

ARQUITETURA E ENERGIA(*)

Maurício Andrés Ribeiro(**)

Hygina Bruzzi de Mello(***)

1 A ESCALA DO EDIFÍCIO

1.1 Projeto Arquitetônico e energia

A arquitetura ecológica, em seu processo de construção, funcionamento ou operação, integra-se ao meio ambiente natural, cultural e social em que é produzida. São seus requisitos ou características principais:

- fazer máximo uso de trabalho e materiais locais, minimizando os componentes "importados";
- fazer máximo uso do clima total como elemento no projeto, minimizando a necessidade de equipamentos mecânicos e energia para sua climatização;
- ser consciente do clima e das modificações que este sofre em escala global e local, procurando proporcionar conforto ambiental – térmico, acústico, luminoso – com o menor dispêndio de energia;
- ser consciente de seus impactos ambientais, mesmo aqueles que ocorrem distantes do local em que a obra está sendo construída;

(*) Ilustração de Cláudio Martins e outros.

O presente artigo constitui uma síntese dos seguintes trabalhos:

1. Energia e Edificação. Apresentado no Seminário "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe", realizado em Lima, Peru, em novembro de 1994.
2. Padrões Urbanísticos, Meio Ambiente e Energia. Apresentado no Seminário do mesmo Projeto, em Belo Horizonte, em dezembro de 1994.
3. Arquitetura e Energia. Apresentado em Seminário de Port of Spain, em março de 1995.

(**) Arquiteto, Presidente da FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais.

(***) Arquiteta, Mestre em Filosofia e Doutoranda pela USP

- economizar energia e materiais, consciente de que o uso ou exploração de qualquer fonte de energia produz impactos ambientais, e que a energia que se economiza ou se deixa de usar é a que menos polui o ambiente;
- atender a necessidades básicas, individuais e coletivas, e não apenas a demandas supérfluas formuladas e reforçadas por parcela minoritária da população;
- ser consciente de seus impactos sócio-econômicos e procurar usar tecnologias, materiais e capacitações humanas existentes na região em que se vai construir. Isto significa contribuir para desacelerar a devastação do patrimônio ambiental e para mudar a direção do desenvolvimento;
- sintonizar-se com valores pós-materialistas e com a necessidade de pensar local, global e cosmicamente; e de agir local e globalmente;
- reequilibrar a atenção dada a cada um dos sentidos, evitando supervalorizar a visão em detrimento do tato, audição, olfato e paladar e restabelecendo a harmonia desejada entre corpo e arquitetura;
- incorporar o conhecimento científico e tecnológico sobre o meio ambiente, além das informações captadas pela percepção;
- ser adequada às necessidades sociais básicas da região em que se localiza. (Fig. 1);

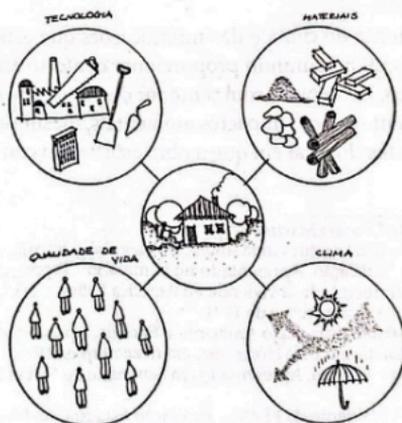


Fig. 1 - Arquitetura Ecológica

- adotar critérios ergonômicos nos projetos, tendo em vista o conforto físico e espiritual do usuário;
- respeitar a paisagem e dela fazer uso enquanto sítio de beleza cênica.
- fazer análise e diagrama do sítio visando à criação do "lugar" arquitetônico, como lugar singular.

Para cada tipo climático - temperado, glacial, tropical, árido, etc. - devem-se considerar requisitos de projeto, tais como: a existência de insetos, umidade, temperatura, insolação, radiação, movimentos do ar e térmitas.

A grande diversidade climática é uma das características do Brasil, que abrange desde as áreas tropicais úmidas da Amazônia, passando pelo clima quente e seco do nordeste, até o clima temperado no sul, com variações de altitude que também tem seus reflexos microclimáticos. Cada uma destas situações demanda soluções de projeto diversificadas e específicas. (Fig. 2).

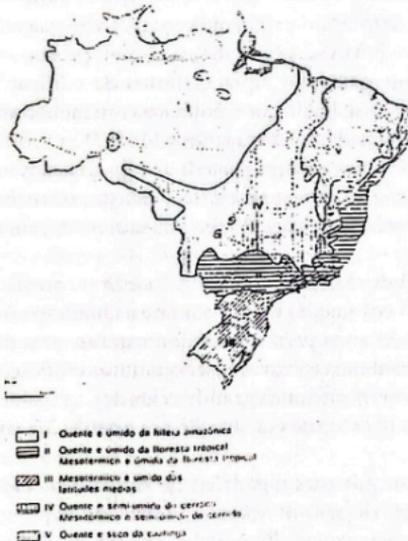


Fig. 2 - Domínios climáticos brasileiros

Fonte: IBGE

O clima é elemento-chave e sutis variações microclimáticas, como as provocadas pela topografia e por acidentes geográficos, criam variações nas condições locais e exigem soluções de projeto diferenciadas.

Além de considerar as grandes classes climáticas, o projeto bioclimático deve, portanto, considerar as variações microclimáticas, de modo a fazer melhor uso dos recursos naturais locais.

Nos países tropicais vêm começando a ser desenvolvidas pesquisas sobre ventilação e desumidificação, importantes para o conforto ambiental em climas quentes e úmidos. Como nota FLAVIN (1980):

"... a maior parte da pesquisa relacionada com edificações realizada no Terceiro Mundo refere-se ao desenvolvimento de materiais de construção nativos de baixo custo, para substituir materiais caros e importados".

No Brasil, carências de informações relacionadas com o consumo energético nas edificações começam a ser supridas. Entre as referências bibliográficas, abordando problemas energéticos nas edificações, citam-se os trabalhos de MASCARÓ (1984), nos quais procura-se definir e medir o consumo energético em tipos distintos de edificações, durante sua vida útil. Tomam-se habitações, edifícios com fachadas protegidas e escritórios com fachadas envidraçadas e MASCARÓ conclui que *"ao passo que as habitações consomem em sua vida útil aproximadamente 50% a mais do que foi necessário em energia para a sua produção, nos edifícios de escritórios envidraçados consome-se quase 23 vezes a mais, no mesmo período"*.

Em outro estudo, MASCARÓ (1980) aborda o consumo de energia na utilização das edificações e constata que as habitações simples demandam mais de 32 anos para consumir a mesma quantidade de energia que usam durante sua construção, enquanto as edificações envidraçadas, usadas como escritórios nas grandes cidades consomem a quantidade de energia usada em sua construção em apenas 2,2 anos de operação.

Na busca de arquitetura e padrões de projetos de espaços adequados para cada uma dessas situações regionais, os arquitetos não dispõem de manuais práticos que lhes dêem orientações sobre como projetar. Literatura em outras línguas por certo existe, especialmente aquela pro-

duzida em países interessados em vender serviços aos países tropicais.

O parâmetro energético destaca-se dentre os vários fatores que condicionam o projeto arquitetônico. As perdas de energia nas edificações e cidades podem fazer-se de várias formas, sendo uma das principais as perdas de calor, como apontado por FARRETT (1981), ao constatar que *"é sob a forma de calor que a cidade perde a quase totalidade da energia que importa. Novas tecnologias incorporadas aos projetos dos edifícios poderiam minimizar estas perdas, tanto através de isolamento térmico como de reciclagem deste calor"*.

Ele também chama a atenção para as questões de volume e superfícies externas das edificações, notando que *"o volume total de espaço a ser aquecido ou refrigerado e a superfície total das paredes externas são dois fatores que em muito contribuem para a quantidade de energia necessária ao condicionamento do ambiente"*.

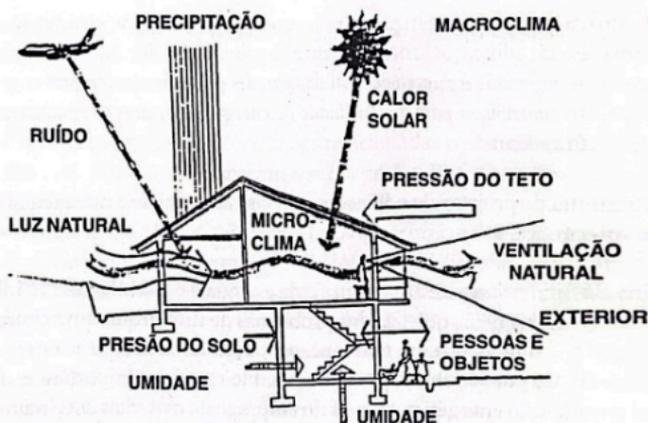
O sistema de projetos de edificações precisa adequar-se à nova realidade energética.

Um clássico na área de arquitetura e de energia é o trabalho de PHILIP STEADMAN (1982), que fala dos problemas de uma arquitetura condicionada a uma época em que a preocupação de racionalizar energia não existia, por ser abundante e barata. Ele ressalta a importância da racionalização energética, através do emprego de materiais em circunstâncias e objetivos adequados às suas características. Ressalta ainda:

- o emprego desses materiais não apenas para constituir uma "casca" externa da edificação, mas principalmente para manter fora o vento, chuva, sol excessivo, sem que seja necessário recorrer a aparelhos;
- busca de soluções arquitetônicas relacionadas com o conforto ambiental: materiais simples, geometria do edifício, posição relativa do edifício com os demais, obtendo sombreamento, quebra-ventos, controle de ventos frios, etc.;
- relação do edifício com a topografia, uso de árvores e plantas;
- busca de soluções urbanísticas ligadas ao mesmo problema, com disposição das vias de circulação urbana, de modo a não canalizar os ventos incontrolavelmente;
- disposição das quadras ou outras grandes configurações de edifica-

- ções, de modo a não se perder o controle climático;
- incentivo à produção industrial de materiais de construção de baixo conteúdo energético.

Hoje, *conforto ambiental* associa-se à criação de um meio ambiente agradável, com um mínimo de custo econômico e energético. O conforto ambiental, que se define através de fatores como a temperatura e suas variações, a luminosidade, a radiação solar, a umidade, o movimento do ar, pode ser obtido com a redução ao mínimo da necessidade do uso de apoios mecânicos (Fig.3).



Função estrutural: suportar o edifício

Função controle ambiental: prover as condições internas requeridas pelos usuários

Função visual: ter aparência bela, que contribua para uma paisagem agradável

Função segurança: prover segurança para seus ocupantes

Adaptado de "A. J. - Handbook of building enclosure", de A. J. Elder, M. Vanderberg, The Architectural Press Ltd., Londres.

Fig. 3 - Conforto Ambiental: as funções do envoltório externo

Tal situação tem levado à recuperação e ao interesse crescente pelas técnicas construtivas pré-período de energia abundante e barata, e registra-se, hoje, conforme afirma JEAN DETHIER (1982), "um caso de fecundação do futuro pelos métodos inventados há mais de 10.000 anos para

construir as primeiras cidades da humanidade, e cujos conhecimentos chegaram até os nossos dias, graças a constantes práticas das tradições populares das sociedades pré-industriais". Este reencontro com raízes culturais e tecnológicas perdidas é uma das características do período de transição pós-petróleo em que nos situamos hoje.

Em cada edificação desenvolve-se um conjunto de usos e funções energéticas, destacando-se dentre eles a iluminação, o cozinhar alimentos, aquecimento de água, refrigeração, aquecimento do ambiente, o consumo pelos eletrodomésticos, a ventilação, a climatização, etc. Para cada uma destas funções, que variam de intensidade de acordo com o clima local, utilizam-se fontes de energia distintas. Para cada uma delas podem-se encontrar meios de se substituir ou de economizar energia. O projeto desempenha um papel integrador e por meio dele podem-se resolver ao mesmo tempo várias dessas questões.

Um adequado projeto do espaço construído é fator relevante para se obterem edificações e cidades que economizem energia, aproveitando o potencial do vento, temperatura, umidade e outros elementos climáticos locais. O projeto arquitetônico ou urbanístico é recurso que, adequadamente empregado, pode contribuir para se evitar o consumo de energia através de artefatos mecânicos na construção.

Projetos que incorporem em si elementos tais como a adequada orientação das edificações, o aproveitamento de iluminação natural, ventilação natural e isolamento térmico, tal como proposto por CASELLI (1984), terão um impacto positivo no sentido de reduzir a demanda de energia durante a operação das edificações. (A Figura 4 esquematiza alguns dos recursos do desenho passivo).

As peculiaridades da arquitetura em climas tropicais foram abordadas por MIRAN LATIF (s.d.) que, em artigos sobre ventilação e aeração nos trópicos, define conceitos básicos. Para ele, a necessidade de *sol* e de *luz*, tão premente na arquitetura dos países temperados, condicionou a procura de padrões de edifícios com largos planos de fachadas em vidro, naqueles países. Já nos trópicos, ele propõe que a arquitetura necessita de *sombra* e de *ar*: sombra, para proteger-se da iluminação excessiva do sol tropical, e ar, para, ventilando, amenizar o calor ambiente.

Ele identifica exemplos na arquitetura brasileira antiga que procuram responder a essas necessidades de maneira eficaz, antes da importação de estilos e padrões inadequados a nossas condições climatológicas.

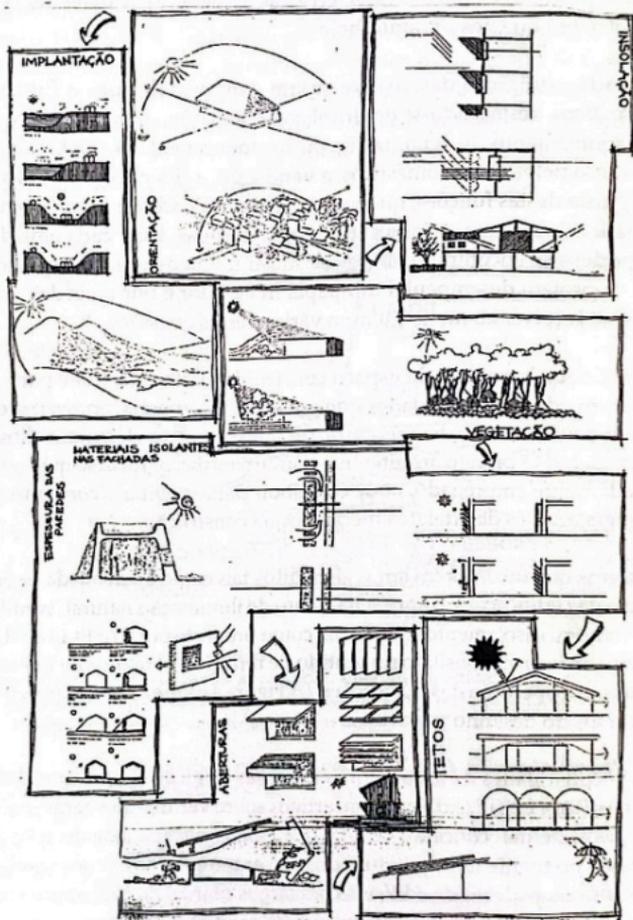


Fig. 4 – Recursos do desenho passivo

Objetivando a racionalização de energia, propõe:

- a reavaliação dos antigos processos construtivos, assim como o estudo de materiais de construção e soluções arquitetônicas adotadas no país desde a época colonial.
- a busca de soluções para o problema de conforto ambiental por meios naturais (inclinação de telhados, materiais de construção, aberturas e vedações "efeito chaminé", partido da planta, implantação do edifício no terreno, varandas, largos beirais, ventilação transversal, etc.).

Sugere soluções arquitetônicas, como:

- grande pé-direito com bandeiras até o alto (ventilação interna nas edificações);
- ventilação transversal nas edificações;
- grandes vãos de janela;
- emprego da viga invertida (ventilação);
- emprego da viga efeito chaminé;
- pilotis que permitam ventilação;
- colchão de ar nas coberturas para ventilação e conseqüente isolamento térmico.

Nessa mesma linha de abordagem, e relacionando para cada tipo de clima as principais características de projeto, existe estudo elaborado pelo Departamento de Pesquisas do BNH. Definem-se nele diretrizes gerais de um projeto quanto à implantação, coberturas, paredes, aberturas e pisos, para cada domínio climático existente no Brasil, e sua forma sintética torna-o facilmente utilizável.

Estudos realizados pelo grupo de sistemas passivos da UFSC (s.d.) referem-se ao comportamento térmico das edificações e suas repercussões sobre a economia de energia. Aí se encontra um exemplo brasileiro de programa de pesquisas com o objetivo de fornecer dados de projetos que subsidiem os arquitetos, projetistas e construtores de edificações.

Destacam-se, para evitar o baixo desempenho energético das edificações, através do desenho arquitetônico, os trabalhos de EDUARDO NEIRA (1975), que exemplificam métodos de ventilação e climatização adaptados para o trópico úmido, e que aproveitam as potencialidades

oferecidas pelo clima, tais como insolação, ventos e umidade. Assim, por exemplo, um adequado desenho de janela pode, ao mesmo tempo, eliminar calor e favorecer a iluminação interna.

