



Profiscientia

Periódico Multidisciplinar do IFMT – Campus Cuiabá

PARÂMETROS PROJETUAIS PARA O PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA EDIFICAÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL

DESIGN PARAMETERS FOR ARCHITECTURAL DESIGN OF A MORE SUSTAINABLE BUILDINGS

Edivanete Márcia Nogueira de Andrade¹

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar parâmetros mais sustentáveis aplicados à fase de concepção do projeto de arquitetura, tendo em vista a situação de degradação ambiental causada pelas obras civis no que se refere à própria construção, ocupação e manutenção. Estes efeitos podem ser minimizados com diretrizes projetuais relativamente simples, mas que devem nascer com o projeto. Para elencar os parâmetros baseou-se em pesquisas bibliográficas, quase que exclusivamente nacionais, dividindo as diretrizes projetuais em cinco grupos: localização e implantação, conforto térmico e lumínico, energia, água e resíduos. Observa-se que as diretrizes podem ser aplicadas em diversas subáreas da construção civil, de forma holística e sistêmica, pois soluções apresentadas no projeto de arquitetura podem e vão influenciar projetos de outras engenharias, como elétrica, hidrossanitária e vice-versa. É válido salientar que há inúmeras soluções técnicas possíveis para o mesmo problema, e aqui não se espera apresentar todas essas soluções, e sim introduzir, dentro de cada grupo, além da problematização, a exemplificação de soluções que buscam uma edificação mais sustentável.

Palavras-chave: edificação sustentável, parâmetros de sustentabilidade, construção verde.

¹ Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva, Cuiabá-MT-Brasil. Professora ensino básico, técnico e tecnológico, departamento da área da construção civil (DACC). E-mail: edivanete.andrade@cba.ifmte.edu.br.

Abstract

The most sustainable parameters are applied in buildings and their projects, considering the situation of environmental degradation caused by civil works, regarding the construction, occupation and maintenance itself . These effects can be minimized with relatively simple design guidelines, in some cases, but which must permeate the design of the project. In order to list these parameters were carried out bibliographical research, which also helped define what sustainability is, what is a sustainable building and how was born this concern with the negative interferences of man on the environment. It is observed that the guidelines can be applied in several sub-areas of civil construction, in a holistic and systemic, because solutions presented in the architecture project can influence projects of other engineering, such as electrical and hydrosanitary. It is interesting to note that it is not expected to present all possible solutions, but only a macro view of the problem and some possible parameters that mitigate in order to seek a more sustainable building.

Keywords: sustainability, sustainable building, sustainable parameters

1. INTRODUÇÃO

Fala-se atualmente muito em sustentabilidade nas várias áreas de conhecimento. Em 1987, o termo desenvolvimento sustentável foi definido pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Comissão Brundtland, como “o desenvolvimento que atende às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades” (Câmara da Indústria da Construção, 2008, p. 14).

Na arquitetura e engenharia a sustentabilidade está relacionada a inúmeros fatores – uso consciente da água e da energia, do descarte adequado de resíduos da obra ou daqueles gerados pelo uso da edificação, procedência dos materiais usados, entre tantos outros. De forma geral, a construção civil impacta o meio ambiente e isso causa um desequilíbrio. É possível que as futuras gerações não consigam usufruir de elementos como hoje nós usufruímos.

Para minimizar esses impactos é necessário estar consciente de que os recursos naturais são, em sua maioria, finitos e passíveis de degradação. Assim, é possível projetar pensando em soluções arquitetônicas mais sustentáveis, ou seja, menos impactantes. Vale salientar que alguns parâmetros podem ser divergentes entre diferentes regiões, devido à diversidade de características, climáticas, físicas, sociais, culturais. Busca-se dessa forma apresentar uma preocupação pertinente de harmonia com o meio ambiente em que a edificação está instalada, de modo a permitir uma economia de recursos naturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No contexto da sustentabilidade voltada para a indústria da construção civil, busca-se neste trabalho apresentar uma investigação sobre diretrizes mais sustentáveis e parâmetros projetuais que atendam às edificações e seu projeto de arquitetura correlacionando-o com os projetos complementares. Buscou-se principalmente referências em bases nacionais como livros, teses, documentos de entidades representativas e de órgãos governamentais, fundamentando-se no preceito de que a sustentabilidade se relaciona diretamente com o local onde a edificação está inserida. Mesmo assim, tal fato não impossibilitou revisões em bibliografias de autores estrangeiros, considerando principalmente partes conceituais e parâmetros pertinentes.

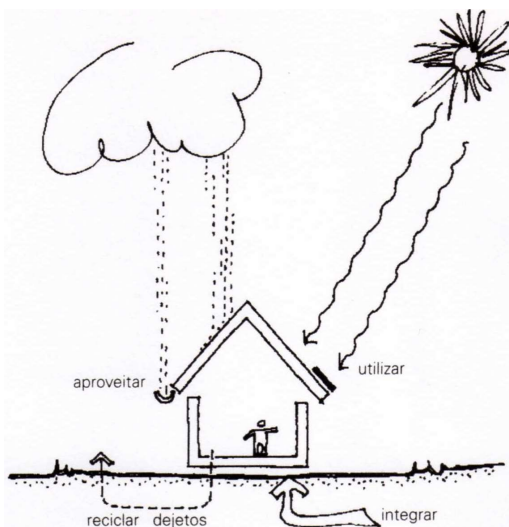
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Câmara da Indústria da Construção (2008, p. 17) caracteriza as edificações como “bens com longa vida útil, produzidas através da aglutinação de diversos materiais e componentes de diferentes indústrias, e que demanda ainda uma grande quantidade de mão de obra”.

Rogers (2008) reflete que a arquitetura surgiu da necessidade do homem por abrigo, evoluiu tecnologicamente e socialmente, com harmonia e valores. Hoje o mesmo autor vê o fim desta motivação humana, com a arquitetura focada apenas na busca de lucro. A verdade é que os edifícios deveriam inspirar e compor as cidades, atendendo às necessidades da sociedade, mas com respeito à natureza.

Para Keeler e Burke (2010) o projeto de edificações sustentáveis é equivalente a um projeto integrado de edificações. Sendo assim, é necessário para esta integração considerar todas as variáveis do projeto, inclusive com o ambiente natural, unificando-o (Figura 1).

