

## Eficiência Energética com o Conforto Ambiental nas Edificações

Rita de Cássia Campos Nogueira – arqrcampos@gmail.com  
MBA Construção Sustentável e Edificação Eficiente  
Instituto de Pós-Graduação - IPOG  
Salvador, BA, 20.04.2018

### Resumo

O tema Eficiência Energética com o Conforto Ambiental nas Edificações tem como objeto de estudo o seguinte questionamento: o projeto que atende a uma boa eficiência energética garante a qualidade e o conforto ambiental aos usuários? Observa-se que, apesar do projeto que busca a eficiência energética deva ter como premissa o atendimento às normas de obtenção do conforto ambiental, na prática há muitas questões a serem analisadas, principalmente se quisermos obter essa eficiência ao longo do ciclo de vida útil da edificação. O cuidado com o projeto, desde a sua fase inicial na definição do programa de necessidades, passando pelos conceitos de arquitetura bioclimática e como também na interlocução com os profissionais envolvidos no processo, é de suma importância para a qualidade de vida dos usuários. A metodologia utilizada para a efetização desse artigo foi de cunho bibliográfico, por meio de livros, artigos e revistas eletrônicas. Este artigo, desperta a importância de uma abordagem humanista no cuidado com o conforto ambiental adequado ao nosso clima e ao microclima local, a fim de que os usuários, pelas suas exigências humanas, funcionais e psicossociais, não venham a contribuir para o aumento do consumo energético das edificações.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Conforto Ambiental; Arquitetura Bioclimática; Abordagem Humanista.

### 1. Introdução

A preocupação com a ecologia, a sustentabilidade e conseqüentemente com a eficiência energética nas edificações ganhou grande destaque nas últimas décadas, principalmente com a divulgação dos estudos científicos que atribuem à intervenção humana como causa das mudanças climáticas e ao aquecimento global. Segundo Nesbitt (2006:659) "nossos sistemas atuais de planejamento criaram um mundo que cresce muito além da capacidade do ambiente sustentar a vida no futuro".

A teoria moderna depositou uma fé ilimitada na contribuição científica e industrial para o bem estar da humanidade. Hoje, partindo de uma perspectiva pós-moderna, nos perguntamos se a história realmente justificou uma fé tão absoluta na técnica e na tecnologia. (NESBITT, 2006:21)

Tempos atrás, a única maneira de controlar o conforto ambiental dentro das edificações era através de estratégias passivas, aproveitando a ventilação e a iluminação natural. A evolução tecnológica e o desenvolvimento de novos sistemas artificiais para a iluminação e o condicionamento de ar, colaboraram para o conforto interno dos edifícios. Entretanto, por

algum tempo, estes novos sistemas e a disponibilidade de energia de custo reduzido, fizeram com que os arquitetos ignorassem as características climáticas de cada região, tendo como resultado a dependência e o uso indiscriminado de tais sistemas. Conseqüentemente, a maior parte do uso da energia no planeta é empregada na redução do impacto ambiental sobre o usuário das edificações.

Na década de 70, com a crise do petróleo e as conseqüentes preocupações ambientais relativas às explorações dos recursos naturais promoviam discussões sobre eficiência energética nas edificações. O uso de estratégias como o aproveitamento das fontes de energia da natureza como a água, luz do sol e o vento (sistemas passivos), passam a ter uma importância significativa na construção civil correlacionando assim os termos sustentabilidade, adequação ambiental e eficiência energética.

Estudos mostram que as edificações usam, ao menos, 50% de toda a energia utilizada em nosso planeta. No Brasil este percentual não é diferente, onde a maior parte refere-se ao uso da energia para o aquecimento, resfriamento e iluminação artificial. Desta forma, este consumo está relacionado diretamente à arquitetura e ao uso dos espaços, ignorando assim, cada vez mais, o clima local e as questões ambientais. Isso explica o fato dos edifícios passarem a ter o mesmo padrão estético, independente da cidade onde está inserido, importando estilos arquitetônicos universais. Diante deste fato, observava-se a importância da integração ambiental do projeto arquitetônico através de estratégias passivas e humanistas, como um grande aliado na eficiência energética.

Numa abordagem humanista, o projetista passa a reconhecer os reais usuários da edificação a ser construída a partir das suas necessidades e expectativas, considerando na medida mais ampla possível a diversidade das suas características, não somente físicas, mas, também psicossociais. Neste sentido, valorizam-se as investigações das relações entre o ambiente e o comportamento, as avaliações de desempenho e adequação ao uso. Ou seja, o reconhecimento da complexidade e da dinâmica das situações que envolvem o ambiente construído.

Outro ponto que merece significativo destaque é com relação ao microclima onde a edificação está implantada. Localizada em zona urbana ou rural, podemos ter variações quanto à temperatura local e a direção e velocidade dos ventos. Na zona urbana este fator é mais relevante por causa da grande formação das ilhas de calor, alterando assim significativamente as condições ambientais. A falta de planejamento dos nossos centros urbanos, a ausência de vegetação e as características dos materiais que compõem interferem na temperatura do ar, na ventilação, no nível de luminosidade, no nível de ruído e na qualidade do ar; ou seja, pensar na qualidade ambiental no contexto apenas da edificação, faz com que cometamos erros cada vez mais irracionais, visto que, é impossível a utilização de estratégias passivas em climas extremos como estão se tornando os nossos solos urbanos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância, a viabilidade e as estratégias no atendimento à eficiência energética sem o comprometimento com o conforto ambiental. Para tanto, além da fundamentação teórica com base nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e aos Requisitos Mínimos de Desempenho, deve-se valer das estratégias de projeto, dos aspectos bioclimáticos com atenção ao microclima local, da tecnologia utilizada de maneira eficiente e ao cuidado com o

futuro usuário da edificação, nas suas reais necessidades e padrões de comportamento, cada vez mais necessitados com a qualidade ambiental.