NEIRA comenta que a erradicação das doenças tropicais mais sérias e os processos da tecnologia das comunicações vêm abrindo os trópicos para a ocupação e a vida humana.

Levando em consideração que o conforto térmico é ponto de equilíbrio entre a temperatura do organismo humano e a temperatura ambiente, capaz de permitir a realização das atividades regulares, sob condições satisfatórias mínimas, o autor faz levantamentos de várias soluções de habitação que surgem nos trópicos.

Os principais requisitos sugeridos por NEIRA, para a construção:

- processos naturais para renovação do ar;
- controle da entrada da luz sem redução drástica das ventilações nas janelas;
- proteção às coberturas da incidência dos raios solares, através de placas isolantes ou orientação dos prédios para posição mais favorável em relação ao movimento do sol;
- proteção contra penetração de elevadas temperaturas exteriores.

No plano urbano o autor sugere que:

- a organização do espaço urbano deveria levar em conta as considerações ecológicas tropicais;
- as distâncias percorridas a pé deveriam ser as mais curtas possíveis;
- os passeios deveriam ser protegidos do sol e da chuva;
- o solo deveria ser capaz de absorver o calor e a água;
- as correntes de ar e os percursos de pedestres deveriam ser orientados a objetivos especificamente pensados para corrigir as condições naturais adversas.

Outra tendência que faz uso dos recursos naturais é a proposta da Biotetura, de RUDOLPH DOERNACH (1977). O uso intensivo de vegetação na arquitetura e no urbanismo, como forma de climatização e de conservação de energia, é proposto pela Biotetura, partindo de pesquisas botânicas e de qualidade dos materiais, que seriam pré-requisitos para

formular proposições biotetônicas, para novas cidades e novas edificações.

No Instituto Biohaus, na Alemanha, pesquisas sobre desempenho energético dos materiais de construção evoluíram para o estudo das possibilidades de integração da vegetação nas construções. A Biotetura ou arquitetura biológica propõe-se:

- substituir o CO_2 por O_2 nas áreas urbanas;
- economizar energia;
- diminuir o pó e a poluição urbana.

A partir de pesquisas sobre o conteúdo energético dos materiais e de analogias com estruturas orgânicas como ovos, teias de aranhas, ossos, conformações marítimas e crustáceos, o arquiteto RUDOLPH DOERNACH sugere o desenvolvimento de pesquisas sobre as plantas a usar nas estruturas das próprias construções, como revestimento que ajuda a regular o clima interno.

Ele supõe que, para se promover melhor economia de energia e qualidade ambiental, existem basicamente dois caminhos: o tecnológico e o biológico. A combinação destes caminhos pode apresentar resultados vantajosos, principalmente nos trópicos, onde a diversidade e a riqueza de vegetação permitem soluções originais a serem integradas à arquitetura. Edificação que produz a sua própria climatização, produz alimentos, contribui com o verde para seu entorno, que retém pó e poluição da atmosfera, que contribui com O_2 e que faz baixo consumo de energia na construção será solução apropriada às necessidades atuais.

Na área do desenho do conforto ambiental são vários os temas de importância a desenvolver: o conforto ambiental luminoso, o térmico, o sonoro, o conforto urbano, a energia solar na arquitetura. O programa de ensino da UNAM – Universidade Nacional Autónoma do México – (1980) em sua área de tecnologia, oferece bom ponto de partida para a constituição de currículos e programas adequados nesse tema. No que se refere ao controle ambiental luminoso, os alunos, ao final dos cursos, projetam os meios arquitetônicos para controlar a iluminação do espaço. Eles explicam os princípios básicos da física da luz e da ótica e do aparato visual do homem; aplicam os diferentes tipos de controle nas fontes primárias e secundárias de luz natural e artificial; selecionam os

sistemas de iluminação mais adequados para o melhor desenvolvimento das atividades dos usuários. Selecionam luminárias e lâmpadas, fazem sua distribuição no espaço, selecionam a localização, tipo, forma e tamanho dos vãos que resolvam as necessidades de iluminação natural nos espaços que projetam, e integram os sistemas de iluminação ao desenho total do espaço projetado. Da mesma forma, para o controle ambiental térmico-atmosférico, acústico, urbano e para a análise das possibilidades de uso da energia solar na arquitetura e do ecodesenho, os alunos desenvolvem uma série de atividades que lhes permitem dominar os modos de realizar um conforto ambiental nas edificações, reduzindo a necessidade de recorrer aos sistemas de climatização mecânicos intensivos em energia.

A orientação adequada dos edifícios é fator quase tão importante como seu projeto, para obter ganhos através de acesso máximo dos raios solares no inverno.

Também a vegetação tem grande importância quando se quer criar áreas de sombra, que evitem os raios solares no verão; se a predominância é de folhas caducas, que caem no inverno, ela poderá cumprir a dupla função de aquecer no inverno e resfriar nos meses quentes. A vegetação constitui ainda um importante isolante acústico quando usada em grandes massas contínuas como os cinturões verdes.

Um clássico dos estudos da arquitetura bioclimática, OLGAY (1963) aborda as relações entre a forma das construções e seu desempenho energético: "*Pode-se tomar como regra que a forma ótima é aquela que perde a mínima quantidade de BTU (unidade de energia) que sai, no inverno, e aceita uma menor quantidade de BTU entrando, no verão*". E ainda diz:

"Acredita-se, freqüentemente, que um edifício quadrado tem as melhores características para preservar o calor no inverno e permanecer frio no verão. Esta convicção baseia-se no fato de que um prédio quadrado combina o volume utilizável maior com a menor superfície externa. O princípio pode ser válido para tipos antigos de edifícios onde, por causa das aberturas de janelas relativamente pequenas, o efeito de radiação é negligenciável. Com as grandes aberturas contemporâneas, este conceito torna-se uma falácia."

Ao encontrar meios de aumentar a durabilidade dos materiais de construção, protegendo-os das intempéries, o projeto estará contribuindo para reduzir as necessidades de manutenção e portanto os gastos energéticos indiretos a ela associados.

O arquiteto indiano CHARLES CORREA afirma sobre as edificações e a energia:

"Num país do Terceiro Mundo como a Índia, nós simplesmente não podemos desperdiçar a energia necessária para construir – e climatizar – uma torre de vidro, num clima tropical. E isso, certamente, é uma vantagem; porque significa que a edificação deve ela própria, através de sua forma, criar os "controles" de que o usuário precisa. Essa resposta precisa muito mais do que simplesmente ângulos de insolação; ela precisa envolver corte, a planta, a forma, em suma: o coração mesmo da edificação. Cruzar um deserto e entrar numa casa desenvolvida em torno de um pátio é um prazer muito além de uma imagem fotogênica: é a qualidade da luz, a ambiência do ar se movimentando, que forma a essência da nossa experiência. A arquitetura como mecanismo para se lidar com os elementos (verdadeiramente, uma máquina de morar), este é o grande desafio – e oportunidade, do nosso terceiro mundo".

Poderíamos acrescentar que a idéia clássica só funcionará se essa "máquina de morar" for compatível com a riqueza da experiência do espaço arquitetônico e com a existência concreta, cotidiana, do receptor ou do usuário.

Sabemos, enfim, que, em termos de *habitat* humano, há uma verdadeira revolução do princípio galileano. Os dados geográficos imediatos são inarredáveis. Nesse sentido o espaço europeu não é o espaço americano e "a terra não se move". Princípio esse que está na base de um estatuto da terra acima dos interesses geopolíticos e coerente com uma visão topológica (global/local) do planeta.

1.2 Materiais de construção e energia

As edificações podem ser analisadas a partir dos componentes, materiais e matérias-primas básicas que a constituem. Em cada um destes níveis está presente e incluída a dimensão energética. Da seleção adequada dos materiais depende, em larga medida, o consumo de energia na

construção.

Há, no mercado de materiais de construção, enorme variedade de itens que atendem os padrões sofisticados ou simples. À tecnologia e aos materiais tradicionais que herdamos de nossos antepassados sobre-põem-se, com força crescente, novos produtos, colocados no mercado pela indústria de materiais.

Cada material tem um custo econômico e um custo energético, nem sempre considerados ao se especificar materiais numa obra.

O transporte de materiais de construção é um dos principais fatores que oneram seu custo energético: Em muitos países do Terceiro Mundo, o preço da gasolina e do óleo diesel dobram o custo de qualquer cimento transportado além de 360 quilômetros (STOKES,1981)) e muitos materiais como a areia e o saibro chegam a dobrar o seu consumo de energia pelo transporte (GUIMARÃES,1984). Cimento ou aço podem ser apropriados em regiões que detenham jazidas destes materiais, mas podem não sê-lo em outras regiões. A regionalização dos materiais de construção pode ser uma das maneiras mais eficazes de se reduzir o conteúdo energético das edificações, especialmente em país de grandes dimensões (CETEC,1981).

São escassas as informações sobre as distâncias entre origem e destino dos materiais de construção. Estudo realizado em São Paulo (MASCARÓ, 1984) estima em 50 km a distância média percorrida pelos materiais, mas em regiões menos industrializadas, será maior esta distância e, portanto, o custo energético dos materiais de construção. Para se quantificar as distâncias, deve-se considerar as várias fases do transporte, como esquematizado na Figura 5.

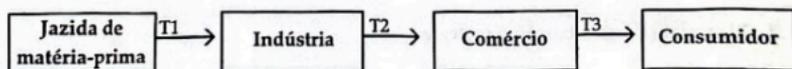


Fig. 5 - O transporte de materiais de construção

Entre os materiais de construção tradicionalmente disponíveis nas regiões tropicais, destacam-se as palhas e palmáceas; as madeiras; a terra e areias; e pedra natural (RAMOS,1979).

Os obstáculos ao uso de materiais de construção locais não são de natureza técnica, "mas residem sobretudo na organização social e econômica da exploração dos recursos locais e da fabricação dos materiais, de modo a assegurar uma oferta adequada, a um preço suportável para todos" (SACHS,s.d).

Há grandes perdas energéticas ao longo de cada uma das fases do processo de construção, desde a extração das matérias-primas até o seu acabamento, na edificação.

A perda de materiais ou os desperdícios da obra representa perda da energia neles incluída. Ganhos nos processos de construção, reduzindo perdas de materiais, serão importantes para economizar energia nas edificações. Tais perdas podem ser diretas (de materiais danificados durante o processo construtivo) ou de materiais perdidos por erros no canteiro de obras ou nos projetos.

As perdas energéticas podem ser precisamente identificadas, dimensionadas e monitoradas, possibilitando formular medidas para evitá-las. Entre estas destacam-se:

- seleção de materiais de baixo conteúdo energético;
- seleção de materiais de origem local;
- adoção de processos industriais que reduzam as perdas de energia na indústria;
- adoção de processos e técnicas construtivas que reduzam perdas de energia na construção.

Processos de produção dos materiais podem reduzir consumo energético. Assim, o cimento Portland reduziu seu consumo de óleo combustível, na fabricação, substituindo-o por outras fontes de energia: carvão mineral, carvão vegetal, palha de arroz e outros energéticos (GRILL,1984). Também os processos industriais quentes devem merecer atenção especial, já que é neles que se consome a maior parte de energia na indústria de materiais de construção. Pesquisas sobre índice e conteúdo energético de edificações vêm procurando quantificar tais

valores, como mostra a figura 6, que expõe dados estudados para o caso de Belo Horizonte, para materiais de construção usados como telhas, revestimentos, paredes, pisos nas construções.

A seleção e revalorização de materiais de origem local é caminho promissor e entre os materiais locais, a terra é um material abundante e cuja valorização vem sendo realizada.

Uma grande mostra sobre Arquitetura de Terra circulou em vários países. No catálogo daquela exposição, organizada pelo Centro Georges Pompidou de Paris (DETHIER,s.d.), afirma-se que

"Durante os 10 mil anos em que os homens vêm construindo as cidades, a terra foi e continua sendo um dos principais materiais de construção utilizados em nosso planeta. Atualmente, mais de um terço da humanidade vive em arquiteturas de terra. Quase todas as civilizações urbanas ou rurais, das mais prestigiadas às mais desconhecidas, e desde a antiguidade até hoje, utilizam-se desse material essencial para construir templos ou palácios, cidades ou muralhas, igrejas ou mesquitas, depósitos, aquedutos ou pirâmides, casas ou edifícios de até oito andares".

Afirma-se ainda:

"A casa de terra limita consideravelmente as trocas caloríficas; permanece, por isso, fresca no verão e quente no inverno, e permite, por suas associações com as energias suaves, particularmente as solares, aproximar-se de um balanço térmico equilibrado"

A construção em terra crua "representou freqüentemente a casa do pobre ou o habitat da penúria. Uma certa interpretação do progresso social e econômico fez com que ela fosse descartada progressivamente por materiais mais custosos em energia, com aparências mais modernas" (MULLENDER,s.d.). Aquela mesma publicação destaca que a fabricação de tijolos de terra crua utiliza quantidade ínfima ou nula de energia, em comparação com outros materiais, porque eles não são cozidos (processo que necessitaria de aquecimento de fornos entre 900 e 1.000 graus centígrados); produzidos no local ou in situ, eles não implicam custos de transportes".

Além das economias de energia ao longo da produção, as edificações em terra permitem outras economias no uso, para seu aquecimento ou

climatização; com efeito, a natureza térmica das paredes de terra implica ao mesmo tempo uma redução dos desperdícios caloríficos e um sentimento do real "conforto térmico".

Quadro 1 – Telhas: índice e conteúdo energético

Tipo	Conteúdo Energético (KCAL/kg)	Conteúdo Energético (KCAL/m ²)
Vidro	5.595	131.493
Cerâmica	738	22.877
Asbesto cimento	940	12.373

Fonte: SOUZA, A. M. T. Conteúdo energético de construção. Informador das Construções. *Vão livre*, Belo Horizonte (10): 8-9, 1980. Suplemento do Informador das Construções, 23(937) abr. 1980.

Quadro 2 – Revestimentos: índice e conteúdo energético

Tipo	Conteúdo Energético (KCAL/kg)	Conteúdo Energético (KCAL/m ²)
Cerâmica	589	25.735
Asbesto cimento	2.573	28.036

Fonte: SOUZA, A.M.T Conteúdo energético dos materiais de construção. Informador das Construções. *Vão livre*, Belo Horizonte (10): 8-9, 1980. Suplemento do Informador das Construções, 23(937) abr. 1980.

Quadro 3 – Paredes: índice e conteúdo energético

Tipo	Conteúdo Energético (KCAL/kg)	Conteúdo Energético (KCAL/m ²)
Divisórias	5.000	50.650
Ladrilho cerâmico	752	203.130
Ladrilho de concreto	103	28.638

Fonte: SOUZA, A.M.T Conteúdo energético dos materiais de construção. Informador das Construções. *Vão livre*, Belo Horizonte (10): 8-9, 1980. Suplemento do Informador das Construções, 23(937) abr. 1980.

Quadro 4 – Pisos: índices e conteúdo energético

Tipo	Conteúdo Energético (KCAL/kg)	Conteúdo Energético (KCAL/m ²)
Cerâmica	585	32.970
Difusores vídricos	5,641	260.448
Marmore	345	25.888
Piso vinílico	148	884

Fonte: SOUZA, A.M.T Conteúdo energético dos materiais de construção. Informador das Construções. *Vão livre*, Belo Horizonte (10): 8-9, 1980. Suplemento do Informador das Construções, 23(937) abr. 1980.

Fig. 6 - Conteúdo energético dos materiais

Outros produtos abundantes nas regiões tropicais, que vêm sendo subutilizados ou mal utilizados na construção, são os produtos de origem vegetal. Eles constituem recursos não explorados, provenientes da ampla disponibilidade de energia solar, processada através da fotossíntese.

Uma nova civilização industrial poderia ser criada nos trópicos, aproveitando a bioconversão da energia solar e um campo promissor para este aproveitamento é o dos materiais de construção, como propõe SACHS (1976) ao dizer que:

"A gama de materiais de construção de origem vegetal pode ser expandida consideravelmente, graças ao uso de produtos de impregnação e de processos de tratamento que modifiquem suas propriedades físicas e desta forma melhorem suas qualidades ou abrem novas possibilidades de aplicação de mercados. Sua superioridade econômica e técnica para certos usos, como também seus valores estéticos, são conhecidos; e sua substituição no mercado por metais ou plásticos só se explica em alguns casos por razões de uma moda importada ou pela capacidade superior de comercialização das indústrias de metais e plásticos".

SACHS (1976) formula suas sugestões sobre inovações na produção das edificações, que levaria à conservação de energia:

- a procura de produtos químicos e de métodos de tratamento que permitam melhorar as qualidades técnicas e sanitárias dos materiais tradicionais;
- o desenvolvimento de máquinas e aparelhos simples que permitam uma produção artesanal ou doméstica, em condições economicamente aceitáveis;
- concepções novas de organização interior de mobiliário e aparelhos domésticos acessíveis aos mais pobres.

Vê-se, portanto, como é que, através do adequado uso de materiais de construção, pode-se alcançar substanciais ganhos energéticos nas edificações.

