

# coedf

inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética

**júlia teixeira fernandes**

universidade de brasília . faculdade de arquitetura e urbanismo . programa de pesquisa e pós-graduação  
dissertação de mestrado . orientação profa dra marta adriana bustos romero . brasília . dezembro 2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO DF: INSERÇÃO DE CONCEITOS  
BIOCLIMÁTICOS, CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

JÚLIA TEIXEIRA FERNANDES

BRASÍLIA  
2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO DF: INSERÇÃO DE CONCEITOS  
BIOCLIMÁTICOS, CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

JÚLIA TEIXEIRA FERNANDES

ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> MARTA ADRIANA BUSTOS ROMERO

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de  
Brasília como requisito para a obtenção do  
título de mestre.

BRASÍLIA  
2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Fernandes, Júlia T.**

**Código de Obras e Edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. 249p.**

Brasília, 2009

Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

1. Código de Obras 2. Bioclimatismo 3. Conforto Térmico 4. Eficiência Energética

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor se reserva outros direitos de publicação, e nenhuma parte desta Dissertação de Mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito deste.

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

JÚLIA TEIXEIRA FERNANDES

### **CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO DF: INSERÇÃO DE CONCEITOS BIOCLIMÁTICOS, CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de mestre.

---

Orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Adriana Bustos Romero – Universidade de Brasília

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Naves David Amorim – Universidade de Brasília

---

Prof. Dr. Fabiano José Arcadio Sobreira – membro externo

Brasília, 14 de Dezembro de 2009

## **agradecimentos**

---

À Deus, pela oportunidade, bênçãos e força ao longo da caminhada.

À minha família (marido, filha, pais, sogros, irmãos, cunhados e tios) pelo apoio, amor e compreensão incondicionais, sem os quais não teria conseguido.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Marta Romero, pela paciência, experiência e orientações, que foram tão importantes para o término do trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Claudia Amorim e amigos de pesquisa, pela amizade, incentivo e contribuições contínuas, em especial Caio, Milena e Larissa.

À Prof<sup>a</sup>. Raquel Blumenschein pela motivação e força.

Aos amigos conquistados no Reabilita, Gabi, Liza, Valmor, Juliana, Indira, Oscar, Andrey, Ana Elizabete, Rômulo, Darja, pela experiência enriquecedora.

À todos da FAU/UnB, professores, funcionários e alunos, que participaram do processo nestes anos de mestrado, que para mim foi um retorno à faculdade, um local que me sinto em casa.

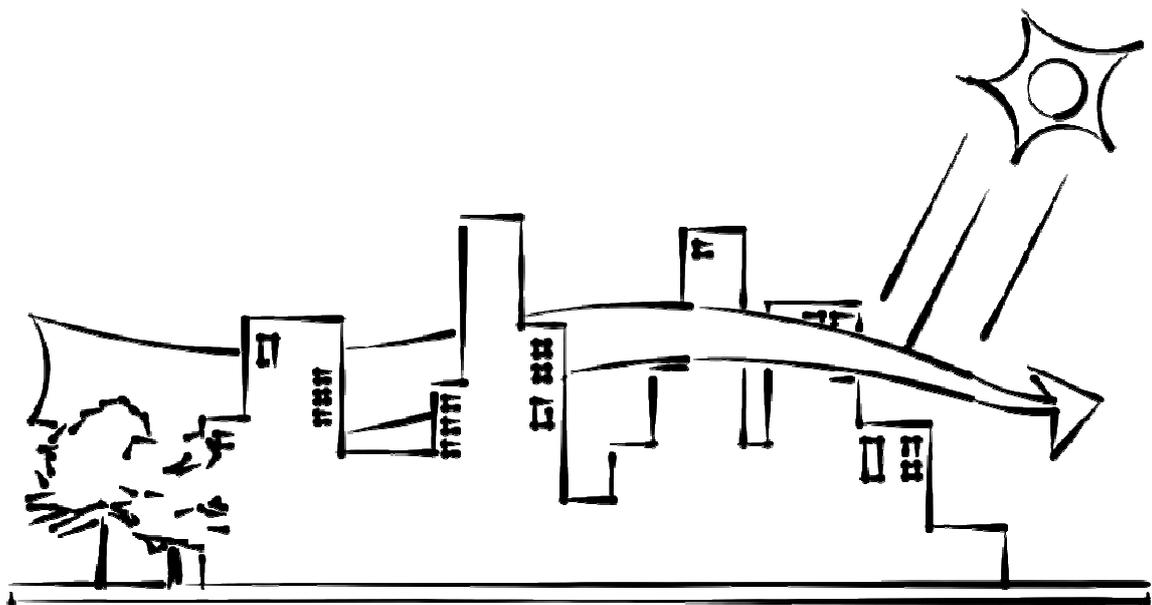
## **dedicatória**

---

Aos amores da minha vida: meu marido, amigo e companheiro eterno, Bruno e nossa “filhota” e maior inspiração, Ana.

“A partir da linguagem cotidiana, o espaço é (...) onde tudo tem seu lugar, seu local e sua posição (...) é a clareira que se abre na floresta para os assentamentos humanos; (...) Por suas necessidades de espaço, os homens se confrontam e necessitam repartir-se num espaço organizado. Ele se compõe pela ordem humana, e se perde pela desordem humana: portanto, arranjar e instalar são formas de organização do império da vida humana.”

Bollnow, 1963



Os Códigos de Obra e Edificações são responsáveis por garantir a qualidade mínima das edificações, mas os índices exigidos, em sua maioria, não são adequados aos condicionantes locais. Brasília, projetada por Lúcio Costa, é singular pelo conceito embutido em cada decisão do urbanista na configuração do espaço. A função do código de obra da cidade é preservar o caráter da cidade, a sua identidade como patrimônio, além de ordenar o crescimento de todo o DF. O objetivo geral da pesquisa era diagnosticar o COE-DF quanto aos conceitos bioclimáticos e termo-energéticos como contribuição para a melhoria da qualidade do ambiente construído, a partir de diretrizes para uma nova revisão, pautada na adaptação da legislação aos condicionantes locais. Foram identificadas pesquisas e legislações importantes que poderão ser subsídios para a inserção desses conceitos, assim como sistematizados os principais parâmetros que devem ser analisados na revisão do COE-DF. A análise dos artigos demonstrou que é possível já revisar o código para garantir um mínimo de desempenho bioclimático e termo-energético das edificações, mesmo que a princípio sejam inseridas diretrizes de projeto, pois para a análise de vários parâmetros é necessária a revisão conjunta de outras legislações urbanas e a criação de metodologia específica para avaliação do projeto. Os anexos relativos às diretrizes bioclimáticas e eficiência energética para edificações no DF são medidas positivas, como forma de auxiliar no projeto arquitetônico e incentivar a inserção destes conceitos na prática dos arquitetos. É necessário contribuir para transformar as leis em mecanismos eficientes no processo de construção das edificações.

**Palavras-chave:** Código de Obras, Bioclimatismo, Conforto Térmico, Eficiência Energética

The Building Codes are a set of rules responsible for ensuring the minimum quality of buildings, but most of the required patterns are not suited to local conditions. Brasilia, designed by Lucio Costa, has a unique aspect for the embedded concept present in every decision of the urbanist in the space configuration. The purpose of the city's building code is to preserve the character of the city and its identity as a heritage, as well as to plan the growth of all the Federal District. The goal of this research is to diagnose the CWB-FD regarding bioclimatic concepts and thermal energy as a contribution to improving the quality of the built environment considering guidelines for a new revision, based on the adaptation of legislation to local conditions. Important researches and legislations were consulted, which may set forth relevant elements for the insertion of these concepts, besides the systematization of the main parameters that must be analyzed under the CWB-FD. The analyses of the articles pointed out that it is already possible to revise the code to ensure a minimum of bioclimatic performance and thermally efficient buildings, even if project guidelines are initially included, as for the analysis of various parameters it is necessary a joint review of other urban laws and the creation of specific methodology for project evaluation. The annexes concerning the bioclimatic and energy efficiency guidelines for buildings in the Federal District are positive measures as an aid in architectural design, besides stimulating the integration of these concepts in architects' practices. It is fundamental to turn laws into efficient mechanisms in the process of construction of buildings.

**Keywords:** Building Codes, Bioclimatism, Thermal Comfort, Energy Efficiency.

## lista de figuras

---

Figura 1: Estruturação da pesquisa .....	24
Figura 2: Campos inter-relacionados do Equilíbrio Bioclimático. Fonte: Olgyay. (1963,p.24).....	29
Figura 3: Demarcação do Distrito Federal e os sítios. Fonte: Romero (2000, p. 81) .....	35
Figura 4: Equilíbrio Bioclimático e Carta Bioclimática de Olgyay. Fonte: Olgyay (1963, p.56) .....	43
Figura 5: Variação da zona de conforto. Carta de Givoni. Fonte: Givoni (1994, p.87).....	44
Figura 6: Dados climáticos sobre carta bioclimática, com diretrizes bioclimáticas para Brasília. .	44
Figura 7: Carta Bioclimática de Givoni. Fonte: Lamberts (1997, p.132).....	45
Figura 8: Escala de Índice VME. Fonte: Braga (2005, p.26).....	47
Figura 9: Relação entre PPI e VME. Fonte: Braga (2005, p. 26) .....	47
Figura 10: Temperatura operativa e umidade aceitável para zona de conforto. ....	48
Figura 11: Metodologia de Mahoney. Fonte: Harris, Cheng e Labaki (2000, p.4) .....	49
Figura 12: Evolução do consumo de energia elétrica por habitante em alguns países. ....	56
Figura 13: Zoneamento Climático de Portugal. Fonte: RCCTE (2006).....	58
Figura 14: Preenchimento das Condições Climáticas, no primeiro software do RCCTE(1990) .....	59
Figura 15: Preenchimento de características da edificação RCCTE(1990) .....	59
Figura 16: Modelo de Certificado Energético. Fonte: RCCTE (2006) .....	61
Figura 17: Consumo Energético no Brasil por Setor, janeiro de 2008. Fonte: Eletrobrás (2009) ..	65
Figura 18: Consumo de Energia Elétrica e PIB em relação ao ano base de 1987 .....	68
Figura 19: Consumo de energia elétrica no Brasil Fonte: BEN (2007). ....	69
Figura 20: Ciclo de Influência simultânea entre a arquitetura e os .....	94
Figura 21: Recomendação de orientação das ruas. Fonte: Frota e Schiffer (2003, p. 70) .....	98
Figura 22: Relação entre altura e largura dos espaços entre os edifícios.....	101
Figura 23: Afastamento entre edificações. Considerar para h o gabarito máximo da área em questão. O prédio B corresponde a tal gabarito. Fonte: IBAM / PROCEL (1997, p. 63) .....	102
Figura 24: Variação de carga térmica recebida por um edifício em função de sua forma. ....	103
Figura 25: Forma dos Edifícios e Índices de Compacidade. Fonte: Oliveira (2006, p.6) .....	104
Figura 26: Formas adequadas Fonte: Adaptado de Romero (2001, p. 145) .....	105
Figura 27: Proporções em edifícios sem átrio. Fonte: CE-RJ (2002, p. 16) .....	106
Figura 28: Proporções em edifícios com átrio. Fonte: CE-RJ (2002, p. 17) .....	106
Figura 29: Fator de Forma (FF) e Fator de Altura. Fonte: Manual do RTQ –C (2009, p. 41) .....	108
Figura 30: Croquis de Lúcio Costa para a superquadra. Fonte: COSTA (1957, p. 43 e 47) .....	109
Figura 31: Ville Contemporaine, Le Corbusier, 1922. Fonte: Machado (2007).....	109
Figura 32: Superquadras de Brasília-DF. Plano Piloto de Lúcio Costa. Fotos Nelson Kon.....	110
Figura 33: Implantação dos blocos na Super Quadra 308 Sul. Fonte: Machado (2007) .....	110
Figura 34: Tipologias de formas de projeção. Fonte: Machado (2007) .....	111
Figura 35: Alterações na forma da projeção dos edifícios residenciais do Plano Piloto.....	112
Figura 36: Croqui de Lúcio Costa para a Superquadra. Fonte: COSTA (1957, p.48) .....	116
Figura 37: Exposição das fachadas segundo orientação para Brasília. Programa SOL-AR.....	118
Figura 38: Ventilação urbana (CE-RJ, 2002, p. 14) .....	119
Figura 39: Consumo de energia elétrica no Brasil (BEN, 2007).....	120
Figura 40: Escalas do Plano Piloto de Brasília. Fonte: Silva (2007) .....	123
Figura 41: Transmissão da radiação nos fechamentos opacos e transparentes .....	127
Figura 42: Telhados aparentes e não aparentes quando vistos do solo.....	135
Figura 43: Setor Bancário Norte (Romero, 2007).....	139
Figura 44: Contribuição de cada elemento do projeto na carga térmica .....	141

Figura 45: Estudo de tipologias de esquadrias e influência na ventilação.....	154
Figura 46: Ventilação Cruzada e Ventilação Unilateral Fonte: IBAM/PROCEL (1997, p. 110) .....	156
Figura 47: Exemplo de efeito chaminé: para fluxo ascendente.....	157
Figura 48: Ventilação da Cobertura. Fonte: IBAM/PROCEL(1997, p. 50).....	160
Figura 49: Exemplo de Protetor Vertical.....	161
Figura 50: Exemplo de Protetor Horizontal.....	162
Figura 51: Exemplo de Protetor Misto. Fonte: Dutra (1990) .....	163
Figura 52: Bloco residencial (SQN 206) e edifício comercial em Brasília (SCS) .....	163
Figura 53: Bloco residencial (SQN 213) e edifício comercial (SBN), sem proteções solares.....	164
Figura 54: Fator de projeção de brises horizontais. Fonte: Carlo e Lamberts (2003).....	165
Figura 55: Exemplos de AVS e AHS.Fonte: Manual do RTQ-C (2009, p. 18) .....	165
Figura 56: Orientações predominantes nos edifícios existentes. Fonte: Silva (2007, p. 61) .....	166
Figura 57: Comparação entre as necessidades de sombreamento estabelecidas .....	168
Figura 58: Brises para mesmos ângulos de sombreamento. Fonte: Bittencourt (2004) .....	169
Figura 59: Dimensionamento de quarto. Fonte: ABNT NBR 8050 .....	171
Figura 60: dimensões aprovadas pelo COE-DF para quartos de empregada.....	172
Figura 61: Quarto mínimo para uma cama. Fonte: Neufert (1976, p. 179).....	172
Figura 62: Desenho de quarto mínimo, a partir da norma ABNT 15.575-1 (p.28).....	173
Figura 63: Recomendações de Pé-Direito mínimo. Fonte: IBAM/PROCEL (1997, p. 106) .....	174
Figura 64: Dimensões mínimas, com círculo de 2m. Fonte: IBAM/PROCEL (1997, p. 106).....	174
Figura 65: Exemplo de dimensões não permitidas. Fonte: IBAM/PROCEL (1997, p. 107).....	175
Figura 66: Exemplo de dimensões permitida pelo COE-DF. Fonte: COE-DF (1997, p. 96).....	175
Figura 67: Exemplo de dimensões permitida pelo COE-DF para Banheiro de Empregado .....	176
Figura 68: Exemplo de dimensões de acordo com a ABNT 15575-5 e COE-Porto.....	177
Figura 69: Circulação. Fonte: ABNT 9050.....	177
Figura 70: Apartamento original da construção de Brasília.....	178
Figura 71: Apt. de 2008, com marcação da ventilação e iluminação.....	179
Figura 72: Profundidade máxima de varandas para garantir iluminação e ventilação. ....	180
Figura 73: Profundidade máxima dos ambientes em função da abertura. ....	180
Figura 74: Carta Bioclimática da cidade de Brasília, DF Fonte: ABNT 15.220-3.....	181
Figura 75: Anexo do COE-DF, com as dimensões mínimas para unidades domiciliares.....	197