## **2. Conceito de eficiência energética**

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997:5) “um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia”. Para isso, em um desempenho energético adequado à arquitetura deve respeitar as condições climáticas do local, utilizar tecnologia eficiente e atender as demais necessidades dos seus usuários. Atualmente, a eficiência energética e os requisitos ambientais devem, cada vez mais, ser considerados nas edificações que pretendam atingir elevados níveis de satisfação dos usuários.

A partir da segunda guerra mundial, a banalização da arquitetura do *international style* que, acompanhada da crença de que a tecnologia de sistemas prediais oferecia meios de total controle das condições ambientais de qualquer edifício, levou a reprodução das caixas de vidro e ao exacerbado consumo de energia. Esse padrão trouxe aos trópicos prédios com fachadas totalmente envidraçadas, tornando-se verdadeiras estufas pelo excesso de insolação.

O consumo de energia nas edificações está basicamente ligado ao uso dos sistemas de iluminação artificial, condicionamento de ar artificial e aquecimento de água para o uso higiênico-sanitário, sendo este último para as residências. Estudos apontam que apenas os equipamentos de condicionamento de ar representam 20% do consumo comercial no Brasil. O condicionamento artificial nos edifícios transformou-se no consumo de energia mais significativo devido principalmente a um aumento nas demandas para o conforto por parte dos usuários cada vez mais exigentes e da própria ineficiência do edifício.

Em termos de condicionamento ambiental, a arquitetura pode responder para três diferentes panoramas de condições ambientais internas. No primeiro panorama o projeto é totalmente passivo, onde o consumo para climatização é zero, utilizando o sistema passivo de ventilação; o segundo panorama corresponde à dependência total do sistema de climatização, o que pode ser por imposição do clima ou da especificidade de uso e o terceiro panorama corresponde ao sistema de climatização parcial ou misto, onde a climatização artificial é utilizada apenas em alguns ambientes quando necessária.

Todos esses panoramas demandam de concepções projectuais distintas, mas sempre com atenção ao clima, à forma, aos materiais utilizados e as características socioeconômicas e culturais do local, pois, mesmo com a utilização de 100% de sistema artificial, deve-se pensar na possibilidade de adoção do sistema parcial ou passivo e ao uso de materiais e tecnologias eficientes para minimizar os gastos com energia elétrica com a garantia do conforto ambiental.

Se os arquitetos e engenheiros tivessem mais conhecimentos sobre eficiência energética na arquitetura, o nível de projeto ou da especificação de materiais e equipamentos, estes valores poderiam ser reduzidos. Além de evitar a necessidade de maior produção de eletricidade do país, isto retornaria em benefício dos usuários como economia nos custos da obra e no consumo de energia. (LAMBERTS, et al, 1997:21)

É necessário, portanto, integrar o projeto de arquitetura às questões ambientais para minimizar a necessidade de equipamento auxiliar e reduzir, conseqüentemente, o consumo de energia, como também, analisar a possibilidade de suprir parte da demanda energética com recursos renováveis. Os edifícios terão assim, um menor impacto no consumo de energia em longo prazo, atendendo aos requisitos mínimos de desempenho energético, adaptados ao clima local com a utilização de estratégias de arquitetura bioclimática, tecnologias eficientes e conceitos sustentáveis.

Importante lembrar que, a eficiência energética tem como objetivo o uso racional da energia elétrica com qualidade ambiental como garantia, diferente de racionamento, pois, segundo Marques, Haddad e Martins (2006), o racionamento de energia define-se como “conceito mutilador da qualidade de vida, tem duração determinada e é implantado em situações emergenciais quando há crise de abastecimento de energia, por um motivo qualquer”.

Para a edificação consumir menos energia é necessário também promover um uso mais racional. Sendo assim, é interessante especificar equipamentos que tenham mais eficiência energética e incentivar o uso racional de energia, evitando desperdícios. Entretanto, as principais soluções devem ser empregadas ainda na fase de planejamento, por meio da adequação climática, da forma, da função e dos materiais utilizados.

## **2.1. Panorama brasileiro da eficiência energética nas edificações**

Quando comparado com o resto do mundo, a matriz energética brasileira é considerada limpa. Contudo, o sobrecarregado sistema elétrico brasileiro, da matriz predominantemente hídrica tem sentido o problema da escassez das chuvas e conseqüentemente o rebaixamento do nível das represas. Por isso, cada vez mais o governo tem investido em geração de energias alternativas como a eólica e fotovoltaica, como também no incentivo de construções mais eficientes.

Os certificados e regulamentos estabelecem critérios específicos para a avaliação dos edifícios. Os programas de certificações além da eficiência energética avaliam também os aspectos de sustentabilidade. No Brasil dentre as certificações temos o Aqua, LEED, Bream e o Selo Casa Azul.

Em 1984, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) iniciou a discursão sobre a criação de programas de avaliação da conformidade com foco no desempenho, com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil através da prestação de informações sobre o desempenho no que diz respeito a eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado. Fazem Parte do PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem), programas de avaliação da conformidade Etiqueta Nacional de Conservação de energia para prestar informações sobre o desempenho dos equipamentos disponíveis no mercado.