À medida que evoluem novos modelos energéticos, baseados em fontes de energia locais e renováveis, tenderá a alterar-se a distribuição demográfica, regionalmente. Assim, novos recursos naturais deverão

ser mobilizados para atender às necessidades de construção.

Um esforço de se estabelecer projetos de desenvolvimento ou adaptação tecnológica para transformar em materiais de construção as matérias-primas disponíveis regionalmente será um suporte indispensável para se fomentar o uso de recursos locais na construção, com expressiva economia energética.

1.3 Processos, tecnologias e agentes

Estamos vivendo uma era em que a euforia da energia barata e a internacionalização dos estilos e das técnicas construtivas impuseram um modo de construir que faz largo emprego de materiais de construção com alto conteúdo de energia, originários de locais situados a longa distância dos seus lugares de uso.

A história das edificações e das tecnologias de construção sofreu uma descontinuidade nos últimos 60 anos, com o advento do petróleo barato: processos, materiais e técnicas construtivas que vinham sendo usadas há milhares de anos foram substituídos ou desvalorizados, cedendo lugar a processos intensivos de uso da energia. Hoje, este período da história já mostra sinais de esgotamento e, dentro de mais alguns anos, quando as reservas de petróleo se reduzirem, os padrões de construção deverão modificar-se substancialmente.

O déficit de moradias até o ano 2000 atingirá no mundo a cifra de 500 milhões de unidades, e no Brasil, este déficit pode chegar a 15 milhões de unidades, situação em que as escolhas tecnológicas e energéticas serão cruciais para responder a esse desafio social.

Estimativa das Nações Unidas sugere que, em média, com as tecnologias usuais, gastam-se 2.000 dólares per capita, para se prover habitação para as populações latino-americanas. No Brasil, seriam necessários 150 bilhões de dólares – ou seja, a título de comparação mais do que a dívida externa brasileira –, para atender às necessidades habitacionais. Nos próximos 25 anos, o Brasil deverá construir a mesma quantidade de moradias que fez até hoje. Até o ano 2000 o país necessitará cerca de 18,4 milhões de unidades, sendo que cerca de 50 milhões de pessoas

são atingidas pelo déficit habitacional. Desafio de tal magnitude coloca em primeiro plano a questão do consumo de energia no ciclo de vida da construção, desde a extração dos materiais até o seu uso e manutenção.

Em vários países vem-se estudando os aspectos econômicos, sociais e ambientais da questão da energia na arquitetura. FLAVIN (1980) comenta que

"O aquecimento, climatização e iluminação dos edifícios consome hoje quase um quarto do suprimento anual de energia no mundo, e aproximadamente dois terços desta energia são derivados direta ou indiretamente do petróleo e do gás natural. O custo de prover combustível e força para este setor cresceu rapidamente nos anos recentes, e em muitos países, as construções estão na linha de frente na luta para reduzir o uso do petróleo. (...) O problema de energia então é, em alguma medida, um problema arquitetônico. As construções modernas foram construídas até recentemente com pouca atenção para a sua eficiência energética ou os custos energéticos integrais durante sua vida útil. O setor da construção, como outros setores da economia mundial, acostumou-se a preços baixos e subsidiados da energia. O pressuposto básico era que a eficiência do uso de energia era desprezível porque os desenvolvimentos tecnológicos continuariam a manter baixos os preços de combustíveis. O preço desta visão de curto alcance é pago por milhões de consumidores em suas contas de luz mensais."

E ele continua:

"Não é por falta de know-how que a situação é tão grave. Mudanças relativamente simples nas técnicas de projeto e construção - algumas delas conhecidas pelos nossos antepassados - poderiam reduzir enormemente a demanda de energia das construções. (...) Um objetivo desafiante, mas razoável, para muitos países, seria o de cortar até 1990, 75% das demandas de energia de todos os novos edifícios".

Quanto aos edifícios já existentes hoje, 80% dos quais ainda estarão em uso no ano 2.000, "é essencial que eles sejam melhorados para atender à situação energética mundial transformada".

A construção e operação das edificações e infra-estrutura é, portanto, uma das grandes atividades responsáveis pelo consumo de energia em nossas sociedades. Nos Estados Unidos, estima-se que 39% dos gastos

totais de energia se dão aí, e na Inglaterra, esse percentual situa-se por volta dos 30%.

Em cada uma das etapas da construção e operação dos assentamentos humanos utilizam-se fontes energéticas variadas e de aplicação específica. (Fig. 7)

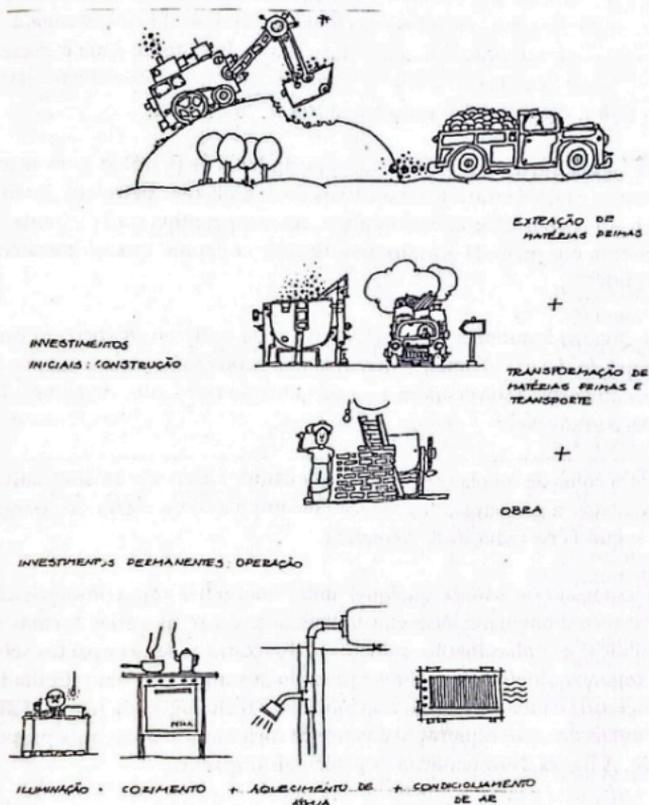


Fig. 7 - Investimentos de energia parciais e permanentes nas edificações

Investimentos iniciais de energia se fazem na fase de construção das habitações, da infra-estrutura e dos equipamentos coletivos. Esta atividade inclui a extração da matéria-prima, seu processamento industrial, o transporte dos materiais de construção e sua montagem final.

Investimentos permanentes de energia realizam-se na operação das edificações, durante toda sua vida útil. Essa energia é gasta nas várias atividades essenciais para o seu funcionamento, tal como cozinhar alimentos, aquecer água, iluminação, climatização dos edifícios, secagem de roupas, preservação dos alimentos, abastecimento de água e recreação. *Maior investimento inicial de energia pode proporcionar menores gastos durante a sua vida útil, o que compensaria tal gasto inicial.*

Em países em desenvolvimento, importadores de petróleo, vem-se tornando vital substituir formas usuais de energia (ex.: petróleo) por fontes renováveis disponíveis localmente, ou promover a economia de energia por meio da adoção de estilos de consumo que desperdicem menos.

O Quadro 5 sintetiza os principais tipos de gasto energético em cada etapa de desenvolvimento dos assentamentos humanos, e sugere alternativas para sua economia ou substituição por fontes de energia locais e renováveis.

Em termos de ampla estratégia nesse campo, duas são as alternativas possíveis: a primeira delas consiste na ampliação da oferta de energia; a segunda na redução de demanda.

A expansão do uso de qualquer fonte energética traz conseqüências sociais e ambientais indesejáveis, ressaltando-se as várias formas de poluição e contaminação ambiental, bem como os seus impactos sobre a organização do espaço. Se no passado tais impactos foram limitados em escala e intensidade, com as modernas tecnologias os impactos ambientais do uso e exploração da energia tornaram-se de grande proporção. A figura 2 esquematiza os principais impactos.

Quadro 5 – Gastos energéticos durante o ciclo de vida útil do desenvolvimento dos assentamentos

	Etapas	Principais Fontes Energéticas Utilizadas	Principais Alternativas para Economia ou Substituição de Energia
Produção	a) Extração de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> • Diesel • Óleo combustível • Força humana e animal 	<ul style="list-style-type: none"> • otimização do uso de energia animal e humana • racionalização de usos
	b) Transporte de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina • Diesel • Energia animal 	<ul style="list-style-type: none"> • otimização do uso de energia animal nos sistemas de autoconsumo • redução do transporte por meio do uso imenso de materiais locais
	c) Transformação de matéria-prima (indústria de matérias de construção), utilização de máquinas e ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Óleo combustível • Carvão • Energia elétrica • Lenha • Energia solar 	<ul style="list-style-type: none"> • aperfeiçoamento de métodos de secagem solar em cerâmicas, etc. • substituição de derivados de petróleo por fontes locais (lenha com autosuprimento, energia solar) • diminuição de perdas energéticas nas plantas industriais
Construção	d) Transporte de materiais de construção	<ul style="list-style-type: none"> • Diesel • Gasolina 	<ul style="list-style-type: none"> • redistribuição espacial da produção de materiais • redução de quilometragem percorrida • substituição do transporte rodoviário pelo ferroviário
	e) Armazenagem e comercialização de materiais, máquinas e ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Energia elétrica 	<ul style="list-style-type: none"> • localização inter e intra-urbana adequada dos pontos de comercialização
	f) Montagem	<ul style="list-style-type: none"> • Energia elétrica • Energia humana 	<ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais com baixo conteúdo energético
Operação	g) Operação e manutenção do estoque: reparo, reformas	<ul style="list-style-type: none"> • Energia elétrica • Energia solar • Carvão e óleo combustível 	<ul style="list-style-type: none"> • adoção de desenho bioclimático uso de vegetação, intensificar uso de energia solar, geotérmica, eólica • uso de materiais com propriedades térmicas adequadas • redução de uso de equipamentos mecânicos, ar condicionado, etc. • ênfase em desenho coletivo ou comunitário • diminuição de consumo elétrico pelos usuários
	h) Reposição e demolição	<ul style="list-style-type: none"> • Energia elétrica • Energia humana 	<ul style="list-style-type: none"> • proteção das edificações e demais capitais fixos contra a demolição prematura • maior aproveitamento do capital construído em sua vida útil

Fonte: ANDRÉS RIBEIRO (1981)

Preservar a qualidade do meio ambiente constitui forte motivação para se estudar o consumo energético associado às edificações, já que a exploração e o uso de cada tipo de energia geram efeitos ambientais de naturezas variadas.

Além da questão *ambiental*, também o aspecto *social* já foi apontado por Ivan Illich (1976), quando afirmava que "*alta quantidade de energia degrada as relações sociais tão inevitavelmente como destrói o meio ambiente físico*". Acrescentam-se aos impactos ambientais e sociais, os impactos culturais pela universalização dos modelos de assentamento imposta pela lógica do capital industrial e pela sociedade de consumo.

A sociedade e o meio ambiente se beneficiam, assim, de todo esforço para reduzir demandas supérfluas de energia em qualquer área das atividades humanas, destacando-se, entre elas, a construção e operação das edificações.

A redução da demanda de energia apresenta múltiplas possibilidades, por meio de mudanças nos estilos de vida urbana; pela adoção de materiais apropriados para a construção e com baixo conteúdo energético; ou especialmente a partir do desenho arquitetônico, urbano ou do planejamento regional. As possibilidades de promover a economia de energia por meio do desenho do espaço apresentam vasto campo inexplorado, no qual arquitetos, *designers* e planejadores poderiam trabalhar.

Não existe uma única grande resposta para reduzir os efeitos negativos do consumo energético nas edificações. São variadas as maneiras de atuar, por meios tecnológicos, econômicos, legais, pedagógicos, etc., porque são também múltiplas as maneiras como se consome energia nas edificações, desde o momento em que se extraem os materiais de construção, passando pelo seu processamento, transporte, montagem e operação ou manutenção das construções.

Grande parte da literatura sobre o tema – produzida nos países de clima temperado ou frio – ocupa-se das questões referentes aos gastos na operação das edificações, que são altos nesses países, devido aos rigores climáticos e aos altos padrões de consumo de suas populações. Esse

interesse é, ali, justificável.

Já em vários países da América Latina, a situação é diversa: o clima quente e tropical favorece o baixo consumo de energia para climatização e obtenção de condições de conforto, especialmente na arquitetura mais ecológica e adaptada às condições tropicais. A atenção deve ser focalizada em aspectos mais relevantes, como o consumo durante o ciclo de vida dos materiais de construção.

De todo modo, um regionalismo contextualista contrapõe um ideário crítico à internacionalização do movimento modernista, respeitando a singularidade dos sítios e dos lugares.

Quais são os critérios que influenciam as escolhas dos arquitetos, engenheiros e usuários quando elaboram projetos?

Enumeramos alguns dos principais:

- O *custo* – critério básico. Geralmente consideram-se apenas os custos econômicos e financeiros imediatos (como fazer mais barato uma obra? Como aumentar os lucros do incorporador e do construtor?). Ignoram-se os aspectos ligados aos custos integrais da obra - ambientais, sociais e do processo de sua produção.
- O *prazo* – muitas obras a serem realizadas num prazo curto (por exemplo, para serem inauguradas) condicionam a escolha de tecnologias construtivas e de materiais de construção.
- A *estética* – os valores dos arquitetos, de seus clientes ou usuários, a moda ou estilo em voga no momento condicionam a elaboração dos projetos, a escolha dos materiais e dos processos construtivos.

Estes critérios, se atendem aos interesses imediatos de construtores, clientes e arquitetos, muitas vezes deixam de lado aspectos importantes e externalizam custos para a sociedade e para o meio ambiente. Não são suficientes para gerar arquitetura e urbanismo ecológicos, apropriados às condições ambientais e sociais. Seria preciso, talvez, uma atitude lúcida que os tornassem compatíveis com as exigências do meio ambiente biofísico e cultural.

O critério *custo* pode ser ampliado para incluir os custos ambientais e energéticos provocados pelo uso de um material, de um processo cons-

trutivo ou de um padrão de organização do espaço urbano ou arquitetônico.

SÉRGIO SOZA (1984) afirma que:

"O projeto arquitetônico é um processo de tomada de decisões. Cada decisão, e o conjunto de decisões têm determinados impactos econômicos, sociais e ambientais. Nas três categorias está presente a energia. (...) Ainda que pareça claro que a formação tradicional do arquiteto é extemporânea, não seria realista propor-se que todos os projetistas da arquitetura, ou em geral, de uma obra física, sejam formados com a amplitude suficiente para desenvolver processos de desenho plenamente informados e conscientes. (...) O projeto de políticas constitui até agora um grande vazio na situação geral latino-americana. O resultado é que um grande número de "detalhes" – entre eles nada menos do que o do uso de energia – ficam soltos, e que decisões importantes são tomadas mais por força dos canais de comunicação comerciais e pela contaminação cultural, do que como produto de análises rigorosas".

A figura 8 esquematiza os tipos de efeitos, diretos ou indiretos, das escolhas que se fazem ao desenhar uma forma urbana ou arquitetônica. Ao escolher este ou aquele material, quais os efeitos sobre o meio ambiente e os recursos energéticos?

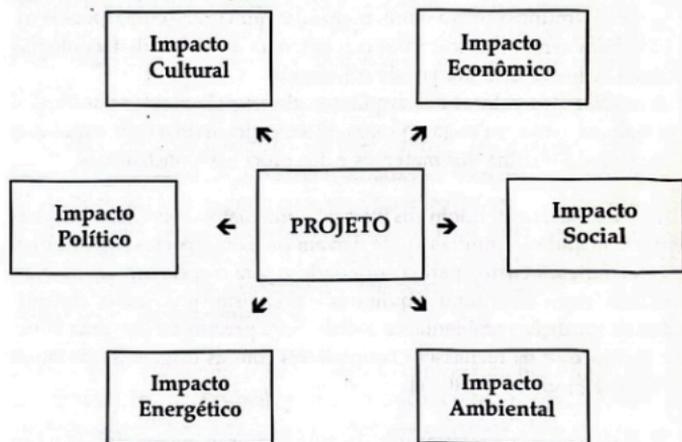


Fig 8. Impactos do gesto de projetar

Esses efeitos diretos ou indiretos são pouco conhecidos e estudados, como aponta GOLDEMBERG (1980):

"Em seu atual estágio de desenvolvimento tecnológico, a arquitetura brasileira não leva em consideração o clima tropical em que vivemos, nem as características dos materiais de construção disponíveis no Brasil. Na verdade, ainda não se sedimentou uma tradição brasileira em arquitetura. (...) Na falta de uma tecnologia própria, o arquiteto adota modelos desenvolvidos em países de clima temperado e polar, não adaptados às nossas condições, com erros facilmente evitáveis, como a adoção de paredes totalmente envidraçadas, a má orientação das fachadas em relação à incidência dos raios solares e ausência de beirais e brise-soleils. Esses erros transformam a maioria das casas, prédios de apartamentos e edifícios públicos em verdadeiras estufas que, para serem refrigeradas, exigem enormes investimentos na instalação de sistemas de refrigeração, que acarretam gastos de energia absolutamente irracionais".