Figura 1 – Exemplos de integração entre o edifício e o ambiente natural



Fonte: Lengen, 2009, p. 44

Ao levantar aspectos históricos das edificações, Umakoshi (2008, p. 25, 43) e Roaf, Crichton e Nicol (2009, p. 241) apontam que após a II Guerra Mundial, programas de reconstrução urbana tomaram conta das cidades. Com técnicas construtivas de rápida execução e em larga escala, os edifícios históricos eram substituídos pelo concreto e aço das estruturas pré-fabricadas. Difundidas no mundo, as novas tecnologias – ar-condicionado, elevadores, aço e pele de vidro – permitiram o aumento da altura, da profundidade das plantas e o isolamento do edifício ao meio externo. Este modelo foi exportado e copiado

como o ícone da arquitetura contemporânea e simbolizava a pujança econômica da época. Esse contexto só passou a ser reavaliado com a crise energética de 1970, que introduziu, no vocabulário da arquitetura, os termos ‘verde’, ‘ambiental’, ‘ecológico’ e ‘sustentável’.

Mülfarth (2002, p. 23) relata que no Brasil e na América do Sul, a partir de 1950, impulsionadas pelos efeitos pós-guerra, houve ações que objetivaram a redução do impacto ambiental com a introdução da arquitetura bioclimática. Assim, influenciadas pelo movimento moderno, iniciou-se uma preocupação com iluminação natural, orientação da edificação e inserção de novos elementos arquitetônicos como o *brise soleil*. Para Evans (2001 apud MÜLFARTH, 2002, p. 23), os governos militares e a instabilidade política, social e econômica retardaram e prejudicaram as pesquisas e a continuidade da utilização desses conceitos.

Outro aspecto abordado por Rogers (2008, p. 74, 164) sobre os edifícios trata das rápidas mudanças da vida moderna as quais não podem ser contidas pelo caráter estático das edificações. Em conformidade, Edwards (2008, p. 162) também considera que a função tem se tornado obsoleta diante das rápidas mudanças sociais e econômicas, a qual torna o espaço menos específico. Pode-se afirmar, então, que tal dinamicidade requer edifícios resilientes e flexíveis, capazes de abrigar funções diversas ao longo de seu ciclo de vida.

Segundo Roaf, Crichton e Nicol (2009, p. 51), as edificações são a nossa terceira pele, ou seja, servem como proteção. Para Gouvêa (2008, p. 149), junto com a vegetação, os edifícios são partes integrantes e configuram a paisagem urbana. No entanto, o edifício não é uma unidade isolada, pois gera impactos ao longo do seu ciclo de vida. Este ciclo consiste desde o projeto, inclui a sua construção, passa pela utilização e segue até sua demolição, reutilização e/ou reciclagem – do todo ou de suas partes.

Edwards (2008, p. 3) expõe que a indústria da construção civil é uma das atividades menos sustentáveis do planeta, sendo responsável pelo consumo de 50% dos recursos naturais mundiais. Dentro deste contexto, Porto (2006, p. 64) delimita bem o objetivo da construção sustentável: “*diminuir o impacto das edificações para o meio ambiente e seus usuários*”. Vale destacar a opinião de Mülfarth (2002, p. 190) que afirma: “esta nova arquitetura só será viável com base de novos paradigmas”. Edwards (2008, p. 5, 6) acredita que a edificação sustentável é a base da sustentabilidade, e, vai influenciar toda a cadeia. Assim, ao aceitar, por parte da sociedade em geral, a ideia de projetos de edificações sustentáveis, o desenvolvimento sustentável das cidades será apenas uma consequência.

Edwards (2008, p. 164) indica a necessidade de aplicar os princípios ecológicos desde o início do projeto, de modo a evitar o aumento de custos, tendo em vista a dificuldade

de adaptar as edificações existentes. Rogers (2008, p. 74) acrescenta que “edifícios fáceis de serem modificados terão vida útil mais longa e representam uma utilização mais eficiente de recursos”. Desta forma especificações funcionais devem ser evitadas, por serem caracterizadas pela inflexibilidade.

Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 32) elencam princípios nos quais todas as edificações deveriam se basear e projetar: para um clima específico; para o meio ambiente social e físico; e para o tempo, isto é, dia e noite, estações do ano e ao longo dos anos.

Outras características abordadas por Edwards (2008, p. 5, 166, 197) tratam da produção, pelas edificações, da sua própria energia, da captação e reciclagem da própria água, da utilização de materiais reciclados e da reutilização de resíduos da construção. Pode-se ainda equilibrar o CO₂ produzido durante a construção e uso do edifício com o plantio de árvores que ‘capturam’ este poluente.

Para um projeto sustentável é imprescindível projetar com vistas à durabilidade, possibilitando a fácil substituição ou renovação de componentes ou sistemas e observar a simplicidade operacional, o que permite a sua atualização periódica. É necessária também a utilização de energias renováveis, priorizando o uso de iluminação e ventilação natural.

Sobre os materiais construtivos, Mülfarth (2002, p. 63) aborda a necessidade de resgatar as tradições construtivas, aliando-as às novas tecnologias. É imprescindível pensar no final da vida útil de uma edificação, em que se costuma ter três destinos: reuso de partes em novas construções, reciclagem de seus materiais e demolição com a deposição dos entulhos em aterro sanitário.

Sobre os custos de um edifício mais sustentável, Porto (2006, p. 32) afirma que estes tendem a serem maiores do que os custos de uma execução convencional. Porém, é interessante salientar que alguns sistemas, como, o reaproveitamento de águas cinzas e águas pluviais, geração de energia fotovoltaica e aquecimento solar de água, são exemplos que reverterem em benefícios econômicos.

É possível afirmar que um projeto de edificação mais sustentável envolve inúmeras facetas, e que estas se inter-relacionam. A seguir são apresentados cinco grupos com alguns parâmetros projetuais para uma edificação mais sustentável e menos impactante.

3.1.1 Localização e implantação

De forma geral, Keeler e Burke (2010, p. 221) apresentam, sob a perspectiva sustentável, a priorização de se construir em terrenos já urbanizados e ocupados em vez de

áreas virgens. Isso faz com que usufruamos de serviços já existentes, como sistemas de água, energia e esgoto, além de proximidade com escolas, postos de saúde, hospitais, áreas de lazer e acesso mais fácil ao transporte público. Essa diretriz minimiza gastos do poder público em novas obras de infraestrutura (que impactariam e gerariam resíduos) e minimizam os deslocamentos.