## lista de tabelas

---

Tabela 1: Principais Elementos Climáticos a serem controlados .....	34
Tabela 2: Comparação de estudos da Caracterização do Clima de Brasília .....	39
Tabela 3: Sistematização das estratégias bioclimáticas passivas.....	46
Tabela 4: Sistematização de pesquisas que analisaram códigos de obra .....	86
Tabela 5: Estrutura Básica do COE-DF: Lei e Decreto Complementar .....	92
Tabela 6: Radiação Solar (totais diários W/m <sup>2</sup> ), para orientação 0°, em Brasília .....	117
Tabela 7: Caracterização das tipologias (Plano Piloto) .....	125
Tabela 8: Transmitância térmica máxima e massa mínima das superfícies opacas. ....	135
Tabela 9: Comparação entre Luz Natural e Luz Artificial .....	144
Tabela 10: Iluminação Natural para Habitações Coletivas.....	150
Tabela 11: Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência. ....	151
Tabela 12: Aberturas para ventilação, segundo a ABNT NBR 15.220-3 .....	157
Tabela 13: Aberturas para Ventilação segundo a ABNT NBR 15.575-4 .....	158
Tabela 14: Relação dos Sistemas Construtivos com a orientação e dimensões dos ambientes .	170
Tabela 15: Comparação entre as áreas dos apartamentos.....	179
Tabela 16: Estratégias Bioclimáticas para a Zona Bioclimática 4.....	181
Tabela 17: Estratégias de condicionamento térmico passivo .....	182
Tabela 18: Estratégias bioclimáticas (dia e noite) recomendadas para o clima de Brasília.....	183
Tabela 19: Abordagem do COE-DF .....	190
Tabela 20: Análise do COE-DF: Seção III: dos materiais e elementos construtivos .....	192
Tabela 21: Índices para paredes externas, presentes.....	195
Tabela 22: Índices para coberturas, presentes nas legislações .....	195
Tabela 23: Revisão dos valores para dimensionamento dos ambientes do COE-DF .....	198
Tabela 24: Análise do COE-DF: Seção II: da Aeração e Iluminação .....	199
Tabela 25: Análise do modo de inserção do parâmetro no COE-DF .....	200
Tabela 26: Especificação de Coeficiente de Reflexão para cores e superfícies .....	240

<b>introdução</b> .....	15
<b>capítulo 1</b> .....	25
1.1. Arquitetura bioclimática .....	26
1.2. O Clima .....	31
1.2.1. Climatologia .....	31
1.2.2. O clima de Brasília .....	35
1.3. O Conforto Térmico .....	41
1.3.1. Aspectos Biofísicos .....	41
1.3.2. Métodos de Avaliação Bioclimática: Cartas, Índices e Tabelas .....	42
Cartas Bioclimáticas de Olgyay e Givoni .....	42
Índice VMP de Fanger .....	47
Tabelas de Mahoney .....	48
1.3.3. Normas de Desempenho Térmico: ABNT NBR 15.220 .....	50
1.4. Considerações sobre o capítulo 1 .....	51
<b>capítulo 2</b> .....	52
2.1 A Eficiência Energética na Arquitetura .....	53
2.2. Eficiência Energética na Europa .....	56
2.2.1. A Regulamentação em Eficiência Energética em Portugal .....	58
2.3. Eficiência Energética no Brasil: da crise à regulamentação .....	65
2.3.1. Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C, 2009) .....	72
2.4. Considerações sobre o capítulo 2 .....	77
<b>capítulo 3</b> .....	80
3.1. Panorama histórico dos Códigos Brasileiros .....	81
3.2. Modelos e Diretrizes para Códigos de Edificações .....	84
3.2.1. Modelos de Códigos do IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal) .....	84
3.2.2. Caderno de Encargos para Eficiência Energética em Prédios Públicos do Rio de Janeiro (CE-RJ, 2002) .....	85
3.3. Iniciativas para revisões de Códigos de Obra .....	86
3.4. O COE-DF: legislação para uma cidade singular .....	88
3.5. Considerações sobre o capítulo 3 .....	92
<b>capítulo 4</b> .....	93
4.1. A arquitetura e o desempenho térmico-energético .....	94
4.1.1 A implantação .....	95

4.1.2 A forma .....	103
4.1.3 A orientação.....	116
4.1.4 A função.....	120
4.1.5 Os fechamentos .....	126
Fechamentos Opacos .....	127
Fechamentos Transparentes.....	137
Materiais e o impacto ambiental .....	139
4.1.6 Aberturas .....	141
Iluminação Natural .....	143
Ventilação Natural.....	152
4.1.7 Proteções Solares.....	161
4.1.8 Geometria dos Ambientes.....	170
4.2. Diretrizes para as edificações em Brasília.....	181
4.3. Considerações sobre o capítulo 4 .....	187
<b>capítulo 5</b> .....	189
5.1. Análise do COE-DF .....	190
5.1.1. Análise dos Fechamentos Opacos.....	192
5.1.2. Análise da Geometria dos Ambientes .....	197
5.1.3. Análise das Aberturas para Iluminação e Ventilação .....	199
5.2. Diretrizes para revisão do COE-DF .....	200
<b>considerações finais</b> .....	203
<b>referências</b> .....	207
<b>anexos</b> .....	215

# introdução

---

O conforto ambiental e o bioclimatismo estão presentes na formação acadêmica do arquiteto, mas por questões mercadológicas ou conceituais, acabam sendo descartados, uma vez que os projetos não são aprovados para construção, seguindo regulamentações, normas e leis estabelecidas dentro destes princípios.

A edificação deve ser um conjunto de soluções projetuais que, além dos aspectos estéticos, expressivos e simbólicos (relacionados à história, cultura e a busca pelo belo) e aspectos econômicos (de racionalização da construção e valorização dos lucros) garantam também as condições de bem-estar para o usuário, e tenham uma relação harmônica com o meio externo. Na prática profissional, o arquiteto muitas vezes não demonstra preocupações com os condicionantes ambientais, o que é reforçado pela tendência de uniformização da arquitetura, onde os projetos seguem modismos e estilos globalizados e a aceleração do processo construtivo, onde o tempo para a etapa de projeto foi sensivelmente reduzido.

O distanciamento do projeto arquitetônico dos condicionantes ambientais configura-se, ainda, como um resquício da postura adotada após o movimento modernista, quando os arquitetos passaram a conceber edificações desvinculadas das características locais<sup>1</sup>. Acreditaram que os equipamentos desenvolvidos após a Revolução Industrial do século XIX, garantiram as condições de conforto no interior das edificações. Isso foi reforçado principalmente pela facilidade gerada pela energia elétrica, aliada ao conceito modernista dos edifícios “tipo”, da nova linguagem internacional, além da falta de conhecimento da amplitude dos impactos gerados no meio ambiente.

Ao longo da história da arquitetura, percebemos que os projetos já foram concebidos segundo diretrizes ambientais, pois os projetistas (aqui entendidos como o sujeito que concebe o conceito da edificação, não necessariamente que tenha formação acadêmica para isso) entendiam a importância do bom relacionamento com o meio ambiente como uma forma de sobrevivência, prova disso encontrada na análise da arquitetura vernácula e solar. A primeira é prova de como o homem fazia naturalmente

---

<sup>1</sup> Apesar deste não ser o conceito cerne do modernismo, visto as obras de grandes mestres que demonstravam preocupação com o equilíbrio da edificação com o meio exterior, e não entendiam que o surgimento de uma nova linguagem arquitetônica estava vinculada ao abandono da adequação aos condicionantes ambientais locais. Temos as obras de Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, Le Corbusier, Louis Kahn, entre outros.

seu abrigo em perfeita harmonia e adaptação com o lugar. Já a segunda demonstra preocupações em incorporar os fatores ambientais ao desenho da edificação, aproveitando fontes de energia renováveis como o sol. (ROMERO, 2001)

Em contraposição à tendência, de abandono da adequação climática, surgiram pesquisas na década de 70, que buscavam comprovar a importância do conforto e a necessidade de adaptação ao meio ambiente e ao clima. Dentre estes estudos, destacam-se os dos irmãos Olgay (1963), responsáveis pelo surgimento da arquitetura bioclimática<sup>2</sup>, Givoni<sup>3</sup> (1976) e Fanger<sup>4</sup>, que se tornaram clássicos dos estudos ambientais. (ROMERO, 2001)

Segundo Serra (1989) a arquitetura bioclimática pode ser definida como a arquitetura que otimiza as relações energéticas com o ambiente natural circundante por meio do projeto arquitetônico. O termo *bioclimático* reúne em si mesmo uma relação entre o fator humano e o ambiente externo. A arquitetura funciona como um intermediador entre o homem e o meio, buscando conforto para os usuários a partir da adaptação do espaço construído aos condicionantes climáticos locais, numa relação de respeito e interatividade.

A necessidade de preservação ambiental já é defendida há décadas. Mas vivenciamos um fortalecimento da conscientização em relação ao esgotamento dos recursos naturais, caso o desenvolvimento continue vinculado aos altos índices de consumo, associados ao desperdício e poluição. O efeito estufa, o aquecimento global, a crise do petróleo, o desmatamento, as secas e inundações, a diminuição dos recursos hídricos e alimentos, as restrições energéticas, o degelo das calotas polares, são todos exemplos da reação do meio ambiente frente ao progresso humano.

É fundamental que as decisões e ações atuais não comprometam o futuro das próximas gerações. Esse é o princípio básico da sustentabilidade, que só será alcançada com uma transformação radical nos padrões de consumo e processos de produção. Uma verdadeira revolução deverá ser feita, para que a sustentabilidade seja realmente vivenciada e implantada, pois a humanidade ainda está distante do altruísmo que envolve a vivência sustentável.

---

<sup>2</sup> O livro *Design with climate* foi o primeiro a desenvolver um método racional que levasse em consideração as variáveis climáticas do lugar. (ROMERO, 2001)

<sup>3</sup> Mostrou a inter-relação entre homem, clima e arquitetura, destacando os elementos climáticos e suas influências no livro *Man, climate and architecture*. (ROMERO, 2001)

<sup>4</sup> Dedicou-se aos estudos das zonas de conforto do homem dentro das edificações, com a publicação *Thermal Comfort*, fornecendo subsídios importantes para pesquisas futuras.

E a arquitetura, como produto da transformação do meio natural em espaço construído, também passa por um processo de adaptação à sustentabilidade, hoje almejada por diversos campos da produção humana. Mas infelizmente, a sustentabilidade tem sido atrelada a valorização de produtos e práticas, muitas vezes distantes do conceito original, o que tem feito com que o termo se “esvazie” e perca o sentido e o propósito.

Segundo Sobreira (2009) o discurso em torno da sustentabilidade na arquitetura tem sido vinculado a “novos projetos verdes e ecológicos”, acompanhados quase sempre de anúncios publicitários de materiais e tecnologias que são vendidos como os “mais sustentáveis do mercado”.

“Podemos atribuir uma parcela dessa “onda verde” a uma preocupação coletiva crescente com o meio ambiente, motivada e estimulada pela crise ambiental e energética (que parece nova, mas que é cíclica), ou a preocupações mais racionais e objetivas, como a economia de recursos. Mas outra relevante parcela – e talvez a mais forte – está relacionada ao interesse mercadológico e publicitário nos “eco-produtos”, e a arquitetura tem sido inserida como mais uma linha de produtos na prateleira.” (SOBREIRA, 2009, p.1)

Esta deturpação do conceito sustentável na arquitetura deve ser combatida, principalmente quando existe o marketing em torno de aspectos que na verdade não são grandes diferenciais e sim frutos de um projetar responsável, atribuições do arquiteto como profissional. Em outra vertente, existe uma supervalorização de elementos isolados do projeto, como se apenas a sua abordagem garantiria a sustentabilidade da edificação. A arquitetura incorporou o marketing do “consumo sustentável”, que nasceu nos anos 80, atrelado aos produtos: o *greenwash*.

“O termo se refere à estratégia de marketing utilizada (por empresas, governo, profissionais) com o objetivo de aumentar a venda e a visibilidade de um produto, baseada em uma falsa imagem ecológica ou ambiental do mesmo. Uma prática questionável, portanto, que tem conduzido os arquitetos por caminhos pouco éticos, em que a propaganda ou imagem publicitária associada ao aspecto “verde” do projeto oculta problemas intrínsecos de qualidade arquitetônica.” (SOBREIRA, 2009, p.1)

O projeto é o grande “fazer” do arquiteto, é a sua maior responsabilidade como profissional. Em função das restrições energéticas atuais e com o intuito de resgatar a concepção de espaços com conforto ambiental para os usuários, é fundamental que os arquitetos tenham preocupações com a adequação climática da edificação, integrando o uso de avançados sistemas construtivos e eficientes equipamentos com os conceitos

bioclimáticos e suas estratégias passivas de condicionamento. Esta é uma contribuição importante e efetiva para a sustentabilidade global.

Mas como efetivar tal prática?

A resposta talvez seja a conjunção de vários fatores, que de forma isolada contribuiriam, em longo prazo, para essa efetivação na mudança da prática profissional do arquiteto. Seriam eles, principalmente:

- A conscientização e capacitação de todos os agentes da Cadeia da Indústria da Construção Civil, em todos os níveis de atuação: engenheiros, arquitetos, construtoras, incorporadoras, governo, usuários, indústrias, trabalhadores, técnicos, instaladores, etc;

- A Formação Acadêmica dos arquitetos: transposição dos conceitos teóricos de conforto ambiental, bioclimatismo e eficiência energética para a prática projetual dos estudantes de arquitetura;

- Os Selos, Etiquetas e Certificações: que incentivam os arquitetos, construtoras e empreendedores a melhorarem a qualidade ambiental dos projetos para conquistar classificações satisfatórias;

- As Normas, Regulamentos e Leis de Aprovação de Projetos de Arquitetura. As legislações efetivamente exigem o cumprimento de parâmetros mínimos, o que obriga a adequação dos arquitetos, e também das construtoras e incorporadoras, desde que os órgãos competentes também exijam e fiscalizem o cumprimento.

Percebe-se que de todos os fatores, o que tem um maior alcance, obviamente em função de seu caráter obrigatório, é a legislação de aprovação de projetos. Os outros fatores dependem da iniciativa de participação na mudança da prática projetual, como nas faculdades de arquitetura e no trabalho colaborativo dos agentes da cadeia da construção civil.

Já os Selos, Etiquetas e certificações não garantem uma abrangência homogênea na alteração do modo de projetar, uma vez que, a maioria, tem caráter voluntário; possuem sistemas de avaliação e classificação que rotulam, mas não impedem a construção de edificações com baixo desempenho; não seguem uma padronização na avaliação e por isso não é possível comparar os resultados alcançados e principalmente podem gerar replicações errôneas e valorização de práticas ou soluções limitadas e que não garantem a qualidade global da edificação.

Neste sentido, a alteração ou atualização legislativa é um dos caminhos para garantir a qualidade da edificação em relação aos conceitos bioclimáticos, em especial conforto térmico, e eficiência energética, e conseqüentemente contribuir para a sustentabilidade.

É uma prática já adotada em vários países, que passaram a estudar e adotar medidas que regulamentassem o desempenho térmico-energético das edificações, principalmente em regiões de clima extremo, onde são altos os gastos energéticos para climatização dos ambientes. A partir dos anos 80, países como Canadá, Hong-Kong, França, Jamaica, Japão, Kuwait, Nova Zelândia, Paquistão, Filipinas, Singapura, Suécia, Reino Unido, Argentina, Itália, Alemanha, Portugal e Estados Unidos instituíram seus regulamentos de desempenho térmico e energético.

O objetivo principal, na maioria dos países, é o de criar instrumentos para a racionalização do consumo de energia em edificações conjuntamente com o aprimoramento das condições de conforto ambiental. A verificação de conformidade da edificação com a regulamentação é feita, em sua maioria, na fase de aprovação do projeto.

A eficiência energética, que a princípio limitava-se ao desempenho dos equipamentos, passa a ser atrelada à qualidade ambiental (Amorim, 2009), com o resgate e valorização dos conceitos bioclimáticos, para diminuição da carga térmica interna para o sistema de ar condicionado, assim como otimização da iluminação artificial, por meio do uso adequado da luz natural.

O resgate do bioclimatismo envolve o entendimento dos condicionantes locais, em especial o clima, na criação do espaço construído, de forma equilibrada, como proposto originalmente por Olgyay (1963). Para o autor, o processo de concepção de um edifício climaticamente equilibrado, ou seja, com um conceito bioclimático, consiste em quatro etapas subseqüentes e inter-relacionadas.