Apontando para a necessidade de desenvolver pesquisas e estudos que auxiliem nas tarefas de projetar, GOLDEMBERG (op.cit) afirma que:

"A prática da arquitetura solar, qualquer que seja a tendência adotada, pressupõe a existência de elementos tais como: cartas de ventos dominantes, mapas de insolação, tabelas pluviométricas, mapa de vegetação etc. Sem esses elementos, mesmo o arquiteto que tenha algum know-how de arquitetura solar, fica impossibilitado de desenvolver um bom projeto. Daí a necessidade de se realizarem, nas diferentes regiões, as medições e levantamentos necessários para a elaboração das mencionadas tabelas, mapas e cartas".

O mau desempenho ambiental e energético nas edificações ocorre em cada etapa do processo de edificar, que começa pela decisão de construir, pela contratação do projeto, sua aprovação, até a fase de construção e uso, como mostra a figura 9. Processo complexo e compartimentado, ele prejudica o desempenho energético, como constata STEADMAN (1975):

"Uma característica da prática arquitetônica moderna, que levou a desperdício no uso da energia, provém da crescente complexidade da tecnologia de construção e do projeto de engenharia de serviços mecânicos, particularmente nos grandes edifícios modernos. Com a crescente complexidade, veio a especialização e a divisão de responsabilidades do projeto entre vários profissionais; assim, o arquiteto individual não abarca todo o processo de projeto, mas, ao invés disso, procura a ajuda de consultores.

A menos que a colaboração seja muito próxima, como em alguns casos de grupos multiprofissionais, acontece do edifício ser projetado sem referências a problemas de serviços mecânicos; esse esquema mais ou menos acabado é entregue a consultores, cuja tarefa é prover aquecimento, ventilação, condicionamento de ar e outros sistemas com capacidade suficiente para tanto. Como as remunerações destes consultores são calculadas como percentagem do custo do equipamento e instalação que eles especificam, não há qualquer incentivo direto à economia de energia, ocorrendo justamente o contrário'.

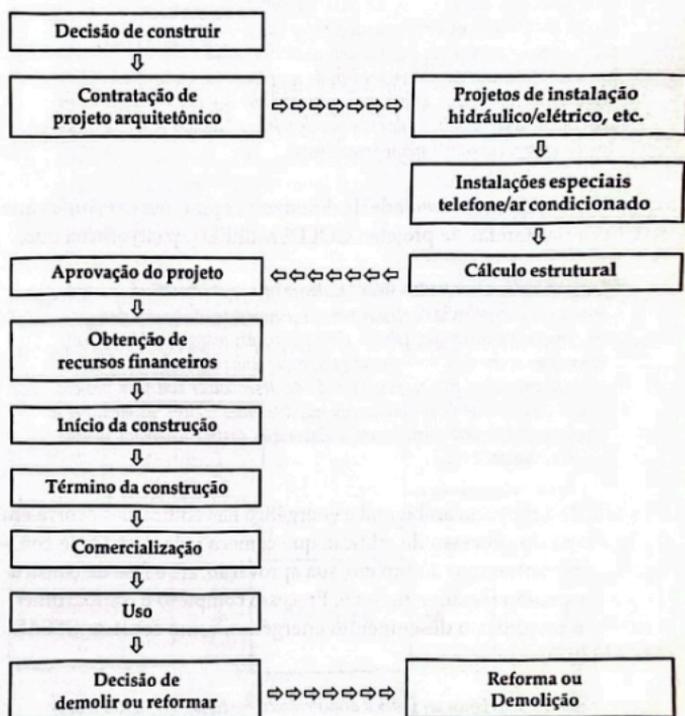


Fig. 9 – Etapas no processo de construção

PHILIP STEADMAN afirma que:

"para superar este problema, o arquiteto deve considerar, desde o início, como a forma global, os detalhes e a construção do edifício devem ser adaptados de modo a reduzir a demanda total de serviços e assim reduzir o uso de energia. Ou os consultores e engenheiros se envolvem no projeto desde o início, ou a relação da forma de edificação e dos materiais com o consumo de energia deve ser melhor compreendida pelo próprio arquiteto".

Apenas cinco por cento das edificações são projetadas, no mundo inteiro, por arquitetos, e esse percentual ainda é menor nos países em desenvolvimento como os da América Latina. Entretanto, ainda que reduzidas, as obras projetadas por arquitetos, por serem visíveis ou monumentais, têm grande efeito de demonstração e influenciam fortemente o padrão de produção das edificações.

Os arquitetos são apenas a ponta do *iceberg* na indústria de construção civil. Construtores, incorporadores, legisladores e administradores urbanos, comerciantes e fabricantes de materiais de construção, proprietários das jazidas de recursos naturais para esta fabricação, corretores de imóveis, agências de publicidade compõem o quadro de atores que desempenham papéis neste contexto.

Não basta que arquitetos se interessem em projetar edificações de baixo consumo energético: é necessário que, numa articulação ampla, os demais atores se sensibilizem e passem a atuar nesse sentido.

Desde o momento em que alguém toma a decisão de construir uma edificação até o momento em que ela está sendo utilizada, ocorrem várias atividades, envolvendo múltiplos atores: desde o proprietário do terreno, o financiador, o projetista, o construtor, o consumidor ou comprador e usuário da edificação.

A iniciativa para reduzir o consumo energético numa edificação pode partir de qualquer destes atores, como sugere o quadro 6.

Dentro do quadro atual, o projetista é condicionado em sua liberdade de projetar por vários fatores: sua educação na escola e fora dela; as normas urbanísticas e de edificações do contexto em que se localiza o

Quadro 6 – Papéis de vários atores no jogo da energia nas edificações

Atores	Ações
Arquitetos	<ul style="list-style-type: none"> • Formulação de normas urbanísticas conscientes de energia • Desenho solar • Arquitetura bioclimática • Arquitetura ecológica • Especificação de materiais de origem local
Escolas	<ul style="list-style-type: none"> • Programas e currículos energeticamente conscientes
Construtores	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de perdas na obra • Uso de materiais de construção locais
Indústrias de materiais de construção	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de perdas nas indústrias • Produção de coletores e aerogeradores • Produção de materias de baixo conteúdo energético
Financiadores e governo	<ul style="list-style-type: none"> • Crédito e juros baixos para projeto bioclimático • Taxas de incentivos para projeto bioclimático • Crédito e taxas com juros baixos para produtores de coletores, aerogeradores e equipamentos de climatização • Normas para informação ao consumidor sobre desempenho energético das edificações • Normas de aprovação de projetos conscientes de energia
Legisladores	<ul style="list-style-type: none"> • Legislação urbanística consciente de energia • Código de edificações ecológico • Código de uso do solo • Código de ocupação do solo • Código de parcelamento • Formulação de normas adequadas para recursos renováveis utilizados na construção
Compradores ou usuários	<ul style="list-style-type: none"> • Preferência por compra ou aluguel de edificações bioclimáticas ou que economizem energia • Diminuição de consumo direto de energia no uso das edificações
Agências de Publicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Valorização das economias de energia nas edificações
Corretores de imóveis	<ul style="list-style-type: none"> • Comercialização das vantagens das construções que economizem energia
Centros de Pesquisa e Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de pesquisas sobre recursos naturais e materiais locais • Realização de pesquisas sobre conforto térmico

Fonte: Andrés Ribeiro, 1992.

projeto; as exigências do incorporador; os valores do usuário ou comprador potencial da edificação. A motivação para se projetar usando recursos que levem à economia de energia pode partir do governo, aprovando legislação urbanística apropriada; ou do contratante do projeto, ou mesmo da escola, se esta transmitiu valores, princípios e técnicas de projetar apropriados.

O usuário pode desempenhar papel importante, e isso vem ocorrendo em sociedades em que o consumidor vem dando preferência a edificações que lhe proporcionem economia nas despesas com contas de luz e energia em geral. Até mesmo a propaganda e a comercialização de edificações, quando passam a comparar e a valorizar o desempenho energético mais eficiente, podem induzir o consumidor a considerar os benefícios de longo prazo que obterá de uma edificação energeticamente bem projetada. Esse esclarecimento pode ser feito a partir de roteiros ou programas que divulguem esses valores. Vários produtos (geladeiras, automóveis, etc.) já vêm informando aos consumidores sobre seu desempenho energético. Procedimento análogo, aplicado às edificações, poderá resultar em mudanças de comportamento que se refletirão em novas motivações para os projetistas conceberem projetos dentro de padrões técnicos que economizem energia.

1.4 Normalização

Trabalhos de normalização envolvendo a construção civil são essenciais para se melhorar o desempenho energético de materiais, equipamentos e dos processos de manutenção das edificações.

Os rótulos ecológicos, ou Selos Verdes, promovem a melhoria da qualidade ambiental de produtos e processos atestando e certificando aqueles produtos que tenham menor impacto ambiental em relação aos demais existentes no mercado. O critério de Qualidade Ambiental mostra que o produto ou processo não agride o meio ambiente global, sendo atribuído aos produtos que, durante todo o seu ciclo de vida, produzam reduzido impacto ambiental. Os critérios dos comitês de certificação ambiental têm que ser preenchidos para que os produtos obtenham tal certificado, que se torna um instrumento de marketing junto aos consumidores ecologicamente conscientes. A extensão do critério de eco-

nomia de energia para os produtos e processos de construção também poderá ser importante instrumento de marketing, informando o consumidor sobre os ganhos que terá em suas despesas com energia, bem como sobre os ganhos que o meio ambiente global terá, com a adoção daquele produto ou processo.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas tem trabalhado na elaboração de normas relacionadas com o conforto ambiental e energia nas edificações, e também com engenharia de manutenção. As normas brasileiras NBR10184, 10185 e 12269 aplicam-se à energia solar, abordando o rendimento térmico de coletores solares planos, a determinação do desempenho térmico de reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar e a execução de instalações de sistemas de energia solar que utilizem coletores solares planos para aquecimento de água. A NBR-05674, sobre manutenção de edificações, fixa condições técnico-administrativas mínimas exigíveis na manutenção das características funcionais, de segurança, de higiene e conforto das edificações.

Internacionalmente, a ISO (International Standard Organization) tem comitês técnicos trabalhando em isolamento térmico, energia solar e sistemas técnicos de energia, temas relacionados com a economia de energia nas edificações.

Seria desejável, no âmbito da maior integração e cooperação latino-americana, que houvesse um trabalho articulado de normalização sobre esse tema, levando a uma melhoria dos desempenhos de materiais e equipamentos.

Outros tipos de normas, urbanísticos e voltados para as obras, poderiam complementar esse esforço de normalização, estimulando uma elevação geral do nível de desempenho energético das edificações no continente, com ganhos econômicos e ambientais expressivos.

2 O MEIO AMBIENTE URBANO

"A maior parte da energia comercial e não comercial produzida atualmente é utilizada nos – e para os – assentamentos humanos; uma porcentagem substancial dessa energia é utilizada pelo setor doméstico. Nesse momento, os países em desenvolvimento defrontam-se com a necessidade de aumentar sua produção de energia para acelerar o desenvolvimento e elevar o padrão de vida de suas populações e, ao mesmo tempo, de reduzir tanto os custos da produção de energia como a poluição associada à energia. Uma maior eficiência no uso da energia, com o objetivo de reduzir seus efeitos poluidores e promover o uso de fontes renováveis de energia deve ser uma prioridade em toda ação empreendida para proteger o meio ambiente urbano." Agenda 21, Capítulo 7, 7.46.

A expansão das cidades na América Latina levanta problemas que podem ser compreendidos pelo urbanismo a partir do enfoque ambiental e energético.

Vários são os custos ou necessidades de infra-estrutura gerados quando se criaram novas áreas urbanas, por meio de loteamentos horizontais, ou do adensamento vertical: os congestionamentos de tráfego, a saturação da capacidade das redes de infra-estrutura de abastecimento de água, de esgotos, de energia e telecomunicações são alguns desses custos ou subprodutos do adensamento urbano; no caso das cidades que se estendem sem limites, há as perdas de terras agricultáveis, vitais para o abastecimento e a produção de alimentos, trazidos para as cidades de distâncias cada vez maiores, com custos ambientais e energéticos.

Quem, em geral, paga por esses custos indiretos de uma cidade que cresce desordenada não são aqueles que usufruem dos benefícios e ganhos imobiliários. O Estado tem costumeiramente investido recursos públicos em infra-estrutura para dar condições ao adensamento ou à expansão urbana, e o princípio da contribuição de melhoria, pelo qual aqueles que se beneficiam contribuem para pagar o investimento de que usufruem, ainda é de difícil implementação prática.

O intercâmbio de informações e de conhecimentos sobre a situação da habitação e do desenvolvimento urbano entre os países da América Latina é importante para proporcionar maior integração e também para abrir perspectivas de tratamento comum das questões habitacionais,

ambientais, energéticas e urbanas.

Apesar da diversidade de problemas e situações e da necessidade de se usarem materiais, arquitetura, desenho próprio de cada região, existem amplas possibilidades para se desenvolverem indicadores, parâmetros e critérios que permitam comparar as situações e as soluções que vêm sendo adotadas em cada país. As estatísticas, normas técnicas e administrativas podem ser trabalhadas no sentido de selecionarem com uniformidade aqueles tipos de informação considerados necessários e relevantes para facilitar maior integração e cooperação entre os países latino-americanos nesse campo.

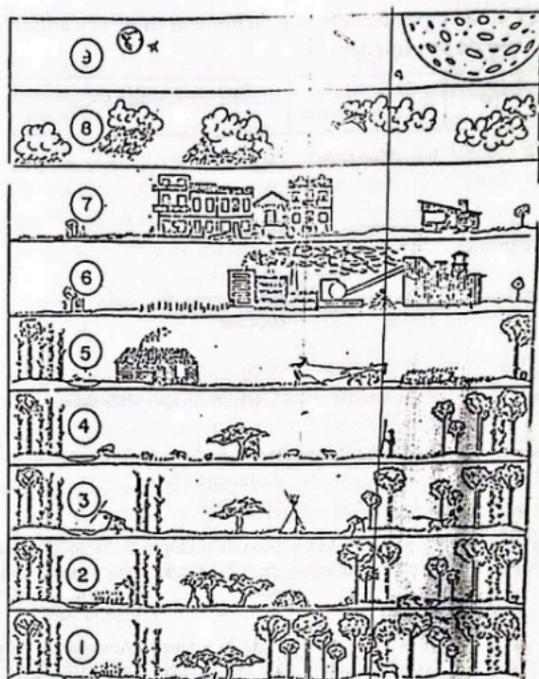
Historicamente, houve várias etapas na relação do homem com seu ambiente e cada uma delas caracterizou-se por apresentar impactos específicos sobre a organização social, a economia, a paisagem. Desde a pré-história, passando pela fase da coleta, a da caça e pesca, o pastoreio, a agricultura, a industrialização, até a urbanização característica da sociedade contemporânea, cada uma dessas fases provocou impactos no ambiente. PIERRE DANSEREAU sintetizou essa evolução histórica conforme apresentado no Quadro 7, que culmina com a fase do indivíduo isolado no cosmos.

Durante cada uma dessas fases, a sociedade humana utilizou-se de quantidades e qualidades distintas de energia. No último século, o aporte intensivo de combustíveis derivados de petróleo viabilizou um sistema de assentamentos humanos e de urbanização sem outros precedentes históricos. A *figura 10*, por ODUM (1976), compara o sistema agrário com o sistema industrializado, no que se refere às fontes de energia usadas para viabilizar a vida e o funcionamento dos assentamentos. Ali se mostra que, além do fluxo de calor e luz solar, comum aos dois sistemas, existe um suplemento de energia de origem fóssil concentrada, que vem sendo vital para os assentamentos humanos contemporâneos. Como esta fonte é de energia não renovável, aí se coloca uma questão crucial para a sustentabilidade do atual modelo de organização do espaço e de configuração dos assentamentos humanos. Ainda durante o período de vida útil das atuais estruturas construídas – cidades e edificações – deverá haver mudanças substanciais no perfil da oferta de energia.

Quadro 7 – As etapas do domínio do homem sobre seu ambiente e caracterização de seu impacto

	Organização social do homem	Economia	Ação sobre a paisagem	Vestuário	Abrigo
<i>Nono passo</i> fuga exobiológica	Indivíduo isolado	De poder	—	Ultra-especializado	Metal, plásticos; móvel
<i>Oitavo passo</i> Controle climático	Tecnocracias	De poder	Intrusão	Especializado	Metal, produtos sintéticos, móvel
<i>Sétimo passo</i> Urbanização	Sociedades densas	De consumo, de controle	Substituição	Fazendas	Pedra, tijolo, madeira, produtos sintéticos; durável
<i>Sexto passo</i> Indústria	Sociedades concentradas	De dependência, de transformação	Aniquilamento, substituições	Fazendas	Pedra, tijolo, madeira, produtos sintéticos
<i>Quinto passo</i> Agricultura	Tribos, sociedades	De produção, indo da autarquia à dependência	Culturas, seleção	Rudimentar, peles, tecidos, fazendas	Pedra, madeira; durável
<i>Quarto passo</i> Pastoreio	Tribos, sociedades (por vezes nômades)	Indo da autarquia de subsistência à aberta	Ablação, deslocamento (pastagens e fogo), propagação, erosão	Rudimentar, peles, tecidos	Pedra, barro, peles, madeira, musgos; temporário
<i>Terceiro passo</i> Caça e pesca	Tribos (muitas vezes nômades)	Indo da autarquia de subsistência à ligeiramente aberta	Ablação, deslocamento (fogo)	Rudimentar	Rudimentar
<i>Segundo passo</i> Colheira	Pequenas tribos, solitárias	Autarquia de subsistência	Ablação, deslocamento	Nenhum ou rudimentar	Nenhum ou rudimentar
<i>Primeiro passo</i> Terras virgens	—	—	—	—	—

Fonte: Pierre Dansereau.



