plano horizontal. Normalmente, essas cartas solares apresentam as direções dos quatro pontos cardeais: norte, sul, leste e oeste. Para facilitar a leitura das cartas, podemos inserir os outros quatro elementos de orientação e localização: nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste.

Para compreensão da carta solar, consideramos o observador situado no ponto central da figura olhando para o norte a sua frente. As trajetórias estão representadas na carta nos arcos horizontais, cada uma com suas respectivas datas como é mostrado na imagem Carta Solar estereográfica. As datas mais importantes que usamos como referências são: solstício de verão (mais ao sul), solstício de inverno (mais ao norte), equinócios de primavera e outono, que são duas trajetórias coincidentes.

É importante conhecer alguns elementos da carta solar para se fazer a leitura correta. Os azimutes são representados na carta solar por linhas irradiadas do centro partindo da posição Norte em sentido horário variando de 0º a 360º. O azimuth solar é o ângulo formado entre o Norte geográfico e a projeção do sol no plano horizontal. Essa medida angular deve ser feita no sentido horário.

As alturas solares são representadas nas cartas solares por círculos concêntricos variando de 0º (no plano do horizonte) a 90º (sol a pino). (FROTA, 2007) Segundo Lamberts et. al., (2013), a altura solar consiste no ângulo formado entre o norte geográfico e a projeção do sol no plano horizontal. Ambos os ângulos variam conforme a latitude, hora e data. A identificação da posição do Sol no Céu é utilizada para prever a insolação nas aberturas, sombreamento da edificações e desenvolvimento de projetos de proteções solares.

As cartas solares são projeções no plano horizontal das trajetórias aparentes do Sol durante todo o ano. Essas cartas variam conforme as latitudes, ou seja, a localização da cidade em estudo. Nas zonas polares são as que recebem em menor intensidade os raios solares, portanto apresentam as menores temperaturas do planeta. As trajetórias solares para a latitude 90° S não serão visíveis ao observador durante seis meses. O Sol percorrerá a linha do horizonte subindo e descendo durante seis meses, ou seja, serão seis meses de dia e seis meses de noite.

3.2 Carta solar, horários de insolação e rosa dos ventos

Atualmente, contamos com alguns programas que auxiliam por exemplo no estudo da insolação, estudo de sombras e ventos predominantes. O SunPath 1.0 auxilia o entendimento da trajetória solar e o programa gráfico Analysis Sol-Ar, auxilia no projeto de dispositivos de proteção solar, além de apresentar dados quanto aos ventos, temperatura para algumas cidades brasileiras. Ambos os softwares foram desenvolvidos pelo Laboratório de Eficiência energética em Edificações - LaBEE na Universidade Federal de Santa Catarina.

Tanto o arquiteto quanto designers de interiores, engenheiros e pesquisadores utilizam recursos de novos programas, cada vez mais sofisticados, e assim agilizam seus trabalhos. No entanto, as cartas solares ainda são utilizadas em material impresso com instrumentos de desenho, trazendo informações básicas que auxiliam o projeto arquitetônico sem necessidade do uso da informática. A informação mais imediata que podemos obter das cartas solares é a respeito dos horários de insolação nas respectivas fachadas.



FIQUE DE OLHO

As cartas solares possibilitam as análises de insolação. Atualmente são feitas, em sua grande maioria, com o auxílio de programas específicos em computadores. Essa técnica é utilizada há algumas décadas pelos profissionais da área que usavam as cartas solares para saber a posição do sol em determinada data do ano. Apesar de toda tecnologia disponível, esta técnica ainda é considerada mais prática por muitos profissionais e pode ser utilizada pelo menos no estudo preliminar do projeto.

3.3 Penetração solar nos ambientes

A análise gráfica da carta solar auxilia o estudo da penetração do sol em um ambiente interno para dias e horários específicos. Essa análise é útil quando se quer dimensionar uma marquise ou quebra-sol, por exemplo. O procedimento inicia com os dados da altura solar e azimute solar, identificados na carta solar. Pode-se fazer o desenho da penetração do sol no cômodo nos dias e horários desejados. Recomenda-se escolher dias e horários críticos no propósito de criar elementos que sirvam de anteparos a incidência solar.

Por exemplo, supondo um projeto de escritório residencial onde há incidência solar em determinado horário provocando incômodo. Com o auxílio da carta solar para a latitude em questão, podemos verificar o ângulo do azimute e altura solar nesse horário crítico.

Supondo que, em consulta a carta solar, foi encontrado o azimute de 295° e altura solar 30° . O próximo passo será desenhar a planta baixa do cômodo em escala. Após desenhar o ambiente em planta com indicação do norte da fachada analisada, marca-se o ângulo de incidência solar definido pelo azimute. Neste exemplo o azimute é 295° .

A dimensão dos dispositivos de sombreamento será definida em função da eficácia desejada. Um dispositivo de proteção é considerado eficaz quando consegue barrar toda a radiação solar direta indesejada (FROTA et al., 2007). Um método gráfico chamado traçado de máscaras pode ser aplicado para essa finalidade. Nesse método, utiliza-se ângulos de sombra resultantes de um dispositivo externo em relação a um determinado ângulo de incidência do Sol.

Os elementos externos de proteção solar podem ser horizontais, verticais ou mistos, ou seja, uma combinação dos dois. Estes elementos podem ser fabricados em diversos materiais, sendo fixos ou móveis. As proteções fixas exigem um projeto muito mais criterioso em relação às trajetórias solares para garantir a eficiência desejada.

Devido ao grande número de variáveis, o trabalho manual para dimensionamento dos dispositivos de proteção solar demanda tempo e torna-se mais complexo para os nossos dias. Mais uma vez nos deparamos com a simulação computacional acelerando o processo de trabalho.

Vimos que existem programas computacionais de simulação surgem como ferramentas vantajosa possibilitando relacionar as variações do clima externo, padrão de ocupação, a avaliação termodinâmica, além dos efeitos de inércia térmica ao longo do tempo. Além disso, a simulação pode ser feita para dimensionamento dos dispositivos de proteção solar, com a vantagem de fazer análise comparativa entre as soluções, considerando também o quesito estético.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



4. CONFORTO TÉRMICO

Vimos que o conforto ambiental é uma avaliação pessoal, subjetiva, resultado de sensações advindas de um conjunto de variáveis ambientais, humanas e arquitetônicas. Nas variáveis arquitetônicas, a forma e a escolha dos materiais são ponto chave no atendimento do conforto ambiental.

Preocupados com o alto consumo energético, os profissionais da construção civil se esforçam para encontrar soluções de qualidade, eficiência e conforto para os usuários dos espaços. A escolha dos materiais aplicados nas fachadas e cobertura são de grande influência na captação de calor externo para dentro do edifício ou dissipadores de calor interno para o exterior. Sendo assim, a pele do edifício pode definir o conforto dos usuários na edificação. A pele do edifício trata das variáveis arquitetônicas de conforto.

A configuração dos edifícios, tanto na forma quanto na escolha dos materiais, tem implicações diretas no conforto térmico. O material da cobertura recebe insolação direta durante todo o dia, ou pelo menos quase todo o dia, a menos que haja sombra projetada por outra edificação. A fachada, nas regiões de clima quente trazem calor para o interior do edifício aumentando o consumo da energia elétrica com aparelhos de ar condicionado. As grandes janelas envidraçadas costumam estar presentes nos projetos contemporâneos como símbolo de beleza, leveza e requinte, porém esses recursos têm preocupado os pesquisadores em razão do alto consumo

energético nas edificações.

Chamamos de envelope construído ou envoltória da edificação ao elemento de ligação do exterior com o interior da construção. Paredes externas, janelas, portas de acesso ao edifício, cobertura são os elementos principais nesse estudo e que irão influenciar nas sensações de conforto ou de desconforto interno. Devemos observar com atenção os materiais de construção utilizados com relação à radiação solar recebida, pois se comportam de maneira distinta.

O conceito de envoltória também pode ser definido como a pele do edifício, que é formada por materiais opacos e transparentes que compõem as fachadas e a cobertura. A forma, orientação do edifício, os cheios e vazios, os elementos de sombreamentos nas fachadas, materiais utilizados são fundamentais.

Não faz parte da envoltória a parcela construída no subsolo da edificação, nesse caso consideramos apenas os elementos que estão acima do nível do solo e com contato com o exterior, ou com outro edifício.

Os materiais diferem entre si no comportamento térmico. A norma ABNT NBR 15.220-2 exemplifica os cálculos de resistência térmica de materiais homogêneos, heterogêneos, capacidade térmica, transmitância térmica, fator solar e atraso térmico. Para obtermos uma especificação adequada dos materiais construtivos será preciso conhecer o comportamento térmico dos materiais e algumas propriedades físicas dos mesmos.