No Brasil, as edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, cujo consumo de energia elétrica para o uso e manutenção beiram os 50% do total produzido no país, ocupam um papel significativo quanto à eficiência energética. Esse cenário originou o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações, o PBE Edifica. Com o apoio de CBCS (Câmara

Brasileira da Indústria da Construção), do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e da Eletrobrás, avalia a eficiência energética de empreendimentos interessados em obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Dentro do PBE-Edifica, foi criado em 2009, o regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência dos edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), para Etiquetagem de Eficiência Energética de Edifícios, avaliando a envoltória, iluminação e o condicionamento de ar, mais as bonificações. Em 2010, foi criado também o Regulamento para Edificações Residenciais (RTQ-R). A etiqueta PBE Edifica foi desenvolvida em parceria com o Inmetro e a Petrobrás/ Procel Edifica. A etiqueta de edifícios públicos foi a primeira a tornar-se obrigatória no âmbito nacional com a Instrução Normativa N<sup>o</sup>2, de 04 de junho de 2014.

Os edifícios que são submetidos ao regulamento técnico de qualidade, devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), garantindo assim o comprometimento com a qualidade ambiental da edificação.

Cabe salientar que nenhuma regulamentação por si garante um edifício de qualidade. Maiores níveis de eficiência podem ser alcançados através de estratégias de projeto e por iniciativas e cooperação dos diversos atores ligados à construção dos edifícios (arquitetos, engenheiros, eletricitas, mecânicos e empreendedores). Igualmente, tão importantes e frequentemente esquecidos, os usuários têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através dos seus hábitos, que podem reduzir de forma significativa o consumo de energia, aumentando assim a eficiência das edificações e reduzindo desperdícios. (MANUAL RTQ-C, 2012)

### **3. Conceito de conforto ambiental**

Conforto ambiental pode ser entendido como um estado de satisfação do ser humano em um determinado ambiente. Para o ser humano sentir-se confortável, significa que o espaço deve proporcionar boas condições térmicas, visuais, acústicas, de qualidade do ar e ergonômicas para a realização de uma determinada tarefa, seja esta de trabalho, estudo, descanso ou lazer.

O conforto ambiental pode ser entendido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997:43)

A qualidade ambiental pressupõe que sejam atingidos padrões mínimos de conforto ambiental (térmico, luminoso e sonoro). Tais padrões vêm de conceitos e índices estabelecidos traduzidos em normas e legislações.

O Brasil, como foi mencionado anteriormente, possui algumas normas relacionadas ao conforto ambiental, dentre as quais, a NBR 15575, sobre desempenho de edifícios habitacionais com requisitos para iluminação, conforto térmico e acústico e outras normas mais específicas. Mesmo havendo normas específicas para a obtenção do conforto ambiental, fazem-se necessário, a preocupação com aspectos detalhados da edificação, as variáveis que influenciam as condições de conforto e as variáveis relacionadas à edificação como veremos mais adiante.

A aplicação do conceito de conforto é essencial para a criação de ambientes humanos mais saudáveis. O ser humano precisa se sentir confortável. Os ambientes saudáveis costumam contar com iluminação, ventilação e materiais naturais.

(EDWARDS, 2008:145)

A utilização das estratégias passivas para a obtenção do conforto ambiental deve ser avaliada com bastante critério. O projetista deve ter o cuidado primeiramente, de avaliar o meio externo, pois, as estratégias devem resolver de maneira integrada. Em condições de níveis de ruído e poluição, por exemplo, inviabilizariam a utilização de ventilação natural. Por isso, é fundamental contar com equipamentos e tecnologias eficientes, embora, não deva ser usada sozinha.

Observa-se que para a obtenção do conforto ambiental envolve algumas variáveis. No presente estudo abordaremos inicialmente o conforto térmico, luminoso e acústico, por estes apresentarem significativa importância no consumo energético nas edificações.

### **3.1. Conforto térmico**

O homem é um animal homeotérmico, ou seja, seu organismo é mantido a temperatura interna sensível constante. Essa temperatura é da ordem de 37° C.

Existem trocas térmicas entre o corpo humano e o meio, estas trocas podem ocorrer por condução, convecção, radiação, evaporação e respiração.

A norma ANSI/ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers – 1981) define o conforto térmico como “a condição na qual o indivíduo exprime satisfação com relação ao ambiente que o circunda”.

Pode-se considerar o conforto térmico como um conceito subjetivo, pois existem diversos fatores e variáveis que influenciam o bem-estar térmico do homem no ambiente. Aspectos como a condição mental e as preferências térmicas individuais, também influenciam nas condições de conforto térmico. Por exemplo, um indivíduo pode estar em estado de neutralidade térmica, porém se sentir desconfortável devido a sua preferência térmica. Para avaliar e estudar o efeito conjunto das variáveis de conforto térmico nas pessoas, alguns pesquisadores sugerem diferentes índices de conforto térmicos, que são adotados pelas diferentes normas.

A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais, com a atividade desenvolvida pelo indivíduo, pela maior ou menor importância de um ou de outro aspecto do conforto. (FROTA, SCHIFFER 1995:17)

Existem algumas variáveis relativas ao conforto térmico:

- Pessoais - vestimenta e atividade;
- Ambientais - temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar;
- Outras - sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, etc.