As etapas do domínio do homem sobre seu ambiente: 1. Terras virgens; 2. Colheita; 3. Caça e pesca; 4. Pastoreio; 5. Agricultura; 6. Indústria; 7. Urbanização; 8. Controle climático; 9. Fuga exobiológica.

O conceito de ecossistema, aplicado aos assentamentos humanos, permite visualizar com clareza os principais fluxos energéticos, de alimentos, de materiais, de informação e de pessoas que se destinam aos assentamentos humanos e que deles se originam. A figura 11 (MARCUS, 1972) representa esquematicamente alguns desses *inputs* e *outputs* dos ecossistemas urbanos e os processos metabólicos que os transformam dentro das cidades. Há possibilidades para processos de reciclagem e de reaproveitamento de rejeitos produzidos na cidade: por exemplo, o lixo que pode ser transformado em adubo orgânico para produzir o alimento que ali será consumido. Também o ar poluído e carregado de gás carbônico originado pela queima de combustíveis fósseis e que con-

tribui para o efeito estufa, é parcialmente absorvido pelas plantas nas áreas urbanas e rurais, retornando purificado. Entre os *outputs* da cidade, destaca-se a produção de idéias, informação, educação e tecnologia, possibilitados pela mais forte interação e pelo aprendizado social e individual de se viver em ambientes densamente povoados e com grande interatividade com outros membros da própria espécie e com sua produção cultural.

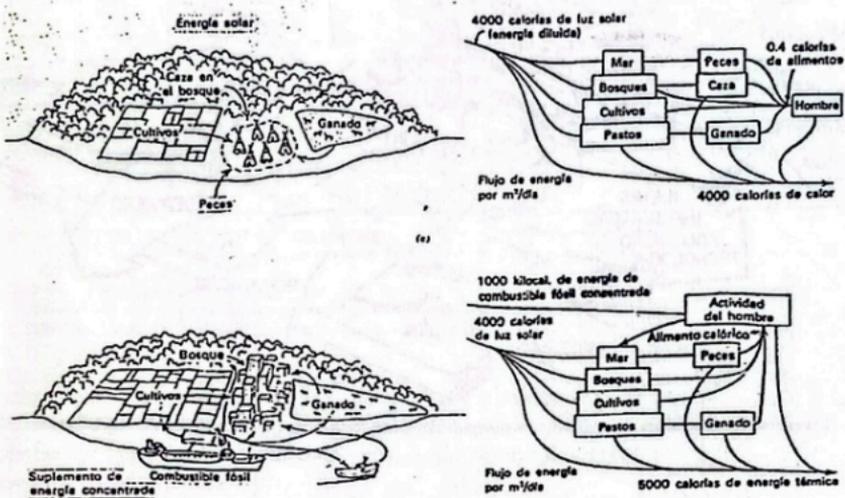


Figura 10 - Energia em sistema agrário e industrial

No que se refere especificamente às fontes de energia, elas têm várias áreas de aplicabilidade nos assentamentos humanos, que vão da cozinha ao aquecimento de água, à iluminação, ao abastecimento de água, ao transporte. Cada uma das fontes de energia, como o carvão e coque, os combustíveis líquidos, a hidroeletricidade, tem aplicações específicas, conforme mostra o *Quadro 7* (CHARI, 1981). Além disso, cada uma delas, na sua produção ou uso, gera impactos ambientais diversificados.

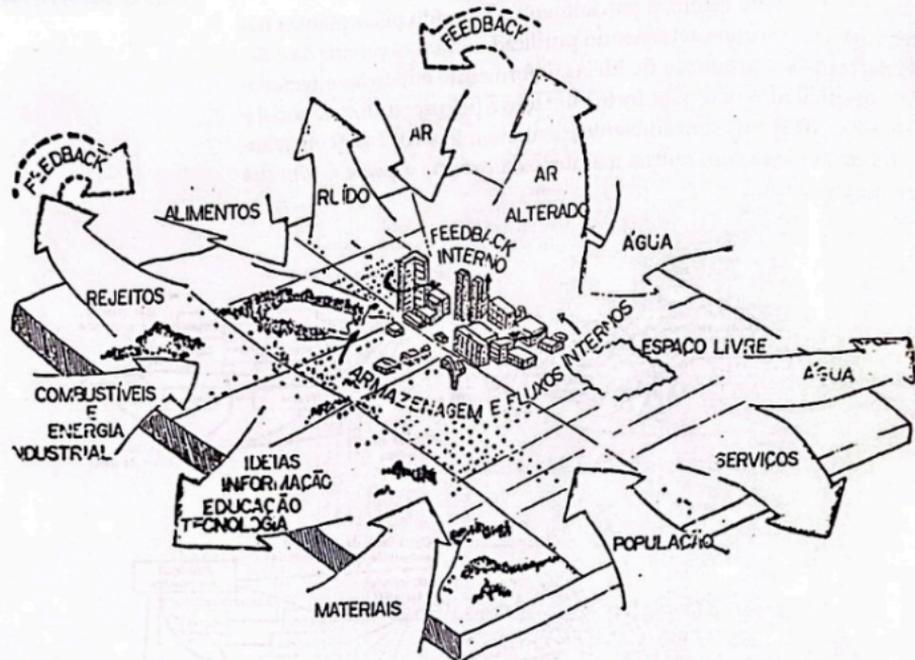


Figura 11 – Representação esquemática de alguns inputs e outputs dos ecossistemas urbanos – baseado em MARCUS et alii, 1972.

Quadro 7 – Fontes de energia e áreas de aplicabilidade nos assentamentos humanos

Fonte de energia	Geração de eletricidade	Cozinha e aquecimento da água	Iluminação	Condicionamento espacial	Secagem de colheitas	Abastecimento de água	Transporte	Indústria de pequena escala
Carvão e coque	G	UM	U ⁽²⁾	UM	R	—	—	RU
Combustível líquido	G	UM	RU	UM	R	R	G	RU
Gás natural/GLP	G	UM	NegUM	M	R	—	—	RU
Hidroeletricidade	G	—	—	—	—	—	—	—
Solar	R	C ⁽¹⁾	G ⁽³⁾	UM	R	NegR	—	—
Biomassa	R	RU	RU	RU	RU	—	—	R
Carvão vegetal	R	G	—	RU	R	—	RU	RU
Biogás	R	R	R	R	R	NegR	—	R
Geotécnica	G	—	—	G	—	—	—	—
Eólica	R	—	R	—	—	R	—	—
Térmica oceânica	G	—	—	—	—	—	—	—
Maré	G	—	—	—	—	—	—	—
Elétrica secundária	—	UM	G	UM	—	G	UM	RU

Fonte: CHIARI, K.S.R. *Extended studies on energy requirements and conservation in human settlements in the ESCAP region*. Bangkok, United Nations. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 1981. 98 p.

Nota: NEG = desprezível; G = todos os setores; R = rural; U = urbano/pequena cidade; M = cidades; (1) = somente aquecimento de água não desprezível; (2) = por conversão em água de cidade; (3) = através de desenho de edificação, proporcionando luz do sol.

É dentro desse contexto geral que se insere a reflexão sobre os padrões urbanísticos e a demanda de energia, e como se podem usar instrumentos de gestão urbanística para obter melhorias no desempenho energético das cidades.

2.1 Padrões urbanísticos e demanda de energia

São crescentes os estudos do planejamento urbano a partir da economia de energia, destacando a importância de:

- articular os diversos *usos do solo* urbano entre si, aproximando habitação, trabalho, educação, lazer e outras atividades, reduzindo assim a demanda de deslocamentos e transporte;
- selecionar *tipos de edificações* apropriados e padrões de densidade de *ocupação do solo*;
- adotar *parcelamento do solo* adequado;
- configurar *rede de assentamentos* energeticamente eficientes.

SACHS (1976), aponta que o desenho urbanístico e adequada distribui-

ção dos usos do solo como fatores de redução da demanda supérflua de energia, afirmando que:

"as condições de vida e trabalho nas cidades, e em particular nas cidades novas, poderiam ser sensivelmente melhoradas por uma articulação bem estudada entre as localizações dos conjuntos residenciais, dos locais de trabalho, dos equipamentos coletivos, das praças públicas - "ágoras" modernas concebidas como lugares de aprendizado social e dos espaços verdes. Um ambiente de melhor qualidade para os alojamentos e um acesso satisfatório aos equipamentos coletivos se somariam às possibilidades de economizar, ao mesmo tempo, no custo do transporte".

Já SÉRGIO SOZA (1982) diz que

"a contaminação, o congestionamento do trânsito, as distâncias percorridas, o desperdício de tempo e energia nervosa, agressividade, a dissociação comunitária, a perda de identidade, a insegurança, a afetação de naturalidade da paisagem, o dano ecológico, etc., estão claramente conectados com o desperdício, com o resultado espacial da cidade moderna: com a maneira como se usa o solo urbano".

Enfatizar as densidades de ocupação do solo, e o modo pelo qual elas podem contribuir para reduzir a demanda de energia, era apontado em Seminário Internacional (1977), onde concluía que *"o leiaute de alta densidade, com edificações baixas, traz vantagens consideráveis para o consumo doméstico de energia e é mais econômico em uso do solo do que as casas dispersas, além de ser mais barato do que a construção em altura"*. Tal leiaute possibilita ao mesmo tempo a redução do uso dos automóveis e a eliminação dos elevadores tendo, portanto, dupla vantagem energética. A altura do edifício é limite para a escolha da densidade: prédios sem elevadores economizam energia.

Baixas densidades de ocupação do solo não necessariamente representam melhor qualidade de vida, representada pelo modelo das periferias dispersas de cidades norte-americanas, com crescimento horizontal. Nas cidades latino-americanas, a rarefação das periferias representa mais dificuldade de prover infra-estrutura e equipamentos comunitários, tais como escolas, postos de saúde, bem como a ocupação de terras agrícolas cada vez mais escassas. Longe de contribuir para melhorar a qualidade de vida, a rarefação de ocupação do solo pode repre-

sentar o inverso, tendo em vista principalmente a forte centralização dos equipamentos sociais e urbanos nas metrópoles latino-americanas. Nesse caso, a mudança da relação centro-periferia, através da descentralização, representa fator importante do ponto de vista energético e antrópico.

O adensamento de áreas urbanas tem efeitos econômicos e culturais, além do já mencionado efeito energético. Em regiões de baixas densidades, como aquelas com 20 habitantes por hectare, elevam-se a mais de 2.000 dólares os custos para prover os serviços básicos a uma família. Densidades por volta de 100 famílias por hectare podem proporcionar sensível redução dos custos de infra-estrutura. Contudo, deve-se levar em conta a "Dimensão oculta", ou seja, as distâncias culturais e antropológicas estudadas por HALL (1977), para prevenir conflitos étnicos e sociais.

Algumas leis de uso do solo permitem que construções vizinhas tenham alturas diferentes, fixando coeficientes e taxas de ocupação do solo. Já outras leis de ocupação do solo regulam as alturas máximas das edificações, fator importante para a utilização direta de energia solar nas edificações, para aquecimento de água ou para climatização interna. Este uso é intenso em vários países, destacando-se o Japão e Israel. No Brasil e nas regiões tropicais da América Latina essa utilização ainda é incipiente, em que pese imensa disponibilidade desse tipo de energia.

OLIVEIRA (1984) afirma que:

"Na pior das hipóteses, ou seja, com $170w/m^2$ de densidade média anual de fluxo de energia solar, e considerando a utilização de apenas 1% do solo brasileiro para fins de conversão da energia solar em energia elétrica, aceitando-se apenas 10% da eficiência das tecnologias solares para este fim, obtêm-se cerca de 1.450 bilhões de Kw, o que equivale a 145 centrais hidrelétricas iguais a Itaipu".

O acesso dos raios solares às edificações é pré-requisito para aplicar desenho passivo bioclimático, e para instalar sistemas ativos, tais como coletores solares para aquecimento de água ou acondicionamento dos edifícios. (Ver Figura 12). A homogeneização da volumetria e das alturas de edificações em área urbana favorece o acesso ao sol, mas ainda há

vazio de normas que garantam esse direito. Se a habitação utiliza coletor solar para aquecer água e reduzir o gasto de eletricidade e algum tempo depois ergue-se a seu lado um prédio cujo cone de sombra prejudica o desempenho do coletor solar, quais as normas para se proteger o vizinho de efeitos prejudiciais? A legislação de uso do solo da cidade estimularia a economia de energia, ou privilegiaria a maior densidade de ocupação do solo?

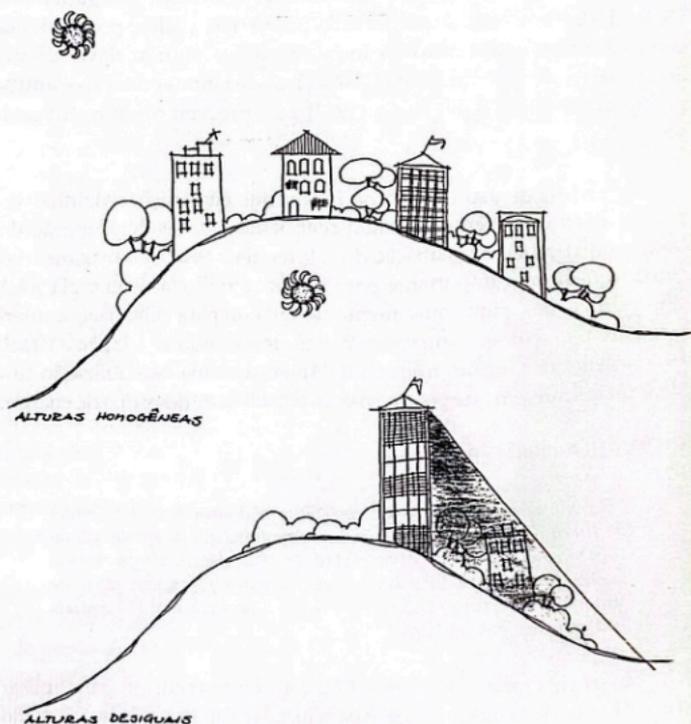


Figura 12 – O direito ao sol

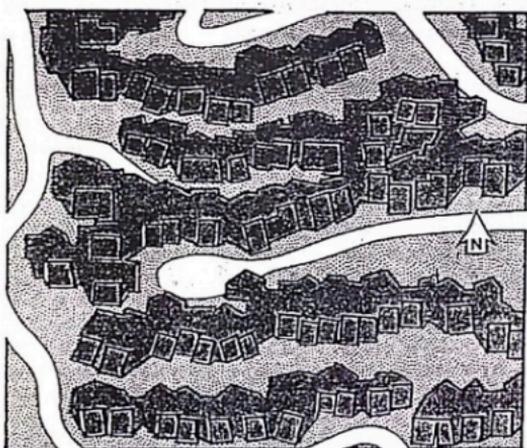
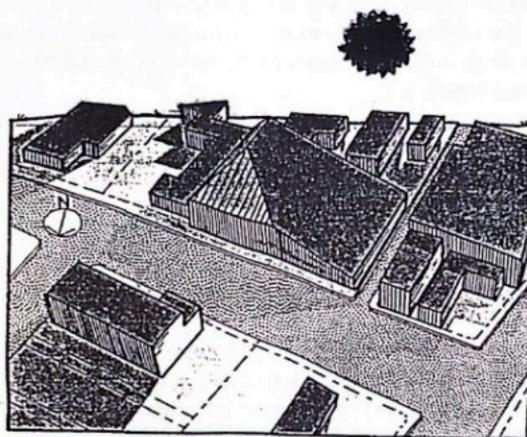


Figura 13 - Planos de sombreamento

Entre os procedimentos para se garantir esse direito, está a negociação direta entre vizinhos, pela qual se comprometem a respeitar o acesso ao sol das edificações no entorno, evitando futuras edificações ou o plantio de árvores que venham a fazer sombra às edificações ou coletores solares instalados.

Podemos, com OLIVEIRA, sugerir a adoção de plano energético solar, bem como *"uma revisão jurídica complementada com a de incentivos econômicos que possa contribuir para o desencadeamento da utilização da energia solar"*. A Figura 13 mostra planos de sombreamento de áreas não essenciais para coletores solares (SERI, 1981), em área comercial e em parcelamento planejado.