A primeira consiste no estudo dos dados climáticos locais (temperatura, umidade relativa, radiação e ventos); a segunda é avaliação biológica baseada nas sensações humanas, buscando as condições de conforto térmico em qualquer época do ano; a terceira, a busca das soluções tecnológicas empregadas após os passos anteriores, e que incluem: a seleção do sítio, a orientação, os cálculos de sombra, as formas da habitação, os movimentos do ar e o equilíbrio interno da temperatura. Na quarta etapa o foco é na expressão da arquitetura resultante, nos aspectos morfológicos e linguagem.

As diretrizes bioclimáticas passaram a incorporar os regulamentos e normas, sendo a aprovação dos projetos condicionada a índices mínimos de eficiência energética e conforto ambiental.

Em Portugal, por exemplo, as edificações devem seguir o regulamento de desempenho térmico-energético, são avaliadas em softwares específicos, que garantem o cumprimento das exigências e procuram agilizar e facilitar o processo de etiquetagem e aprovação, tanto para os projetistas, quanto para os órgãos responsáveis pelas avaliações. É claro, que o processo não é simples, e vem desde 1990, quando foram criadas as primeiras normas e feito o zoneamento climático do país. Desde então, já foram feitas revisões nos regulamentos, alterações nas metodologias e índices de desempenho, principalmente após *Diretiva Europeia do Desempenho Energético dos Edifícios* (EPBD) 2002/91/CE, que pretendia direcionar a forma como os diferentes países europeus deveriam tornar os seus edifícios mais eficientes, do ponto de vista energético.

No Brasil, em março de 2009, foi aprovado o Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), lançado pelo INMETRO/Eletronbras. O RTQ-C estabeleceu nova metodologia de avaliação energética de edificações, dentro do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), com requisitos técnicos para classificação de edifícios de acordo com as diretrizes para cada uma das Zonas Bioclimáticas Brasileiras, definidas na norma de Desempenho Térmico (ABNT NBR 15.5520-3), de 2003, que trata das diretrizes bioclimáticas específicas para o país.

São legislações brasileiras importantes, que iniciam a inserção do país no contexto internacional de avaliação das edificações em relação à eficiência energética e conforto térmico, e podem ser bases e parâmetros para a adequação dos códigos de obra, de modo a melhorar a qualidade ambiental das edificações.

Assim, é importante dar o primeiro passo para um estudo do Código de Obra e Edificações do Distrito Federal (COE-DF), aprovado em 1998, em relação aos condicionantes bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética, para aprimorá-lo e colocá-lo no contexto internacional de aprovação de projetos, onde já se busca uma consciência ambiental.

No referido Código, encontra-se no Capítulo II, seção III, Dos Materiais e Elementos construtivos, Art.78: “A estabilidade, a segurança, a higiene e o conforto ambiental, térmico e acústico da edificação serão assegurados pelo emprego,

dimensionamento e aplicação de materiais e elementos construtivos, conforme exigido nesta Lei e nas normas técnicas brasileiras.”

Mas quais os parâmetros, métodos de análise e índices utilizados para avaliar se o projeto cumpre níveis de conforto que determine sua aprovação para construção, como previsto no próprio código?

Segundo BUSON (1998), o COE-DF teve sua revisão, em 1998, baseada em uma coletânea de legislações do país para se determinar por simples comparação e amostragem quais seriam os “melhores” valores a serem adotados como referência para os índices técnicos adotados. Ele ainda questiona se estes realmente seriam os mais adequados à situação climática e às tipologias do Distrito Federal. Na conclusão de sua pesquisa, demonstra, por exemplo, que as prescrições do código com relação à iluminação natural não garantem o uso adequado da mesma.

É de suma importância que haja esta revisão do COE-DF e da metodologia de avaliação dos projetos, para que realmente haja uma padronização da qualidade dos espaços edificados em Brasília. Essa revisão do Código é também um modo de qualificação do próprio profissional responsável pelo projeto, pois o obriga a atualizar-se e a atender às novas exigências.

Também dificulta a vinculação de parâmetros do desempenho térmico-energético à promoção publicitária de empreendimentos, pois estarão cumprindo os padrões mínimos exigidos pela legislação e portanto não sendo diferencial algum para o marketing de vendas.

Além disso, o Código passa a ser um aliado do próprio arquiteto, que, quando pressionado para atender exigências mercadológicas que não cumprem índices de conforto ambiental, pode utilizá-lo como um instrumento de argumentação e defesa da qualidade de seu projeto.

Assim, esta pesquisa propôs um diagnóstico do COE-DF em relação aos conceitos bioclimáticos e desempenho térmico-energético, e justifica-se pela tendência mundial de busca por qualidade ambiental, onde as legislações eficientes têm papel fundamental.

E quanto à legislações eficientes, entendemos tratar-se de normas, regulamentos e leis que tornam o processo mais eficaz e não são entraves ou limitadores do projeto arquitetônico, o que comumente é visto nos códigos de obras

brasileiros. A existência de índices que não podem ser avaliados ou limitar a arquitetura em aspectos específicos, que de forma geral, não contribuem, ou muitas vezes comprometem a qualidade e desempenho da edificação como um todo, são problemas correntes nas legislações de edificações.

É pertinente e oportuno dar o primeiro passo para avaliação do COE-DF em relação ao bioclimatismo e desempenho térmico-energético e como uma cooperação e estímulo para futura adequação.

Ser inovadora é característica natural de Brasília e, por isso, existe muita atenção voltada para as medidas que direcionem sua preservação, com Patrimônio da Humanidade e também seu desenvolvimento, como metrópole.

A elaboração do COE-DF, em 1998, foi de suma importância e contou com o trabalho conjunto de profissionais do GDF, de instituições ligadas à construção (SINDUSCON, FIBRA, etc.), entidades representativas dos profissionais da área (CREA, IAB, etc.), assim como a própria FAU-UnB. Essa mobilização é a maior prova que essa legislação é o instrumento máximo regulador das edificações no DF, pois é por meio dela que são definidos os parâmetros de qualidade dos espaços construídos.

As atualizações dos Códigos de Obra são imprescindíveis, visto a amplitude de sua aplicação. Prova dessa importância é o investimento e incentivo que o governo e a própria iniciativa privada passaram a implementar. A legislação deve acompanhar o desenvolvimento e aprimoramento do setor da construção civil, para não ser um entrave e prejudicar a melhoria da qualidade, em todas as fases da edificação (planejamento, implementação e manutenção)

Dentre as metas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica nas Edificações (PROCEL-EDIFICA), da Eletrobrás, existe uma específica para atualização e revisão dos códigos de acordo com a eficiência energética. Neste sentido, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), por meio do Projeto Inovação Tecnológica na Construção Civil, busca promover a articulação entre entidades para promover a revisão de códigos de obra, buscando a inovação, e a avaliação das edificações a partir do Desempenho.

Alterações legislativas são processos complexos e realizados em longo prazo, por grandes equipes qualificadas. Mas as contribuições para que isso aconteça devem ser contínuas e sempre visando seu aprimoramento, tendo as pesquisas científicas como importante embasamento.

## **Objetivos**

Esta pesquisa objetiva, de modo geral, contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente construído, a partir de um diagnóstico legislativo, dentro dos conceitos bioclimáticos, de conforto térmico e eficiência energética, para diretrizes que contribuam para uma revisão do COE-DF.

De forma específica a pesquisa proposta objetiva:

- Identificar as principais metodologias, pesquisas e legislações (normas e regulamentos) que podem ser referências importantes para a revisão do COE-DF;
- Sistematizar os principais parâmetros que devem ser analisados na revisão do COE-DF, para inserção de conceitos bioclimáticos, e termo-energéticos;
- Analisar os principais artigos do COE-DF que tratam de especificidades que interferem no desempenho térmico-energético das edificações;
- Propor anexos relativos às diretrizes bioclimáticas e eficiência energética para edificações no DF, como forma de auxiliar na garantia de qualidade ambiental do projeto arquitetônico.

## **Estruturação da pesquisa**

O trabalho é apresentado em 5 capítulos, sendo os três primeiros referentes à revisão bibliográfica dos conceitos de bioclimatismo e conforto térmico, no capítulo 1, eficiência energética, no capítulo 2 e estudo do panorama das legislações, códigos de obra brasileiros e pesquisas que podem contribuir para a revisão do COE-DF, no capítulo 3.

A partir desse estudo foram definidas e abordadas de forma específica, no capítulo 4, as variáveis da arquitetura que interferem no desempenho térmico-energético e identificadas as diretrizes para as edificações em Brasília, dentro dos conceitos estudados nos dois primeiros capítulos.

Por fim, no capítulo 5, é realizada a avaliação do COE-DF, segundo os parâmetros identificados, e as conclusões da pesquisa, com diretrizes para a revisão do código e inserção de conceitos bioclimáticos e termo-energéticos. , a partir da revisão bibliográfica de conforto térmico e eficiência energética, feita nos capítulos anteriores e da análise dos parâmetros.

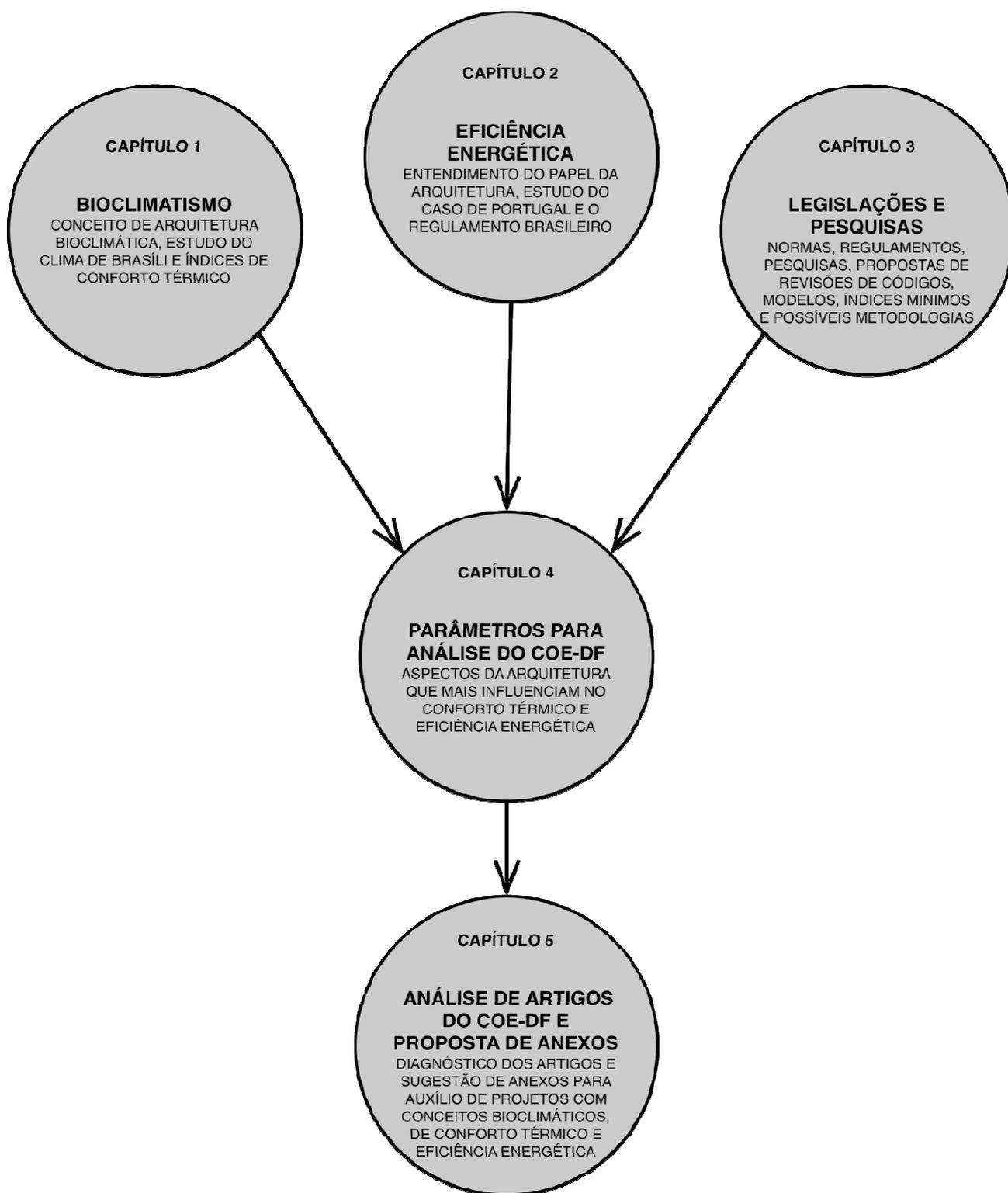


Figura 1: Estruturação da pesquisa

# capítulo 1

## bioclimatismo

---

Este capítulo trata dos conceitos do bioclimatismo e as aplicações na arquitetura, como uma interação dos aspectos climáticos, humanos, tecnológicos, específicos do lugar. O objetivo dessa revisão bibliográfica foi entender a relação do clima na criação do espaço construído, uma vez que o Bioclimatismo trata do equilíbrio da edificação com os condicionantes ambientais locais. Assim, para o caso de Brasília, será possível identificar subsídios para inserção no COE-DF das diretrizes bioclimáticas para a cidade.

Primeiramente foi estudado o conceito de Arquitetura Bioclimática, a partir da: revisão bibliográfica dos principais autores que tratam do tema e suas formas particulares de abordagem, destacando-se Olgyay (1963), Givoni (1976), Serra (1989), Evans e Schiller (1991), Romero (2000, 2001 e 2007), e Corbella & Yannas (2003).

Num segundo momento, foi abordada a climatologia, para entender a influência dos elementos climáticos (radiação solar, temperatura, ventilação e umidade) na arquitetura, abordando principalmente dos autores Ferreira (1965), Monteiro (1976), Chandler (1976), Oke (1978), Romero (2000 e 2001), Souza (1996), Frota & Schiffer (2003).

Após esta visão geral de clima, foi feito um estudo específico das caracterizações existentes do clima de Brasília, com a comparação dos estudos de Ferreira (1965), INMET (1961-1990), Romero (2000 e 2001) e Maciel (2002) realizada por Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero, (2007).

Foi importante a compreensão do conceito de Conforto Térmico, a partir dos estudos dos aspectos biofísicos do metabolismo humano para definição da satisfação com relação ao ambiente que o circunda e a identificação dos principais índices e cartas bioclimáticas. Foram abordados os estudos de Olgyay (1963), Givoni (1976), Rivero (1986), Akutsu, Sato e Pedroso (1987), Romero (2000 e 2001), Harris, Cheng e Labaki (2000), Lamberts (2000), Frota & Schiffer (2003), ASHRAE (2004), Bittencourt e Cândido (2008) e norma ABNT 15.220)

## 1.1. Arquitetura bioclimática

A Revolução Industrial e todas as transformações e inovações tecnológicas por ela geradas sobre a sociedade nos séculos XVIII e XIX trouxeram consigo a idéia de que o homem estava liberto das limitações impostas pela natureza, principalmente as relacionadas aos condicionantes climáticos. Para a arquitetura e o urbanismo, esse conceito provocou distúrbios em seu tradicional equilíbrio e integração com o meio.

Um dos princípios básicos do modernismo foi o de renovar a arquitetura, numa tentativa de rompimento com o passado. Com o surgimento de novos materiais e tecnologias, atrelados à essa ideologia inovadora, os arquitetos tentavam romper, não apenas com a história, mas também com a “limitação” do lugar, criando uma arquitetura que pudesse ser “internacional”.

Os novos edifícios modernos, transparentes, como cubos de vidro, anulavam a distinção entre espaço interno e externo. As novas tecnologias (iluminação e condicionamento de ar) passaram a “climatizar” internamente as edificações, permitindo ao arquiteto delegar à outros especialistas a responsabilidade do conforto do usuário. A energia elétrica parecia ser a solução para o controle climático, uma vez que restrições energéticas não faziam parte, ainda, das preocupações do homem.