A NBR 15220 é a norma brasileira que trata do desempenho térmico de uma edificação. Parte dela estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro, com a divisão do território brasileiro em oito zonas com características homogêneas quanto ao clima. Para cada zona foi formulado um conjunto de recomendações técnico-construtivas, a fim de otimizar o desempenho térmico das edificações utilizando estratégias bioclimáticas, conforme figura 1:

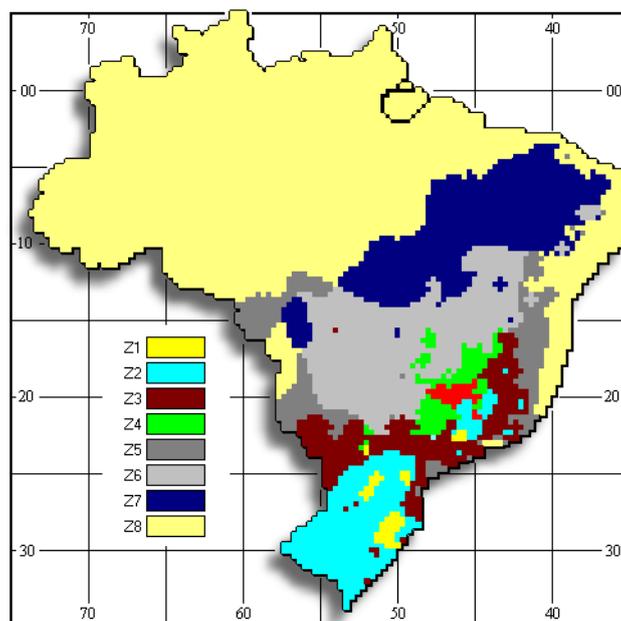


Figura 1 – Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: NBR 15.220

Mais à frente, no decorrer do presente estudo, veremos que, tão importante quanto ao zoneamento climático e a identificação das referidas estratégias, é o estudo mais apurado das condições do microclima local e suas variáveis.

### 3.2. Conforto luminoso

Segundo a norma ISO 8995 (2002), os requerimentos da iluminação são satisfeitos através de três necessidades humanas básicas: o conforto visual, o desempenho visual e a segurança.

O conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e risco de acidentes. (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997:57)

Os aspectos referentes ao conforto visual são subjetivos, no entanto pode-se afirmar que as paisagens preferidas das pessoas geralmente são os espaços que possibilitam uma visão ampla do horizonte, que contemplem visuais naturais e dinâmicos. Isso evidencia a importância no planejamento das cidades de forma a permitir mais integração entre espaços artificiais, construídos, e os espaços naturais.

Na região dos trópicos como o Brasil, deve-se tomar cuidado no controle da quantidade de luminosidade para não criar o ofuscamento, os altos contrastes ou mesmo a entrada exagerada de radiação solar direta prejudicando o conforto térmico. Dentre as estratégias no aproveitamento e boa utilização da iluminação natural temos o uso das prateleiras de luz, a utilização das mansardas, sheds, domus e claraboias e, claro, tomando-se o cuidado com o estudo da projeção solar.

Também segundo a ISO 8995 (2002), deve-se atentar para as principais variáveis como iluminância, distribuição de luminâncias, ofuscamento e iluminação natural.

No Brasil, temos a NBR 5413 (1992) que fixa iluminâncias mínimas em função do tipo de tarefa visual recomendada para as diversas atividades. Esta norma também estabelece iluminâncias em lux por tipo de atividade (valores médios em serviço), índice máximo de ofuscamento permitido (UGr) e índice mínimo de reprodução de cor da fonte de luz (Ra), contribuindo para uma avaliação mais completa do conforto visual. Temos também a NBR 5641 (1990), de terminologia de iluminação e a NBR 5382 (1985) para a verificação de iluminância de interiores.

A norma NBR 15.215 (2005) estabelece condições e procedimentos para manipulação e quantificação da iluminação natural em ambientes internos.

### **3.2. Conforto acústico**

O desempenho da edificação sob o aspecto acústico se faz necessário para promover ao homem o adequado desempenho das suas atividades diárias (descanso, lazer ou trabalho), além de minimizar a incidência de estresse.

Segundo Corbella e Yannas, para um bom conforto acústico:

o nível do som é o correto, não está alterado por elementos que o absorvem demais, ou as superfícies que o refletem não causam superposições como reverberação ou interferências, nem absorção de algumas frequências mais que outras, causando deformações. (CORDELLA, YANNAS, 2009:37)

A localização é fator decisivo para que a edificação apresente ou não qualidades acústicas, devido principalmente à intensidade do fluxo de veículos no ambiente urbano. A localização do ambiente dentro da edificação também merece a devida atenção.

A norma NBR 10.152, fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

A norma de desempenho NBR 15.575, também estabelece critérios para o conforto acústico em unidades residenciais.

Desprezar o conforto acústico pode ocasionar no aumento de consumo energético da edificação principalmente se a sua localização for em uma região que inviabilize a utilização de estratégias passivas de conforto ambiental.

### **4. Eficiência Energética garante o Conforto ambiental?**

Tomando por base a etiqueta Procel edifica e certificados relacionados à eficiência energética nas edificações, podemos dizer que deverão estes, obter a garantia do conforto ambiental. Mas na realidade, observa-se que existem outras variáveis e estratégias a serem consideradas em conjunto, principalmente se quisermos manter essa eficiência ao longo do ciclo de vida útil da edificação.

Dentre as principais estratégias temos:

- Estratégias de projeto;
- Microclima;
- Tecnologia como aliado;
- Abordagem humanista com atenção a vida útil da edificação.

## 4.1. Estratégias de projeto

Como foi abordado anteriormente, o cuidado com as decisões de projeto tem fator preponderante visto que, é nessa etapa que as alterações apresentam um menor custo e um resultado mais satisfatório à obtenção da eficiência energética e ao conforto ambiental. É responsabilidade do projetista o conhecimento e o atendimento aos padrões de conforto próprios à necessidade do futuro usuário. A presença do arquiteto junto à interlocução com os demais profissionais envolvidos e sempre que possível, com os futuros usuários da edificação, trará uma compreensão maior dos aspectos relativos às variáveis que interferem na qualidade do projeto.