A utilização de aerogeradores para a produção de energia elétrica ou para bombeamento de água e irrigação é uma possibilidade importante em áreas com alto potencial de ventos. Seu uso é adequado em locais remotos, ou isolados das redes de distribuição de energia. Há limitações a esse uso nas áreas metropolitanas, onde edificações altas interferem com o livre comportamento dos ventos. OLIVEIRA (1984) chama a atenção para os aspectos legais, propondo *"a efetiva revisão da legislação concernente a edificação e urbanização, para que o processo tecnológico possa ter seu curso conveniente, em bases firmes"*.

Quanto à *tipologia de edificações*, devem-se destacar as vantagens que apresentam as casas geminadas sobre outros tipos, tais como as casas isoladas ou os prédios altos. As casas geminadas, devido às paredes comuns e à cobertura compartilhada, apresentam menos energia incorporada na construção e estão entre os tipos de edificações mais eficientes energeticamente quanto à sua utilização. (Figura 14).

Em novas áreas urbanas, outra forma de atuação para obter, de início, significativa economia de energia, é o adequado *projeto de parcelamentos* e loteamentos. A orientação dos lotes e do sistema viário com relação ao sol, à luz e aos ventos dominantes é condicionante prévio que também tem impacto sobre a futura ocupação desses espaços. No urbanismo tradicional brasileiro há o caso de Olinda, em Pernambuco, cidade antiga onde a rede viária foi orientada no sentido de conduzir a brisa marinha, facilitando a climatização das edificações construídas ao longo dela.

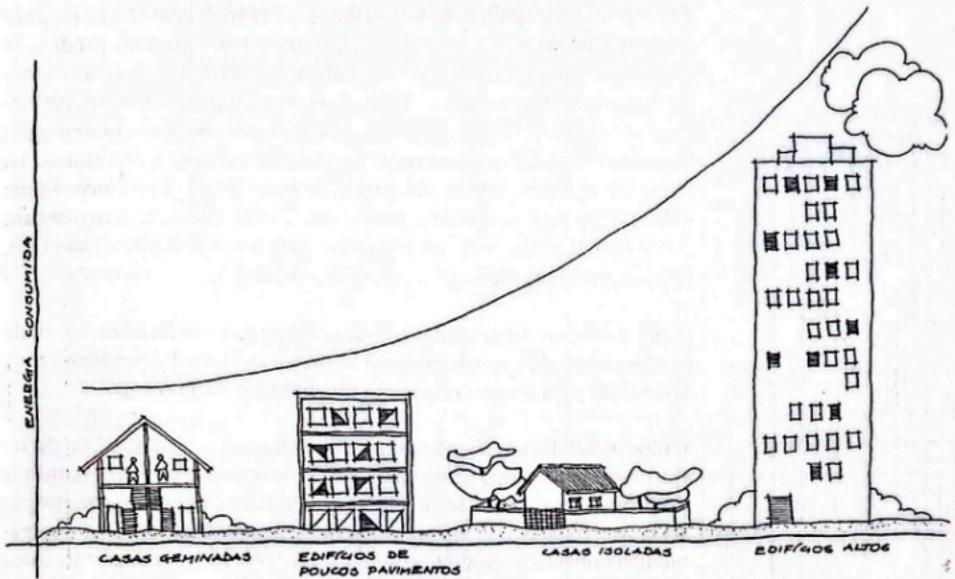


Figura 14 - Tipologia de edificações e consumo de energia

Quanto à arborização e ao *paisagismo* urbano, pode-se integrar o planejamento da vegetação à arquitetura, bloqueando o vento frio no inverno, canalizando as brisas de verão para ventilar as casas, e sombreando as edificações no verão, ao mesmo tempo em que se permite o acesso dos raios solares para os sistemas ativos e passivos de climatização. Isso exige maior conhecimento sobre as características de cada espécie vegetal e o uso de espécies locais aclimatadas para responder a cada uma dessas necessidades em função do projeto da edificação.

São bastante distintas as possibilidades existentes nas pequenas comunidades, cidades médias ou grandes metrópoles, para aproveitamento de energias renováveis e uso de materiais de construção energeticamente eficientes.

Em regiões metropolitanas, especialmente em áreas centrais, os padrões de ocupação do solo e a tipologia de edificações – grandes prédios de escritórios, equipamentos públicos, habitações verticalizadas e com grande densidade de ocupação, – limitam as possibilidades do conforto ambiental não dependente de energia. Há exceções, mesmo em tipologias altamente verticalizadas como as *loggia* utilizadas por Le Corbusier na *Unité d'habitation* de Marseille e na *Maison du Brésil – Cité Universitaire* – Paris, exemplos citados por Lúcio Costa (Semin. Arquitetura Bioclimática, 1983), bem como os dos arquitetos A. E. Reidy e Rino Levi, citados por Lúcia Mascaró na mesma publicação.

Já nas periferias urbanas, nas cidades pequenas e em áreas rurais, onde predomina a edificação horizontal ou de baixa altura, há condições mais favoráveis para o aproveitamento de energia eólica ou solar.

Outra possibilidade significativa, interurbana, é a configuração de redes de assentamentos próximos entre si e complementares, evitando as deseconomias e custos ambientais e energéticos das grandes metrópoles e aproveitando-se as complementariedades de serviços e equipamentos públicos. A configuração espacial dessa rede de assentamentos pode auxiliar muito na economia de energia, reduzindo-se em especial os custos energéticos relacionados com os transportes de mercadorias e pessoas. As redes de centenas de milhares de assentamentos de pequena escala, aldeias e pequenas cidades, que se consolidaram nas antigas civilizações asiáticas, tais como a chinesa ou a indiana, constituem referências importantes que atendem a tais requisitos de economia energética.

O *quadro 8* esquematiza as atividades e suas respectivas áreas, em que se trabalha com a dimensão energética nos planos territoriais.

São as seguintes as principais medidas para economia de energia que podem ser proporcionadas pela legislação urbanística:

Uso do Solo:

- diversificação de usos, respeitando-se compatibilidade ambiental;
- proximidade casa-trabalho;
- programação intensiva e flexibilidade de uso;

- descentralização dos equipamentos: autonomia quanto aos serviços.

Quadro 8 - A dimensão energética dos planos territoriais (micro ou macrorregionais)

ÁREA ATIVIDADES	MEIO AMBIENTE NATURAL Recursos Humanos					MEIO AMBIENTE CULTURAL Recursos Culturais					MEIO AMBIENTE SOCIAL Recursos Humanos								
	H I D R O L O G I A	V E G E T A Ç Ã O	G E O L O G I A	Z O O L O G I A	E C O L O G I A	U S O T E R R A P O R T E N C I A L	P E C U Á R I A	A G R O P E C U Á R I A	I N D Ú S T R I A	T R A N S P O R T E	I N F R A - E S T R U T U R A	H A B I T A Ç Ã O	O T R O R E G I M O N I Z A Ç Ã O	D E M O G R A F I A	S E T O R I A L	N U T R I Ç Ã O	E D U C A Ç Ã O	I N S T I T U I Ç Ã O N A L	H I S T Ó R I C O
1. INVENTARIAR FONTES DE ENERGIA DISPONÍVEIS RECURSOS																			
2. QUALIFICAR/QUANTIFICAR SUA UTILIZAÇÃO																			
3. ANALISAR RENDIMENTOS/PERDAS DESPERDÍCIOS																			
4. CONCEBER POSSIBILIDADES DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - TECNOLÓGICAS - DESENHO URBANO REGIONAL																			
5. DESENVOLVER INSTRUMENTOS DE CONSERVAÇÃO LEGAIS/FISCAIS/ CREDITÍCIOS/ TECNOLÓGICOS/ EDUCACIONAIS/CULTURAIS																			
6. IMPLEMENTAR PLANEJAMENTO ECO-ENERGÉTICO																			

OFERTA:
FONTES

DEMANDA:
CONSERVAÇÃO

Ocupação do Solo:

- densidades médias ou altas;
- garantia de acesso ao sol;
- baixa altura das edificações: evitar elevadores;
- tipologia de edificações: casas geminadas, prédios baixos;
- orientação das edificações.

Parcelamento do Solo:

- orientação dos lotes;
- orientação do sistema viário;
- formato e frente dos lotes.

Posturas urbanas:

- normas de arborização e paisagismo urbano adequadas;
- limites máximos de consumo energético por edificação.

Entre as possibilidades de ação para economizar energia nos assentamentos humanos, destacam-se:

A. Educação formal e informal, ciência e tecnologia

- programas educacionais voltados aos produtores de materiais de construção, aos construtores e aos usuários das edificações;
- atualização e reavaliações de currículos e programas escolares e universitários;
- produção de material didático e pedagógico para edificações bioclimáticas e de baixo custo energético;
- incentivos a pesquisas e projetos bioclimáticos;
- informação aos consumidores sobre desempenho energético de equipamentos;
- análises comparativas com outras sociedades e seus sistemas de assentamentos humanos;
- estudos sobre efeitos da informatização e da informação sobre a demanda de energia.

B. Planejamento regional e de assentamentos humanos

- reforço à sustentabilidade energética, alimentar e em relação à água e materiais;
- incremento de assentamentos situados ao longo de vias navegáveis e outros meios de transporte energeticamente eficientes;
- fomento às aplicações da telemática e das tecnologias que possam levar à redução da demanda de energia;
- planejamento de uso e ocupação do solo com proteção a áreas agricultáveis peri-urbanas;
- adensamento de áreas ociosas com edificações de baixa altura;
- descentralização de comércio e indústria de pequena escala e diversificação de usos com critérios ambientais;
- planejamento de transportes, privilegiando transporte coletivo urbano, uso de meios de transporte mais eficientes e redução da quilometragem de transportes de pessoas e cargas;
- melhoria de eficiências e capacidade de carga de veículos.

C. Meios institucionais e administrativos

- reorganização institucional, reforçando assentamentos humanos (habitação, saneamento, urbanismo, meio ambiente);
- articulação do planejamento energético com áreas como transportes, habitação, obras públicas, trabalho, abastecimento alimentar, defesa do consumidor, meio ambiente.

2.2 Energia e assentamentos humanos: fatores determinantes

2.2.1 O auto-abastecimento e o transporte de materiais

O auto-abastecimento de cada comunidade com materiais de construção locais evitará os transportes de materiais a longa distância, que oneram o custo energético das edificações. A redistribuição espacial da produção dos materiais é, portanto, um tema de interesse para torná-la sustentável, na linha do que propõe a Agenda 21 (cap. 7, 7.69. a, b).

No Brasil, é intenso o transporte dos materiais de construção, devido às dimensões continentais do país e ao caráter concentrado da produção de vários materiais de construção. Reduzir a quilometragem total percorrida pelos materiais de construção, substituir sempre que possível o transporte rodoviário por modos mais eficientes energeticamente, tais como o ferroviário ou o hidroviário, e redistribuir espacialmente a produção de materiais de construção são objetivos de auto-sustentabilidade.

O auto-abastecimento e a redução de dependência externa de cada comunidade, quanto aos materiais de construção, visam reduzir gastos energéticos no transporte. Será necessário identificar as jazidas de matérias-primas e de recursos naturais transformáveis em materiais de construção, e desenvolver tecnologias que permitam sua exploração descentralizada e em pequena escala.

2.2.2 Migrações internas e rede de assentamentos

Intenso processo de migrações internas envolve praticamente um terço da população brasileira, que vem se deslocando do campo para as pequenas comunidades, destas para as metrópoles, do sul para a Ama-

zônia, do nordeste para o sul, entre outros.

Nosso sistema de assentamentos humanos e rede de cidades não estão consolidados, e existe relativa flexibilidade no assentamento das populações, em busca de emprego, serviços e condições de vida. Esta é a especificidade brasileira em relação a outros países, cujas redes de assentamentos e distribuição populacional já se encontram mais consolidadas e onde o processo de migrações internas não atinge a intensidade que ocorre no Brasil. Assim é que contamos com planos de ocupação recente, como os da Amazônia Ocidental, quase sempre conflitantes com os primeiros povoamentos da região, que datam de finais do século XVII, além do impacto ambiental da própria ocupação na medida em que é feita com desconhecimento do ecossistema amazônico. Aparentemente indevassável, este apresenta, contudo, uma precariedade inédita em face dos assentamentos propostos.

Especificamente as redes de assentamentos que se consolidaram em outros continentes de ocupação mais antiga, tais como a Ásia e a Europa, o fizeram num tempo em que não havia a disponibilidade de energia de origem fóssil. Essas redes de assentamentos são hoje modelos de referência para soluções que podem dar maior sustentabilidade às áreas de concentração de população humana.

Identificar os materiais de construção disponíveis em cada nova área de assentamento, pesquisando-os para tornar seu uso e aplicação adequados às edificações, pode proporcionar economia de energia. Da mesma forma, o aproveitamento dos potenciais de uso do solo, da água e dos recursos naturais de cada local e de cada região, é condição básica para o desenvolvimento auto-sustentável e com maior eficiência energética, dos assentamentos humanos.

2.2.3 O consumo socialmente desigual de energia

Há consumo desigual de energia por classe social, no Brasil. São escassos os dados disponíveis sobre as relações entre a distribuição de renda e o perfil de demanda de energia. Um dos poucos estudos existentes (LA ROVERE, 1984) aponta que, em 1970, 1/4 da energia era consumida

por 4% da população de mais alta renda, enquanto 2/3 da população consumiam menos de 30% da energia total.

Esses dados mostram as extremas desigualdade de padrões de consumo de energia e reforçam a idéia de que

"a concentração de renda cria estilos de vida marcados pela grande ostentação e o desperdício por parte das elites, que são responsáveis por uma parcela substancial de demanda de energia, e em particular de petróleo. Isto nos leva a chamar a atenção para um aspecto de crise energética muito importante em diversos países do Terceiro Mundo: os níveis de consumo de energia da grande maioria da população são ainda muito reduzidos". (LA ROVERE, op.cit).

Se aceitamos esta argumentação, o problema da energia e edificações pode ser melhor enfocado e as questões podem ser formuladas mais claramente: como promover a economia de energia no setor moderno e de elite da produção de edificações? Que instrumentos políticos, técnicos, jurídicos, econômicos devem ser usados? Como um estilo de desenvolvimento menos intensivo em energia poderia se expressar no campo das construções?

2.2.4 O consumo socialmente desigual do espaço construído

A quantidade de espaço utilizado é uma das chaves principais da economia de energia nas edificações. No Brasil, as áreas ocupadas por família variam com o nível de renda e os padrões de consumo do espaço construído: nas faixas de alta renda consome-se mais espaço construído, tanto nas habitações como nos locais para trabalho, comércio, etc. Já as camadas mais pobres da população vivem em áreas reduzidas, densamente ocupadas. Menor densidade e ampla disponibilidade de espaços construídos são também sinal de status social. Esses padrões de consumo do espaço se repetem no parcelamento, loteamentos, nos tamanhos dos lotes, nas densidades de ocupação dos solos nas cidades.

Numa sociedade igualitária, são menores as variações na quantidade de espaço apropriado e consumido pelas várias parcelas da população e o caso japonês o demonstra. Os padrões de habitação japonesa constituem um dos modelos da edificação do futuro, devido ao uso otimizado

que fazem das pequenas áreas, e pela maestria com que se resolvem as diversas necessidades humanas dentro de espaços reduzidos. STOCKES (1981) cita que

"a casa japonesa tradicional serve como modelo para mostrar como a moradia do futuro pode levar em consideração os limites de recursos sem sacrificar a qualidade da casa. Há pouca diferenciação funcional entre as principais áreas da moradia japonesa clássica. Pânéis deslizantes tomam o lugar das paredes interiores, permitindo que os quartos sejam rapidamente separados ou conectados. Um quarto usado para dormir à noite é facilmente transformado numa área de comer ou num quarto de lazer durante o dia. A mobília é mínima e freqüentemente serve a muitas funções. A prática japonesa de fazer mais com menos vai tornar-se comum em muitas culturas do futuro".

Além dessa otimização do uso do espaço, outro fator que coloca como modelo a edificação japonesa é o uso intensivo de materiais de baixo conteúdo energético, como a madeira. Este material de construção, usado largamente na construção japonesa, é produzido pela energia solar através de fotossíntese e seu conteúdo energético é baixo, se comparado com outros materiais como o aço, o alumínio e o cimento. Além disso, o uso da madeira como sumidouro de CO₂ da atmosfera tem efeito ambiental benéfico, reduzindo o chamado efeito estufa, um dos grandes desequilíbrios ambientais e climáticos globais.

No Brasil, não existem muitos estudos sobre as desigualdades de consumo e demanda de energia por classes de renda ou sociais, como aponta IGNACY SACHS (1982):

"Deveríamos saber muito melhor qual é o perfil de consumo energético dos diferentes grupos sociais na cidade. E sobre isso estão faltando estudos, existe pouca coisa a respeito. Que sabemos sobre as variações de grupo social para grupo social, do impacto da energia cara? Eu creio que muito pouco. Isso, evidentemente, deverá ser a base de qualquer programa energia/cidade, porque temos que saber quais são os impactos sociais da energia cara".