A arquitetura moderna não pode ser injustamente responsabilizada pelo novo posicionamento adotado pelo arquiteto em relação ao afastamento dos conhecimentos bioclimáticos. Infelizmente, houve uma generalização do pensamento moderno, que passou a ser adotado de forma simplória e inconsciente. Mas, vários arquitetos modernistas demonstravam preocupações com os elementos ambientais, e conseguiam conciliar com seus princípios ideológicos (novos volumes e materiais): Le Corbusier, Alvar Aalto, Frank Loyd Wright, Louis Kahn, entre outros. (FERNANDES, 2007)

Le Corbusier, que a princípio interessou-se pelo “muro neutralizante” das fachadas de vidro e o ar condicionado, repensou a necessidade dos sistemas passivos e da adequação aos condicionantes climáticos locais, quando propôs a idéia do “*brise soleil*”.

Segundo Corbella & Yannas (2003, p. 17), “pouco a pouco foi renascendo uma arquitetura preocupada na sua integração com o clima local, visando à habitação centrada sobre o conforto ambiental do ser humano e sua repercussão no planeta, a Arquitetura Bioclimática”.

Segundo Serra (1989) a arquitetura bioclimática pode ser definida como a arquitetura que otimiza as relações energéticas com o ambiente natural circundante a

partir do projeto arquitetônico. O termo *bioclimático* reúne em si mesmo uma relação entre o fator humano e o ambiente externo. A arquitetura funciona como um intermediador entre o homem e o meio, buscando conforto para os usuários por meio da adaptação do espaço construído aos condicionantes climáticos locais, numa relação de respeito e interatividade.

Evans e Schiller (1991) ressaltam que no desenho bioclimático, o processo de otimização envolve três níveis de trabalho e três sistemas: o meio no qual se projeta, os habitantes e os próprios edifícios: clima, homem e habitat. O estudo do clima não é um fim em si mesmo; somente se podem utilizar os dados climáticos no desenho quando se analisa o impacto do clima no homem, definindo o grau de conforto ou desconforto e identificando as modificações desejáveis para melhorar as condições de habitabilidade e bem estar.

A Arquitetura Bioclimática vai além dos estudos da bioclimatologia, pois supera o conceito de estudo do clima em relação às necessidades dos seres vivos, o que é feito para várias áreas do conhecimento humano, como a biologia, veterinária, botânica, etc. Nessa arquitetura, é o edifício que determina o conforto do ser humano, pois estabelece uma relação com o clima de forma a proporcionar as melhores condições internas que proporcionem satisfação ao usuário, tanto nos aspectos higrotérmicos, quanto visuais, acústicos, emocionais e culturais.

Romero (2000) destaca que na arquitetura bioclimática é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio, a partir de sua envoltória (paredes externas\_fachadas e coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombras, terra), e, ainda, por meio do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para o melhor controle do vento e do sol.

Assim, os princípios bioclimáticos devem ser premissa para o projeto em todas as escalas do espaço urbano e do edifício. A arquitetura bioclimática, entendida como o produto de um projeto do arquiteto deve ser “uma forma de desenho lógica que reconhece a persistência do existente, culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais, e que utiliza a própria concepção arquitetônica como mediadora entre o homem e o meio.” (ROMERO, 2000)

Romero (2001, p.25) divide os principais estudiosos do bioclimatismo em grupos temáticos:

**1. Clássicos:** estudiosos pioneiros e de grande influência sobre estudos posteriores (Olgay, Givoni e Fanger)

2. **Tradição Vernácula:** utiliza conhecimentos transmitidos por gerações.
3. **Arquitetura Solar:** utiliza a energia das fontes naturais
4. **Linha Climática** (clima urbano): considera os efeitos da urbanização
5. **Desenho dos espaços urbanos:** desenho urbano com preocupação ambiental

Por volta dos anos 60 surgiram as primeiras publicações acerca desse resgate da integração da arquitetura com o meio, em especial dos irmãos Olgyay, apresentando as bases teóricas da arquitetura bioclimática. Victor e Aladar Olgyay<sup>5</sup>, criaram a expressão projeto bioclimático, a partir da aplicação da bioclimatologia ao projeto arquitetônico, o qual segundo eles deveria ser desenvolvido objetivando dar resposta a requisitos climáticos específicos.

Após o início das pesquisas realizadas pelos irmãos Olgyay, diversos pesquisadores passaram a contribuir com o avanço da bioclimatologia aplicada à arquitetura, a partir de definições e métodos de avaliação da adequação das edificações. Os estudos abordaram tanto o clima, quanto o espaço urbano e a própria edificação.

O livro de Olgyay, *Design with climate* é considerado o primeiro texto de fácil compreensão a desenvolver racionalmente um método que levasse em consideração as variáveis de lugar.

Olgyay (1963) destaca o fato de que o problema de controlar o meio ambiente e criar condições favoráveis para o desenvolvimento dos objetivos e atividades humanas é tão antigo quanto o próprio homem. O autor, neste trabalho, em que faz uma abordagem bioclimática do regionalismo arquitetônico, desenvolveu pesquisa pioneira, idealizando um Método Bioclimático para o Desenho, com uma seqüência e intercâmbio das variáveis Clima-Biologia-Tecnologia-Arquitetura.

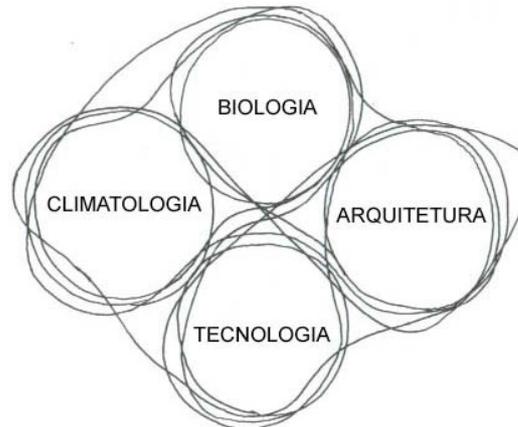
Segundo Olgyay (1963), o processo de concepção de um edifício climaticamente equilibrado, ou seja, com um conceito bioclimático, consiste em quatro etapas subseqüentes e inter-relacionadas:

1. **Climatologia:** Estudos dos dados climáticos locais – que envolve o conhecimento de seus elementos constituintes (temperatura, umidade relativa, radiação e ventos);

---

<sup>5</sup> Publicaram vários artigos e livros, entre os quais, destacam-se *Application of Climate Data to House Design* (1953), *Solar Control and Shading Devices* (1957) e *Design with Climate* (1963). Neste último, introduziram o termo *bioclimatic approach* (abordagem bioclimática) e desenvolveram um diagrama de conforto térmico (Carta Bioclimática).

2. **Biologia:** avaliação biológica baseada nas sensações humanas, buscando as condições de conforto térmico em qualquer época do ano;
3. **Tecnologia:** as soluções tecnológicas empregadas após os passos anteriores, e que incluem: a seleção do sítio, a orientação, os cálculos de sombra, as formas da habitação, os movimentos do ar e o equilíbrio interno da temperatura.
4. **Arquitetura:** a expressão da arquitetura resultante – que deverá ser o produto da importância dos diferentes elementos envolvidos.



**Figura 2:.** Campos inter-relacionados do Equilíbrio Bioclimático. Fonte: Olgyay. (1963,p.24).

Percebe-se a intenção do autor de destacar o processo de projeção bioclimático e os principais aspectos a serem considerados:

### **CLIMA – CONFORTO DO USUÁRIO – TECNICA – ESPAÇO CONSTRUÍDO**

Nenhum desses aspectos pode ser negligenciado ou ter maior ênfase que outro quando se trata da arquitetura bioclimática, onde a harmonia **homem - meio natural - espaço construído** é o conceito primordial, ao ponto de também se tomar o seu grande diferencial em termos de qualidade. O conceito de Olgyay demonstra um sistema dinâmico, onde as partes se relacionam e influenciam as outras em total equilíbrio.

O autor desenvolve a questão bioclimática tanto no entorno, considerando a planimetria do assentamento, e a implantação da habitação no terreno, quanto no edifício, levando em conta as soluções arquitetônicas do mesmo.

O projeto arquitetônico passa então a transcender os problemas técnicos, para relacionar-se com o entorno de forma equilibrada, criando significados e ajudando o homem em sua relação com o ambiente.

Os espaços devem ser tratados como uma unidade, na qual elementos ambientais, climáticos, históricos, culturais e tecnológicos entram como estímulos dimensionais (ROMERO, 2007). A intervenção humana deve transformar o local em uma paisagem cultural, respeitando e valorizando seu caráter singular.

A arquitetura deve ser a concretização da relação homem-natureza, valorizando a vocação do lugar e seu significado. O homem sente necessidade de relacionar-se com a natureza de forma organizada, resgatando elementos simbólicos (ex: vegetação e água). Os espaços naturais possuem qualidades diferentes, tais como limites, centralização, continuidade, direção, proximidade, luz, clima, textura, vegetação, densidade, topografia, escala, proporção, materiais, cores, disposição, sentido de orientação. Assim, os espaços construídos devem apropriar-se dos elementos naturais locais e valorizar as qualidades existentes, introduzindo de forma harmônica, os novos elementos construtivos.

A busca por uma arquitetura de qualidade, configurada dentro dos conceitos bioclimáticos, começa pelo entendimento dos aspectos gerais relacionados à perfeita implantação da edificação, onde a beleza e harmonia existem pela adaptabilidade ao sítio e os espaços construídos possuem forte sentido ambiental, estético e social. Somente quando os elementos próprios do lugar, especialmente os ambientais (luz, cor, som e materiais), são incorporados à criação da paisagem construída, é possível realizar um planejamento local específico mais adequado e alcançar uma melhor qualidade de vida.

O enfoque da arquitetura deve ser compreender o lugar, com seus condicionantes físicos e climáticos, mas também seus aspectos históricos, culturais e estéticos. Os exemplos da arquitetura do passado demonstram uma quase perfeita adaptação ao meio ambiente, com recursos materiais e técnicas construtivas consideradas como condicionantes, e não determinantes, da forma arquitetônica.

O arquiteto deve entender todas as especificidades ambientais das escalas envolvidas no espaço (meio urbano e edifício), principalmente porque existe uma interdependência entre elas. As agressões ambientais cometidas em determinada escala são percebidas e sofridas em outras, assim como a qualidade ambiental do espaço construído em todas as escalas garante a sustentabilidade da cidade como um todo. Tanto o espaço urbano quanto o arquitetônico devem funcionar com filtros, verdadeiros mecanismos de controle dos elementos naturais, para criação do espaço cultural para as relações humanas.

A partir do entendimento do conceito de arquitetura bioclimática e as variáveis a serem consideradas para o projeto bioclimático, é fundamental o estudo específico do Clima e sua a relação com o conforto humano.

## **1.2. O Clima**

### **1.2.1. Climatologia**

A importância do estudo do clima tem sido demonstrada pelo especial interesse com que vem sendo tratada por meteorologistas e geógrafos, e, no campo da arquitetura e urbanismo se mostra imprescindível para o desenvolvimento de propostas mais adequadas à disponibilidade e preservação dos recursos naturais e também adequadas ao conforto do homem nos espaços construídos.

Vários autores dedicaram-se ao estudo deste tema, destacando-se: Monteiro (1976), Chandler (1976) e Oke (1978) entre outros.

Os estudos sobre o clima ocorrem em várias camadas geográficas, embora na bibliografia ocorram divergências quanto à abordagem, abrangência e terminologia dessas camadas. Entretanto a classificação mais citada nos trabalhos de climatologia urbana é a de Oke (1978) que propõe duas camadas de estudo: “*urban boundary layer*”, Camada Limite Urbana, que consiste na cidade e na atmosfera por ela alteradas, e “*urban canopy layer*”, Camada de Cobertura Urbana, que consiste na atmosfera intra-urbana definida a partir do seu microclima.

A princípio, o projeto arquitetônico deve começar pela análise do clima local onde a edificação será inserida, segundo Olgyay. A arquitetura climaticamente adequada é aquela capaz de amenizar as condições ambientais, aproveitando de forma mais adequada os elementos favoráveis para o conforto humano e permitindo o uso racional dos recursos naturais e energéticos.

Para Romero (2000) o estudo do clima resulta da combinação de fatores geomorfológicos e espaciais (sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra, água, topografia, vegetação, solo, etc) e de elementos como: temperatura do ar, umidade do ar, movimento das massas de ar e precipitações.

Para Givoni (apud Romero, 2000), o clima de uma dada região é determinado pelo padrão das variações dos vários elementos e suas combinações, destacando que os principais elementos climáticos que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano são: radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

Já Olgay (apud Romero, 2000) em seu estudo das sensações do conforto humano, define os elementos que mais afetam o conforto: temperatura, radiação e ventos, tratando de forma diferenciada os efeitos da umidade, tais como chuva, névoa, neve geada e pressão de vapor.

Ferreira (1965) define os elementos climáticos como componentes físicos do clima, principalmente temperatura, umidade do ar, precipitações vento e duração de exposição do sol, que segundo a autora, varia de acordo com a latitude, radiação solar, direção do vento, distancia do mar, relevo, vegetação, massa de ar e outros.

Para estudar o clima é importante considerar e diferenciar os *fatores e elementos climáticos*. Segundo Romero (2000), a partir de estudos de Givoni, 1976; Olgay, 1963; Gomes, 1980; Linch, 1980 e Ferreira, 1965, os *elementos climáticos* têm a qualidade de definir, de fornecer os componentes do clima, enquanto os *fatores climáticos* condicionam, determinam e dão origem ao clima.

Os fatores climáticos são: radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, superfície de solo etc. Já os elementos climáticos são: temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações.

A classificação do clima mais utilizada pelos autores é a de Monteiro (ROMERO, 2000), que divide em três escalas distintas, porém indissociáveis: o macroclima, o mesoclima e o microclima.

O macroclima tem suas variáveis quantificadas em estações meteorológicas. Podem descrever as características gerais de uma região em termos de sol, nuvens, temperatura, ventos umidade e precipitações. O conhecimento destas variáveis é fundamental para o projeto de edificações mais adequadas ao conforto do seu ocupante e mais eficiente em termos de consumo de energia.

Quando chegamos mais próximos ao nível da edificação, têm-se as escalas meso e microclimáticas. Alguns tipos de mesoclima podem ser identificados facilmente, como o litoral, o campo, as florestas, os vales, as cidade, as montanhas. As variáveis como vegetação, topografia, tipo de solo e a presença de obstáculos naturais o artificiais influenciam nas condições locais de clima.

Já o microclima, refere-se à escala da edificação, e pode ser concebido e alterado pelo arquiteto. O estudo das variáveis desta escala é fundamental para o lançamento do projeto, pois uma série de particularidades climáticas do local pode induzir à soluções arquitetônicas mais adequadas ao bem-estar das pessoas e à eficiência energética.

Givoni (1976) diz que o clima do interior da edificação e suas condições de conforto dependem das condições climáticas do entorno, mas a própria edificação modifica as condições climáticas da atmosfera envolvente.

Muitos problemas atmosféricos urbanos são gerados por não serem considerados as relações existentes entre forma física das cidades e conseqüentemente as edificações e os recursos ambientais. Investigar o modo como uma interfere na outra é, portanto, um passo essencial para que possam ser adotadas medidas preventivas (SOUZA, 1996).

O estudo do clima urbano ocorre a partir da constatação da influência dessas modificações que a urbanização provoca no ambiente natural e por sua vez nas características originais do clima, a partir de análises comparativas entre o ambiente urbano e o rural.

Frota e Schiffer (2003) desenvolveram um importante estudo sobre conforto térmico, muito referenciado nos trabalhos desse tema. As autoras ressaltam que é importante adequar a arquitetura ao clima de um determinado local, e isso significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. Para isso é fundamental que o projetista tenha noções do clima para adequação da sua arquitetura.

Dentre as variáveis climáticas de uma região,

“podem-se distinguir as que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos: a oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade do céu, a predominância de época e o sentido dos ventos e índices pluviométricos.”