Segundo Corbella et al. (2003), quanto as propriedades termo físicas dos materiais, utiliza-se os seguintes termos:

- Propriedades termo físicas dos materiais
- Massa específica: massa do material por unidade de volume.
- Calor específico: quantidade de energia térmica necessária para elevar a temperatura em 1°C a temperatura de 1kg do material.
- Calor específico volumétrico: quantidade de energia térmica necessária para elevar a temperatura em 1°C a temperatura de 1m³ do material.
- Condutividade térmica: quantidade de energia térmica transmitida através de um corpo homogêneo de 1m de comprimento, por unidade de área perpendicular a transmissão, por segundo, quando a diferença de temperatura entre as duas faces é de 1°C.
- Resistência térmica: relacionada a oposição de um material, ou de um conjunto de materiais, a transmissão de energia térmica. A resistência do material está diretamente relacionada a espessura do material e inversamente proporcional a condutividade.
- Difusividade: indica a capacidade de um material em propagar uma onda de temperatura.

- Efusividade: propriedade de um material relacionada a sua capacidade de absorver e restituir energia térmica do ar que rodeia sua superfície, por unidade de tempo.
- Coeficiente geral de troca de calor: expressa a quantidade de energia térmica transmitida por segundo, através de um elemento da construção, levando em conta as resistências térmicas dos elementos considerados e as resistências superficiais interiores e exteriores. Esse valor é importante para edifícios que funcionam sempre com calefação ou ar-condicionado.

Imagine a radiação solar incidindo na superfície externa, em determinado material construtivo. Se o material for opaco, haverá uma parcela absorvida, e outra refletida. Caso seja um material transparente ou translúcido, haverá também uma parcela transmitida diretamente para o ambiente interior. Os valores dependerão da refletividade, da absorvidade e da transmissividade do material. A soma dessas três parcelas da radiação incidente corresponde a 100% do total (LAMBERTS et. al, 2013):

$$a + r + T = 1$$

A parcela da radiação solar absorvida pelo material aquecerá o mesmo e será parcialmente reemitida para fora e parcialmente emitida para o ambiente interno. A propriedade térmica que rege a emissão da radiação para ao ambiente interno é a emissividade (ϵ)

É importante também da edificação com relação a radiação solar infravermelha incidente. A cor é compreender o comportamento um fator relevante nesse caso e está relacionada as propriedades óticas dos materiais. Cada cor tem um coeficiente diferente de absorvidade da radiação solar incidente.

Segundo Corbella et al. (2003), quanto as propriedades óticas dos materiais, utiliza-se os seguintes termos:

Propriedades óticas dos materiais

- Coeficiente de absorção: fração da radiação solar incidente que é absorvida pela superfície.
- Coeficiente de transmissão: fração da radiação solar incidente que é transmitida pela superfície por meio de fechamentos transparentes ou translúcidos (vidros ou plásticos).
- Coeficiente de reflexão: fração da radiação incidente que é refletida pela superfície.
- Coeficiente de emissão: relação entre a radiação infravermelha emitida por uma superfície e aquela emitida por um corpo negro padrão com a mesma área e temperatura.

As fachadas e cobertura dos edifícios utilizam materiais opacos (concreto, tijolos, aço, pedras) e materiais transparentes (vidros, policarbonato). No aspecto térmico desses materiais, os

fechamentos opacos diferem dos transparentes, pois materiais opacos não transmite a radiação solar diretamente para o ambiente interno.

O dimensionamento e posicionamento das aberturas precisam ser vistos com cuidado, pois os vidros e demais materiais transparentes ou translucidos são os principais responsáveis pela entrada da radiação solar e consequentemente aumento da carga térmica.

A transferência de calor através de fechamentos opacos ocorrendo há uma diferença de temperatura entre o ambiente externo e interno. O sentido do fluxo acontecerá sempre da superfície mais quente para a mais fria. Alguns materiais como a cortiça, isopor, a lã de vidro e o concreto celular, possuem propriedade isolante térmica. São materiais porosos, de baixa densidade. A tabela Absortância e emissividade dos materiais mostra os valores da absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas). A emissividade é a propriedade dos materiais que mensura a quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo. Os metálicos possuem baixa emissividade e os não metálicos possuem emissividade acima de 0,85, como vemos na tabela:

TIPO DE SUPERFÍCIE	α	ϵ
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caiação nova	0,12/0,15	0,90
Concreto aparente	0,65/0,80	0,85/0,95
Telha de barro	0,75/0,80	0,85/0,95
Tijolo aparente	0,65/0,80	0,85/0,95
Reboco claro	0,30/0,50	0,85/0,95
Revestimento asfáltico	0,85/0,98	0,85/0,95
Vidro incolor	0,06/0,25	0,84
Vidro colorido	0,40/0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35/0,80	0,15/0,84
Pintura:		
Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde clara	0,40	0,90
"Alumínio"	0,40	0,50
Verde escura	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

Figura 6 - Tabela: Absortância e emissividade dos materiais

Fonte: Elaborada pela autora, 2020

#ParaCegoVer: Tabela mostra os valores da absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas).

A absorvidade ou absorvência () está relacionada à cor superficial. De maneira geral, as cores mais claras são mais refletivas e as mais escuras são mais absorventes.

A inércia térmica é uma característica importante dos fechamentos que também precisa ser considerada. Quando as diferenças de temperaturas entre a mínima e a máxima for grande, a inércia térmica pode ser uma boa solução. O pico da temperatura interna acontecerá algumas horas após o fechamento estar submetido ao pico da temperatura externa. Ocorrendo nesse caso um retardo na transferência de calor. A inércia indica a tendência a uma constância na temperatura.

A cor influencia bastante, principalmente as cores escuras em fachadas ensolaradas durante longo período do dia que irão incrementar o fluxo de calor para o interior. Coberturas e paredes orientadas para oeste receberão a radiação solar da tarde somada a temperatura do ar já aquecida pela insolação de todo o período da manhã. Essas situações são propensas ao ganho de calor ao edifício.

Analisemos agora quanto a condução do calor através do fechamento. Com elevação da temperatura da superfície externa do fechamento, haverá diferença entre a temperatura externa e a interna. A troca térmica através da parede opaca será por condução.

O fluxo de calor atravessa o material (parede) por condução e a sua intensidade depende do grau de condutividade térmica do material (). A condutividade térmica é uma propriedade do material que está relacionada com a densidade e representa a sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. A norma NBR 15220-2 Desempenho térmico de edificações traz muitos exemplos com uma margem de variação, pois sabe-se que um mesmo tipo de material pode ter variações de comportamento térmico dependendo da fabricação. Veja alguns exemplos extraídos da norma.

Vejamos mais algumas informações sobre materiais opacos frequentemente utilizados na construção civil:

Blocos cerâmicos: são blocos de barro cozido, encontrados em vários tamanhos e podem ser estruturais ou apenas na função de vedação. Em geral, apresenta resistência térmica maior do que os tijolos maciços devido a presença de ar no interior do material.

Blocos de adobe: confeccionados com colos que contenham 50% de argila e pelo menos 25% de areia. Diferem dos tijolos por não serem cozidos. São assentados e emboçados com barro e devem receber proteção contra umidade. Tem baixa condutividade térmica.

Blocos de concreto celular: São vazados e possuem a mesma utilização dos tijolos de barro. Apresentam uma resistência térmica maior do que o concreto devido a sua massa específica menor.

Concreto armado: Muito utilizados nas construções em geral, como em lajes, vigas, paredes portantes, painéis de vedação. Possuem maior condutividade térmica devido aos seus elementos estruturais em ferro,

Concretos leves: quando se deseja tornar uma estrutura mais leve, substituindo a brita por agregados leves (argila expandida, isopor, vermiculita). No caso do concreto celular autoclavado, são fabricados a partir de uma reação química. Encontramos em alvenarias de vedação ou laje nervurada e para alvenaria estrutural.

Quanto aos materiais transparentes, as principais trocas térmicas em uma edificação acontecem através desses fechamentos, que podem ser janelas, claraboias e qualquer outro elemento transparente na arquitetura. As trocas por condução e convecção, ocorrem de modo semelhante aos fechamentos opacos. Existe neste caso também a possibilidade da transmissão integral com a janela aberta, ou a transmissão por radiação através do vidro, que dependerá da transmissividade do vidro ().

No projeto arquitetônico, as principais variáveis que podem alterar a entrada de calor pelas aberturas são:

Orientação e tamanho das aberturas

Tipo de vidro

Uso de proteções solares internas e externas

Quanto aos materiais transparentes, atualmente encontram-se inúmeros tipos de vidros disponíveis no mercado. O vidro incolor, de espessura de 3 a 4mm é o mais conhecido e amplamente utilizado.