Sobre o local, o edifício deve ‘conversar’ com o seu entorno e considerá-lo durante o projeto. Segundo Gouvêa (2008, p. 151), o edifício deve “impactar ecologicamente o menos possível e atender aos aspectos funcionais, construtivos, às normas de segurança e exigências socioeconômicas da cultura local e regional onde estiver inserido”.

Neste sentido, os condicionantes naturais e particulares de um determinado sítio devem influenciar a elaboração do projeto do edifício. Para exemplificar, Edwards (2008, p. 66) delimita que a orientação solar, a área de projeção do edifício e sua localização no terreno permitem um melhor aproveitamento da captação de fontes naturais, como solar ou eólica. Além de orientar as fachadas e aberturas de acordo com a orientação solar, são exemplos de uma boa integração do edifício com o entorno, o aproveitamento dos desníveis do terreno e criação de microclimas umedecidos, sombreados e ventilados pela vegetação existente.

Rogers (2008, p. 97-98) afirma que a arquitetura precisa, urgentemente, minimizar seu embate com a natureza, ou seja, é necessário respeitar as leis naturais. Assim, a arquitetura é mais racional e eficiente quando interage harmoniosamente com a natureza, aproveitando o que ela tem para oferecer, sem prejudicá-la.

3.1.2 Conforto térmico e lumínico

Corbella e Yannas (2009, p. 38) afirmam que um bom nível de conforto ambiental é atingido quando as decisões adotadas nos projetos consideram as questões térmicas, visuais e acústicas de forma integrada. Sendo assim, para uma arquitetura mais sustentável, são imprescindíveis ao projetista, referências do meio externo.

Vitrúvio, no século I a.C., segundo Edwards (2008, p. 37) já sugeria que o projeto arquitetônico de uma edificação deveria mediar o conforto interno e o ambiente externo. Logo, deveria explorar os recursos naturais, como iluminação solar e ventilação natural. Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 76) também delimitam como prioridade, em um projeto de edifício, o uso mínimo de energia para o seu funcionamento.

O fato é que se a edificação não for confortável, os seus usuários farão todo o possível para atingir o conforto, e isto geralmente envolve o uso de energia elétrica. Segundo Roaf,

Crichton e Nicol (2009, p. 130, 239, 241), desde 1748 há experimentos relacionados com o condicionamento do ar, no entanto a refrigeração foi usada pela primeira vez em larga escala na virada do século XX, para conservação de alimentos. Em 1890 foram realizadas as primeiras tentativas de condicionamento de ar em escritórios de edifício no Reino Unido e nos Estados Unidos. A partir de 1930 esses sistemas tornaram-se mais comuns. Assim o condicionamento artificial do ar criou edifícios onde o clima interno é dissociado do clima externo. Para Keeler e Burke (2010, p. 107) “a fé inquestionável nas soluções tecnológicas fez com que muitos dessem preferência a ambientes internos constantes e ‘ideais’, rejeitando aqueles que variavam de acordo com as oscilações diurnas e sazonais”. Segundo os autores, nos EUA 90% das novas habitações são construídas com condicionamento de ar central.

Gouvêa (2002. p. 19, 22, 155) traz exemplos de arquitetura que privilegiavam o conforto térmico de modo natural. A casa colonial brasileira, com seus grandes beirais, generosas varandas e os antigos azulejos nas fachadas protegiam as paredes externas do Sol e da chuva, e quando associados à vegetação arbórea contígua criavam ambientes muito agradáveis. Era comum o uso de ventilação zenital, e na casa regional goiana essa ventilação se dava através dos forros e telhas. Havia também o treliçado de madeira nas janelas e forros de panos nos tetos que permitiam a aeração natural, ou seja, a renovação do ar por meio da ventilação.

Para Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 120, 124), o controle da ventilação é uma das preocupações mais importantes em relação à edificação. É o movimento do ar dentro do prédio ou entre um edifício e o exterior.

O ar se move com muita facilidade e sempre sob um gradiente de pressão. A pressão positiva ocorre do lado de ventos de uma edificação contra o qual o ar é impelido com alguma força. A pressão negativa ocorre no sotavento de uma edificação, na área protegida dos ventos, e succiona o ar da estrutura. [...] O ar quente é menos denso do que o ar frio; assim, as variações de pressão que fazem com que as massas de ar quente subam também fazem com que as massas de ar frio desçam. Isso é chamado de “efeito chaminé” e pode ser usado para ventilar um espaço (ROAF, FUENTES e THOMAS, 2009).

Além de fornecer ar fresco de forma gratuita, a ventilação direta esfria ou aquece os usuários por meio da convecção e, indiretamente, esfria ou aquece a estrutura da edificação. Também dilue e remove os contaminantes, odores e vapor d’água do ambiente interno. Porém, o fato é que muitas edificações foram e ainda são concebidas com vistas ao uso liberado de energia. Assim, muitos edifícios comerciais e de escritórios são projetados com