(FROTA e SCHIFFER, 2003, p.53)

Assim, entende-se a importância do conhecimento dos elementos climáticos locais no projeto de arquitetura, e Romero (2001) apresenta sinteticamente os principais elementos dos climas tropicais a serem controlados, principalmente nos espaços públicos:

**Tabela 1:** Principais Elementos Climáticos a serem controlados

Elementos	Quente-seco	Quente-úmido	De altitude
Temperatura	Reduzir a produção de calor em razão da condução e da convecção dos impactos externos	Idem	Idem na época diurna
Ventos	Nas regiões sem inverno, diminuir o movimento de ar e ventilar à noite. Nas regiões com inverno, diminuir o movimento do ar. Aumentar o movimento do ar	Aumentar o movimento do ar	Aumentar o movimento do ar no período úmido e no período seco sem poeira.
Umidade	Aumentar com superfícies de água.	Evitar a absorção e diminuir a pressão de vapor. Promover a evaporação.	Aumentá-la na época seca diurna e noturna
Radiação	Sem inverno: reduzir a absorção da radiação e promover as perdas. Com inverno: reduzir as perdas por radiação nas noites.	Reduzir a absorção de radiação	Reduzir a absorção de radiação urbana, permitindo-a nos edifícios na seca.
Precipitações	Proteções mínimas nos espaços públicos	Proteção Máxima nos espaços públicos	

Fonte: Romero (2001, p.67)

Já Frota e Schiffer (2003, p. 147), na escala específica da edificação, propõem uma sistematização para a adequação de projetos arquitetônicos adequados aos distintos climas. Primeiramente deve-se partir da caracterização do clima local, com o levantamento dos dados climáticos (temperatura, umidade, radiação solar, nebulosidade, direção e velocidade dos ventos, latitude e altitude).

Em segundo momento, preocupar-se com a adoção do partido arquitetônico em função das características climáticas: forma mais apropriada; orientação e dimensionamento das aberturas; localização dos diversos blocos no espaço físico; determinação da sombra projetada das edificações; determinação das máscaras produzidas por obstrução externa às aberturas e indicação de elementos externos de projeção da radiação solar (construções, vegetação, etc).

Posteriormente são determinados os materiais mais adequados quanto à inércia térmica, atraso desejado, coeficiente global de transmissão térmica e cor externa e interna.

Assim, para o entendimento da arquitetura bioclimática apropriada para Brasília, foi estudado o clima da cidade e suas especificidades que influenciam no projeto arquitetônico.

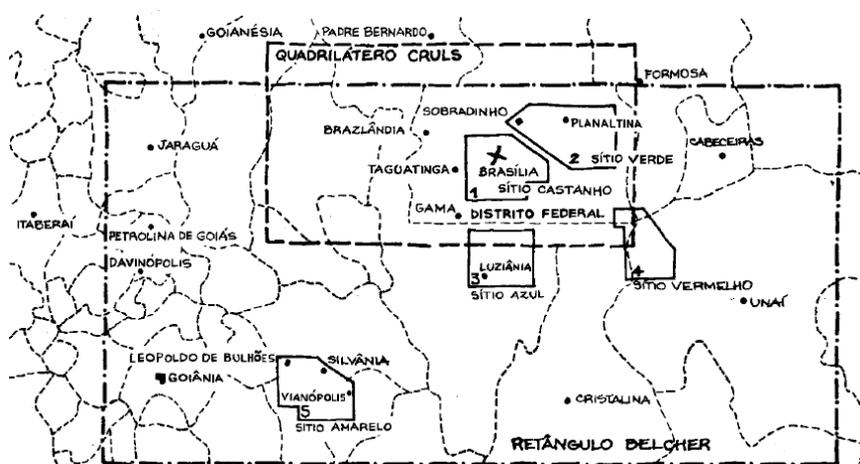
## 1.2.2. O clima de Brasília

Brasília é uma cidade que possui características particulares desde a sua criação. Para a sua localização buscou-se um sítio, baseado em fatores econômicos e científicos, bem como nas condições do clima e beleza do lugar, evitando problemas correntes em cidades sem planejamento. (ROMERO, 2001)

Romero (2006) afirma que o sítio de Brasília pode ser descrito por três fenômenos principais: 1) Massa continua de chapadas elevadas formando um espaço geograficamente delimitado; 2) Uma colina de encostas suaves centralizada neste espaço e 3) Rede hidrográfica introduzindo elementos naturais de centralização e direcionamento.

A autora também destaca que a apreciação climática dos sítios foi baseada nas características de temperatura, umidade, precipitação, vento, cobertura de nuvens, altitude e conformação; nos níveis macroclimático, mesoclimático e microclimático.

Destaca ainda que o local escolhido para a nova capital, denominado de Sítio Castanho<sup>6</sup> é um sítio convexo, aberto a todas as influências dos ventos predominantes, sendo a área do sítio bem drenada, condição que reduzirá a umidade a um mínimo, coberta com uma floresta de árvores baixas que dessa forma reduzirá a temperatura do solo e a influência da radiação noturna. (ROMERO, 2000, p. 81 e 82).



**Figura 3:** Demarcação do Distrito Federal e os sítios. Fonte: Romero (2000, p. 81)

Dessa forma, Brasília encontra-se localizada no centro-oeste do Brasil, na latitude 15°52 Sul e longitude 47°52 Oeste, com altitude de 1.061 m.

Quanto à classificação climática, há um consenso entre os diversos autores (Romero, Köppen, Lamberts) que Brasília apresenta-se como um Clima Tropical de

<sup>6</sup> O Relatório Belcher selecionou, dentro do perímetro já delimitado, alguns sítios mais adequados à construção da nova capital, dentre os quais, a comissão encarregada escolheu o designado Sítio Castanho.

Altitude caracterizando-se por grandes amplitudes diárias e duas estações definidas: quente-úmida (verão) e seca (inverno).

Maciel (2002) sugere a distinção de um terceiro período, dentro do período seco, que seria classificado como quente-seco e abrangeria os meses de agosto e setembro.

Frota e Schiffer (2003) ressalta que a arquitetura deve possibilitar, durante o dia temperaturas internas abaixo das externas e, durante a noite, acima.

Em 2007, uma equipe do LaSus (Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero, 2007),<sup>7</sup> realizou um estudo comparativo dos principais autores que já estudaram o clima de Brasília, para determinar os melhores dados a serem utilizados nas pesquisas realizadas pelo laboratório.

“Pesquisadores e profissionais tendem, em geral, a utilizar dados de fontes distintas, obtendo, por consequência, resultados diferentes e que apontam para soluções diversas, nem sempre ideais. Sobre este aspecto, a necessidade de se fixar os dados climáticos de maneira fácil e simplificada é de grande importância, pois, além de facilitar o acesso, permite a comparação do desempenho das estratégias escolhidas.” (SOUSA, CARPANEDA, MACIEL, GOMES E ROMERO, 2007)

A partir da análise dos estudos, a equipe formatou um quadro comparativo, no qual se destacam as variáveis ambientais que exercem mais influência na sensação de conforto térmico (temperatura do ar, direção e velocidade dos ventos, umidade relativa, insolação e precipitações).

Segundo os autores,

“muitos trabalhos foram realizados com o intuito de buscar dados referentes aos elementos do clima da cidade de Brasília. Tais estudos foram construídos a partir de métodos e períodos diferenciados, apresentando dados desiguais em função tanto da metodologia escolhida como dos estágios diferenciados de ocupação urbana em que se encontrava a localidade escolhida.” (SOUSA, CARPANEDA, MACIEL, GOMES E ROMERO, 2007)

O quadro desenvolvido pela equipe visou facilitar a compreensão ou aplicação dos dados climáticos, oferecendo instrumentos práticos e unificados de obtenção de informações necessárias para a escolha de estratégias bioclimáticas para Brasília.

---

<sup>7</sup> Uma equipe do LaSUS (Laboratório de Sustentabilidade – FAU/UnB), composta por Jamilson Sousa, Luciana Viana Carpaneda, Ana Carolina Passos Maciel e Marianna Gomes, coordenados pela profa. Marta Adriana Bustos Romero realizou um estudo chamado de CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA PARA A CIDADE DE BRASÍLIA: Leituras comparativas, 2007.

O estudo comparou os dados das principais pesquisas de autores que buscaram uma caracterização do clima de Brasília: Maciel (2002), Romero (2000 e 2001), Ferreira (1965) e também analisou os dados oferecidos pelas Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, compreendendo um período de 30 anos de observação meteorológica: 1960 a 1990.

Ferreira (1965) realizou importante e pioneiro estudo de caracterização do clima para a cidade de Brasília, destinado à aplicação em projetos de arquitetura. Na sua concepção o conforto no interior do edifício depende de quatro variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média e movimentação do ar.

Os dados climáticos por ela coletados correspondem ao período de 1960 e 1964 e oferecem informações gerais sobre o clima e a distribuição de dados climáticos do ano. Os valores referentes à precipitação, ventos e insolação foram retirados do Atlas Climatológico do Brasil de Adalberto Serra. Além disso, a autora sugere estratégias de projeto baseadas nas características climáticas da região.

Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero (2007), entretanto destacam que seus dados oferecem valores anteriores ao período de fundação da cidade de Brasília (vento, insolação e precipitação) ou referentes ao período inicial da urbanização da capital. “É evidente que houve um crescimento urbano (com conseqüente alteração da superfície: impermeabilização do solo, adensamento e verticalização) nos últimos anos, o que pode provocar uma alteração no clima urbano.”

Dessa forma, estudos posteriores verificaram se estes dados estão ultrapassados e não condizentes com a realidade atual, e alguns, como Maciel (2002) ressalta que deve-se ter cautela ao utilizá-los fazendo com que se busque por dados que incluíram o acréscimo urbano na sua análise.

As “Normais Climatológicas” oferecidas pelo INMET são obtidas por meio de cálculo das médias de parâmetros meteorológicos. Essas médias referem-se a períodos de trinta anos e para o estudo de Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero, (2007) foram considerados os dados referentes ao período de 1961-1990.

O conceito de “cálculo das normais” analisa também a homogeneidade e a avaliação de outros elementos descritivos do clima. Contém médias mensais e anuais referentes a nove parâmetros meteorológicos e valores extremos de temperatura e precipitação de duzentas e nove estações meteorológicas (INMET, 1992).

O uso das Normais Climatológicas abrange um período grande de dados, porém por restringir-se a valores médios pode não ser muito representativo do clima real, especialmente em regiões onde há grandes amplitudes térmicas.

Além da ausência das amplitudes térmicas, as Normais também não apresentam dados relativos aos ventos, elemento climático indispensável nas relações do ambiente com o edifício.

Romero (2000 e 2001) aponta uma caracterização do clima por meio da análise dos fatores climáticos globais, locais e elementos climáticos, estabelecendo uma classificação do clima nas regiões tropicais em função do espaço construído. Destaca também princípios bioclimáticos para a escolha do sítio e para a morfologia do tecido urbano, evidenciando aspectos climáticos e morfológicos dos espaços públicos de Brasília. Seus estudos baseiam-se principalmente nos dados contidos nos trabalhos de Ferreira e INMET; A autora elaborou um quadro síntese climatológico para Brasília, do ano de 1961 a 1992.

No clima Tropical de Altitude, segundo Romero (2001) “é comum a sensação de desconforto no homem por causa da temperatura elevada durante o dia e que diminui abaixo dos limites de conforto durante a noite”. A temperatura média situa-se entre 19°C e 26 °C durante o dia. Existe uma forte perda noturna por radiação no período seco. A radiação difusa é intensa no verão e menor no inverno. A autora considera esse clima seco pela pouca quantidade de umidade do ar (aproximadamente 70%). Os ventos mais constantes são sudeste e leste no inverno seco e noroeste no verão chuvoso.

O estudo de Maciel (2002) do clima de Brasília, voltado para o projeto de arquitetura, utiliza como metodologia o ACR (Ano Climático de Referência)<sup>8</sup>. Foram usados os dados coletados entre os anos 1982 a 1997, registrados pela estação sinótica 82370, do aeroporto nacional de Brasília, obtidos no estudo de Goulart (1998), para o clima de 14 cidades brasileiras.

O ano climático de referência (ACR), determinado segundo a metodologia descrita por Stamper, foi o ano de 1987. Sua determinação é baseada na eliminação de anos e dados que contenham temperaturas médias mensais extremas, altas ou baixas, até que reste somente um ano.

Quanto aos dados de Insolação e Precipitação médias mensais, Maciel (2002) sugere, pela proximidade das médias gerais, que sejam utilizados os obtidos pelas Normais Climatológicas.

---

<sup>8</sup> O ACR vem do inglês TRY (Test Reference Year).

O estudo do clima da cidade, considerando seu crescimento urbano é importante e por isso a iniciativa da autora é valorizada, apesar das restrições e limitações encontradas na pesquisa.

“A abordagem de um período mais recente da urbanização de Brasília, levando em consideração as alterações conseqüentes dessa modificação da superfície e geometria urbana, seriam mais adequadas aos estudos climáticos voltados à arquitetura e urbanismo.” (SOUSA, CARPANEDA, MACIEL, GOMES E ROMERO, 2007)

Após a apreciação dos trabalhos selecionados (INMET, Ferreira e Maciel) Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero (2007) produziram uma tabela comparativa, contendo os aspectos considerados mais relevantes para uma compreensão do clima da cidade. Esta tabela dividiu-se em autores e dados climáticos propiciando uma leitura comparativa dos resultados que cada autor apresenta.

**Tabela 2:** Comparação de estudos da Caracterização do Clima de Brasília

<b>CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DE BRASÍLIA</b>			
<b>Autores</b>	<b>Philomena Chagas Ferreira 1965</b>	<b>Alexandra Albuquerque Maciel 2002</b>	<b>Normais Climatológicas INMET 1961-1990</b>
<b>Dados climáticos</b>			
<b>Temperatura média do ar</b>	21,1º C	21,6º C	21,2º
<b>Períodos</b>	Quente e úmido: Novembro a Maio (TM 22º C) Seco: Maio a Setembro (TM 19º C, variando 23º C a 30,4º C)	Quente e úmido: Outubro a Abril (TM mais de 22º C) Seco: Maio a Julho (TM 19º C) Seco e quente: Agosto e Setembro	-
<b>Mês mais quente e seco</b>	Setembro (média 23º C e 30,4º C)	Mais seco: agosto com 56% de UR em média Mais quente: outubro (TM 23º )	Setembro (média: 22,5º C, mínima: 16,0º C, máxima: 28,3º C)
<b>Mês mais frio</b>	Julho (média: 18º C)	Julho	Julho (média: 19,1º C, mínima: 12,9º C, máxima: 25,3º C)
<b>Regime Pluviométrico</b>	1750 mm anual	1434,98 mm anual	1552,1 mm anual
<b>Mês com maior índice de precipitação</b>	Dezembro 350 mm	-	Dezembro 248,6 mm
<b>Umidade anual relativa média</b>	68,1%	70%	67%
<b>Umidade no verão</b>	74% Janeiro 81,9% - mês mais úmido		Dezembro: 79% Janeiro: 76%, Fevereiro: 77%.
<b>Umidade no inverno</b>	60% Setembro 47,4% - mês mais seco	Durante o período seco, com exceção de maio, abaixo dos 30%	Julho: 56%, Agosto: 49%, Setembro: 53%
<b>Ventos: Velocidade</b>	Constantes e fracos com velocidade média 2m/s	Predominam as velocidades de 2 à 3 m/s	-
<b>Ventos: Direção média anual</b>	Leste	Leste	-

<b>Ventos Predominantes</b>	Leste	Leste	-
<b>Ventos: Período chuvoso</b>	Norte	Dezembro= noroeste Janeiro= nordeste e norte	-
<b>Ventos: Período seco</b>	Leste e Sudeste	Leste	-
<b>Insolação média (horas e décimos)</b>	2600 horas	2400,3 horas	2364,8 horas
<b>Insolação no verão (horas e décimos)</b>	160 horas	-	Dezembro: 138,1 Janeiro: 157,4 Fevereiro: 157,5
<b>Insolação na seca (horas e décimos)</b>	290 horas	-	Julho: 265,30 Agosto: 262,9 Setembro: 203,2

Fonte: Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero (2007, p. 7)

Nas pesquisas estudadas, existe um consenso entre os autores (Ferreira 1965; Romero 2000 e Maciel 2002) de que os principais aspectos climáticos que agem diretamente sobre a edificação e, portanto, no conforto ambiental da mesma são: Temperatura do ar (bulbo-seco), Umidade relativa do ar, Ventos, Insolação e Precipitações.