O fator de ganho solar é variável nos vidros. O vidro incolor costuma ser avaliado como o de pior desempenho térmico, com maior ganho de calor para o ambiente. Embora esse fator possa assustar no início, o vidro incolor possui algumas vantagens: baixo custo e boa visibilidade. Sabendo utilizar com equilíbrio, todos os vidros podem ser aplicados nos projetos.

Depois do vidro simples incolor temos os vidros com pigmentação bronze, cinza e verde. Os vidros refletivos metalizados apresentam melhores desempenho térmico. No objetivo minimizar o ganho de calor, recomenda-se o uso dos vidros seletivos, ou seja, vidros que filtram a radiação solar permitindo a passagem da radiação visível e filtrando a radiação térmica não visível.

Segundo Corbella e Corner (2003), quanto aos tipos de vidros, podemos citar:

Plano: vidro mais usual. Deixa passar quase totalmente a radiação solar para o interior, mas

broqueia a transmissão da radiação emitida pelas pessoas e superfícies internas.

Temperado: menor transparência que os vidros simples, porém mais resistentes. Deve ser utilizado em vãos pequenos.

Laminado: vidros em laminas, intercalada por película plástica ou resina. Indicado para lugares que exigem mais segurança, como fachadas de edifícios. O desempenho térmico é variável de acordo com as propriedades óticas das películas. Bom desempenho acústico.

Refletivo: chamado também de vidro espelhado, possui uma camada metalizada que reflete a radiação solar. O desempenho térmico é variável de acordo com a cor do vidro, processo de metalização ou lâmina aplicada.

Vidro duplo: constituído por duas laminas de vidro e uma câmara de ar selada. A fabricação precisa ser bem cuidadosa para o vidro não embaçar. Ótimas propriedades termo acústicas, podendo inclusive haver persiana entre as lâminas.

Vidro duplo refletivo: formado por duas lâminas, geralmente com uma do tipo Low-E soft coat (camada macia) e outra Low-E hard coat (camada dura). Possui uma camada extrafina de metal, numa superfície interna, para refletir a radiação solar. O tipo soft coat só pode ser usado para compor o vidro duplo, nunca sozinho.

Aramado: possui uma malha metálica em seu interior conferindo alta resistência a impactos. A malha retém os cacos no caso de quebra. Absorve muita radiação solar.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



4.2 Desempenho térmico dos edifícios

O desempenho térmico dos materiais aplicados na construção dos edifícios está diretamente

relacionado ao conforto internos dos usuários e consequentemente ao consumo energético. A importância do assunto é vista tanto pelo bem-estar, qualidade de vida, quanto a questão da economia durante a vida útil do edifício.

Supondo uma edificação vertical, um edifício de apartamentos, por exemplo. Qualquer unidade habitacional ali sofrerá interferências térmicas com o meio externo pelos elementos das fachadas e cobertura do edifício, mas também pelo contato de uma unidade habitacional com seus vizinhos acima e abaixo. O pavimento de cobertura receberá nesse caso maior contribuição térmica, pois terá o contato com o meio externo pela própria cobertura, além da contribuição térmica através dos elementos das fachadas e ainda pelo contato com o pavimento inferior a ele. A análise térmica do apartamento de cobertura costuma ser utilizada como parâmetro de estudo pois esta unidade sofre mais com as contribuições térmicas da edificação. Em resumo, as contribuições térmicas nos apartamentos são oriundas de: elementos da cobertura; paredes e materiais das fachadas; pavimento contíguo.

Os elementos que interferem no comportamento térmico do edifício são:

- Geometria do edifício (forma e volume);
- dados climáticos
- propriedades térmicas dos materiais.

Atualmente, o profissional de projeto e construção civil utiliza como meio de consulta nesse trabalho duas importantes normas técnicas:

NBR 15220:2005 - Desempenho térmico de edificações (prescritiva): apresenta definições, propriedade térmicas dos materiais, métodos de cálculo (transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar), zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas.

NBR 15575:2013 - Edificação habitacionais – desempenho: apresenta requisitos e critérios de classificação.

Existem dois métodos distintos utilizados para análise do comportamento térmico do edifício. O método de procedimento simplificado e o método de aplicação e simulação computacional. No método de procedimento simplificado, são feitos cálculo com base nas características dos materiais construtivos que compõem as paredes externas e cobertura do edifício; é um método mais simples e menos preciso. No método de simulação computacional, a investigação é feita a partir de softwares, programas específicos disponíveis gratuitamente na internet. Esse método tem a grande vantagem de ser mais preciso, apresentando uma análise detalhada da edificação com considerações as condições climáticas da região, propriedades térmicas dos materiais e elementos construtivos utilizados.

No caso da avaliação simplificada, importa calcular a transmitância térmica e a capacidade térmica dos elementos. Na cobertura, apenas a transmitância térmica; nas fachadas é necessário calcular a transmitância térmica e a capacidade térmica dos elementos. A fórmula básica é $U = 1/R$. Sendo:

U = transmitância térmica

R = resistência térmica

A transmitância térmica é o inverso da resistência térmica. No cálculo da resistência térmica, considera-se a espessura da camada e a condutividade térmica do material. Portanto temos a fórmula:

$$R = e/\lambda$$

Sendo:

R = resistência térmica

e = espessura da camada

λ = condutividade térmica do material

A condutividade térmica (λ) é uma propriedade específica de cada material. De acordo com a condutividade, o calor que entra no edifício pode ser conduzido através dos materiais com maior ou menos facilidade dependendo da condutividade térmica de cada um.

A tabela propriedades térmicas dos materiais apresenta os valores para a densidade, condutividade térmica e calor específico de muitos materiais de construção. Com base nessas três propriedades, pode-se calcular tanto a transmitância térmica quanto a capacidade térmica, que são os dados de referência para a avaliação do desempenho térmico simplificado.

Quanto a investigação da capacidade térmica, multiplica-se a espessura da camada pelo calor específico do material e pela densidade de massa aparente do material. Portanto temos a fórmula:

$$CT = e \cdot c \cdot p$$

e = espessura da camada

c = calor específico do material

p = densidade de massa aparente do material

No atendimento a norma NBR 15220:2005, a capacidade térmica (CT) dada em $\text{KJ/m}^2\text{K}$ deve ser ≥ 130 para as zonas bioclimáticas 1,2,3,4,5,6 e 7. Não há requisito para a zona bioclimática 8, segundo a norma.

No caso da transmitância térmica, a norma apresenta as condições necessárias para cada tipo de zona bioclimática. Observando a tabela Transmitância térmica U, a transmitância térmica será recomendada varia de acordo com a absorvância.

De acordo com a norma, é preciso ter requisitos e critérios. Esses critérios são a análise quantitativas desses requisitos. Vejamos os critérios de vedações verticais quanto à transmitância e capacidade térmica.

Com relação a transmitância térmica, ela tem que ser menor do que 3,7 para as zonas bioclimáticas d 3 a 8 e menos do que 2,5 também para as zonas bioclimáticas de 3 a 8. Nesse caso, o número vai variar de acordo com a absorvância térmica do material, ou seja, de acordo com a cor do material.

De acordo com a zona bioclimática onde situa o projeto arquitetônico, busca-se ajustar os materiais de cobertura e fachadas do edifício a fim de atender os requisitos e critérios apontados pela norma de desempenho do edifício.



PARA RESUMIR

Nesta unidade, você teve a oportunidade de:

- a) Escolha de materiais de alto padrão tecnológico, uso do aço e vidro Low-E.
- b) A arquitetura contemporânea opera com o aspecto estético preponderante, o fundamental é utilizar o conceito BIM em todos os projetos.
- c) A questão da sustentabilidade é um problema grave, na qual o papel do arquiteto é conceber projetos com uso exclusivo de materiais orgânicos.
- d) O arquiteto precisa considerar os aspectos climáticos, humanos e construtivos a fim de propor uma arquitetura com conforto ambiental e eficiência energética.
- e) As variáveis arquitetônicas são o principal foco da arquitetura sustentável, a qual se resolve nas etapas de detalhamento da edificação.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABNT NBR 15220:2005 - Desempenho térmico de edificações.

ABNT NBR15575:2013. Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

BARROSO-KRAUSE, C. et.al. Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista. Rio de Janeiro: PROARQ/DTC/FAU/UFRJ, 2005.