Dentro das inúmeras variáveis de estratégias projeto, destacam-se as principais:

### 4.1.1. Princípios bioclimáticos

O conforto ambiental e a eficiência energética dependem primeiramente de um bom desempenho bioclimático, que está diretamente relacionado ao meio ambiente, a implantação e a volumetria da construção. Geralmente, o custo financeiro inicial maior dificulta a implantação de alguns conceitos bioclimáticos na elaboração de um projeto, porém os resultados ao longo da vida útil da edificação geram benefícios e retorno de investimentos que vão desde a valorização imobiliária, passando pela baixa manutenção, somando a qualidade de vida e a questão primordial de preservação do meio ambiente e recursos materiais trazendo assim conceitos de sustentabilidade.

A arquitetura sustentável é a continuação mais natural da bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações. (CORBELLA e YANNAS, 2003:19)

Utilização de condicionantes bioclimáticos em projeto significa em destacar a importância da compreensão das condições climáticas e da geometria solar, como também da valorização do emprego da iluminação e da ventilação natural, como agentes propagadores de saúde e bem-estar aos usuários através da renovação do ar e da luz natural. Dentre os condicionantes bioclimáticos para os trópicos temos como principais o sombreamento e a ventilação natural. Cada região possui estratégias naturais específicas para as soluções arquitetônicas a serem adotadas nas edificações, já que as cidades brasileiras apresentam características climáticas bem diferenciadas entre elas. Daí a importância da análise detalhada do controle solar, da inércia térmica, da luz natural, dos espaços abertos, do controle dos ruídos e da viabilidade ou não da utilização do ar condicionado.

Durante o período de 1930 1960, a arquitetura modernista brasileira, utilizou elementos da arquitetura bioclimática, como o emprego de quebra-sois e combogós, amplamente adotados por arquitetos desse período como Lúcio Costa. Dentre alguns arquitetos brasileiros que se destacaram com exemplos de arquitetura bioclimática temos o João Filgueira Lima, conhecido como o Lelé, Severino Porto e Leonardo Bittencourt, entre outros.

Analisando a carta bioclimática de uma cidade, é possível conhecer o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar em cada localidade ao longo do ano, identificando os períodos de maior probabilidade de desconforto e o percentual das estratégias mais indicadas para as edificações. Entretanto os dados apresentados são gerais e devem ser analisados de acordo com local da implantação por ser mais específico.

Uma das questões é que, como foi mencionado anteriormente, nem sempre é possível a utilização das estratégias passivas como ventilação e iluminação natural. Mesmo tomando-se o cuidado em projeto com a orientação das aberturas e adequação ao clima local, tais aberturas implicam em uma exposição maior do ambiente interno e dos seus usuários às condições ambientais externas. Problemas como poluição do ar, poluição sonora e ofuscamento, poderão levar o usuário a atitudes extremas de confinamento e isolamento do ambiente ao meio externo fazendo uso de iluminação e condicionamento de ar artificial. O projeto de habitações, portanto, apresenta um grande potencial para a incorporação de estratégias bioclimáticas.

Outro exemplo típico da inviabilidade da utilização de estratégias passivas acontece com a maioria dos edifícios comerciais e públicos, em que o uso do ar condicionado é imprescindível para o bem-estar dos usuários e visitantes. Daí a importância de alguns critérios como a utilização de equipamentos cada vez mais eficientes, a redução da transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas, o uso de proteções solares e o uso de cores claras nas paredes externas, para a contribuição na qualidade do consumo energético.

Apesar das inúmeras dificuldades nas nossas cidades para a aplicação das estratégias passivas para a obtenção do conforto ambiental com a eficiência energética, é imprescindível o esforço dos profissionais envolvidos, no entendimento da complexidade que envolve a qualidade ambiental, saindo, portanto, do contexto apenas da edificação, e ampliando na compreensão da qualidade ambiental das nossas cidades.

#### **4.1.2. Implantação e uso do solo**

Adotar soluções criativas que assegurem maior qualidade ambiental da área externa do edifício, aumenta a qualidade de vida dos usuários da edificação, assim como a dos habitantes do entorno, pois as relações ambientais se desenvolvem em diferentes escalas. A solução encontrada quanto à ocupação e o material empregado na cobertura do entorno irá influenciar na qualidade do ar do ambiente interno.

Dos métodos para diminuir a demanda por refrigeração, o uso da vegetação e superfícies de alto valor de albedo são frequentemente mencionados como os mais adequados na bibliografia sobre o tema. Superfícies de alto valor de albedo têm materiais de construção que refletem mais a radiação solar (usualmente cores claras) e podem reduzir consideravelmente a carga de refrigeração da edificação. (MASCARÓ, LUCIA e JUAN 2005:107)

O aproveitamento da área ao redor da edificação para criar ambientes agradáveis utilizando, na medida do possível, a arborização como elemento paisagístico, traz a melhoria do espaço externo diminuindo a carga térmica na edificação. O cuidado na implantação da edificação é de suma importância para o aproveitamento da melhor orientação no aproveitamento da quantidade de radiação solar recebida e dos ventos dominantes.

A análise criteriosa do terreno quanto à legislação da cidade, a topografia, as barreiras naturais e artificiais e a presença de vegetação local, trazem o conhecimento preliminar quanto às escolhas de projeto a serem adotadas, juntamente com o conhecimento do clima local e suas variáveis no decorrer do ano.

### **4.1.3. Envoltória**

É através da envoltória que acontecerão as trocas de energias entre o exterior e o interior da edificação. Constitui todos os planos da edificação em contato direto com o ambiente externo, como as paredes, fechamentos, aberturas, coberturas e piso. O piso do subsolo, pela baixa e quase nula transmitância térmica para os ambientes internos, não tem muita significância para a eficiência energética da edificação.