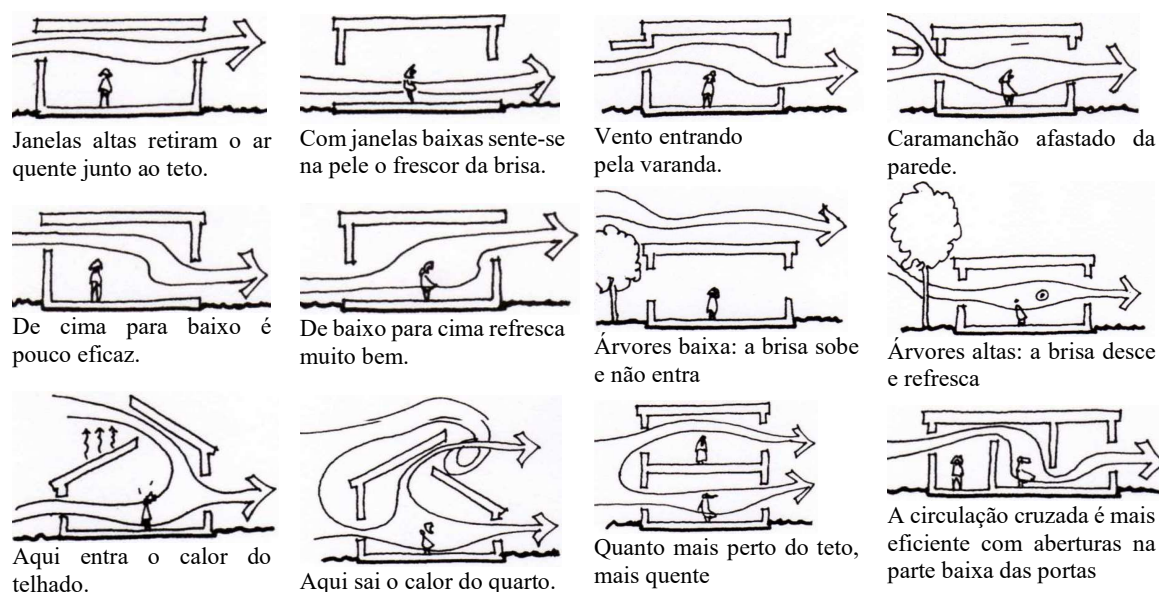
ambientes internos fechados, isolados do ambiente natural. Isto resulta em alto consumo de energia, poluição do meio ambiente e no isolamento das pessoas em relação à natureza.

Roaf, Crichton e Nicol (2009, p. 250) relatam que nos EUA, o trabalhador de escritório deixa de trabalhar, um dia por mês, em média, devido à Síndrome do Edifício Doente, resultado da falta de qualidade do ar interno. A Síndrome do Edifício Doente foi reconhecida pela OMS (Organização Mundial da Saúde) em 1982, e internacionalmente é denominada como SBS – *Sick Building Syndrome*. Refere-se à relação entre causa e efeito das condições ambientais internas, com reduzida renovação de ar, e os vários níveis de agressão à saúde de seus ocupantes, através de fontes poluentes físicas, químicas e/ou microbiológicas. Um edifício está ‘doente’ quando cerca de 20% de seus ocupantes apresentam sintomas transitórios associados ao tempo de permanência, que desaparecem após curtos períodos de afastamento. Além de afetar a saúde dos ocupantes, Keeler e Burke (2010, p. 87, 186) acrescentam: atinge o conforto e a produtividade dos trabalhadores, desvaloriza os imóveis, aumenta o atendimento no serviço de saúde e pode acarretar despesas judiciais.

Mascaró (2006, p. 39) vê o ar-condicionado e a iluminação artificial como inovações que marcaram negativamente a arquitetura, pois esta possibilidade de controle climático pôs fim aos compromissos ambientais do projeto de arquitetura. Segundo Keeler e Burke (2010, p. 107) os próprios arquitetos outorgaram a responsabilidade pelo conforto para os engenheiros mecânicos e elétricos, acreditando que esse seria obtido por meio dos equipamentos, e não pelo projeto de arquitetura. O mercado deve parar de vender conforto e qualidade de ar como produtos, e, sim, como atributos ou características do próprio edifício, ou seja, projetos com estratégias passivas de ventilação, o que requer grande conhecimento e capacidade dos projetistas. A ventilação natural permite que o calor circule, porém isto depende muito da posição das portas e janelas em relação à direção do vento predominante. A Figura 2 apresenta algumas considerações em relação às aberturas e a ventilação.

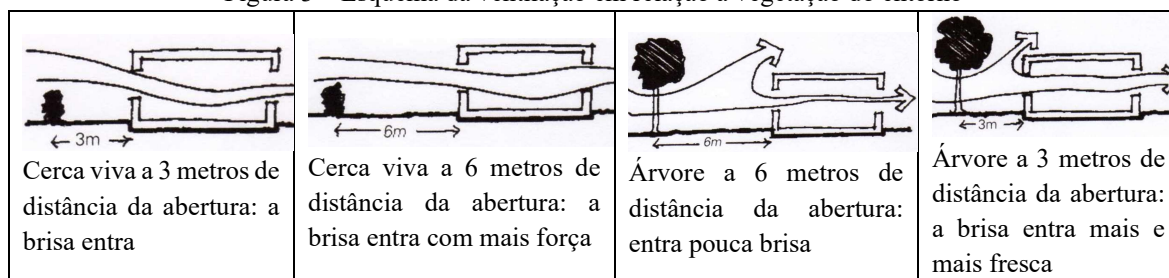
Rogers (2008, p. 93) indica para edifícios que seus andares se conectem a um espaço maior ou átrio. Assim, o ar que entra pelas janelas atinge esse espaço aberto e, naturalmente, o ar quente sobe, dando lugar a um ar mais ameno. Para um resfriamento natural, Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 130) sugerem utilizar o vento que passa por cima de água ou vegetação. Sobre o uso de vegetação como umidificadora de ventos, Lengen (2009, p. 50) apresenta, na Figura 3, algumas considerações sobre a distância entre as plantas e a edificação.

Figura2 – Esquemas de ventilação cruzada



Fonte: Adaptado de Lengen, 2009, p. 48-49

Figura 3 – Esquema da ventilação em relação à vegetação do entorno



Fonte: Adaptado de Lengen, 2009, p. 50

É importante comentar a necessidade de permitir e possibilitar a ventilação externa ao edifício. Para aproveitar integralmente a ventilação existente, Gouvêa (2002, p. 133) recomenda que a distância entre um edifício e outro seja igual ou maior a 6 vezes a altura do edifício.

Outra característica muito usual, denominada como *castigo inevitável da arquitetura moderna* por Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 93-246), é o excesso de vidros nos fechamentos externos – um dos principais problemas climáticos dos edifícios modernos. Vale salientar que a radiação solar pode ser refletida (externa), transmitida (interna) e absorvida, e esta última é posteriormente irradiada para o ambiente externo e interno.

A homogeneização quase que total das formas e materiais dos edifícios, ocasionada pela globalização, manifesta-se de forma clara quando grandes edifícios de vidro espelhado surgem em cidades como Manaus e Cuiabá (Gouvêa (2008, p. 14). Com climas divergentes

dos países europeus onde esta tecnologia foi concebida, é necessário empregar muita energia para resfriar ou retirar o ar quente dos ambientes internos.