BARROSO-KRAUSE, C. et. al. Princípios de alta qualidade ambiental aplicados ao processo de seleção de projetos de arquitetura: o laboratório nutre. GTP - Grupo, Projeto, Arquitetura e Sustentabilidade. Vol. 7, Nº 1 | São Carlos, p. 73-89, Maio, 2012.

BROWN, G. Z. et al. Sol, Vento e Luz: Estratégias para o Projeto de Arquitetura. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CADERNOS CIDADES PARCERIAS. Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social, v.9. ed. PROCEL/ELETOBRÁS/Ministério Minas e Energia/Ministério das Cidades, 2005.

CHIVELET, N. M. Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CICLOVIVO. Como as árvores ajudam a combater as ilhas de calor nas cidades. 21 Out 2016. ArchDaily Brasil. Acessado 12 Feb 2020. ISSN 0719-8906

CORBELLA, O. et al. Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORBELLA, O. et al. Manual de Arquitetura bioclimática Tropical: para redução do consumo energético. Rio de Janeiro: Revan, 2015.

FREITAS, R. O que é conforto? ENCAC/ELACAC, Maceio, Alagoas, 2005.

FROTA, A. B. Manual de Conforto Térmico. 8. ed. São Paulo: Nobel, 2007.

GIVONI, B. Confort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, v.18, n1, p.11-23, 1992.

GONÇALVES, J. C. S. et al. (orgs.). Edifício Ambiental. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Vários autores.

HONG, T. et al. Building Simulation: na overview of developmentes and information sources. Building and Environment, v35, p347-361, 2000)



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



LABEE. Analysis BIO. (S.I.) Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio>. Acesso em: janeiro 2020.

LABEE. Analysis SOL-AR. (S.I.) Labee. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio>. Acesso em: janeiro 2020.

LAMBERTS, R. et al. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW Editores. 1997. E-book, Rio de Janeiro: Eletrobrás, PROCEL, 2013. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros> Acesso em: 16 mar. 2020

LAMBERTS, R. Conforto e Stress Térmico. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Última atualização: junho 2016. Disponível em: www.labeee.ufsc.br. Acesso em: 16 mar. 2020

MACARÓ, L. R. Energia na edificação: estratégias para minimizar o seu consumo. 2 ed. São Paulo: projeto, 1991.

MARCO, C.S. Elementos de Acústica Arquitetônica. Ed. Nobel. São Paulo, 1990.

MASCARÓ, L. R. de. Ambiência Urbana. 1. ed. Porto Alegre: Sagra – D.C. Luzzatto, 1996.

NETO, P. C. de A. Análise da influência da área de abertura no conforto térmico de ambientes residenciais no contexto climático de Brasília. Dissertação de mestrado em arquitetura e Urbanismo, FAUNB, Brasília, 2018.

OLGYAY, V. Design with Climate. Princeton University Press, New Jersey, 1963.

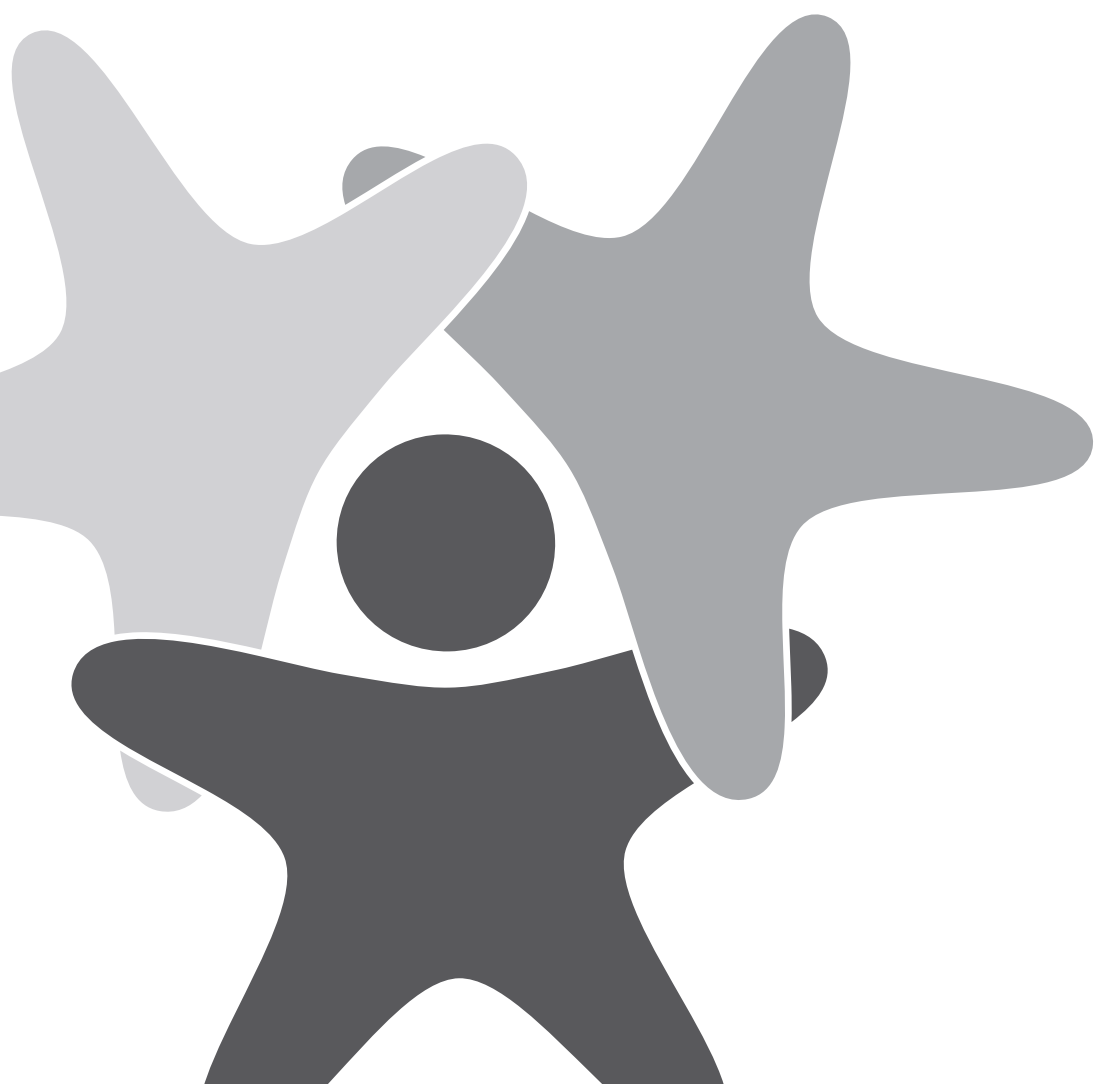
OLIVEIRA, A. G. Avaliação das temperaturas superficiais do solo em relação à conformação urbana existente na praça do Aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande/Mt. Cuiabá, MT, 2008. 81p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

ROAF, S. et al. A Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROAF, S. et al. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, J. (2016). Ilha urbana de calor superficial e a energia das edificações: visualização dos fluxos do clima urbano. Pós. Revista Do Programa De Pós-Graduação Em Arquitetura E Urbanismo Da FAUUSP, 23(41), 122-139.

ROMERO, M. A B. A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. 4.ed. Brasília: Unb, 2016.





UNIDADE 4

Arquitetura bioclimática

Introdução

Você está na unidade Arquitetura Bioclimática. Conheça aqui o papel da vegetação como um elemento importante para o conforto ambiental e algumas vantagens e desvantagens da relação entre vegetação e Arquitetura. Conheça também mais sobre Arquitetura Bioclimática, seu conceito e as principais características baseadas nele para a aplicação nos projetos. Além disso, conheça algumas tipologias climáticas e suas principais características..

Bons estudos!

1. VEGETAÇÃO COMO ELEMENTO DE CONFORTO AMBIENTAL

Muitas vezes a vegetação é vista apenas como um elemento de decoração. Porém ele é muito mais do que isso: é um elemento arquitetônico que está em constante modificação. Através do uso da vegetação, é possível melhorar a qualidade do ar, a temperatura e a acústica de um edifício. A vegetação é uma das maneiras mais eficazes de garantir microclimas agradáveis para os seres humanos.

Segundo Romero (2001), a capacidade de filtragem da vegetação aumenta quanto maior for o número de folhas de cobertura por unidade de terra. Então, a ordem de suficiência é: árvores, arbustos e grama. Através de um cinturão verde a contaminação do ar pode ser reduzida. Esse efeito pode ser conseguido também com árvores plantadas ao longo de uma avenida. Em função da absorção e da dispersão, a vegetação contribui também, em parte, para a diminuição da intensidade do som que encontra sua trajetória.