A envoltória é formada pelos fechamentos opacos e transparentes, sendo este último o de maior atenção por causa da radiação e pela dificuldade no controle da quantidade de calor transmitido para o interior da edificação. Daí a importância no cuidado com as áreas envidraçadas de abertura, considerando a proporção quanto à área de envoltória, o posicionamento na fachada, seja ele vazado, transparente ou translúcido.

A envoltória é um item de suma importância para a eficiência energética da edificação, pois, será através das decisões de projeto que indicará o quanto de energia o edifício irá consumir para a obtenção da qualidade ambiental e do conforto interno dos usuários. Cabe ao projetista o conhecimento básico das propriedades térmicas dos materiais empregados como transmitância térmica, condutividade térmica e fator solar para o caso dos fechamentos transparentes e outras demais propriedades. Fator de suma importância também, a orientação e o tratamento das fachadas e suas aberturas com a possibilidade de utilização das proteções solares e detalhamento correto das esquadrias.

A forma da edificação irá interferir diretamente sobre os fluxos de ar no interior e no exterior do edifício, trazendo a renovação de ar e o resfriamento das paredes. Irá interferir também na quantidade de luz e calor nas paredes externas.

Pelo RTQ-C, a envoltória é o primeiro item a ser etiquetado, sendo indispensável para a etiquetagem dos demais sistemas de iluminação e condicionamento de ar, justificando a sua importância na eficiência energética da edificação.

### **4.2. Microclima**

Diante das abordagens apresentadas, observa-se a importância da compreensão do clima no local onde a edificação esta inserida. Esta compreensão deverá atingir todas as escalas, desde a sua localização nos hemisférios, passando ao nível regional com as zonas bioclimáticas e chegando a uma escala mais próxima com o microclima, o qual possui características bem distintas. Fatores como a topografia, insolação, vento, tipo de solo, vegetação, proximidade com a água e obstáculos naturais e artificiais, vão interferir nas condições climáticas do local. A partir da análise do microclima é que poderão ser estudadas as soluções de detalhamento de projeto para um maior aproveitamento da qualidade ambiental, ou mesmo, minimizar os efeitos agressivos do ambiente externo.

... cada cidade é composta por um mosaico de microclimas diferentes; os mesmos fenômenos que caracterizam o mesoclima urbano existem em miniaturas por toda cidade, como pequenas ilhas de calor, bolsões de poluição atmosférica e diferentes

locais no comportamento dos ventos. (DUARTE e SERRA, 2003:8)

## **4.2.1. Microclima urbano**

O clima nas cidades urbanas não apresentam, fundamentalmente, as mesmas condições climáticas relativas ao microclima na região na qual está inserida. As alterações climáticas podem ser tais que as áreas urbanas, principalmente as grandes cidades, resultem em verdadeiras ilhas de calor. Segundo MASCARÓ (2005:106), “as causas das ilhas de calor são bem conhecidas, embora sejam necessárias mais pesquisas para quantificar seus efeitos”.

A existência destas ilhas de calor decorrem das alterações atribuídas ao uso do solo, principalmente quanto às grandes superfícies de concreto e asfalto. A quantidade de radiação solar recebida pelas fachadas e áreas pavimentadas, vai provocar um aumento da temperatura local de maneira muitas vezes bastante significativa.

Outro fato importante é que as cidades também são grandes produtoras de calor pela ampla quantidade de equipamentos termoeletrônicos e da combustão dos automóveis. A poluição do ar gerada por esses equipamentos, modificam as condições do ar quanto a sua composição química e aos odores, alterando assim a qualidade do ar.

Também sofrerá intervenção quanto ao curso natural dos ventos e na quantidade de radiação solar com relação às posições das edificações vizinhas, por conta da forma e volumes típicos dos grandes centros urbanos.

Portanto, diante destas características dos microclimas urbanos, não basta observar as características do clima de uma cidade, é imprescindível o conhecimento e a compreensão das condições ambientais específicas do local aonde será inserida a edificação, onde cada cidade é composta por um mosaico de microclimas diferentes. A partir daí, é que deverão ser adotadas estratégias mais eficientes de projeto. A forma urbana e as características dos materiais interferem na temperatura do ar, na ventilação, no nível de luminosidade e de ruído e na qualidade do ar. As temperaturas urbanas, nas cidades brasileiras, têm aumentado em média entre 1,1 °C e 2,2°C nos últimos 40 anos, segundo (IBGE, 2002).

Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda energética devido a este aumento de temperatura nas cidades, é o uso das árvores como sombreamento, claro que usadas corretamente, com sistema de manutenção de podas e utilização de espécies adequadas. Além da melhora da qualidade ambiental pela diminuição da temperatura, lugares arborizados propiciam a humanização das cidades, preservam a biodiversidade do meio urbano, melhoram a qualidade e a umidade do ar e também absorvem os ruídos melhorando a acústica nos ambientes internos.

A cidade deve ser sombreada durante o período quente, limitando-se a incidência dos raios solares em, pelo menos, dois terços da área dos caminhos dos pedestres, praças e estacionamentos. Devido ao baixo valor de albedo, à energia que gasta nos processos fisiológicos e à quantidade de vapor d'água que produz, a vegetação constitui o material ideal para ser utilizado como sombreamento. (MASCARÓ, LUCIA JUAN 2005:33)

A vegetação atua nos microclimas urbanos colaborando para melhorar a ambiência em diversos aspectos como reduzindo a carga térmica recebida pelos edifícios, veículos e pedestres pelo sombreamento das árvores, melhorando assim, a temperatura e a umidade do ar, atuando como barreira acústica e controlando a poluição atmosférica.