Para Sousa, Carpaneda, Maciel, Gomes e Romero, (2007) os dados mais coerentes com a sensação térmica de Brasília são os expressos pelas normais climatológicas e Ferreira, notando uma coincidência de 45% dos dados destes autores, especialmente nos itens: temperatura média, mês mais quente e seco, mês mais frio, mês com maior índice de precipitação e umidade anual, enquanto os dados de Maciel são os mais discordantes.

“Concluindo, os dados que melhor representam o clima urbano de Brasília, são os relativos à temperatura média, umidade anual, ventos, insolação média e precipitação, fazendo com que para tais elementos adotaremos os dados obtidos por Ferreira presentes na Tabela Comparativa, em detrimento dos dados fornecidos pelo INMET por não apresentarem indicação de ventos. Por conseguinte, os dados adotados pelo LaSUS passam a ser: temperatura média - 21,1°, umidade anual – 68,1%, ventos - leste, insolação média - 2600 horas e precipitação - dezembro (mês com maior índice de precipitação).” (SOUSA, CARPANEDA, MACIEL, GOMES E ROMERO, 2007)

Em relação à caracterização do clima de Brasília para projetos de arquitetura ainda é necessário que novas pesquisas abordem o tema, considerando as divergências existentes entre os diversos autores. É fundamental para que haja uma uniformidade dos dados utilizados nos estudos realizados sobre a cidade, para que possa comparar resultados e definir diretrizes, principalmente para integrar o Código de Obras.

Como as normas e regulamentos brasileiros<sup>9</sup> foram formulados a partir dos dados das Normais Climatológicas (INMET), no caso de Brasília, medidos desde 1961 a 1990, estes serão utilizados na proposta de inclusão no COE-DF, até que se façam novos estudos significativos.

## **1.3. O Conforto Térmico**

### **1.3.1. Aspectos Biofísicos**

O ser humano é homeotérmico, ou seja, a temperatura interna do organismo tende a permanecer constante (37°C) independentemente das condições do clima. Utiliza de dois mecanismos de regulação térmica para responder às exigências externas. O primeiro de caráter fisiológico, relacionado ao seu metabolismo (suor, fluxo sanguíneo, batidas cardíacas, etc.). O segundo de caráter comportamental (sono, movimentação, etc).

Segundo Frota e Schiffer (2003), o termo conforto térmico define a sensação que o organismo humano experimenta quando “perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade.”

Para Bittencourt e Cândido (2008), “conforto térmico pode ser definido como a situação de satisfação psicológica com as condições térmicas de um ambiente onde a manutenção da homeostase humana é obtida”.

Já a norma americana ASHRAE (2004) define conforto térmico como a condição na qual um indivíduo exprime satisfação com relação ao ambiente que o circunda. O termo conforto higrotérmico também é utilizado com a mesma conotação por alguns autores, mas a bibliografia mais recente refere-se a conforto térmico, e por este motivo será o termo utilizado neste trabalho.

As exigências humanas de conforto térmico são expressas segundo a ASHRAE (2004), que determina: “o ambiente deve apresentar condições térmicas tais que pelo menos 80% dos ocupantes expressem satisfação com o ambiente térmico”.

Segundo Akutsu, Sato e Pedroso (1987), esta “satisfação com o ambiente térmico é uma resposta subjetiva, que depende de vários parâmetros, dos quais os mais importantes são: ambientais ( temperatura, umidade e a velocidade do ar e a radiação no ambiente) e pessoais (a vestimenta e a atividade desenvolvida).

---

<sup>9</sup> ABNT NBR 15.220 Desempenho Térmico e RTQ-C

Romero (2000) destaca a importância de conhecer como as variáveis do meio (temperatura, radiação, umidade e movimento do ar) atuam sobre a percepção térmica do homem. Para isso é necessário medir as variáveis do ambiente, as reações humanas frente à ação dessas variáveis e expressar a relação entre causa e efeito com um único valor numérico.

“O equilíbrio entre o homem e o meio não admite interrupções; deve ser resolvido em qualquer espaço habitado, seja interior ou exterior, devendo merecer a preocupação do arquiteto tanto no projeto de edifícios como no planejamento de unidades de vizinhança, bairros ou cidades.” (RIVERO ,1986, p.58)

A partir da necessidade de definição dos parâmetros e índices de conforto térmico, vários estudos bioclimáticos foram realizados em busca de equacionar a satisfação humana frente às variáveis climáticas.

A maior parte desses índices, escalas, cartas e tabelas expressam a sensação de conforto como uma temperatura efetiva, ou temperatura operativa, que combina o efeito da temperatura do ar, umidade, radiação e movimento do ar.

### **1.3.2. Métodos de Avaliação Bioclimática: Cartas, Índices e Tabelas**

#### **Cartas Bioclimáticas de Olgay e Givoni**

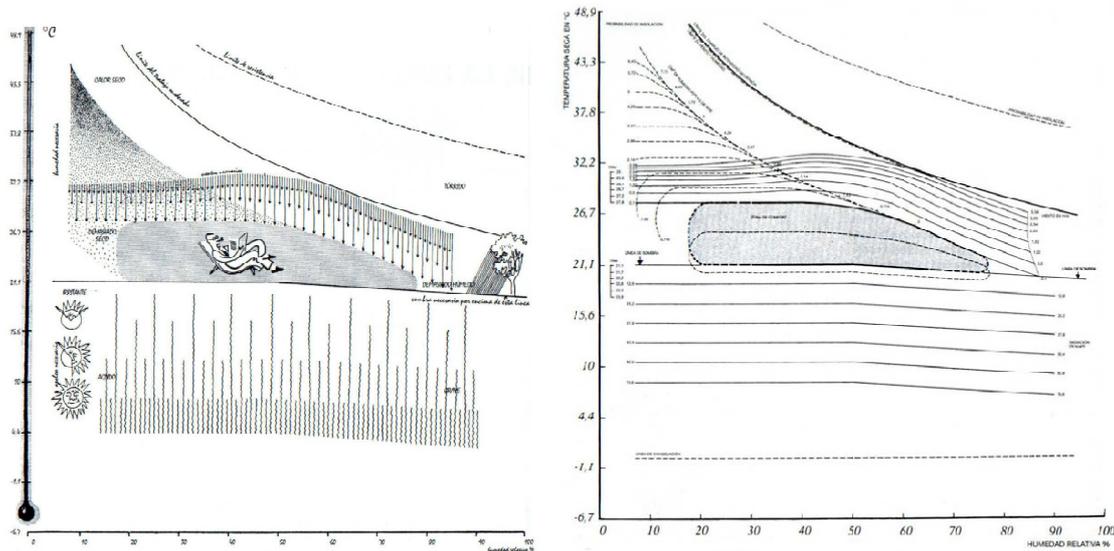
As cartas bioclimáticas são representações gráficas da relação entre clima e conforto térmico. Tais métodos passaram a ser desenvolvidos visando interligar de forma visual, variáveis como: condições climáticas, padrões fisiológicos de conforto térmico e estratégias de projeto.

Os irmãos Olgay a partir de seus estudos bioclimáticos desenvolveram o primeiro diagrama de conforto térmico, chamado Carta Bioclimática, onde combinaram temperatura de bulbo seco e umidade relativa, definindo zonas de conforto e mostrando como essas zonas podem se modificar na presença de ventilação e radiação solar.

Este método é aplicável somente para condições externas e em condições moderadas de ar, a 40º de latitude, com vestimenta comum em trabalho sedentário ou ligeiramente físico. Olgay sugere a adaptação da carta para regiões mais quentes ao desenvolver trabalho para a Universidade del Valle em Cali na Colômbia considerando a

aclimatização dos habitantes desta região. São feitas indicações para a ampliação do gráfico a outras latitudes, mas não prevê alterações para diferentes altitudes.

A região delineada no centro da carta apresenta a zona de conforto, onde as condições de temperatura e umidade estão dentro de padrões fisiológicos aceitáveis considerando atividade sedentária e nível de vestimenta em 1Clo.



**Figura 4:** Equilíbrio Bioclimático e Carta Bioclimática de Olgay. Fonte: Olgay (1963, p.56)

Como estratégias de controle climático, a carta de Olgay (1963) apresenta: para períodos de calor, ventilação, sombreamento e resfriamento evaporativo, já para períodos de frio, irradiação solar.

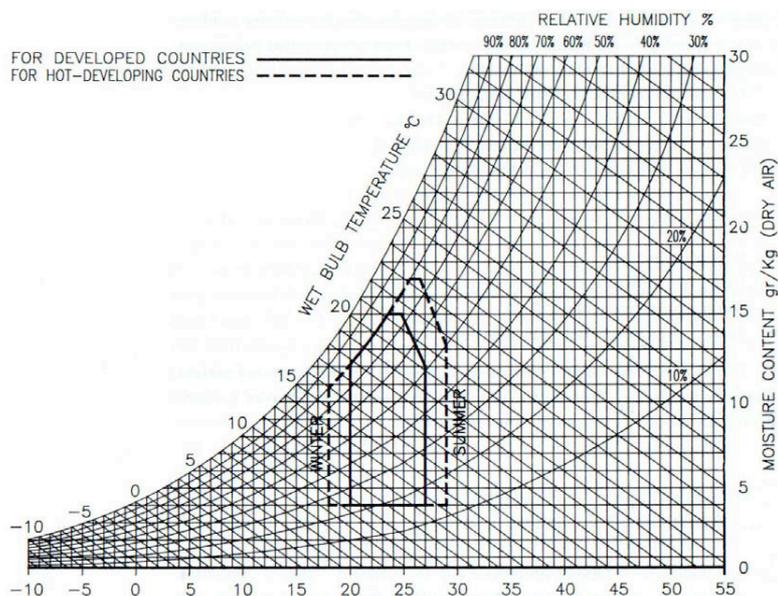
As revisões realizadas sobre a carta original de Olgay adaptaram o modelo original a climas quentes e temperados, a partir da variação dos limites da zona de conforto. Porém, tanto o modelo original quanto suas revisões apresentam algumas limitações em relação à falta de estratégias relacionadas com a massa da envoltória das edificações.

A carta bioclimática original de Givoni<sup>10</sup> (1976), desenvolvida sobre uma carta psicrométrica convencional, foi considerada mais aperfeiçoada em relação aos modelos de Olgay. A carta de Givoni procura suprimir as limitações dos modelos anteriores por meio da adoção de estratégias relacionadas com a massa das edificações. Seu estudo buscou avaliar as condições internas de conforto térmico, procurando ser mais inerte ao clima externo.

<sup>10</sup> Baruch Givoni, a partir dos anos 60, produziu obras importantes sobre a relação entre clima, homem e arquitetura, entre elas, *Man Climate and Architecture* e *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*

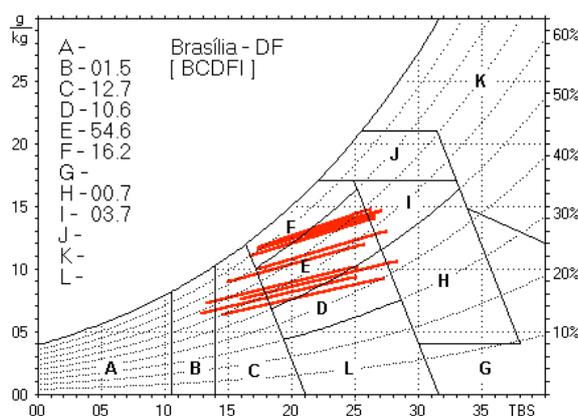
Givoni posteriormente realizou revisões sobre seu modelo originalmente desenvolvido visando adaptá-lo a climas quentes. Pesquisas realizadas em países em desenvolvimento constataram que os usuários relatam estarem confortáveis mesmo sob condições de temperatura acima da zona de conforto estabelecida pela ASHRAE, apresentando assim aclimação às condições locais.

Em 1992, como resultado de alterações baseadas em tais questionamentos e observações de estudos desenvolvidos por outros pesquisadores, Givoni apresentou dois modelos distintos de sua carta bioclimática, uma para países desenvolvidos e outro para países em desenvolvimento.



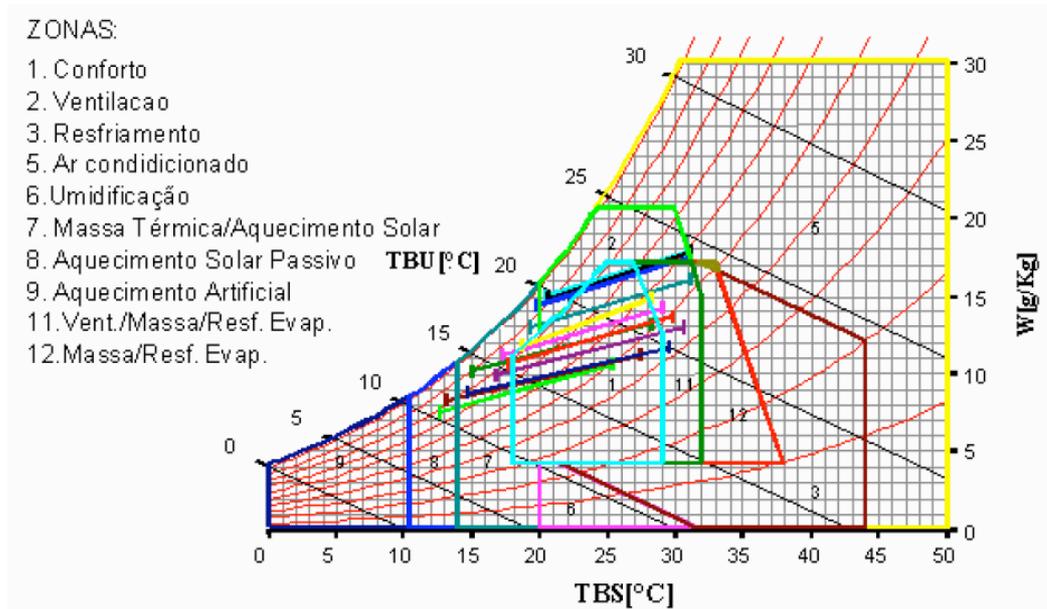
**Figura 5:** Variação da zona de conforto. Carta de Givoni. Fonte: Givoni (1994, p.87)

Posteriormente novas pesquisas propuseram um método de quantificação das estratégias por meio de plotagem dos dados climáticos horários de um ano sobre a carta bioclimática, definindo assim as proporções das estratégias a serem aplicadas em decorrência das porcentagens de dados presentes em cada zona da carta.



**Figura 6:** Dados climáticos sobre carta bioclimática, com diretrizes bioclimáticas para Brasília. Fonte: ABNT NBR 15520

Na carta Bioclimática de Givoni, a zona de conforto (número 1, no centro do gráfico, figura 8) é apresentada nos limites de 18°C até 26°C, para umidade relativa do ar de 80%, e até 29°C, para umidade de 50%.



**Figura 7:** Carta Bioclimática de Givoni. Fonte: Lamberts (1997, p.132)

Quando o ambiente interior estiver com temperatura baixa, próxima a 18°C, deve-se evitar o impacto do vento, que pode produzir desconforto. Em situações de temperatura alta, próxima a 29°C é importante controlar a incidência de radiação solar sobre as pessoas, evitando assim o excesso de calor.