Romero (2001) afirma que por isso se cria um microclima diferente com áreas não plantadas. As diferenças principais são em relação à temperatura, velocidade do vento, turbulência, umidade do ar em geral e a temperatura radiante:

- A vegetação tem menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica que os materiais dos edifícios.
- A radiação solar é, em grande parte, absorvida pelas folhas, a reflexão é pequena.
- A taxa de evaporação é muito mais alta nas áreas verdes que nas sem plantas.
- As folhas podem filtrar a poeira e a contaminação do ar.
- A vegetação reduz a velocidade do vento e as flutuações próximas do solo.

Para Romero (2001), como resultado da temperatura mais baixa, a radiação de onda longa das folhas é mais lenta que a das superfícies dos arredores; por isso, as pessoas nas áreas verdes estão mais sujeitas a menor pressão do calor radiante. Como resultado da evapotranspiração, o ar mais próximo do solo nas áreas verdes é mais frio do que o das áreas construídas.

Com a troca da cobertura vegetal pela pavimentação e pelas construções, o desconforto ambiental aumenta muito, assim como o consumo de energia. Ao se utilizar a vegetação para o sombreamento, é possível além de economizar energia, criar espaços mais agradáveis para os seres humanos. Pode-se também utilizar a vegetação como forma de melhorar ou modificar as condições de desconforto em relação aos ventos.

Em relação às edificações, o plantio de árvores auxilia na qualidade térmica interna. Isso ocorre, pois a massa verde se encarrega de filtrar o excesso de luz e de calor gerados pela insolação e também potencializa brisas de verão. Se as árvores forem caducifólias, se obtém, ainda, a vantagem de no inverno ter uma permeabilidade desejada para a radiação solar. A falta de vegetação junto com os materiais que são utilizados sem planejamento prévio tem modificado o clima urbano, devido à incidência direta da radiação solar nas construções. Além disso, outro problema que a falta de vegetação tem causado é a diminuição da temperatura no inverno, devido à perda de calor dos materiais de construção para o meio, onde não existem barreiras naturais para detê-lo.

Apesar de todas as vantagens que a utilização da vegetação traz, é preciso que o projeto esteja adequado para que não haja falhas. Por exemplo, é necessário estar atento à manutenção e limpeza por conta de folhas e resíduos. Portanto, é necessário que haja um planejamento prévio. Outras questões que demandam atenção são:

- Uso de espécies inadequadas;
- conflitos com a infraestrutura urbana (rede elétrica, canalizações e pavimentação);
- umidade ou sombreamento excessivo;
- escolha inadequada de locais para desenvolvimento da vegetação.

É necessário salientar que estas possíveis falhas ou desajustes estão relacionados diretamente à qualidade do projeto paisagístico e das especificações de espécies a serem utilizadas. Portanto, não se qualifica como uma desvantagem da vegetação em si. Adotar soluções construtivas que propiciem mais qualidade ambiental, aumenta a qualidade de vida dos usuários da edificação, assim como a dos habitantes do entorno da edificação. Projetos adequados, responsáveis, coordenados com todos os elementos da edificação e que utilize a vegetação de forma correta proporcionam ambientes muito mais agradáveis e confortáveis.



Figura 1 - Horizonte da cidade de São Paulo (SP)

Fonte: Maciej Bledowski, Shutterstock, 2020

#ParaCegoVer: A imagem ilustra o horizonte do centro da cidade de São Paulo. A ausência de vegetação na foto é uma das explicações para o desconforto ambiental da região.

2. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A Arquitetura Vernacular, que utilizava conhecimentos empíricos, que eram passados de geração em geração, já integrava as construções com a natureza. Porém, isso foi se perdendo com o passar dos anos. Uma crescente preocupação com a natureza e seus recursos ressurgiu por volta da década de 1960, com estudos a respeito da combinação entre Arquitetura e meio ambiente, resultando no desenvolvimento da Arquitetura Bioclimática.

A Arquitetura Bioclimática pode ser definida como aquela que procura minimizar os impactos das construções no meio ambiente, projetando e construindo edifícios que levem em conta a análise do contexto climático em que serão inseridos e assim garantindo melhores condições de conforto e um menor consumo energético.

Correa (2002) afirma que estamos enganados quando pensamos que o futuro da Arquitetura será de arranha-céus feitos de alumínio, ferro e muito vidro. A vanguarda da arquitetura, já presente nos EUA e Europa, vem retomando materiais naturais e benignos; se preocupa em utilizar estratégias para poupar luz e água; respeita o entorno e a natureza de onde está inserida; e garante o conforto sem esquecer a questão da estética. As tendências da arquitetura atual vêm se preocupando bastante com essas questões, e buscam não apenas a integração com o meio ambiente para diminuir a poluição, mas também a economia e o melhor aproveitamento dos recursos naturais em todas as etapas, desde a construção e se mantendo por toda a vida útil do edifício.

Segundo Correa (2002) o conceito de Arquitetura Bioclimática é um pouco genérico e engloba outras definições, como a de Arquitetura Integrada, que corresponde àquela que se adapta ao seu ambiente físico, cultural, social e econômico, utilizando materiais originários daquele local e técnicas e formas tradicionais, favorecendo assim a integração visual e reduzindo o impacto ambiental. Ainda para a mesma autora, a Arquitetura Bioclimática é conhecida também como a de alta eficiência energética, pois economiza e conserva a energia que capta, produz ou transforma no seu interior, reduzindo assim, o consumo energético e a suposta poluição ambiental. Ela é uma arquitetura pensada com o clima do lugar, o sol, o vento, a vegetação e a topografia; com um desenho que oportuniza tirar proveito das condições naturais, estabelecendo então circunstâncias apropriadas de conforto físico e mental dentro do espaço físico em que se desenvolve.

2.1 Projeto de Arquitetura Bioclimática

Além de conhecer os conceitos que a Arquitetura Bioclimática engloba, é importante que os profissionais os levem em conta desde as primeiras etapas do projeto. O arquiteto como profissional criativo e inovador nas soluções de problemas, consegue se adaptar rapidamente ao uso dos conceitos bioclimáticos.

Lambertz et al. (2013) enquadram cada elemento da Arquitetura Bioclimática em seu respectivo estágio de projeto, quando é mais relevante e onde seu estudo e análise poderão auxiliar de forma mais eficaz nas tomadas de decisão. Assim, fica mais fácil de compreender a arquitetura bioclimática como um todo e como ela funciona na prática.

O partido arquitetônico é um esquema inicial que norteia o desenvolvimento do projeto. Normalmente, ele surge nas primeiras etapas do processo de projetar. Os conceitos bioclimáticos deveriam aparecer já nessa fase e ser incorporados ao partido. Para que isso ocorra, existem algumas informações que devem ser obtidas, como análise do terreno, orientação solar, análise do clima local e dados relativos ao programa que deve ser respondido pelo projeto.

A análise do terreno deve incluir vários aspectos importantes, como:

- A Legislação;
- as dimensões;
- a orientação solar;
- a topografia;
- a presença de vegetação, água e outros edifícios ou barreiras que possam obstruir o sol e o vento.

Através da Legislação, sabe-se quais as determinações em relação aos afastamentos, número

máximo de pavimentos, os recuos do edifício e outros aspectos que podem influenciar diretamente no desempenho ambiental do mesmo. Mesmo respeitando os recuos e afastamentos, podem ainda existir sombras indesejáveis no entorno do edifício e falta de iluminação e ventilação natural nos ambientes internos dependendo dos elementos presentes neste entorno. O número máximo de pavimentos também não garante a insolação adequada dos ambientes nem o acesso solar nos edifícios vizinhos. A orientação solar permite identificar quais as melhores fachadas para distribuir os ambientes, tendo como referência o acesso solar e a ventilação natural necessário ao longo do ano. As proteções solares também devem ter o seu uso identificado nesta etapa, dependendo da orientação de cada ambiente. Já os estudos da topografia, da presença de vegetação, de barreiras edificadas e de água nas proximidades permitem identificar quais os elementos que podem ser explorados ou que devem ser evitados como possíveis estratégias bioclimáticas a serem considerados no projeto.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



O clima fornece várias dicas de como o projeto deve ser conduzido. Através da análise do clima local, se obtém informações a respeito de quais estratégias bioclimáticas são mais adequadas em função do clima local em cada período do ano. Trata-se de um recurso poderoso na elaboração de projetos que visam o conforto e a eficiência energética.

A análise dos usuários e dos horários de uso é importante, pois define alguns parâmetros como:

- A vestimenta mais provável que os usuários irão utilizar nos ambientes;
- sua atividade (metabolismo);
- a geometria do ambiente, que pode gerar assimetria térmica e falta de conforto visual;
- os horários críticos de uso.