### **4.3. Tecnologia como aliada**

Como nem sempre é possível a utilização de estratégias passivas para ventilação e iluminação, o uso da tecnologia vem a se tornar um grande aliado na obtenção do conforto ambiental com eficiência energética.

A busca por equipamentos cada vez mais eficientes e a preocupação com os cuidados na instalação e no gerenciamento dessa tecnologia, vêm a se tornar fator primordial para a obtenção da eficiência energética. Pensar na redução com gastos em energia elétrica utilizando equipamentos ineficientes é praticamente impossível, principalmente em edificações de grande porte e com elevado consumo de condicionamento de ar como hospitais, shoppings e prédios comerciais e públicos.

São muitas alternativas para minimizar o consumo energético e a qualidade ambiental dos edifícios com a utilização da tecnologia, e devem fundamentalmente fazer parte do desenvolvimento do projeto desde as suas primeiras etapas de concepção, e não poderão ser inseridos como acessórios, para que possam contribuir de fato para o resultado arquitetônico e o melhor desempenho do conjunto.

A fim de elevar ao máximo as possibilidades de adaptações do usuário às condições ambientais e, conseqüentemente, sua satisfação com o espaço, é possível introduzir e controlar a sua intervenção no sistema, por meio da automação predial. Edifícios de grande porte apresentam soluções deste tipo de maneira bastante eficientes.

A utilização dos sistemas de automação está cada vez mais empregada para a otimização dos gastos em energia elétrica. Como exemplo, os sistemas de controle de iluminação com os sistemas de controle fotoelétrico, sensores de ocupação e sistemas de programação de uso.

Neste item, podemos incluir também como aliados, os sistemas de softwares na ajuda da compreensão do comportamento ambiental. Dentre alguns exemplos de programas para as análises climáticas temos o Climaticus e o Analysis BIO, este último desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina, para a compreensão do comportamento climático das cidades. O TRY, informando dados climáticos disponíveis – Ano Climático de Referência. Para análise por simulação temos o Domus, o Desingbuilder e o Energyplus como exemplos de softwares de simulação muito utilizados.

### **4.4. Abordagem humanista com atenção a vida útil da edificação**

A implantação do conceito humanista no projeto arquitetônico se dá primeiramente no conhecimento do programa de necessidades, onde o projetista se aprofundará da função a que se destinam os usos de ocupação, dos ambientes e principalmente as reais necessidades dos usuários para então, elaborar estratégias quanto à necessidade de ventilação, iluminação, sol ou sombra, isolamento térmico, condicionamento artificial, etc.

O tempo gasto nesta fase preliminar é de suma importância para a redução dos custos no tempo de vida útil da edificação, conforme modelo ilustrativo nas figuras 1 e 2:

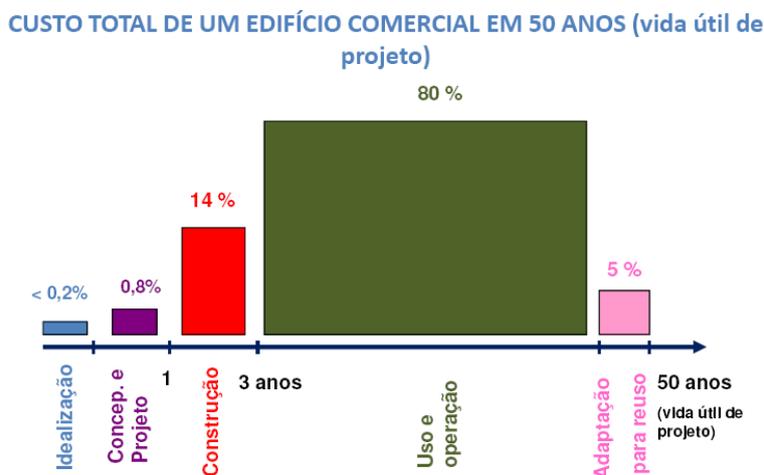


Figura 2 – Custos com a edificação – sem planejamento

Fonte: Eng. Henrique Ceotto – Tishman Speyer



Figura 3 – Custos com a edificação – com planejamento

Fonte: Eng. Henrique Ceotto – Tishman Speyer

Os padrões de uso e ocupação também interferem no comportamento térmico da edificação, na medida em que o modo como os usuários manipulam os dispositivos de controle da ventilação e da insolação interfere nos ganhos e perdas de calor no espaço interno.

O sucesso do desempenho ambiental e energético do edifício não pode ser garantido em nenhuma das fases de projeto. Apesar de estudos detalhados de simulação das condições ambientais, o gerenciamento dos sistemas prediais, juntamente com o cumprimento dos padrões de ocupação previamente definidos e o comportamento e as expectativas dos usuários é que responderão pelo desempenho final do edifício. Portanto pode-se concluir que:

De forma atingir e manter níveis elevados de eficiência é muito importante a participação dos usuários, conforme mencionado anteriormente. Um edifício

eficiente com usuários ineficientes pode tornar-se um edifício ineficiente. Da mesma forma, edifícios ineficientes, podem aumentar de forma considerável a sua eficiência se houver um desempenho dos seus usuários nesse sentido. (MANUAL RTQ-C, 2017)

Uma abordagem mais humanista reconhece os reais usuários do ambiente a ser construído a partir de suas necessidades e expectativas, contemplando na medida mais ampla possível a diversidade das suas características, não somente físicas, mas, também psicossociais.

A implantação de elementos da natureza com árvores, jardins, luz solar e vento, geram espaços mais humanizados, estimulando psicologicamente os sentidos do usuário, resultando assim numa agradável sensação espacial de conforto térmico e visual. A criação destes espaços aproxima os usuários no sentido de interação com o ambiente e no cuidado com tudo ao seu redor sentindo-se pertencente ao espaço construído.