O perfil de consumo do espaço, que varia de classe social para classe social, é determinante do consumo energético nas edificações, e mudanças nos estilos de vida e nos padrões de consumo poderiam alterar este consumo energético. Mas, como aponta Sachs, "só no fim, como

último tipo de ação, vem a mudança nos estilos de vida propriamente ditos, que poderia ser a mais espetacular das variáveis do jogo energia e desenvolvimento urbano, mas temos de nos dar conta também, que é o mais difícil de mexer. É fácil dizermos: temos de mudar nosso estilo de vida, mas é muito mais difícil obter um consenso social sobre isso".

À medida que tornar-se sociedade mais justa, igualitária e democrática, o Brasil poderá alterar os padrões de consumo de espaço construído, reduzir a demanda de espaços ocupados pelas camadas mais ricas da população. Poderá ocorrer significativa redução no consumo de energia utilizada para produzir espaços superdimensionados, supérfluos, de difícil e onerosa manutenção. Esta energia, as matérias-primas e o capital nelas envolvidos, poderão ter funções sociais mais fortes.

2.2.5 As demolições prematuras e o desperdício de energia

Toda edificação tem um período potencial de vida útil, que varia em função da qualidade dos materiais com que foi edificada, os cuidados durante sua construção e durante seu uso, as condições ambientais onde se insere.

Depois de construídas, e durante o período de sua vida útil, as edificações necessitam de serviços de manutenção para conservarem o nível de desempenho e preencherem bem suas funções. Sob o efeito da umidade, da radiação solar, da micro-vida, dos insetos, do conteúdo salino do ar, as edificações tendem a se deteriorar e a ver reduzido o seu período de vida útil.

O conjunto das edificações existentes numa cidade ou num país constitui patrimônio imobiliário no qual estão embutidas quantidades significativas de energia. Nos países desenvolvidos, estima-se que chegue a 30% da energia total consumida, a que se destina à construção e operação das edificações. (Ver Agenda 21, Capítulo 7).

Quando se deixa de aproveitar o potencial de vida útil das edificações, está-se desperdiçando a energia nelas contida. Além de sua grande importância econômica, a manutenção das edificações é importante do

ponto de vista da qualidade ambiental e da economia de energia.

No Brasil, toda a atividade de manutenção das edificações está a cargo de seus proprietários ou locatários, cabendo ao Estado estas funções apenas nos casos de bens de sua propriedade ou daqueles bens históricos de valor, cuja restauração seja considerada de interesse público. Os proprietários das edificações dispõem do direito de decidir como conservá-las, se devem fazê-lo ou não, ou se vão demoli-las.

A não ser a medida do "tombamento", que interdita o direito de demolir uma edificação de interesse histórico ou arquitetônico, não se dispõe de instrumentos legais que preservem o tempo potencial de vida útil de cada edificação, aproveitando ao máximo os materiais e energia nela incorporados.

Nas cidades brasileiras, a especulação imobiliária se expressa pelo ritmo acelerado pelo qual as edificações urbanas, especialmente em áreas de grande dinâmica e adensamento demográfico, são demolidas e substituídas por outras, antes que seu ciclo de vida útil tenha sido completado. Os processos de substituição rápida de edificações que ocorrem nas áreas mais dinâmicas de cidades brasileiras, como o Rio de Janeiro, ou nos centros de São Paulo, Belo Horizonte e outras metrópoles, desperdiçam energia.

Este processo está a merecer medidas que possam regular o seu ritmo, intensidade e finalidade. Da mesma maneira como se regulamenta o direito de construir através dos códigos de edificações, das leis de zoneamento urbano, dos códigos de posturas, faltam a formulação e regulamentação legal de códigos que também versem sobre o direito de um proprietário de imóvel destruí-lo, tendo em vista objetivos coletivos mais amplos.

A função social da propriedade imobiliária pode ser fundamental, neste contexto, e a regulamentação do direito de demolir poderia tornar-se aspecto legal eficaz de combate a uma forma de especulação imobiliária com altos custos energéticos e ambientais.

O aumento da durabilidade dos produtos, materiais e componentes

das edificações é fator importante de economia de energia, já que, aumentando-se a vida útil dos produtos, reduz-se a demanda por insumos energéticos. A reparação e os trabalhos de manutenção de edificações também exigem aportes energéticos, e todos os meios que reduzam os desgastes sofridos pelas edificações serão úteis para reduzir as demandas de energia necessárias para essa conservação.

Entre as causas para o desgaste e deterioração prematura dos edifícios, algumas originam-se no projeto, mas a maior parte ocorre durante o processo de construção, por emprego de materiais de baixa qualidade ou por ausência de inspeções e fiscalização nas obras.

Seminário sobre Habitação e Urbanismo em Cuba afirmou que *"de nada valeria um eficiente trabalho de conservação, se o projeto apresenta deficiências estruturais, pois de todas as formas seria reduzida a vida de uso ou seria necessária a realização de trabalhos de reconstrução de alto custo"*. Ele completa que isso *"igualmente ocorre se o erro ou a deficiência são cometidos durante a execução da obra ou durante a pré-fabricação dos elementos. É por isso que, no caso das novas construções, é desde a elaboração do projeto que começa o trabalho de manutenção"*.

Entre as conclusões daquele seminário, considerando a necessidade de economizar energia nas edificações, assinala-se:

- a necessidade de que se elaborem, dentro da política de habitações, planos de manutenção, e não apenas de construção das edificações;
- que a manutenção deverá realizar-se *"regida por critérios econômicos e técnicos, com o objetivo fundamental de permitir a máxima utilização das edificações em condições funcionais, higiênicas e ambientais ótimas"*;
- que se organizem a venda e a regulação dos materiais de construção para a execução dos trabalhos de manutenção por parte dos próprios usuários;
- que se incluam na avaliação técnico-econômica dos projetos típicos de edificações, critérios referentes à sua futura manutenção, devendo-se incorporar à aprovação de projetos as cartilhas de conservação dos distintos objetos e a regulamentação para que, uma vez terminadas as obras, essas regras sejam postas em prática atendendo às condições ecológicas de sua localização;
- desenvolver, através dos meios massivos de comunicação, plano de

divulgação de caráter educativo sobre a importância econômica da manutenção urbana”.

2.2.6 O sub-aproveitamento das edificações

O sub-aproveitamento das edificações durante o ciclo diário, semanal ou anual ocorre com frequência nos assentamentos urbanos brasileiros, especialmente nos equipamentos públicos, tais como escolas, centros comunitários, áreas de lazer, que permanecem ociosos uma parte do tempo.

O aproveitamento máximo das edificações durante todo o tempo é uma possibilidade que depende de adequada programação de uso e seu escalonamento no tempo, que pode incluir vários usos para uma mesma edificação em períodos do dia distintos (SACHS, 1981). A ociosidade representa sub-aproveitamento da energia nelas incluída e induz a demandas por outras edificações. Essa questão de gerência e administração pode, se bem equacionada, contribuir para resolver problemas cuja resposta tradicional tem sido a produção de novos espaços edificadas, com a conseqüente multiplicação de efeitos ambientais e energéticos adversos.

3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

É dentro de edificações que se passa a maior parte do tempo. A qualidade do meio ambiente construído influencia a saúde e a qualidade de vida individual e social.

A criação de ambientes construídos – moradias, escritórios, cidades – com boa qualidade ambiental e adequadas condições de conforto térmico, acústico, luminoso – é essencial para a qualidade de vida humana na sociedade moderna. Essa qualidade adequada da edificação pode ser alcançada pelos desenhos e projetos arquitetônico e de engenharia, ou pelo aporte de energia para o aquecimento ambiental, a refrigeração, o aquecimento de água, a iluminação, mantendo níveis térmicos compatíveis com o conforto para o ser humano.

O desperdício de energia no aquecimento e na refrigeração das edificações é fato rotineiro nos países da América Latina e do Caribe. No Chile, estima-se que a ineficiência de equipamentos é responsável por perdas de mais de 40 por cento do combustível para aquecimento ou refrigeração.

Os impactos dessas perdas são relevantes para os países da região, que importam grande parte do petróleo que consomem ou que sofrem os efeitos ambientais da exploração e uso de energia.

Os produtores de materiais de construção, reduzindo desperdícios no processo industrial conservam energia. Os projetistas, engenheiros e arquitetos podem elaborar projetos considerando a economia de energia. Da mesma forma, informações aos usuários das edificações poderão auxiliá-los a economizar energia, iluminação, aquecimento de água e climatização interna.

Em alguns países e cidades, os picos de consumo de energia elétrica concentram-se durante períodos, tais como o horário de almoço ou o final de tarde. Em Belo Horizonte, o pico de consumo ocorre no final das tardes, quando se ligam os chuveiros elétricos usados pela maior parte da população. Para se reduzir estes picos, seria necessário incentivar o uso da energia solar para o aquecimento de água, ou cobrar sobretarifa para o uso da energia durante esse horário.

Em países onde o tema é mais aprofundado - França, Estados Unidos - códigos e normas urbanísticos condicionam que os alvarás e licenças para construir somente sejam concedidos após prévia análise dos projetos arquitetônicos e de engenharia, do ponto de vista de seu desempenho energético. Os projetos de edificações cujo consumo de energia elétrica por metro quadrado ultrapasse certos limites, devem ser rejeitados para se adequarem aos limites previamente estipulados. Trata-se do *urbanismo energético*, consciente da energia como fator condicionante dos projetos.

Companhias de energia elétrica e empresas voltadas para a aplicação de energia, dentro de programas de economia, têm produzido material de orientação aos usuários, aos produtores de materiais de construção

e também aos projetistas, para que mudem seus hábitos e padrões de produção, de projetos e de consumo, e ajudem a economizar energia. Entretanto, a disseminação desses valores ainda se faz sob demanda e em pequena escala, sendo necessários métodos que multipliquem a consciência sobre a importância de economizar energia.

A organização de concursos públicos, com premiação para projetos vencedores, e o estímulo à criatividade nesse campo podem ter resultados significativos.

A melhoria do projeto das edificações e de seu desempenho energético poderia causar poupanças de recursos para serem empregados em outros setores. Para os consumidores individuais, poderia trazer poupanças significativas, num contexto em que o preço das tarifas vem sendo crescente. Além disso traria um ganho ambiental significativo, já que a energia mais limpa é aquela que se deixa de consumir.

Os esforços para se projetar uma arquitetura ecológica, para se utilizar os materiais de construção e equipamentos adequados e para se normalizar as edificações tomando como critério central o seu desempenho energético fazem parte do conjunto de ações possíveis numa estratégia ampla para se abordar essa questão.

Do ponto de vista estético, toda a formulação precedente, de caráter técnico, não é de modo algum incompatível com a forma arquitetônica. Pelo contrário, são incontáveis os exemplos de arquitetura vernácula perfeitamente sintonizados com a paisagem e o meio físico, formando ao mesmo tempo uma imagem visual unitária na diversidade dos lugares. Essa arquitetura nem sempre executada por arquitetos tem, entretanto, muito a ensinar aos profissionais do projeto (RUDOLFSKY, 1964).

Coletores solares, por exemplo, podem-se repetir num assentamento como signos estéticos, comunicando abertamente sua forma e função, como elementos essenciais da forma e dos efeitos de composição.

Além dessas linhas de investimento necessárias, deve-se ressaltar duas outras: uma delas, a introdução no sistema educacional, nas escolas técnicas, nas escolas de arquitetura e de engenharia, de conhecimentos

e disciplinas relacionados com a economia de energia nas edificações. Tal será o foco do trabalho seguinte deste estudo.

Também o urbanismo energético, e as repercussões sobre o consumo de energia dos padrões urbanísticos, bem como as formas de se reduzir desperdícios e reduzir os gastos supérfluos por meio de instrumentos de desenho urbano, de política de transportes públicos ou de outros meios, são temas relevantes. Serão objeto de outro documento deste projeto.

Os Planos Diretores urbanos e municipais precisam incorporar sistematicamente os aspectos de economia de energia que dependem de melhor estruturação espacial. As grandes cidades são hoje extremamente dependentes, para funcionarem, de influxos de energia derivada do petróleo e de energia elétrica produzida muitas vezes longe dos locais de consumo. Essa dependência gera vulnerabilidade e insegurança para os cidadãos urbanos e riscos crescentes de ruptura no funcionamento cotidiano das cidades.

A sustentabilidade dos assentamentos humanos, a longo prazo, depende da criação de condições de redução da dependência energética, alimentar, de água e materiais em cada assentamento e da rede de assentamentos. A avaliação do desempenho energético dos assentamentos deve ser parte integrante das políticas de desenvolvimento urbano e ambiental.

A aplicação às áreas urbanas e loteamentos, no licenciamento de novos empreendimentos urbanísticos, de instrumentos desenvolvidos para a avaliação de impactos ambientais é um caminho para se trabalhar com os custos da urbanização e as externalidades. A elaboração de Estudos de Impacto Ambiental – EIA e de Estudos de Impacto sobre o trânsito urbano – EITUR são alguns desses instrumentos.

O princípio usuário-poluidor-pagador vem sendo usado para se internalizarem custos ambientais, tais como o uso da água em bacias hidrográficas. Tal princípio pode ajudar a internalizar custos de urbanização. Os processos já amplamente sistematizados de avaliação de impactos ambientais, incluindo-se audiências públicas e participação dos

interessados, podem ser adaptados para compreender toda a cadeia de impactos ambientais e energéticos que ocorrem durante o ciclo de vida útil de edificações e cidades e para criar sistema estruturado de avaliação prévia de custos envolvidos num empreendimento e reparti-los entre os que mais usufruem dos benefícios daquele investimento.

A Agenda 21 (1992), no seu capítulo 7, que trata do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, propõe que se promovam atividades sustentáveis na indústria da construção, priorizando a oferta local de recursos naturais e o uso de materiais locais, e adotando normas que promovam uso de projetos e tecnologias que utilizem energia de forma eficiente.

Sugerem-se as seguintes linhas de trabalho, voltadas para se economizar energia nos assentamentos humanos e nas edificações:

3.1 Na área de arquitetura:

- Projeto de arquitetura ecológica
- Adoção de desenho bioclimático, ecológico, solar;
- Uso de vegetação para sombreamento e ventilação;
- Intensificação do uso de energia solar, geotérmica, eólica;
- Uso de materiais com propriedades térmicas adequadas;
- Redução de uso de equipamentos mecânicos, ar condicionado, etc.;
- Ênfase em projeto comunitário de instalações que demandem energia;
- Adoção de grande pé-direito com ventanas até o alto (ventilação interna);
- Uso de ventilação transversal e processos naturais para renovação do ar;
- Uso de grandes vãos de ventanas;
- Controle de entrada da luz sem redução drástica das ventilações nas janelas;
- Emprego da viga invertida para ventilação e da viga efeito chaminé;
- Uso de pilotis que permitam ventilação;
- Proteção às coberturas da incidência do sol, através de placas isolantes;
- Orientação dos prédios para posição favorável em relação ao movimento do sol;
- Uso de colchão de ar nas coberturas para ventilação e conseqüente isolamento térmico;
- Proteção contra penetração de elevadas temperaturas exteriores.

3.2 Na área de urbanismo:

- Adoção de urbanismo energético de padrões urbanísticos que reduzam o consumo de energia;
- Redução de desperdícios por meio de desenho urbano e política de transportes públicos;
- Incorporação, nos planos diretores urbanos e municipais, da economia de energia;
- Uso de luminárias econômicas nos espaços públicos e na iluminação urbana;
- Organização do espaço urbano considerando ecologia tropical;
- Proteção dos passeios em relação ao sol e à chuva;
- Uso de pavimentação capaz de absorver calor e água;
- Distâncias percorridas a pé devem ser as mais curtas possíveis;
- Correntes de ar e percursos de pedestres orientados a objetivos específicos para evitar exposição a condições naturais adversas;
- Adensamento de áreas ociosas com edificações de baixa altura;
- Descentralização de localização de comércio e indústria de pequena escala;
- Diversificação de usos com critérios ambientais;
- Planejamento de transportes, privilegiando transporte coletivo urbano, uso de meios de transporte coletivo urbano, uso de meios de transporte mais eficientes e redução da quilometragem de transportes de pessoas e cargas;
- Melhoria de eficiência e capacidade de carga de veículos.

3.3 Na área de planejamento regional e de assentamentos humanos:

- Reforço à sustentabilidade das cidades energética, alimentar e em relação à água e materiais;
- Incremento de assentamentos situados ao longo de vias navegáveis e outros meios de transporte energeticamente eficientes;
- Fomento às aplicações de telemática e de tecnologias que reduzem a demanda de energia;
- Planejamento de uso e ocupação do solo com proteção a áreas agricultáveis peri-urbanas;
- Localização inter e intra-urbana adequada dos pontos de comercialização de materiais;

- Redução de dependência das grandes cidades, dos fluxos de energia derivada do petróleo e de energia elétrica produzida longe dos locais de consumo.