Tendo as informações básicas definidas nos itens anteriores, o arquiteto já pode montar o

programa de necessidades do projeto, que deve incluir informações que podem ser úteis ao projeto bioclimático, como a necessidades de iluminação natural, ventilação natural, sol ou sombra, isolamento térmico, condicionamento artificial, entre outros. Essas informações serão uma ferramenta poderosa de auxílio na tomada de decisões durante todas as etapas do processo de projeto.

A função arquitetônica é um dos vértices do triângulo clássico vitruviano - interage com a forma e a eficiência energética do edifício. Um mesmo projeto se for destinado para diferentes funções, como comércio ou habitação, pode resultar em comportamentos energéticos diferentes. Portanto, estudar a função é um fator indispensável para escolher os critérios ou estratégias bioclimáticas que serão usados.

A forma arquitetônica pode influenciar bastante o conforto ambiental de um edifício e o seu consumo de energia, pois ela interfere diretamente nos fluxos de ar interiores e exteriores e na quantidade de luz e calor recebidos pelo edifício.

Antes de especificar quais materiais serão utilizados em uma construção, é importante observar algumas características, de acordo com o que se deseja para o projeto. Entre elas estão:

A transmitância térmica do fechamento, que representa o seu desempenho em relação às trocas térmicas entre os ambientes internos e externos.

A transmitância visível, que representa a quantidade de luz que vai atravessar o elemento transparente em direção ao interior do ambiente e proporciona iluminação natural e economia de energia.

A resistência térmica do material, que representa o isolamento térmico que cada material apresenta.

O fator solar, que representa a quantidade de radiação solar que efetivamente penetra no ambiente pelo fechamento.

A inércia térmica do material pode ser estimada pela sua capacidade térmica, assim como o atraso térmico diz quanto tempo o calor levará para atravessar o material. Outras características a serem observadas são a absorvidade, que representa o quanto de calor solar será absorvido e poderá ser emitido para o ambiente interior em forma de onda longa, em função da cor do material e a refletividade, que representa quanto do calor e da luz incidentes serão refletidos para fora ou para o interior da edificação, também em função da cor do material. Estas características podem evitar o aquecimento solar e favorecer a iluminação natural, respectivamente. Em relação aos materiais também é importante saber que, em relação à sustentabilidade, é mais adequado utilizar materiais locais, pois estes exigem menos gastos com transporte, o que significa menos energia embutida.

As estratégias bioclimáticas podem ser contraditórias: a ventilação natural pode significar um problema no inverno, enquanto é uma solução no verão. Já o aquecimento solar e o sombreamento, têm suas necessidades invertidas conforme os períodos do ano se alternam. A iluminação natural pode significar incrementos indesejáveis no ingresso de calor solar ao ambiente interno e mesmo podendo reduzir os gastos com iluminação artificial, pode aumentar os custos com condicionamento de ar. Essas variáveis também devem levar em consideração os aspectos acústicos dos projetos, por exemplo, um ambiente com boa acústica pode depender da estanqueidade de seus fechamentos, o que entra em conflito com a ventilação e a iluminação naturais. Para se chegar a uma boa solução arquitetônica que responda a todas as necessidades dos ambientes, é necessário utilizar as estratégias bioclimáticas de forma integrada e para isso é necessário ter conhecimento teórico e empírico suficientes.

As decisões projetuais influem diretamente na expressividade arquitetônica. Elementos utilizados para responder às questões bioclimáticas podem ser explorados também na sua expressividade formal, de textura e cor. Por exemplo: uma parede de tijolos maciços pode, além da boa inércia térmica, dar um aspecto mais aconchegante, familiar e natural para a edificação, já um brise, pode participar dos ritmos de composição de fachadas. Portanto todas as alternativas devem ser estudadas considerando também a expressividade arquitetônica.

A definição dos elementos e estratégias bioclimáticas a serem empregados nos projetos dependem da análise bioclimática e do terreno, que são feitas no início do processo de projeto. As estratégias bioclimáticas aparecem na carta bioclimática e são: ventilação natural, ar condicionado, inércia térmica para resfriamento, umidificação, resfriamento evaporativo, inércia térmica para aquecimento, aquecimento solar e aquecimento artificial.

Algumas delas podem ser empregadas das seguintes formas:

Ventilação

Utilizando a forma e a orientação para melhor aproveitar a ventilação; projetando espaços fluidos; promovendo a ventilação vertical; direcionando o fluxo de ar para o interior utilizando elementos.

Resfriamento evaporativo

Construindo áreas gramadas ou arborizadas; utilizando a molhagem do telhado ou de superfícies pavimentadas; utilizando telhados ou paredes verdes ou telhados alagados.

Umidificação

Utilizando fontes e espelhos d'água.

Inércia térmica para aquecimento

Construindo isolamentos opacos e espessos; diminuindo a área de aberturas; direcionando as aberturas para o sol.

Inércia térmica para resfriamento

Sombreado as aberturas; evitando a ventilação diurna; possibilitando ventilação noturna seletiva.

Aquecimento solar

Permitindo o acesso da radiação solar através de aberturas laterais e zenitais; utilizando elementos transparentes, solários, jardins de inverno, paredes de acumulação.

Além das estratégias bioclimáticas apresentadas na carta bioclimática, pode-se diminuir o consumo de energia nas edificações com a aplicação de outras técnicas para aquecimento, refrigeração e iluminação:

- **Uso da cor:** As cores podem ser utilizadas além da estética e conforto visual, para melhorar o conforto térmico. Utilizar cores escuras pode incrementar os ganhos de calor, absorvendo mais radiação. Já a utilização de cores claras, reduz os ganhos de calor, por refletirem mais a radiação solar, essa reflexão pode também auxiliar os sistemas de iluminação.
- **Sistema de aberturas:** Apresentam diversas funções, sendo muito importantes para o conforto, podendo fornecer ventilação, iluminação natural, calor solar e contato visual com o exterior. As aberturas devem estar bem posicionadas, garantindo a ventilação e dependendo de cada clima possuir ou não proteções solares externas ou internas e vidros especiais.
- **Uso da vegetação como sombreamento:** Algumas vezes apenas as proteções solares não garantem o sombreamento adequado de uma abertura. No Oeste, por exemplo, o brise adequado no verão em alguns casos bloquearia completamente a abertura, prejudicando assim a iluminação natural. O uso de árvores de folhas caducas pode ser uma solução para o problema, sombreando a janela sem bloquear a luz natural e permitindo a incidência do sol desejável do inverno, quando suas folhas caem.
- **Uso racional da iluminação:** Utilizar a iluminação natural pode reduzir significativamente o gasto com energia. Além do sistema de aberturas verticais, a iluminação zenital também pode ser bastante útil, podendo iluminar locais sem paredes externas e valorizar ambientes mais nobres. Outros sistemas também podem ser utilizados, como prateleiras de luz, átrios, dutos de iluminação espelhados, persianas reflexivas, paredes transparentes, poços de luz, refletores externos, entre outros, podendo assim resolver problemas na distribuição de luz natural. Integrar a iluminação natural com a artificial é essencial e pode ser feito de diversas maneiras, sendo necessário conhecer os dois sistemas para um melhor resultado.

- Aquecimento de água: Uma parcela bem significativa de energia elétrica é gasta para o aquecimento de água, principalmente no setor residencial. O arquiteto deve prever já no projeto tubulações de água quente para propiciar a instalação de sistemas de aquecimento a gás ou solar, reduzindo assim o consumo de energia elétrica.
- Iluminação artificial eficiente: Para uma iluminação artificial eficiente, é necessário que além de estar integrada com a iluminação natural ela seja corretamente dimensionada e distribuída pelos ambientes, além disso, existem alguns sistemas de controle como sensores fotoelétricos e dimmers que auxiliam a redução de consumo na integração com a luz natural.

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:



Projetos que buscam reduzir o consumo de energia e ser mais sustentáveis devem procurar utilizar energias alternativas, como a eólica, a fotovoltaica, a biomassa, a solar, entre outras.

A energia solar pode ser utilizada de diversas formas, como fonte de calor direto, através das janelas e aberturas, ou indiretamente, através da inércia térmica dos elementos construtivos. Outra forma indireta é através de painéis de aquecimento solar, que aquecem a água para uso em chuveiros, torneiras, piscinas e também aquecimento de ambientes, quando a água circula por serpentinas no piso ou tubulações nos rodapés ou mesmo em radiadores sob as janelas. A energia solar também pode ser convertida em energia elétrica através de painéis fotovoltaicos e pode ser utilizada como alternativa à energia fornecida pela concessionária. A utilização dessa alternativa em residências e comércios é crescente e promissora.