O clima deve ser a principal variável que influencia a cultura e as atitudes térmicas das pessoas e, principalmente, o projeto de suas edificações. De acordo com Keeler e Burke (2010, p. 118) é imprescindível caracterizar o clima externo, o qual inclui dados de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, condições do céu e precipitações. Para um panorama completo é necessária a análise das oscilações diárias de temperatura e dos padrões sazonais de precipitação. Para Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 34) o clima é a mais poderosa influência sobre a forma das edificações. Os autores consolidam que “a proporção entre área de superfície e o volume é muito importante nos ganhos ou perdas de calor de uma edificação”; sendo assim, quanto maior o volume do edifício, mais área de superfície ele terá para perder ou ganhar calor. Desta forma, sugerem prédios de formas compactas, de modo que sua capacidade de trocas térmicas seja reduzida.

Bustos Romero (2007, p. 45) acrescenta que “*o ato de construir um novo edifício modifica o clima exterior*”. Gouvêa (2002, p. 150) exemplifica: os ventos dominantes mudam de direção na malha urbana dependendo dos obstáculos que encontra, como construções e massas vegetais. Outro exemplo são as ilhas de calor que se formam em áreas densamente urbanizadas decorrentes, segundo Keeler e Burke (2010, p. 154, 231), da falta de vegetação e das vastas superfícies (pisos e coberturas) com materiais absorventes de calor.

Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 36) indicam, para países com clima quente ou muito quente, que as edificações devem ser boas dissipadoras de calor. Para tanto, é necessário que elas se expandam, isto é, devem ter grande proporção entre área da superfície e o volume. Mesmo assim, as paredes voltadas para o Sol devem ser protegidas da radiação direta por meio de varandas, sacadas, beirais amplos, vegetação, entre outros. Ainda sugerem plantas baixas amplas, que além de dissipar o calor, promovem uma boa ventilação cruzada, auxiliando o resfriamento. Estas são soluções difíceis de serem adotadas em plantas baixas com formato mais compacto. Outra solução abordada por Gouvêa (2002, p. 145) para reduzir os efeitos do Sol direto e aumentar a umidade é utilizar a vegetação em muros e paredes externas e internas da edificação. Denominadas de paredes vivas ou paredes verdes, melhoraram o conforto e reduziram os gastos com revestimentos (materiais processados).

A mesma prática pode ser utilizada nas coberturas, que sofrem grande impacto do calor e, por consequência, os cômodos do último pavimento acompanham mais rapidamente as temperaturas instáveis da atmosfera. É necessária uma atenção especial sobre a superfície da cobertura, tendo em vista que, em alguns casos, a área coberta é aproximadamente igual

à soma das superfícies de todas as faces exteriores da edificação. Lengen (2009, p. 144) afirma que um plano inclinado em relação aos raios solares esquentam menos que um plano em ângulo reto. Outra solução são as coberturas verdes, além de serem ‘frias’, retêm as águas pluviais e podem se tornar um habitat para pássaros e pequenos animais.

Segundo Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 183), em climas temperados, a simples orientação dos ambientes na direção do Sol torna possível poupar cerca de 30% da energia gasta com aquecimento. Para climas mais quentes, o inverso, onde esta posição aquece tanto a edificação que se faz necessário o uso de elementos de proteção. O fato é que a orientação oeste é a mais difícil, pois o Sol baixo coincide com a parte mais quente do dia, o que, em baixas latitudes, supera aquecem os espaços no verão.

Além da baixa inclinação, Edwards (2008, p. 176-177) descreve problemas relacionados com a incidência exagerada da luz solar que causa ofuscamento nas áreas de trabalho dos usuários. O autor ainda indica que os edifícios, principalmente os de escritórios, deveriam ser implantados sobre um eixo leste-oeste, para que as fachadas principais fiquem a norte e sul. Assim, a fachada voltada para o Equador – as orientações variam de acordo com a localização da edificação, ou seja, no hemisfério norte ou sul – deve ser protegida da incidência excessiva dos raios solares pelo uso de anteparos externos, ou ventiladas por meio de câmara abertas em sua extremidade superior. Já a outra fachada pode ser totalmente envidraçada, pois não apresenta complicações associadas à incidência da luz solar.

Segundo Corbella e Yannas (2009, p. 37), para alguns locais é requisito indispensável no projeto a proteção contra a radiação solar direta. Bustos Romero (2007, p. 146) define esta proteção como protetores da pele, ou seja, elementos que detêm a radiação solar antes que atinja a envoltória do edifício, de modo a permitir, quando necessário, a ventilação, visão e entrada de luz, como *brises soleis*, beirais, arborização.

Para Keeler e Burke (2010, p. 100) os *brises soleis* são os exemplos mais dinâmicos de protetores solares, pois conseguem acompanhar, quando móveis, o movimento aparente do Sol. Outro elemento importante, segundo Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 109-111, 139), é a janela como elemento de fechamento de uma edificação. Assim, devem ser projetadas para um propósito específico: “não faz sentido criar uma grande porta de vidro até o piso se há pouca ventilação”. Os autores também recomendam que as janelas assegurem um desempenho térmico similar ao das paredes adjacentes. Em climas temperados e frios, o lado da construção voltado para o Sol deve ter mais janelas enquanto o lado oposto deve ter menos, de modo a evitar a perda de calor pelo lado frio. Em climas quentes, sugere-se não projetar janelas muito grandes sem proteção contra o Sol e, principalmente no verão, todas

as janelas devem ser sombreadas. Edwards (2008, p. 153) resume que para o complexo projeto de janelas deve-se considerar o “dimensionamento, a forma e seu posicionamento, assim como o ângulo de abertura das folhas, o posicionamento de venezianas (internas e externas) e o dimensionamento dos vãos”.

Sobre os vidros, alguns autores destacam estratégias tecnológicas. Rogers (2008, p. 98) traz à tona o vidro eletrônico, que reflete quanto o Sol brilha, o que impede a entrada de luz direta, e transparente quando está nublado; Edwards (2008, p. 177) indica também as peles duplas com diferentes tipos de vidro; Keeler e Burke (2010, p. 101, 153) apresentam os vidros de alto desempenho que “permitem a entrada de luz (por transmitância luminosa visível) e protegem do sol, selecionando ou refletindo a luz e o calor de maneira espectral”. Vale salientar que toda e qualquer tecnologia deve ser integrada a uma edificação bem projetada e não ser vista como um conserto tecnológico para projetos ruins.