Givoni apresenta seis estratégias bioclimáticas passivas para corrigir as condições de conforto térmico:

- 2 - Zona de Ventilação:
- 3 - Zona de Resfriamento Evaporativo:
- 4 - Zona de Massa Térmica de Resfriamento:
- 6 - Zona de Umidificação
- 7 - Zona de Massa Térmica para Aquecimento
- 8 - Zona de Aquecimento Solar Passivo

E duas estratégias artificiais:

- 5 – Zona de ar condicionado
- 9 – Zona de Aquecimento artificial

Em tabela esquemática pode-se sistematizar as variáveis e suas aplicações:

**Tabela 3:** Sistematização das estratégias bioclimáticas passivas

VARIÁVEL	APLICAÇÃO
<b>Ventilação</b>	Para situações onde a temperatura do ar ultrapassar os 29°C ou a umidade relativa do ar for superior a 80%, aplicável até o limite de temperatura exterior de 32°C. A ventilação é uma estratégia de resfriamento natural do ambiente construído a partir da substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio).
<b>Resfriamento Evaporativo</b>	Para situações onde a temperatura de bulbo úmido (TBU) máxima não exceda os 24°C e a temperatura de bulbo seco (TBS) máxima não ultrapasse os 44°C. O resfriamento evaporativo é uma estratégia utilizada para aumentar a umidade relativa do ar e diminuir a sua temperatura. O resfriamento evaporativo pode ser obtido de forma direta ou indireta. O uso de vegetação, de fontes d'água ou de outros recursos que resultem na evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar constituem-se em formas diretas de resfriamento evaporativo. Uma forma indireta pode ser obtida por meio de tanques d'água sombreados executados sobre a laje de cobertura.
<b>Massa Térmica para Resfriamento</b>	Para situações onde as condições de temperatura são elevadas e umidades relativas baixas ou intermediárias. A utilização de componentes construtivos com inércia térmica (capacidade térmica) superior faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação à exterior, ou seja, os picos de temperatura verificados externamente não serão percebidos internamente. Componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para climas quente e seco onde a temperatura atinge valores muito altos durante o dia e extremamente baixos durante a noite. Nestes casos, a capacidade térmica do componente permite o atraso da onda de calor fazendo com que este calor incida no ambiente interno apenas no período da noite, quando existe a necessidade de aquecimento.
<b>Umidificação</b>	Quando a umidade relativa do ar for muito baixa (inferior a 20%) e a temperatura inferior a 27°C. Recursos simples, como recipientes com água colocados no ambiente interno podem aumentar a umidade relativa do ar. Da mesma forma, aberturas herméticas podem manter esta umidade, além do vapor d'água gerado por atividades domésticas ou produzido por plantas.
<b>Massa Térmica para Aquecimento</b>	Para situações de temperatura entre 14°C e 20°C. Neste caso, pode-se adotar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor.
<b>Aquecimento Solar Passivo</b>	Para situações com baixa temperatura do ar, entre 10,5°C e 14°C, com isolamento térmico mais rigoroso. Recomenda-se que a edificação tenha superfícies envidraçadas orientadas para o sol e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação para evitar perdas de calor. Esta estratégia pode ser conseguida a partir da orientação adequada da edificação e de cores que maximizem os ganhos de calor, por meio de aberturas zenitais ou de coletores de calor colocados no telhado.

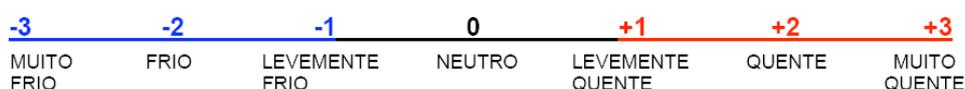
Fonte: ABNT 15520, Lamberts (2000), Frota e Schiffer (2003)

Além dessas, o sombreamento ou proteções solares deverão ser utilizadas conjuntamente com à estratégia de resfriamento indicada pela carta bioclimática

(ventilação, massa para resfriamento ou resfriamento evaporativo) sempre que a análise bioclimática do lugar indicar períodos de calor.

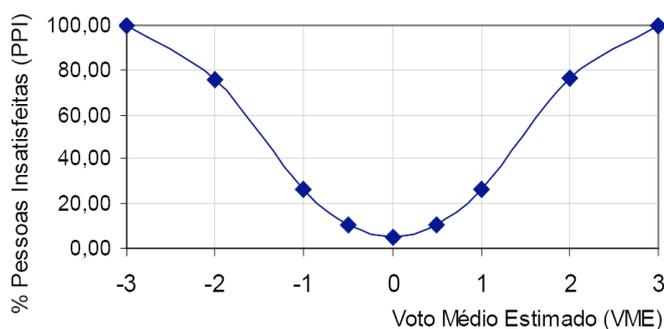
### Índice VMP de Fanger

Fanger, em 1970, desenvolveu a equação que calcula o índice chamado *Predicted Mean Vote* – PMV (Voto Médio Predito – VMP) para avaliar a sensação térmica e o grau de desconforto em ambientes fechados. O índice prevê valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas numa escala com valores que variam entre muito frio (-3) e muito quente (+3), expressando a satisfação humana em relação ao ambiente térmico. O valor zero refere-se ao ambiente neutro (conforto), valores negativos ao frio e os positivos ao calor.



**Figura 8:** Escala de Índice VME. Fonte: Braga (2005, p.26)

A partir do valor de VME define-se o índice conhecido como *Predicted Percentage of Dissatisfied* – PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas – PPI), que avalia insatisfação térmica, por meio da estimativa do percentual de pessoas insatisfeitas com as condições do ambiente (Amorim, 1998). O índice PPI pode variar de 5% à 100%, pois numa grupo grande de pessoas nunca é possível satisfazer a todos. Os gráficos a seguir apresentam a escala VME e a relação entre os valores numéricos de VME e o PPI obtidos por Fanger.

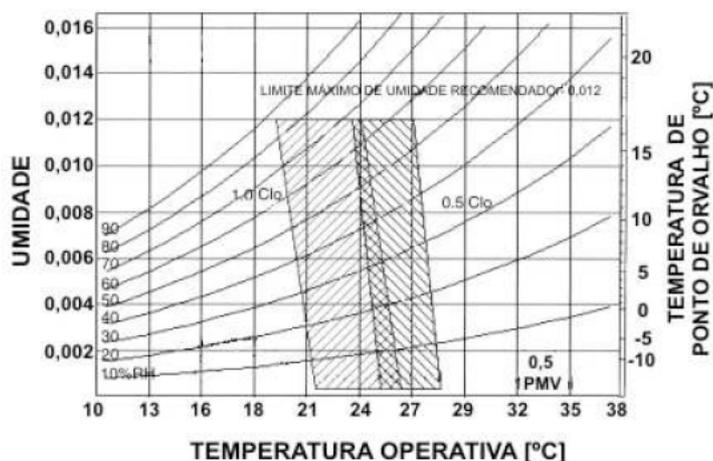


**Figura 9:** Relação entre PPI e VME. Fonte: Braga (2005, p. 26)

Segundo a norma ISO7730 (2005) os ambientes ideais possuem valor de VME entre -0,5 e +0,5, o que corresponde a até 10% de pessoas satisfeitas. São toleráveis, porém, os ambientes com VME entre -1 e +1 e 20% de pessoas insatisfeitas. A norma recomenda a utilização do índice de VME somente para os valores entre -2 e +2.

Já a ASHRAE (2004) apresenta, além do cálculo do PMV, outro método para determinação da zona de conforto, assim como alguns parâmetros que ajudam a determinar se um ambiente está propício a apresentar conforto ou não. O método gráfico é um método simplificado que pode ser aplicado em ambientes onde os ocupantes tem uma atividade entre 1 e 1,3 met, com roupas entre 0,5 e 1 clo.

Nos anexos A e B, a norma identifica a atividade desempenhada e isolamento térmico das roupas. A figura abaixo mostra o gráfico com as áreas de conforto, que são definidas pelas temperaturas mínimas e máximas, assim como pela umidade. Este gráfico é válido somente para velocidades do ar menores que 0,2 m/s.



**Figura 10:** Temperatura operativa e umidade aceitável para determinação da zona de conforto.  
Fonte: ASHRAE (2004)

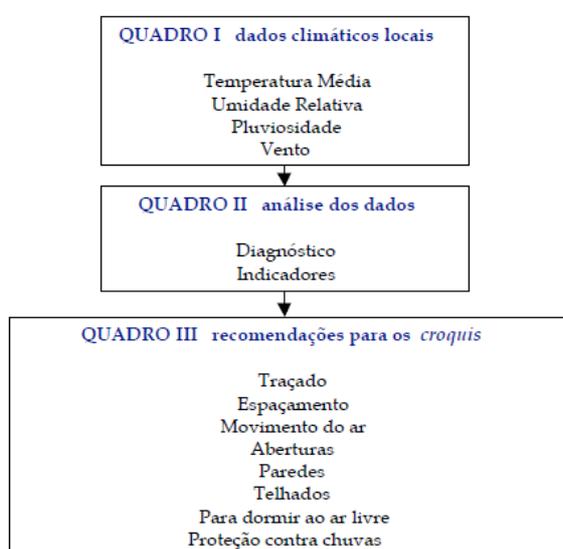
### Tabelas de Mahoney

A pedido das Organizações das Nações Unidas – ONU, em 1969 o pesquisador Carl Mahoney desenvolveu um método visando orientar a concepção de edificações em climas tropicais. O método das tabelas ou quadros de Mahoney consiste no lançamento em tabelas dos dados climáticos de determinada localidade, a partir da interpretação dos dados são fornecidas recomendações de concepção de projeto para edificações não climatizadas.

O método do autor é desenvolvido em quatro etapas básicas: a primeira etapa consiste em um estudo sobre a temperatura, umidade, pluviometria e regime dos ventos locais. Na segunda etapa são definidos os indicadores climáticos locais, posteriormente na terceira etapa é definido o diagnóstico de conforto ou desconforto higrotérmico. A quarta etapa consiste no preenchimento dos quadros e identificação das recomendações gerais para concepção de edificações considerando condições de conforto para cada localidade.

Trata-se muito mais de uma análise qualitativa do que quantitativa não permitindo variações de escolha dentro de um mesmo tema, ou seja, na prática oferece um único modelo de solução para cada perfil climático estudado, independente do uso da edificação.

Na metodologia, a partir da entrada de dados climáticos sobre o ambiente do local onde será executada a obra arquitetônica, são realizadas inferências por meio de três quadros. As informações contidas nos mesmos desencadeiam um processo de deduções findando na indicação de 'recomendações' para melhor definir as características arquitetônicas do projeto. Os dados climáticos são provenientes de estações meteorológicas locais e representam um período de anos analisados.



**Figura 11:** Estrutura geral da metodologia de Mahoney. Fonte: Harris, Cheng e Labaki (2000, p.4)

Para Harris, Cheng e Labaki (2000),

“A principal limitação da metodologia dos "Quadros de Mahoney" para este tipo de região (que apresenta características climáticas transitórias)<sup>11</sup> se dá devido ao fato de basear-se numa modelagem onde a classificação dos parâmetros climáticos se dá com valores de limites bem definidos, o que provoca uma mudança brusca de uma classificação para outra e conseqüentemente uma inconstância nas respostas finais, quando a região analisada apresenta características climáticas próximas dos limites de classificação. Assim, pouca variação dos valores climáticos de entrada basta para que sejam indicadas diferentes recomendações finais quanto ao partido arquitetônico a ser aconselhado, o que invalida a aplicação da metodologia para determinadas regiões.”

<sup>11</sup> Autores apresentaram artigo no NUTAU 2000, “Remodelagem dos Grupos Climáticos dos Quadros de Mahoney utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos”, a partir um estudo específico para a cidade de Campinas-SP.

### **1.3.3. Normas de Desempenho Térmico: ABNT NBR 15.220**

Apesar de existir, desde as décadas de 60, vários estudos no Brasil sobre bioclimatismo e conforto térmico, por muito tempo o país permaneceu carente de uma legislação relativa aos aspectos térmicos, que garantisse um desempenho mínimo das edificações. Esta lacuna dificultava a avaliação da qualidade das edificações construídas e não permitia um direcionamento para novos projetos, o que poderia ser minorado com a força legislativa de uma norma específica, o que já vinha acontecendo em vários outros países, desde a década de 70.

A necessidade de se desenvolver uma normalização sobre desempenho térmico de edificações que seja adequada à realidade brasileira foi inicialmente discutida durante o I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em Gramado, no Rio Grande do Sul, em 1990. O Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência energética da ANTAC, desde 1988, já procurava dar início ao processo de normalização brasileira.

Foram vários anos de pesquisas e discussões para que, dez anos depois, em 1998, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) aprovasse para publicação os textos das normas de desempenho térmico e iluminação natural, que posteriormente foram fundamentais para o processo de regulamentação de eficiência energética no Brasil, já nos anos 2000.

Elaborada de acordo com as metodologias da Carta Bioclimática de Givoni (“Comfort, climate analysis and building design guidelines”. Energy and Building, vol.18, July/92) e Tabelas de Mahoney, a Norma ABNT (NBR 15220) de Desempenho Térmico nas Edificações permitiu a determinação de parâmetros e metodologia específica para os climas brasileiros.

A norma de Desempenho Térmico foi fundamental para as pesquisas relacionadas ao bioclimatismo, conforto térmico e conseqüentemente eficiência energética, uma vez que forneceu dados e diretrizes específicas para os climas nacionais, possibilitando análises mais confiáveis e adequadas, assim como novas metodologias de avaliação.

Apesar da norma NBR15220-3 ser específica para habitação unifamiliar, a carência no Brasil de normas referentes ao conforto térmico, faz com que os parâmetros dessa norma, muitas vezes, sejam usados como referência para outras tipologias. É importante novos estudos para normatização de outras tipologias.

Existem críticas a cerca da norma, principalmente em relação ao agrupamento de cidades dentro de uma mesma Zona Bioclimática. Cidades muito próximas, como Rio de Janeiro e Niterói, que possuem o mesmo clima, estão em zonas diferentes, assim como o estado de Minas Gerais, que possui um número elevado de cidades em zonas diferentes.

As diretrizes bioclimáticas para Brasília, especificadas na NBR 15220-3 foram posteriormente analisadas, e co-relacionadas com outros autores, buscando uma interação dos conceitos bioclimáticos e de eficiência energética para inserção no COE-DF.

#### **1.4. Considerações sobre o capítulo 1**

Neste Capítulo foi abordado o *conceito de bioclimatismo*, desde o seu surgimento com os irmãos Olgay, que destacam que o problema de controlar o meio ambiente para criar condições para o desenvolvimento das atividades humanas é tão antigo quanto o próprio homem. A *Arquitetura Bioclimática* é entendida como um filtro dos condicionantes ambientais, numa busca constante do perfeito equilíbrio entre o espaço construído e o meio exterior, garantindo o conforto do homem e valorizando a vocação e o caráter do lugar.

O projetar bioclimático consiste na inter-relação dos elementos do *clima*, das *sensações humanas* de conforto, das *soluções tecnológicas* empregadas, desde a seleção do sítio, a orientação, a forma, e da própria expressão da *arquitetura*. A primeira consideração dentro de um projeto bioclimático é o estudo do clima local, onde os elementos climáticos, em especial a temperatura, radiação, umidade e ventilação são fundamentais para a elaboração de uma arquitetura apropriada ao meio natural.

O clima de Brasília, Tropical de Altitude, possui grandes amplitudes diárias de temperatura, a radiação solar é elevada o ano todo, os ventos são moderados e constantes e a chuva determina as duas principais estações: seca no inverno (baixa umidade) e chuva no verão (alta umidade).

Com o intuito de avaliar as sensações fisiológicas do corpo humano, alguns pesquisadores sugerem diferentes índices de conforto térmico, destacando se as Cartas Bioclimáticas e Olgay e Givoni, o Índice VMP de Fanger e as Tabelas de Mahoney.

No Brasil, a norma ABNT 15520, com as diretrizes bioclimáticas a partir do zoneamento bioclimático do país, constitui um importante instrumento para pesquisas e para a projeção com adequado desempenho térmico em relação ao clima local.

## capítulo 2

# eficiência energética

---

Este capítulo tem como objetivo entender o conceito de eficiência energética e sua influência e abordagem na arquitetura, para identificar subsídios para a avaliação do COE-DF.

Primeiramente foi estudado o histórico geral da eficiência energética e posteriormente dentro de uma visão atual da arquitetura, de responsabilidade com o conforto, e não apenas focado nas questões técnicas de diminuição do consumo de energia. Os principais estudos abordados foram Mascaró (1985), Mascaró e Mascaró (1992), Lamberts (1997), Corbella e Yannas (2003), Amorim (2004).