Do mesmo modo que a energia fotovoltaica, a energia eólica representa uma alternativa promissora em relação à energia elétrica fornecida pelas concessionárias, pois é gratuita e disponível também à noite. Um gerador eólico pode ser construído para alimentar os gastos energéticos de uma residência ou até mesmo de uma comunidade inteira.

A água da chuva representa um potencial de economia no uso dos recursos naturais e é viável

em quase todo o território nacional. Quando chove normalmente a água da chuva é captada nas edificações. Porém, é logo direcionada por calhas ao sistema pluvial, que dispensa a água nas redes públicas de esgoto. Se em algum ponto nesse processo houvesse a instalação de filtros e reservatórios, a água poderia ser reutilizada para descargas sanitárias, lavar carros, regar jardins e se bem filtrada e purificada até como potável. A água que já foi utilizada também pode ser reutilizada, se for devidamente filtrada e purificada. Existem sistemas de purificação de água, entre eles um dos mais sustentáveis é o sistema conhecido como zona de raízes.

Lamberts et al. (2013) afirmam que, todos os conceitos que foram apresentados devem ser aplicados no projeto, pelo menos de forma qualitativa. Isso será mais fácil em edificações de porte pequeno ou residenciais, nos quais o número de variáveis é menor e as possibilidades de explorar a iluminação e o condicionamento naturais são maiores. Já nos setores comercial e público, a complexidade é muito maior, pois, os sistemas artificiais quase sempre são a fonte principal de iluminação e de conforto, e o uso do espaço por um número maior de pessoas demanda mais energia. Nesses casos, é ainda mais urgente integrar os sistemas naturais e artificiais e utilizar equipamentos mais eficientes, além de utilizar a simulação como ferramenta de projeto.

Com a aplicação da arquitetura bioclimática é possível imaginar o crescimento de cidades com um impacto ambiental menor. Para cada clima diferente, existem diversas tipologias arquitetônicas que podem ser utilizadas, por exemplo, onde se tem neve ou geada, os telhados inclinados evitam o acúmulo de gelo, já em lugares onde é muito quente as proteções solares são indispensáveis. Porém, cada local e cada edifício possuem suas peculiaridades e características diferentes, inclusive a orientação solar, portanto é essencial compreender o local e o seu clima para aplicar as melhores estratégias existentes nas diferentes tipologias climáticas. Alguns edifícios se tornam referências, por suas tipologias adaptadas ao clima e/ou pela utilização de estratégias inovadoras, considerando sempre aspectos como eficiência energética e conforto ambiental.

2.2 Bons exemplos de Arquitetura Contemporânea

Lambertz et al. (2013) apresentam alguns exemplos de edifícios dos séculos XX e XXI que demonstram como a preocupação com a melhoria da qualidade do edifício pode trazer soluções benéficas:

- Pavilhão Britânico da EXPO'92:

Projetado pelo arquiteto Nicholas Grimshaw, em Sevilha na Espanha, uma das estratégias utilizadas foi uma poderosa cascata em uma fachada do edifício, fazendo com que ele consumisse apenas um quarto da energia que seria necessária se fosse climatizado com ar condicionado.

- Instituto do Mundo Árabe:

Projetado por Jean Nouvel, em Paris, o edifício teve uma de suas fachadas revestida com dispositivos em forma de diafragma, que lembram a tapeçaria árabe. Estes elementos têm sua forma controlada eletronicamente, criando diferentes condições de iluminação e oferecendo proteção contra o sol.

- Hong-Kong and Shanghai Bank:

Projetado por Norman Foster, o edifício apresenta um átrio central que capta e distribui a luz natural para os andares superiores, os andares inferiores possuem um sistema com elementos refletores dentro e fora do edifício. Assim, a luz é distribuída nos diversos andares e aumenta a qualidade do ambiente visual no interior do edifício, além de reduzir o consumo de energia gasto com iluminação artificial.

- BedZED:

Projetado pelo arquiteto Bill Dunster, em Londres, o BedZED é um conjunto de habitações mistas, com residências e escritórios. O projeto utiliza diversas técnicas como painéis fotovoltaicos para a geração de energia, desenho solar passivo (orientação, inércia térmica, isolamento térmico), materiais reciclados na construção, ventilação natural vertical por meio de torres de vento rotativas, uso racional da água (captação da água da chuva). É feito também o tratamento do esgoto através de zonas de raízes e existe a geração de calor através da queima de lascas de madeira em fornalha.

- Hockerton Housing:

Projetado pela HHP Architects, em Hockerton na Inglaterra, é um projeto pioneiro de comunidade, explorando diversos conceitos de sustentabilidade. O projeto é composto por moradias com tipologia em fitas semienterradas para aproveitar a inércia térmica da terra, todas as aberturas possuem vidros duplos, para o isolamento térmico, na cobertura possuem iluminação zenital para os ambientes mais no fundo da habitação e também painéis fotovoltaicos, a água da chuva é reaproveitada e reutilizada após filtragem e tratamento biológico com raízes. Todos os ambientes se abrem para um solário, que recebe o calor do sol e o distribui para os demais ambientes, a comunidade conta também com dois geradores eólicos.

- Protótipo para Edifícios de Escritórios:

Projetado pelo arquiteto Mario Cucinella, em Catania, na Itália, utiliza a estratégia conhecida como PDEC, do inglês passive draught evaporative cooling, ou seja, resfriamento evaporativo por corrente de ar descendente. Essa técnica já foi tradicionalmente utilizada por muitos séculos em países como Irã e Turquia, ela se baseia na instalação de captadores de vento que conduzem o ar externo para o interior através de materiais porosos e cheios de água, induzindo assim a evaporação

da mesma no ar mais seco, a diminuição da sua temperatura e então, uma corrente de ar descendo pelas torres, sendo uma alternativa em relação ao ar condicionado. Nesse edifício, os mesmos elementos utilizados para o PDEC permitem a iluminação natural, através de grandes vazios nas lajes dos pisos e essas lajes também possuem grande inércia térmica, também gerando conforto.

- Queen's Building:

Projetado pela Short and Associates, em Leicester, na Inglaterra, abriga a escola de engenharia Montfort University e reúne vários conceitos bioclimáticos. A iluminação natural é bastante aproveitada através de aberturas zenitais e laterais que permitem a entrada de luz, essa luz é conduzida para os ambientes mais internos através de pátios, átrios, paredes translúcidas e circulações com elementos translúcidos no piso, transmitindo a luz para os ambientes abaixo. O elemento que apresenta maior expressividade arquitetônica no projeto é o conjunto de torres de ventilação, dispostos na volumetria do edifício. O auditório também merece atenção, onde um sistema bastante inovador de ventilação sob a plateia foi implantado, vinda de aberturas horizontais na fachada, atravessando telas sob os assentos, circulando pelo ambiente e subindo para uma das torres de ventilação.

- Centro de Proteção Ambiental de Balbina:

Projetado pelos arquitetos Severiano Porto e Mário Emílio Ribeiro, em Presidente Figueiredo, no Amazonas. Os arquitetos utilizaram materiais locais, como a madeira empregada na cobertura, que é o principal elemento formal do conjunto, as telhas são de cavacos de madeira local e sua estrutura de troncos roliços, as paredes são de alvenaria e independentes da cobertura, permitindo a livre ventilação natural no vão acima dos ambientes. Por ser um centro de pesquisa alguns laboratórios necessitam a utilização de ar condicionado, claraboias sobre os ambientes condicionados permitem a visualização da cobertura. A arquitetura desses arquitetos é um brilhante exemplo de integração formal com o entorno, expressividade bioclimática e utilização sustentável de materiais e técnicas construtivas.

- Hospitais Sarah Kubitschek:

Os hospitais da rede Sarah Kubitschek, foram projetados pelo arquiteto João Figueiras Lima, conhecido como Lelé, que utilizou sheds na cobertura, permitindo a entrada da luz natural, barrando a penetração direta do sol e permitindo a saída ar, permitindo assim a ventilação natural dos ambientes internos



Figura 2 - Hospital Sarah Kubitschek, em Salvador (BA)

Fonte: Joa Souza, Shutterstock, 2020

- Retiro Tagaste:

Projetado pelo arquiteto João Castro Filho, em Ananindeua, no Pará, é um conjunto destinado à habitação dos padres agostinos, e faz uma analogia a uma árvore grande e frondosa, que protege do sol e ao mesmo tempo permite a ventilação natural. Com grandes beirais que protegem do sol nos horários onde ele é mais indesejado, entre 9:30 e 16:30, na borda do telhado existem quebra chuvas e na parte mais alta lanternins que permitem a entrada de luz e a ventilação cruzada da cobertura, utiliza materiais locais, dando expressividade ao conjunto e harmonia com o entorno. É uma autêntica arquitetura bioclimática dos trópicos brasileiros.