3.4 Na área de materiais:

- Seleção e produção de materiais de baixo conteúdo energético;
- Seleção de materiais de origem local, com redução de distância;
- Redistribuição espacial da produção de materiais;
- Uso de modos de transporte de materiais energeticamente eficientes;
- Adoção de processos industriais de produção de materiais que reduzam perdas de energia;
- Aperfeiçoamento de métodos de secagem solar em cerâmica;
- Substituição, na indústria de materiais e componentes, de derivados de petróleo por fontes locais (lenha com autosuprimento, energia solar);
- Adoção de processos e técnicas que reduzam perdas de energia na construção da obra;
- Otimização do uso de energia animal e humana no processo de construção;
- Produção de coletores, aerogeradores e outros sistemas e equipamentos para aproveitamento de fontes renováveis de energia;
- Uso de materiais de construção energeticamente eficazes, ou que façam uso de energia solar renovável;
- Uso de madeira na construção desde que obtida por meio de manejo sustentado, já que é sumidouro de CO₂ da atmosfera, ajudando a reduzir o efeito estufa;
- Atenção para com a qualidade dos materiais empregados na construção das habitações reduzindo custos com manutenção, que oneram usuários de baixas renda e significam desperdício, reduzindo vida útil e gerando pressões pela sobreutilização dos recursos naturais necessários para produzir os materiais de construção.

3.5 Na área de gestão habitacional:

- Reorganização institucional, reforçando as políticas públicas de assentamentos humanos (habitação, saneamento, urbanismo, meio ambiente);
- Articulação do planejamento energético com áreas como transporte,

- habitação, obras públicas, trabalho, abastecimento alimentar, defesa do consumidor, meio ambiente;
- Abertura de linhas de crédito e juros baixos para projeto bioclimático;
 - Adoção de incentivos para projetos bioclimáticos;
 - Abertura de crédito e juros baixos para produtores de coletores, aerogeradores e equipamentos de climatização;
 - Adoção de propaganda na comercialização de edificações que compare e valorize o desempenho energético mais eficiente;
 - Marketing das vantagens das construções que economizem energia;
 - Estímulo à preferência por compra ou aluguel de edificações bioclimáticas ou que economizem energia;
 - Indução do consumidor a gerar benefícios de longo prazo que obterá de edificação energeticamente bem projetada, por meio de roteiros ou programas que divulguem esses valores;
 - Informação aos consumidores sobre desempenho energético das edificações e equipamentos;
 - Promoção de mudanças de comportamento que se refletirão em novas motivações para os projetistas conceberem projetos que economizem energia;
 - Definição de valores máximos de gastos energéticos por edificação e comprovação de que ela não ultrapassará tais valores, para obter a licença;
 - Diminuição de consumo elétrico direto pelos usuários.

3.6 Na área de legislação:

- Adoção de normas urbanísticas e de edificações que levem à economia de energia.

Normas de Uso do Solo:

- Diversificação de usos, respeitando-se compatibilidade ambiental;
- Proximidade casa-trabalho;
- Programação intensiva e flexibilidade de uso;
- Descentralização dos equipamentos: autonomia quanto aos serviços.

Normas de Ocupação do Solo:

- Densidades médias ou altas;
- Garantia de acesso ao sol;

- Baixa altura das edificações: evitar elevadores;
- Tipologia de edificações: casas geminadas, prédios baixos;
- Orientação das edificações.

Normas de Parcelamento do Solo:

- Orientação dos lotes;
- Orientação do sistema viário;
- Formato e frente dos lotes.

Posturas Urbanas:

- Normas de arborização e paisagismo urbano adequadas;
- Limites máximos de consumo energético por edificação;
- Adoção de normas de aprovação de projetos conscientes de energia;
- Adoção de código de edificações ecológico e energeticamente consciente;
- Formulação de normas adequadas para recursos renováveis utilizados na construção;
- Proteção das edificações e demais capitais fixos contra a demolição prematura;
- Maior aproveitamento do capital construído em sua vida útil;
- Desenvolvimento de legislação urbanística, pela qual se oferecem sugestões apropriadas para cada situação climática, visando incorporar as considerações de eficiência energética às autorizações para se edificar;
- Formulação de legislação energeticamente adequada, que possa ser incorporada e aprovada por municípios, fundamentadas em bases de dados climáticos confiáveis;
- Certificação e normatização por meio das associações nacionais de normas técnicas (ABNT, no Brasil) e de instituições internacionais;
- Desenvolvimento de indicadores, parâmetros e critérios que permitam comparar situações e soluções adotadas em cada país;
- Uniformização de estatísticas, normas técnicas e administrativas para os tipos de informação necessários e relevantes para facilitar maior integração e cooperação entre países latino-americanos.

3.7 Na área de educação:

- Valorização do papel do usuário e consumidor para dar preferência a edificações que proporcionem economia nas despesas com contas de luz e energia em geral;
- Produção, pelas companhias de energia e empresas voltadas para a

aplicação de energia, de orientação aos usuários, aos produtores de materiais de construção e aos projetistas, para que mudem seus hábitos e padrões de produção, de projetos e de consumo, e ajudem a economizar energia;

- Desenvolvimento de métodos que multipliquem a consciência sobre a importância de economizar energia;
- Organização de concursos públicos, com premiação para projetos vencedores, e o estímulo à criatividade na economia de energia;
- Conscientização de arquitetos e engenheiros, por meio de cursos e treinamentos específicos;
- Elaboração de publicações de orientação, para disseminar práticas de projeto que incorporem a dimensão energética;
- Implementação de programas educacionais voltados aos produtores de materiais de construção, aos construtores e aos usuários de edificações energeticamente conscientes;
- Produção de material didático e pedagógico para edificações bioclimáticas e de baixo custo energético;
- Informação para diminuição de consumo direto de energia no uso das edificações;
- Análises comparativas com outras sociedades e seus sistemas de assentamentos humanos;
- Estudos sobre efeitos da informatização e da informação sobre a demanda de energia;
- Incentivos a pesquisas sobre recursos naturais e materiais locais;
- Valorização das economias de energia nas edificações;
- Realização de pesquisas sobre conforto térmico;
- Desenvolvimento de modelos de desempenho semelhantes aos que já se aplicam em países como França, Espanha e Portugal, avaliando-se por meio de equações se as edificações são energeticamente eficientes;
- Investigações para reduzir perdas de materiais de construção;
- Realização de estudos integrais de impacto ambiental da construção civil, incluindo os efeitos ambientais dos desperdícios;
- Atualização e reavaliação de currículos e programas escolares e universitários;
- Introdução, no sistema educacional, escolas técnicas, escolas de arquitetura e de engenharia, de conhecimentos e de disciplinas relacionados com a economia de energia nas edificações;

- Produção de manuais sobre materiais de construção informando sobre seu desempenho energético, instrumento útil para a atuação de arquitetos e projetistas.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA 21. Capítulo sobre Assentamentos Humanos Ecologicamente Sustentáveis, Rio-92.
- ANDRÉS Ribeiro, Maurício. Conservação de Energia nos Assentamentos Humanos. *Revista Fundação JP*, Belo Horizonte, março/abril, 1981.
- CENTER FOR HOUSING INNOVATION. *A preliminary assessment of industrialized housing utilizing regional resources; setting precedents for a new industrialization process*. University of Oregon, s.d.
- Blueprint for survival. *Architecture*, maio, 1991.
- AUSTIN GREEN BUILDER PROGRAM. *A sustainable approach*. Austin, Texas, 1992.
- BNH. *Diretrizes para o controle de obras pelo município*. São Paulo, 4.parte. (Padrões desejáveis de desempenho).
- CASELLI DE MORAIS, Adilson. *Edificações e consumo de energia*. Simpósio sobre consumo energético na construção, Belo Horizonte, outubro.
- CEMIG/PROCEL. *Energia solar para aquecimento de água - Sistema Simplificado de Fácil Construção*. Outubro, 1993.
- CEMIG/PROCEL. *Orientação às construtoras; vantagens da utilização*. Junho, 1993.
- CEMIG/PROCEL. *Conforto e economia na construção de edificações e em sua utilização*. Seminário Aquecimento Solar na Atualidade. 1993.
- CEPAL. *Ecodesenho no habitat tropical*. Seminário sobre Tecnologias Apropriadas para os assentamentos humanos. São Paulo. 1982.
- CEPAL. *Técnicas empíricas para el asentamiento en el trópico húmedo*. México, 1983.
- CETEC. *Balanço energético de edificações típicas*. Belo Horizonte, 1977.
- DETHIER, Jean. *Les architectures de Terre*. Paris, 1982.
- DOERNACH, R. *Ciclo de conferências sobre biotetura*. Belo Horizonte, maio, 1977.
- EARTH Block manufacturing and construction techniques. 2nd. Regional Conference On Earthen Building Materials. Austin , Texas. 1982
- IMPACTANTE derroche de energia en edificios y viviendas. *El Mercurio*, Santiago, Chile, 25 sept. 1994.
- ENERGY EFFICIENCY. *Sharing Success*. v.1, n.3. 1992.
- FARRETT, R. L. A configuração espacial do modelo energético. *Revista Brasileira de Tecnologia*, 12(2). 1981.

- FLAVIN, Christopher. Energy and Architecture: the solar and conservation potential. *Worldwatch Paper*. 40. 1980.
- CANDILIS, Georges. *Recherches sur l'architecture des loisirs*. Paris, Editions Eyrolles. 1993.
- CESP/CPFL/ELETROPAULO. Uma arquitetura imposta. *São Paulo Energia*, ano I, n.º 5. 1984.
- COMITÉ DE ACCION SOBRE VIVIENDA Y EDIFICACIONES DE INTERÉS SOCIAL DEL SISTEMA ECONOMICO PARA AMÉRICA LATINA. Estudio integral de la madera para la construcción. México, *Vivienda*, v.4, n. 5, set/out, 1979. pp.358-375.
- GEAB. Grupo de estudo de arquitetura bioclimática da Escola de Arquitetura da UFMG, *Relatório de Pesquisas*. 1983.
- GORDON, Harry T. *The design of healthy, energy efficient buildings*. American Institute of Architects. Energy, Environment & Architecture Symposium. Dezembro, 1991.
- GOLDEMBERG, J., CARVALHO, J. *Economia e política da energia*. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio Editora. 1980.
- GRILL, Aírton. *Desempenho energético na indústria brasileira de cimento em 1983*. Simpósio sobre consumo energético na construção, Belo Horizonte. 1984.
- GUIMARÃES, Gonçalo et al. *Energia na indústria de materiais de construção e comparação entre diferentes opções técnicas de habitações*. Simpósio sobre consumo energético na construção, Belo Horizonte, 1984.
- HALL, Bob and Kerr, M.L. *A state-by-state guide to the nation's environmental health*. California, Island Press. 1991-1992.
- HALL, E.T. *A dimensão oculta*. Rio de Janeiro, Francisco Alves. 1977.
- ILLICH, Ivan. *Energy and equity*. Calcutta, Rupa & Co. 1976.
- INMETRO Revista, v.3, n.1, jan-março. 1994.
- CENTER FOR MAXIMUM POTENTIAL BUILDING SYSTEMS. *Integration vs conservation - a renewable energy building block for the 21st century*. Austin, Texas. s/d.
- JESSUP, Philip S. *A survey of municipal measures to reduce energy use in buildings*. ICLEI - International Council for Local Environmental initiatives. 1991.
- LA ROVERE, Emílio L. *Alternativas à crise energética: em busca de um estilo de desenvolvimento sustentável em energia*. Petrópolis, Petrópolis. 1984.
- LATIF, Miran. *Ventilação nos trópicos*. Arquitetura n.51. 1966.
- LE CORBUSIER. *Creation is a patient search*. New York/Washington, Frederick Praeger, Publishers, 1960.

- LEITE, Rogério C. Cerqueira. *Blecaute, horário de verão e geladeiras*. Folha de São Paulo. 1989.
- LIGHT . Anais Seminário conservação de energia na iluminação. 1984.
- LOPES, Raquel Maria Pereira. Homem, clima, arquitetura. *São Paulo Energia*, ano I, nº 10, nov. 1984.
- MAZZA, Márcio. A importância da ecologia de interiores. *Estado de São Paulo*, 31.10. 1993.
- MASCARÓ, J.L. *Consumo de energia na utilização das edificações*. Simpósio Arquitetura e Energia. Escola de Arquitetura da UFMG, Belo Horizonte. 1980.
- MASCARÓ et al. *Os consumos de energia na edificação no Brasil*. Simpósio sobre consumo energético na Construção. Belo Horizonte. 1984.
- MASCARÓ, Lucia R. Luz, clima e arquitetura. Porto Alegre, Edições Técnicas, 1981.
- MIC/CNICC. *Consumo energético nos edifícios*. Rio de Janeiro. 1984.
- MULLENDER, Jacques. *Elogio da Terra*. In.: Centro Georges Pompidou. Des architectures de Terre. Paris, 1982.
- OLGYAY, Victor. *Design with climate*. Princeton University Press. 1963.
- OLIVEIRA, Heli Alves et al. *Eletricidade solar: aspectos jurídicos*. III Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro. 1984.
- OLIVEIRA, Heli Alves. *Aspectos legais da exploração de energia eólica*. II Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, outubro. 1984.
- PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. *Manual de conservação de energia elétrica - condomínios residenciais*. s.d.
- RAMOS, Antonio Dovali. Experiência mundial sobre a construção da habitação tropical. *Vivienda*, v.4, n.5. México, set/out. 1979.
- HARVARD GRADUATE SCHOOL OF DESIGN COLLOQUY ON SUSTAINABILITY. *Regional planning and sustainability - a conceptual model for urban rural linkage*. 1988.
- RESEARCH INSTITUTE. *What your community can do about energy and what every community should do about solar access*. SERI, Colorado. 1980.
- RENEW AMERICA. *The emerging environmental consensus; a report on the 1991 environmental leadership conference*. 1991.
- RIBEIRO, M. A. A vez da arquitetura verde. *Jornal do Brasil*, 10 nov. 1991.
- _____, M. A. *Gestão Eficiente de Energia e Recursos: o Projeto MERECA*, Rev. Projeto. 1988.
- _____, M. A. *Arquitetura e conforto ambiental*. São Paulo, Projeto. 1983.

- ROVERE, Emílio L. *Alternativa da crise energética: em busca de um estilo de desenvolvimento menos intensivo em energia*. In.: _____. *Energia e Crise*. Petrópolis, Vozes. 1984.
- RUDOLFSKY, Bernard. *Architecture without architects*. Londres, London Academy Editions. 1964.
- SACHS, I. *Bioconversion de la energia solar y aprovechamiento de los recursos renovables: hacia una nueva civilización industrial en los trópicos*. México, Com.Exterior. 1976.
- _____. *Ecodeveloppement et techniques douces*. Paris, *Revista 2000*, 1976.
- _____, et al. *Initiation à l'écodeveloppement*. Paris, *Revista 2000*. p. 282-296.1977.
- _____. *Habitat, Écodeveloppement et techniques douces*. Paris, *Revista 2000*. 1974.
- _____. *O problema da energia e o uso do espaço na cidade*. Simpósio Internacional Cidade e Energia. Belo Horizonte, abril. 1982.
- _____. et al. *Initiation à l'écodeveloppement*. Toulouse, Privar Editeur. 1981.
- SCHRECKENBACH ABANKWA. *Construction technology for a tropical developing country*. Dewtsche Gesellschaft für Technische Zusammenandeit (GTZ) for the Department of Architecture, University of Science and Technology, Kumasi, Ghana.
- SEATTLE CITY LIGHT. *Energy conservation accomplishments: 1977-1990 - Evaluation Unit - Energy Management Services Division*. 1991.
- SEMINÁRIO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA. Furans, Rio de Janeiro. Nov. 1983.
- SEMINÁRIO DE VIVIENDAS Y URBANISMO, vol. 2, Havana, Cuba, s.d.
- SEMINAR ON THE IMPACT OF ENERGY CONSIDERATIONS ON THE PLANNING AND DEVELOPMENT OF HUMAN SETTLEMENTS, Ottawa. 1977.
- SERRAN, João Ricardo. *O IAB e a política habitacional*. Schema Editora, out. 1976.
- SOZA, Sérgio. *Energia y uso del suelo*. Simpósio Cidade e Energia. Belo Horizonte, 1982.
- STEADMAN, Philip. *Notas sobre energia, meio ambiente e arquitetura no movimento moderno*. Cambridge University Press. 1975.
- STOKES, Bruce. *Global Housing Prospects: the resource constraints*. *Worldwatch Paper*, 46, Washington, set. 1981.
- TOWARDS A THEORY AND PRACTICE OF SUSTAINABLE DESIGN, PRESENTED AT THE NATIONAL CONVENTION OF THE AIA, Boston. 1992.

- THOMPSON, William. A natural legacy: Ian McHarg and his followers. *Planning*, nov. 1991.
- TUDELA, Fernando. *Bioclima y confort termico*. México, CEPAL, out.1981.
- UFSC, Grupo de sistemas passivos. *Análise do comportamento higrotérmico das edificações*. Florianópolis. s/d.
- UNAM, Universidade Nacional Autónoma de México. *Tecnología*. México, 1980.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA. *The sustainable city project - a tri collaboration for developing and implementing sustainable urban energy practices*. August. 1991.
- URBAN HABITAT PROGRAM. *Energy policy and community economic development; annotated bibliography and resource list*. San Francisco, California. 1992.