Gouvêa (2002, p. 61) traz uma consideração relativamente simples sobre o conforto térmico dos ambientes: a indicação de pisos e revestimentos claros para ambientes externos, pois o fato é que as superfícies claras refletem mais do que às escuras.

Em relação ao conforto visual ou lumínico, Corbella e Yannas (2009, p. 37-38) o relaciona à questão do ver bem, ou seja, ter um bom nível de luz para exercer determinada tarefa. Geralmente o desconforto ou cansaço visual, neste caso, está relacionado também com a má distribuição de luz no ambiente, que pode causar ofuscamento ou grandes contrastes. O ideal é integrar o projeto de iluminação artificial com a iluminação natural para não desperdiçar energia elétrica. Isso é possível com o aproveitamento da iluminação natural próxima às janelas, por exemplo.

Segundo Keeler e Burke (2010, p. 100, 150), a maximização da iluminação natural depende da orientação da edificação e do dimensionamento das janelas em relação à profundidade do ambiente. Uma regra básica apresentada pelos autores é: quanto mais alta a janela, mais profunda será a zona que receberá luz natural. Edwards (2008, p. 69-70) define que a profundidade dos cômodos não pode ser superior a 7 (sete) metros a partir das fachadas com aberturas. Essa iluminação natural pode ser maximizada com o uso de *brises soleils* reflexivos ou prateleiras de luz posicionadas no exterior das edificações. Além de aumentar a incidência de luz nos ambientes, evitam contrastes bruscos e ofuscamento. É possível ainda utilizar aberturas zenitais (lanternim, *shed*, claraboia, átrio) para aprimorar, difundir e controlar os efeitos da luz.

Em relação aos equipamentos convencionais, é possível selecionar aqueles mais eficientes, como luminárias, lâmpadas fluorescentes e de led, que consomem menos energia,

geram menos calor e produzem a mesma luminosidade que as lâmpadas incandescentes e os reatores eletrônicos. De forma simples, é viável zonear o ambiente e seus controles de acionamento de acordo com a proximidade da luz natural. Os autores ainda acrescentam o uso de tecnologias como sensores de luz, que acionam a iluminação artificial quando os níveis de iluminação natural diminuem, sensores de presença, de ausência ou de movimento e os sistemas de dimerização (amortecimento de luz) manual ou não.

3.1.3 Energia

A poluição é o grande problema relacionado com a energia elétrica utilizada nos ambientes urbanos e edificados. O óbice não está na energia em si, mas nas fontes de geração predominantes, nas fontes não renováveis cuja manipulação gera inúmeros poluentes como, por exemplo, o CO₂. Neste sentido, surge a preocupação com a eficiência energética, de modo a minimizar os efeitos negativos da produção de energia.

Da parte do governo foi criado, em 2009, um processo de etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos, visando à eficiência energética. Ainda de forma voluntária é aplicável em edifícios com área superior a 500 m² ou atendidos por alta-tensão. O fato é que, no mínimo, serve de referência para minimizar os gastos energéticos em novos projetos. Em 2014, a etiquetagem de edifícios tornou-se obrigatória em edifícios da Administração Pública Federal novos ou que recebam *retrofit*.

Edwards (2008, p. 176) considera que a maior parte da energia consumida numa edificação, principalmente com função para o trabalho (escritórios), é devido a iluminação, ventilação mecânica ou condicionamento de ar e equipamentos (computadores). Com este contexto, a forma mais simples de economizar energia é aproveitar o máximo de iluminação natural e utilizar aparelhos de baixo consumo energético. No caso do Brasil, os equipamentos elétricos e as lâmpadas são etiquetados em relação à eficiência energética. Esta etiquetagem pertence ao Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO.

É fato que a iluminação e o condicionamento artificial são tecnologias que ‘facilitaram’ e ‘simplificaram’ os projetos, eliminando as preocupações referentes à iluminação e ventilação natural. Mascaró e Mascaró (2006, p.179) destacam que a iluminação artificial, diante do modelo moderno das torres de vidro, cria conflito com o espaço urbano devido à luz que ‘escapa’ pela transparência do principal elemento de vedação. Além disso, é um desperdício energético.

O Sol é definido por Bustos Romero (2007, p. 71) como a fonte primária de iluminação natural (luz do sol). O céu atua como fonte secundária devido aos fenômenos de difusão atmosférica da luz solar – luz do céu ou luz do dia. E os corpos que recebem a luz destas fontes adquirem uma luminância em função da iluminação recebida e de suas propriedades refletivas, convertendo-as em fontes refletoras de luz – luz refletida. Portanto, para a iluminação natural, a maior importância é o aporte da luz difusa proveniente do céu.

Roaf, Crichton e Nicol (2009, p. 303) acrescentam que a energia solar apresenta inúmeras vantagens como fonte energética para as edificações. Os sistemas fotovoltaicos, que fornecem eletricidade limpa (sem emitir CO₂), além de serem silenciosos, resistentes e exigir pouca manutenção e reparos, podem ser incorporados à pele dos edifícios, reduzindo o seu custo de instalação. Os autores elencam outras funções as quais podem ser desempenhadas pelas células fotovoltaicas modulares: sistema de cobertura, passarelas cobertas, telhas planas ou curvas, *brises* e para-sóis. Os sistemas solares fotovoltaicos e térmicos reduzem, significativamente, o impacto ambiental total de um edifício.

3.1.4 Água

Consumo Sustentável (2005, p. 28) enfatiza que o consumo diário de água é muito variável. Além de estar relacionado com a disponibilidade local, o consumo também se relaciona com o nível de desenvolvimento do país e com o nível de renda da população. Borba (2007, p. 16) relata que na América do Norte se gasta entre 200 a 250 litros/pessoa/dia; na Europa entre 140 a 200 litros; em São Paulo, 200 litros; na África, em torno de 15 litros. Edwards (2008, p. 100) afirma que dos 150 litros consumidos por pessoa em uma edificação padrão na Europa, apenas 4 litros são para beber. Consumo Sustentável (2005, p. 28) estima que, no mínimo, são necessários 40 litros de água por dia para uma pessoa realizar suas atividades – beber, tomar banho, escovar os dentes, lavar as mãos, cozinhar etc. Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas de consumo de água residencial em diferentes atividades.