- Menara Mesiniaga:

Projetado pelo arquiteto Ken Yeang, na Malásia, o edifício combina inovações técnicas com vegetação. O arquiteto mostra que conhece a trajetória solar, fazendo floreiras suspensas que se posicionam ao redor do edifício em diversos andares de acordo com alturas e azimutes solares específicos, maximizando a sua exposição ao sol, para ele o edifício é baseado na ecologia e nos conceitos bioclimáticos, porém utiliza materiais industrializados, como alumínio, aço e vidro, tendo um visual high-tech.

- Casa Eficiente:

Projeto que envolveu a Eletrosul, Eletrobrás e o LabEEE da UFSC, é uma casa vitrine de tecnologias bioclimáticas e sustentáveis, incluindo a captação de água da chuva, o tratamento dos efluentes por zonas de raízes, o aquecimento solar de água, a utilização de painéis fotovoltaicos como fonte de energia alternativa, o emprego de materiais construtivos locais e de isolamento térmico nas paredes duplas e na cobertura. O projeto também contempla a correta orientação

solar e a proteção contra os ventos indesejáveis do inverno, bem como atende aos requisitos de acessibilidade fixados pela norma técnica (NBR) de acessibilidade. A casa não somente é um exemplo de como integrar diversas técnicas para obter um melhor desempenho, como também é um excelente exemplo de uma arquitetura expressiva, que chama a atenção pela qualidade plástica e volumetria diferenciada.



FIQUE DE OLHO

O objetivo da Casa Eficiente desenvolvida pela Eletrosul, pela Eletrobrás e pelo LabEEE da UFSC é monitorar o consumo de energia e as variáveis ambientais no interior da casa após a sua construção e servir para a comunidade como um centro de visitação para estudantes, pesquisadores e profissionais da área. Se você quiser conhecer mais detalhes do projeto e fazer uma visita virtual pela casa acesse o link: <http://www.eletrosul.gov.br/ampnbspcasa-eficiente-home#top-ce>

Utilize o QR Code para assistir ao vídeo:





PARA RESUMIR

Nesta unidade, você teve a oportunidade de:

- conhecer melhor a influência da vegetação como elemento de conforto ambiental;
- entender mais sobre o que é arquitetura bioclimática;
- aprender sobre diferentes estratégias bioclimáticas ;
- compreender a importância da utilização desse conhecimento nos projetos arquitetônicos;
- estudar edifícios com diferentes tipologias climáticas.



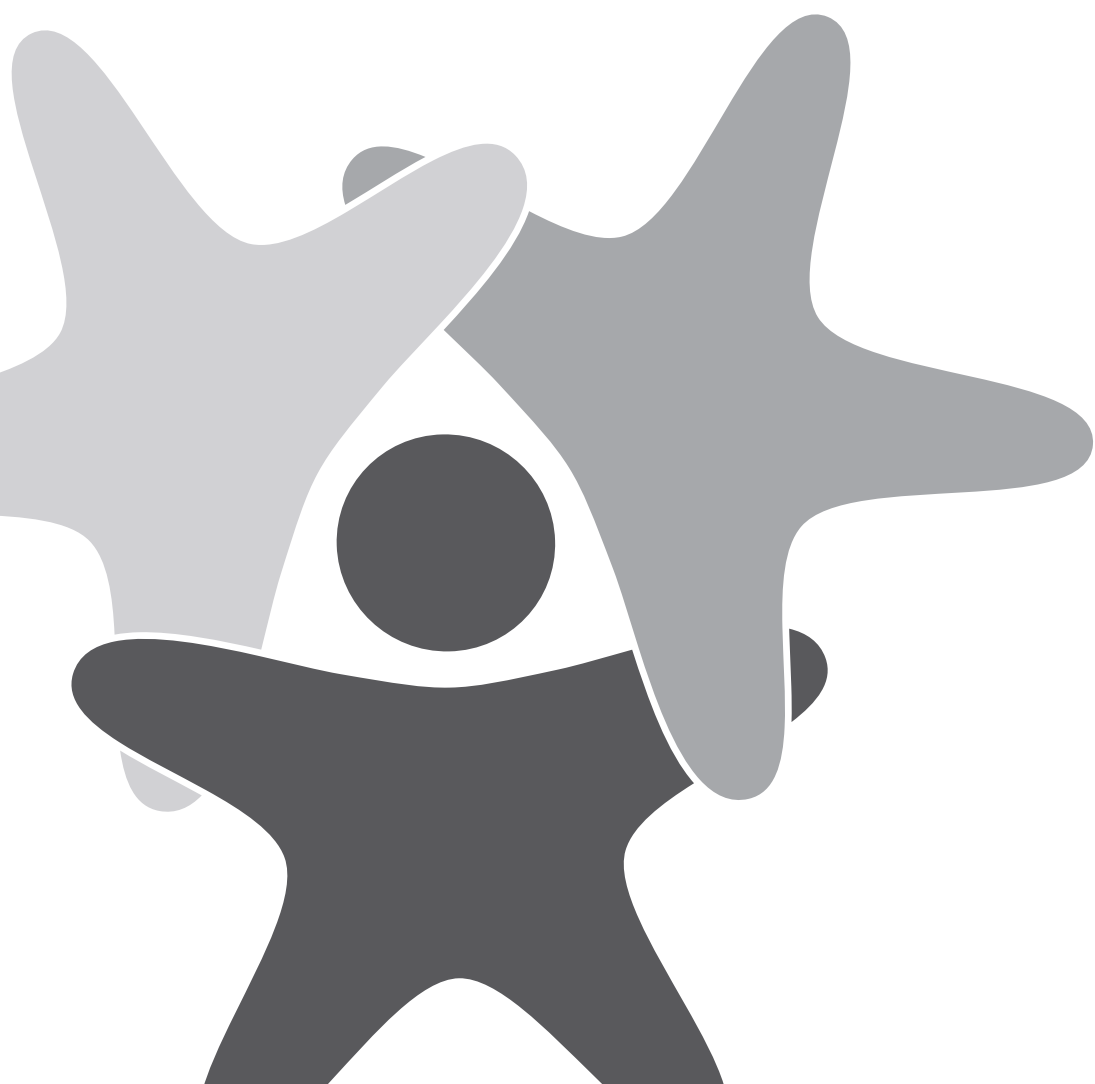
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

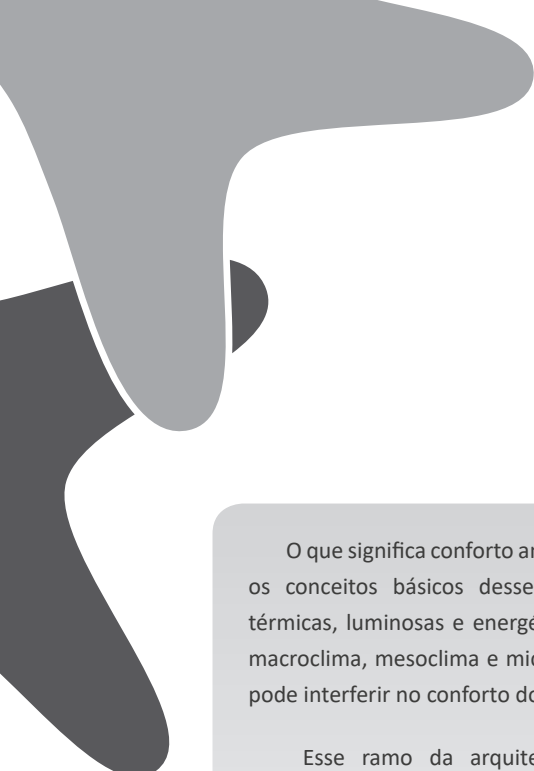


CORREA, C.B. Arquitetura Bioclimática: adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural. Vitruvius Drops. 02 abril 2002. Acessado em fev. 2019. Online. Disponível em: vitruvius.com.br/revistas/read/drops/02.004/1590

LAMBERTZ, R. et al. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ªed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

ROMERO, M. A. B. Arquitetura bioclimática dos espaços públicos. Brasília: Editora da UnB, 2001.





O que significa conforto ambiental? Neste livro você vai entender os conceitos básicos desse tema, que relaciona as condições térmicas, luminosas e energéticas ao projeto arquitetônico. Clima, macroclima, mesoclima e microclima e os fatores resultantes deles pode interferir no conforto dos indivíduos dentro e fora do edifício.

Esse ramo da arquitetura, os conceitos e as principais características são amplamente discutidos nesta obra imprescindível para aqueles que estudam o tema.