## **5. Conclusão**

Muitos são os conceitos que envolvem a eficiência energética e o conforto ambiental de uma edificação, ficando clara assim, a complexidade da arquitetura e dos agentes envolvidos em todo o percurso de sua elaboração. Quanto maior o porte do edifício, maior a quantidade de variáveis que deverão ser analisadas de maneira compartilhada, em que cabe ao arquiteto, a função de interlocução com os profissionais envolvidos, com o empreendimento e com os futuros usuários.

Cada vez mais se faz necessária à presença de profissionais engajados com novas soluções para os setores da arquitetura e construção civil, no que tange a eficiência energética e ao conforto ambiental no Brasil. A busca de um mercado mais exigente e consciente quanto ao uso da energia elétrica nas edificações é, portanto, uma meta para as próximas gerações. Quanto mais especializados os nossos arquitetos em eficiência energética, mais conscientes estarão nas suas escolhas de projeto no impacto ambiental.

Pode-se até pensar em conforto ambiental sem eficiência energética, mas, impossível pensar em eficiência energética sem o conforto ambiental. O primeiro caso, um exemplo de conforto ambiental sem eficiência energética, é o modelo da maioria das nossas construções parecidas com verdadeiras caixas de vidro, sobrecarregando o consumo de energia com o uso de ar condicionado e iluminação artificial, em detrimento de um padrão de arquitetura internacional. Já no segundo caso, a tentativa de atender a eficiência energética sem o conforto ambiental, fará com que o próprio usuário altere todo o sistema em função do atendimento ao seu bem-estar para a realização de suas tarefas. Imaginar por exemplo, a tentativa da utilização das estratégias passivas em um ambiente desfavorável, seja no conforto térmico, luminoso ou acústico, ela provavelmente, se predestinará ao fracasso.

Para o atendimento da eficiência energética com o conforto ambiental, devem-se atender as etapas de projeto desde a fase preliminar no programa de necessidades e nas estratégias de projeto, aderindo aos princípios bioclimáticos, assimilando os fatores como o uso e a ocupação do solo e a atenção quanto a forma e a envoltória do edifício. Cuidado especial na compreensão ao microclima e suas peculiaridades como o entorno e a geometria local, principalmente se este localizar-se em solo urbano. Entender os fatores do microclima local (orientação solar, umidade do ar, ventos predominantes, barreiras físicas e outros), é

importante para analisar a viabilidade e os benefícios proporcionados pela utilização de estratégias de projeto que possam melhorar o conforto ambiental da edificação.

Valer-se da tecnologia como aliada na obtenção do conforto ambiental, é de suma importância principalmente para o atendimento aos prédios de grande porte, por exemplo. Daí a necessidade da eficiência dos equipamentos de condicionamento de ar e da qualidade de manutenção dos mesmos onde a presença do usuário tem papel preponderante. Vale ressaltar que o custo da edificação deve ser analisado do ponto de vista do usuário final, pois os benefícios se estendem por toda a vida útil da edificação.

Assim sendo, a eficiência energética na edificação tem como base, o quanto o edifício consome de energia elétrica desde a fase inicial da obra percorrendo todo o seu ciclo de vida útil. A edificação considerada eficiente deve apresentar a qualidade energética não apenas nos programas de simulação, mas em todo o decorrer de uso do edifício. O resultado é multidisciplinar, pois percorre desde as soluções apresentadas em projeto até a qualidade na execução da obra, e por fim chegando à vida útil com o bom desempenho e monitoramento dos seus usuários.

Portanto quanto ao questionamento se um bom projeto em eficiência energética possa garantir a obtenção do conforto ambiental na edificação, podemos assegurar que todas as variáveis apresentadas no decorrer do nosso estudo deverão ser avaliadas e acolhidas, pois o ser humano sempre precisará do conforto ambiental para a execução da maioria das suas tarefas. Mesmo com a compreensão de toda a subjetividade que envolve o conforto ambiental, é imprescindível, na medida do possível, valer-se de conceitos e variáveis, a fim de atender as reais necessidades do usuário da edificação.

Pensar na qualidade ambiental com eficiência energética é pensar na valorização das reais condições e necessidades do homem. É pensar em uma arquitetura mais humana, objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, valorizando sempre que possível, as paisagens naturais, integrando as características da vida e do clima local, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações.

## **Referências**

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-2:** iluminação natural: Procedimento de cálculo para estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4:** iluminação natural: Verificação experimental das condições de iluminação interna das edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1:** desempenho térmico das edificações: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:** desempenho térmico das edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

CORBELLA, Oscar; YANES, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos:** Revan. Rio de Janeiro, 2003.

DUARTE, Denise Helena; SERRA, Geraldo Gomes. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos nas Regiões de Clima Tropical Continental Brasileira.** 2003.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade.** Barcelona, 2008.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do Conforto Térmico.** Ed. Nobel. São Paulo, 1995.

GELLER, H. **O uso Eficiente da Eletricidade** – Uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil: Instituto Nacional de Eficiência Energética. Rio de Janeiro, 1994.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura:** UFSC/Procel/Eletróbrás, PW Editores. 1997.

MASCARÓ, Lucia; MASCARÓ, Juan. **Vegetação Urbana.** Porto Alegre, 2005.

MARQUES, Milton; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramon Silva. **Conservação de Energia: eficiência energética de equipamentos e instalações.** Itajubá, MG; FUPAI, 2006.

NESBIT, Kate. **Uma Nova Agenda para a Arquitetura:** antologia teórica (1965-1995). São Paulo, 2006.

RTQ-C, Requerimento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética para Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. **Manual para Aplicação do RTQ-C.** 2017.