Gonçalves e Jordão (2006, p. 13-15) classificam a água destinada ao consumo humano pelos seus usos: potável e não potável. O uso potável é voltado para a higiene pessoal, beber e na preparação de alimentos; o uso não potável destina-se a lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, piscinas, entre outros. Segundo o autor, o banheiro é o ponto de maior consumo de água e independe da região do país: representa mais da metade do consumo de água nas residências.

Tabela 1 – Consumo de água em diferentes atividades

Atividade	Unidade	Quantidade
Beber	litros/pessoa/dia	1 a 3
Asseio sem ducha	litros/pessoa/dia	5 a 10
Lavagem e preparação de alimentos	litros/pessoa/dia	2 a 5
Limpeza da habitação	litros/família/dia	8 a 15
Lavagem de roupas	litros/pessoa/dia	5 a 10
Ducha	litros/pessoa/dia	30 a 100
Limpeza de sanitários	litros/família/dia	20 a 50
Lavagem de automóveis	litros/automóvel/dia	100 a 300
Lavagem de pátios	litros/família/dia	100 a 200
Rega de jardim	litros/m ² /dia	1 a 3

Fonte: Mascaró e Yoshinaga, 2005, p. 103

Sobre as exigências de pureza, Mascaró e Yoshinaga (2005, p. 103) afirmam que são fixadas conforme o tipo de uso da água. A que apresenta maior exigência de qualidade é destinada a bebida e alimentação. O elevado custo de potabilização é resolvido, geralmente, com o uso de purificadores domiciliares. Em alguns poucos casos são construídas duas redes de água, uma potável e outra não.

Gouvêa (2008, p. 157) acredita que “a utilização da água tratada para regar plantas, encher piscinas, lavar carros, é absolutamente incompatível com a necessidade cada vez maior do líquido para o consumo humano”. Outra incompatibilidade é o desperdício relacionado com a falta de consumo consciente: banhos demorados, descargas que consomem muita água, lavagem com água potável, uso de mangueira como vassoura na limpeza de calçadas, lavagem de carros.

Para os usos não potáveis é possível utilizar fontes alternativas de água, independentes do sistema público, e essas ações se caracterizam como importante prática na busca da sustentabilidade hídrica. São algumas fontes alternativas: aproveitamento da água da chuva, reuso das águas servidas e dessalinização da água do mar. Segundo Mülfarth (2002, p. 128), a utilização das águas da chuva e cinzas são soluções amplamente discutidas como alternativas ao racionamento de água.

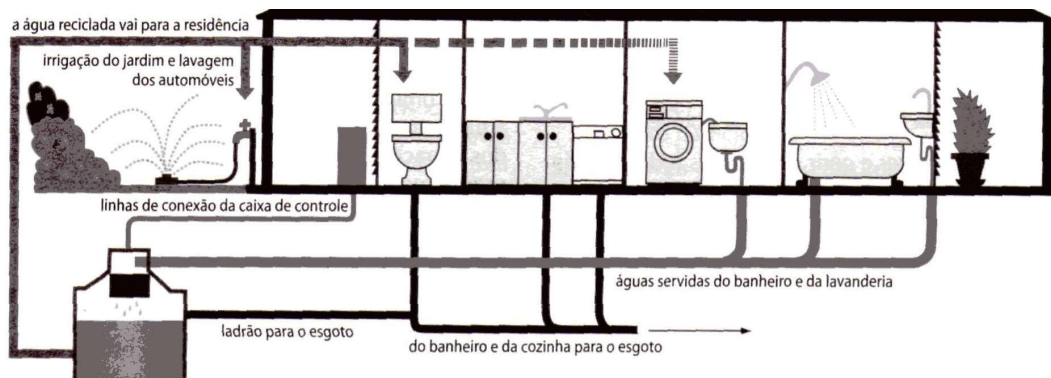
No caso do aproveitamento das águas da chuva, Edwards (2008, p. 105-106) recomenda um tratamento por meio de filtros de luz ultravioleta e carvão antes do consumo para fins potáveis. Para fins não potáveis, a água drenada das coberturas, ruas ou terrenos deve passar por um filtro de areia – segundo Lengen (2009, p. 618), esse filtro de areia consiste na passagem lentamente da água pela areia, o que permite, após duas semanas, a formação, sobre a superfície, de uma camada de limo que fará a filtragem fina. Este limo é um eficiente filtro biológico que retém e digere microrganismos nocivos existentes na água da chuva – antes do consumo. Já a água reciclada consiste na condução das águas cinzas a

um reservatório que contenha um processo de depuração, sendo o cultivo com juncos um processo natural.

O cultivo de juncos em reservatórios de água a céu aberto atua de forma biológica sobre as águas residuais, para sua depuração. As raízes dos juncos, assim como as de outras plantas, proporcionam oxigênio para as bactérias presentes de forma natural na água, digerindo qualquer agente patogênico presente. Os coliformes fecais são decompostos junto com as substâncias residuais, proporcionando uma água rica em nutrientes para um lago (LENGEN, 2009)

Com o tratamento é possível o uso da água para irrigação, recreação, serviços e diversificação ecológica. O sistema de reaproveitamento de água pode ser só um, composto pelas águas da chuva e águas cinzas. No fim, após tratamento, se destinariam a descargas de vasos sanitários e na rega de jardins. Na Figura 4 é apresentado um esquema do reaproveitamento de águas servidas.

Figura 4 – Esquema do reaproveitamento das águas servidas



Fonte: Keller e Burke, 2010, p. 25

Mülfarth (2002, p. 129) acrescenta a educação como um forte fator na redução do consumo de água. Além do governo e dos profissionais, a população deve se conscientizar da necessidade de utilizar a água de forma mais sustentável, com intuito de reverter este quadro de desperdício.

Neste contexto Edwards (2008, p. 105, 108) define as fontes alternativas de água como uma das formas de preservação dos recursos naturais de maior visibilidade. Ao contrário da conservação energética, a reutilização da água é um processo direto e visível. Para o autor, “a conservação da água demonstra a prática da sustentabilidade de uma forma muito tangível” e “as edificações que não respondam a esse desafio deixarão de atender questões essenciais da arquitetura do século XXI”. Além de reduzir o consumo de água nos sistemas de abastecimento e preservar as águas subterrâneas, a conservação de água nas

edificações reduzem as tarifas. Edwards (2008, p. 104) e Mascaró e Yoshinaga (2005, p. 110) acrescentam que estes sistemas alternativos de água, além de permitirem importantes economias nos volumes de água, diminuem o volume de águas servidas e, por consequência, reduzem a energia consumida para o processamento do esgoto.

Além de separar os reservatórios e as instalações de água potável e não potável, a redução de consumo, segundo Edwards (2008, p. 102, 104), também é conseguida mediante o uso de equipamentos econômicos como válvulas de descarga com baixo consumo ou duplo acionamento (meia descarga e descarga completa) e mictórios com descargas ativadas por sensores ou sem água. O autor indica que, no âmbito doméstico, as descargas com duplo acionamento reduzem em até 40% o consumo de água. É possível acrescentar ainda o uso de torneiras com regulação de vazão (arejadores), com acionamento por sensores (automáticas) e sanitários compostáveis.

Não relacionados com os equipamentos, o critério de educação e a necessidade de controle de consumo (hidrometração individual) são parâmetros que devem ser aplicados. Este último é de grande valia em residenciais multifamiliares e edifícios de escritórios.

3.5 Resíduos

Roaf, Fuentes e Thomas (2009, p. 261) inferem que nos EUA uma pessoa por dia produz cerca de 220 a 450 litros de águas residuais. As principais considerações em relação aos resíduos sanitários são economizar água e reusar as águas cinzas (com novo reservatório e tratamento). Com estas premissas é possível reduzir o volume de águas servidas.

Sobre o lixo, este é um dos grandes problemas das cidades, porém passível de ser solucionado ou, ao menos, minimizado. Na edificação, Gouvêa (2008, p. 182) recomenda a coleta seletiva não muito diversificada, para o lixo seco e orgânico, de modo a viabilizar o processo de reciclagem. É possível ainda, nas próprias edificações, o tratamento de compostagem para o lixo orgânico, a qual pode ser utilizado, segundo Lengen (2009, p. 122), para fertilizar o próprio jardim.

4. CONCLUSÃO

Não se busca, nem se tem a pretensão de apresentar um manual para uma edificação sustentável. Primeiro porque considera-se o termo ‘edificação sustentável’ uma utopia, já que é impossível ser realizado em sua totalidade – assim nasce o termo ‘edificação *mais*

sustentável'. Segundo, porque não é possível apresentar um manual adequado às inúmeras possibilidades que se tem na construção civil e pretende-se apenas apresentar problemas e possíveis soluções que podem ser analisadas, aplicadas e aprimoradas, conforme alguns fatores, como a localização do empreendimento e as próprias tecnologias disponíveis.

Percebe-se que muitas diretrizes consideradas mais sustentáveis devem ser inseridas no momento da concepção e desenvolvimento dos projetos. Desde a escolha do local e sua forma de implantação dentro do terreno, considerando seu entorno, os desníveis naturais e a orientação solar, todos são condicionantes capazes de promover benefícios, integrando o edifício a sua realidade local. Essa integração vem ao encontro da premissa de visão sistêmica que deve envolver todos os projetos de uma edificação. Ao considerar o local, as condições climáticas e a orientação solar, a correta análise da disposição dos ambientes permite o melhor aproveitamento da iluminação e ventilação natural, que além de proporcionar bem-estar, ou seja, conforto ambiental, possibilita, por exemplo, a economia energética devido à redução de iluminação e condicionamento de ar artificial

Os parâmetros projetuais mais sustentáveis são diversos e são escolhas técnicas que cabem a cada profissional, porém que têm o mesmo objetivo de minimizar os efeitos da construção civil no meio ambiente. Apresentou-se ao longo dos resultados e discussões possibilidades projetuais com vistas ao melhor aproveitamento dos recursos naturais, que, por fim, culminam em redução no consumo de energia e água e redução na geração de resíduos.

De forma geral observou-se que é possível com diretrizes relativamente simples, na fase de projeto, trazer à tona características de sustentabilidade para as edificações. Espera-se como resultado edificações mais harmônicas com o terreno de implantação, coerentes com o entorno e econômicas, principalmente no tocante ao uso da energia elétrica e da água.

5. REFERÊNCIAS

BORBA, M. P. **Pegada ecológica: que marcas queremos deixar no planeta?** Brasília: WWF-Brasil, 2007. 40 p.

BUSTOS ROMERO, M. A. **A arquitetura bioclimática do espaço público.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. 226 p.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção.** Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60 p.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. 2 ed. Revisada ampliada. Rio de Janeiro: Revan, 2009. 308 p.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/MMA/MEC/IDEC, 2005. 160 p.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Trad.: Claudia Ardións Espasandin. Barcelona: GG, 2008. 226 p.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 1-28.

GOUVÊA, L. A. **Biocidade: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto**. São Paulo: Nobel, 2002. 174 p.

GOUVÊA, L. A. **Cidadevida: curso de desenho ambiental urbano**. São Paulo: Nobel, 2008. 235 p.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

LENGEN, J. V. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo: Empório do Livro, 2009. 707 p.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, J. J. Iluminação pública e arborização urbana. In: MASCARÓ, L. (Org.). **A iluminação do espaço urbano**. Porto Alegre: Masquatro, 2006. p. 139-172.

MASCARÓ, L. A iluminação do espaço urbano. In: MASCARÓ, Lucia (Org.). **A iluminação do espaço urbano**. Porto Alegre: Masquatro, 2006. p. 173-196.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. Infra-estrutura urbana. Porto Alegre: Masquatro, 2005. 207 p.

MÜLFARTH, R. C. K. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo: 2002. 202 p.

PORTO, M. M. **O processo de projeto e a sustentabilidade na produção da arquitetura**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. 344 p.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 3 ed. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 488 p.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: GG, 2008. 180p.

UMAKOSHI, E. M. **Uma visão crítica do edifício alto sob a ótica da sustentabilidade.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo: 2008. 272 p.