Num segundo momento, foi feito um panorama geral da eficiência energética na Europa, frente às limitações de consumo gerados após as crises energéticas que apontaram a necessidade de diminuição do consumo dos recursos naturais não renováveis. Foram importantes as pesquisas de Amorim (2007), Horta (2006) e Lamberts (2008). A Diretiva Europeia de 2003 (EPBD) impôs aos Estados Membros objetivos e metas a serem cumpridas, entre elas a certificação das edificações.

Foi dada atenção especial ao processo de etiquetagem de Portugal, para entender a integração das preocupações energéticas, juntamente com o desempenho térmico e qualidade do ar, assim como incentivo às diretrizes bioclimáticas de cada zona climática portuguesa. Desde 1990, a legislação já sofreu atualizações, e desde 2006 é de caráter obrigatório. A mudança do processo de aprovação de projetos e adaptação de todos os agentes da cadeia da construção civil foi fundamental para a aplicabilidade da etiqueta portuguesa.

Por fim, estudou-se a realidade brasileira e o atual regulamento de etiquetagem de edificações (RTQ-C, 2009), com o método prescritivo para avaliação da envoltória. É importante identificar os pontos negativos e positivos da etiquetagem no Brasil, para contribuição para futuras adequações, visto que o processo encontra-se em fase inicial, ainda voluntário. A comparação com a experiência portuguesa pode direcionar possíveis discussões para o melhoramento do processo brasileiro, principalmente em relação a metodologia de aplicação e aprovação de projetos.

## 2.1 A Eficiência Energética na Arquitetura

Para falar de eficiência energética, primeiramente deve-se buscar o conceito e a área de estudo, uma vez que, por ser um tema multidisciplinar, tem formas diferentes de abordagem. A princípio, as questões de eficiência energética estavam vinculadas apenas a diminuição dos gastos de energia elétrica, sendo uma área específica dos engenheiros, na busca por melhorias nos equipamentos, com diminuição dos consumos e desperdícios. Isto aconteceu após as primeiras crises de abastecimento, quando foi entendido que os recursos naturais não atenderiam a demanda energética imposta pelo desenvolvimento humano. Começaram com eletrodomésticos, equipamentos de ar condicionado, iluminação, etc. A eficiência energética era entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia.

Mas, com o excessivo gasto energético nas edificações, e uma necessidade premente de redução e otimização do consumo, tornou-se inviável buscar uma eficiência apenas dos sistemas ativos de forma isolada, pois esta era também determinada pela eficiência da própria envoltória, fruto do projeto de arquitetura. Por mais avançada a tecnologia empregada nos sistemas de condicionamento de ar e iluminação, estes não conseguiam sozinhos alcançar o máximo de desempenho.

A envoltória, o envelope ou pele, entendido como os planos de fachadas e coberturas expostos da edificação, determina a carga térmica para o ar condicionado, além de definir a quantidade de luz natural e radiação direta, fundamentais para o conforto térmico e luminoso e conseqüentemente para a eficiência energética. Mascaró e Mascaró (1992), constataram que de 25% à 45% da energia consumida em um edifício deve-se a má orientação e, principalmente, a projeto inadequado da fachada.

Assim, passou a existir uma integração das áreas de engenharia e arquitetura na busca pela eficiência energética nas edificações, onde a visão técnica e objetiva de redução dos gastos aliou-se a busca pelo conforto e bem-estar dos usuários.

Para os arquitetos, hoje envolvidos com a eficiência energética, o foco não pode ser apenas na diminuição dos gastos de energia elétrica, sem que haja uma concomitância com o conforto, que vai além dos valores de temperatura e umidade ou quantidade de lumens por metro quadrado, estabelecidos pelos equipamentos.

A eficiência energética na arquitetura, hoje, está relacionada ao gasto otimizado de energia elétrica para atender as necessidades de conforto do ser humano, por meio, primeiramente de um resgate dos princípios bioclimáticos para esgotar todas as

possibilidades de estratégias passivas para posteriormente usar os sistemas ativos de forma a contribuir para alcançar o conforto e bem-estar.

Percebeu-se que a adaptabilidade da edificação ao clima local era fundamental, e que por isso, não poderia ser mais negligenciada, como foi após a descoberta da energia elétrica, que a princípio, por sua praticidade, abundância, inovação pareceu ser a solução para todas as questões de climatização interna das edificações.

Segundo Corbella e Yannas (2003, p. 16),

“após a II Guerra Mundial e com abundância de combustível barato, a tecnologia dos engenheiros foi suplantando uma série de atribuições dos arquitetos, que pouco a pouco foram esquecidas. Assim, desconsiderou-se o conforto térmico do usuário, deixando essa tarefa ao engenheiro térmico. A iluminação natural foi ignorada e substituída pela artificial calculada pelo engenheiro eletricitista”.

O grande aumento do consumo de energia necessário para solucionar os problemas criados por esse tipo de arquitetura não era levado em conta, pois o custo era irrisório. E ainda não existia uma consciência generalizada sobre a enorme poluição criada pela geração e consumo dessa energia.

As edificações, após o século XIX, passaram ou a ser construídas com características independentemente do clima, pois a energia elétrica supriu a carência de técnicas construtivas e bioclimáticas passivas e projetos ambientalmente adaptados. Este movimento distanciou os arquitetos dos conhecimentos ambientais e acelerou o consumo de recursos naturais e gastos energéticos.

Cada profissional técnico envolvido na construção de uma edificação passou a ter o foco exclusivo em sua área de conhecimento, inclusive os arquitetos, que deixaram de ter uma visão global do processo de projeto e construção do edifício. O arquiteto distanciou-se de sua formação generalista, onde todos os aspectos da edificação (técnicos, funcionais, estéticos e ambientais) eram de seu conhecimento, responsabilidade e mais, fruto de sua intenção projetual.

As edificações se transformaram em complexos sistemas automatizados visando economia de energia, com inúmeras variáveis e parâmetros (de arquitetura e engenharias), onde se tornaram fundamentais o trabalho interativo e conjunto dos projetistas, além de uma eficiente administração do processo de compatibilização e gerenciamento de todos os agentes envolvidos.

A concepção do edifício eficiente energeticamente passou a depender da integração dos aspectos técnicos (instalações elétricas, ar condicionado, automação,

iluminação), geridos pelos engenheiros, com a concepção da própria arquitetura, na busca de uma qualidade ambiental.

“A qualidade ambiental dos edifícios considera as relações físicas, materiais e energéticas entre a construção e o ambiente que a circunda; o conforto ambiental interno é um dos parâmetros, juntamente com o consumo energético, a segurança, o impacto ambiental da construção e do uso do edifício e outros” (PIARDI, apud AMORIM, 2007).

Surge a necessidade de retorno aos princípios bioclimáticos para recuperar a antiga ciência de projetar e construir em função do caráter ambiental, com intuito de diminuir as cargas térmicas e na busca pelo conforto do usuário, face às restrições energéticas e aos impactos decorrentes da construção.

Assim, a eficiência energética na arquitetura está diretamente ligada ao resgate do projeto arquitetônico bioclimático e da interação com os sistemas ativos de climatização, na busca de um equilíbrio e otimização dos gastos energéticos.

Segundo Mascaró e Mascaró (1992), os profissionais, ao elaborarem seus projetos, devem estar conscientes das repercussões energéticas e ambientais das soluções propostas, e procurar diminuir os impactos em toda a cadeia da construção. Cada decisão arquitetônica ou solução construtiva adotada acarretará um consumo maior ou menor de energia e de recursos naturais que perdurará durante toda a vida útil da obra, em média sessenta anos.

“Hoje, depois de um longo período de uso intensivo (e irreflexivo) da energia operante, e com a situação de crise de energia, criada a nível mundial (crise essa não só de energia, mas também *cultural*, já que o modelo vigente, consumista-esgotador, tendo como única referência o sistema produção-consumo, tem-se mostrado falho e, portanto, questionável), construir com o clima não é mais uma posição ecológica, idealista ou contestatária.” (MASCARÓ, 1985, p. 15)

O exercício da chamada arquitetura bioclimática permite reconciliar a FORMA, a MATÉRIA e a ENERGIA, tratada anteriormente de forma separada. (MASCARÓ, 1985, p. 15) O interesse deve ser na relação correta entre os fatores climáticos e soluções arquitetônicas, ou seja, ao emprego do uso passivo da energia, concretizado mais por meio de técnicas construtivas do que por meio de instalações (uso ativo da energia).

Assim, o conceito de eficiência energética na arquitetura, que será tratado nesse trabalho, está vinculado ao uso eficiente e consciente da energia elétrica necessária para complementar as necessidades de conforto ambiental não atendidas apenas pelos sistemas passivos utilizados na arquitetura bioclimática.

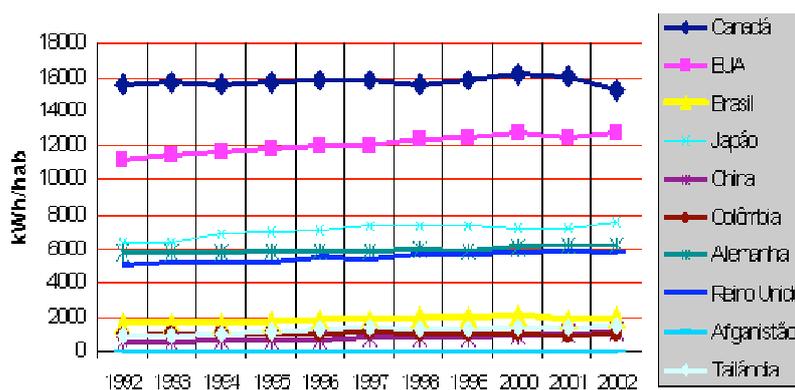
Os conceitos de conforto ambiental (principalmente o conforto térmico, foco desse trabalho) e eficiência energética passam a ser tratados conjuntamente na busca por normas e regulamentos que direcionem e exijam índices mínimos de bom desempenho das edificações.

O excessivo gasto de energia e a urgente necessidade de economizar exigiram uma mudança de postura, comportamentos, valores e objetivos. Os países com maiores problemas energéticos passaram a investir em pesquisas e estudos de novos sistemas de climatização e iluminação artificial, mais eficientes, além de mecanismos para diminuir os gastos e desperdícios, e incentivo ao resgate dos princípios bioclimáticos.

## 2.2. Eficiência Energética na Europa

No final dos anos 70, com o primeiro alerta da limitação das energias renováveis, a maioria dos países desenvolvidos, em especial os europeus, introduz os primeiros regulamentos térmicos e energéticos de edifícios, que nos anos 80 sofrem alterações para melhor darem resposta aos problemas ambientais e de eficiência energética.

Já nos anos 90, perceberam o problema do aquecimento global associado ao aumento das emissões de CO<sub>2</sub>. Além disso, em função do modo de vida e das crescentes exigências de conforto da população, gerado principalmente por meio de sistemas e equipamentos supridos com energia proveniente de fontes não renováveis, o consumo energético aumentou significativamente, sendo os países mais desenvolvidos os que apresentam maior consumo.



**Figura 12:** Evolução do consumo de energia elétrica por habitante em alguns países.

Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/sustentabilidade/index.html>, acesso em 21/04/2008

As crises de abastecimento obrigaram a uma nova postura em relação ao uso de energia elétrica, buscando a eficiência no uso, diminuição do desperdício e novas fontes renováveis. Segundo Amorim (2007), "As crises de abastecimento demonstraram as

conseqüências da escassez de energia e levantou ainda mais a questão do uso racional dos recursos energéticos existentes.”

O uso da energia elétrica nas edificações que está diretamente ligada as decisões de projeto são a iluminação, a climatização e o aquecimento de água. Na Europa, metade da energia utilizada em edifícios não residenciais vai para a iluminação artificial (AMORIM 2007);

Segundo Horta (2006), na década de 2000, os edifícios representam 40% do consumo de energia na Europa, o que incentivou, em janeiro de 2003, a publicação da *Diretiva Européia do Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) 2002/91/CE*, que pretendia direcionar a forma como os diferentes países europeus deveriam tornar os seus edifícios mais eficientes, do ponto de vista energético. Dentre as metas, buscavam a certificação energética, uma vez que o consumo de energia no sector dos edifícios na Europa, entre 1997 e 2004, cresceu a um ritmo de 7% ao ano, representando um potencial de poupança de mais de 30%..

Os principais objetivos da EPBD são:

- Criação de uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e grandes edifícios sujeitos a importantes obras de renovação; - Certificação energética dos edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado e complementarmente a avaliação da instalação de aquecimento, quando a caldeira apresenta idade superior a 15 anos.

Por outro lado, a Europa assumiu o protocolo de Kioto e reconheceu que existe uma insegurança na continuidade da dependência no abastecimento de combustíveis fósseis, com previsões alarmantes de que se nada fosse feito até 2020 a Europa importaria 80 % da energia que consome.

Assim, a Diretiva 2002/91/CE (EPBD), impôs aos Estados Membros da União Européia a emissão de Certificados Energéticos nos seguintes casos:

- Obtenção de licença de utilização em edifícios novos;
- Reabilitação importante de edifícios existentes;
- Locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes (validade do certificado: máx. de 10 anos);
- Edifícios públicos (de serviços) com mais de 1000 m<sup>2</sup>.

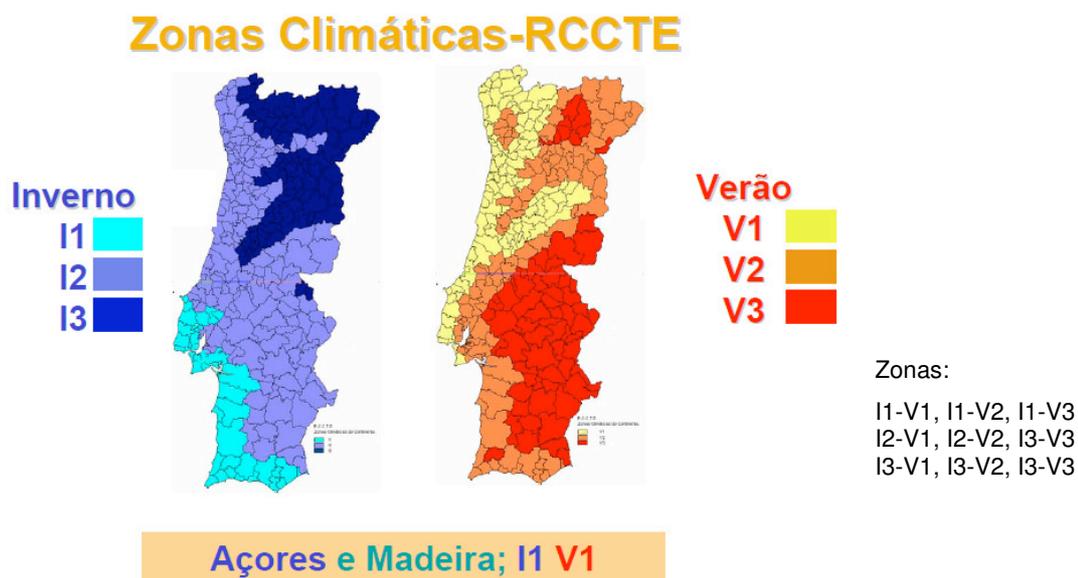
A *Diretiva Européia (EPBD) 2002/91/CE* não impôs um formato específico para a certificação energética de cada país, mas determinou que os certificados obedecessem

a certa uniformidade em termos de imagem e conteúdos de informação. Neste sentido a CEN (Comissão Europeia de Normalização) produziu um projeto de norma (prEN 15217/2005) que pudesse orientar os Estados Membros e fixou os requisitos mínimos para os certificados energéticos, em termos de aspecto do certificado e classes para os edifícios.

### 2.2.1. A Regulamentação em Eficiência Energética em Portugal

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro, foi o primeiro instrumento legal que, em Portugal, impôs requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações para garantir as condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia, tanto para o aquecimento no inverno e resfriamento no verão.

O Zoneamento Climático de Portugal divide o país em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e três de Verão (V1, V2 e V3), onde são feitas combinações dos dois tipos para cada localidade, em função das especificidades de conforto e gastos energéticos desses dois períodos. Além disso, as zonas são definidas também em função da altitude e distância da costa.



**Figura 13:** Zoneamento Climático de Portugal. Fonte: RCCTE (2006)

De acordo com a Carta Bioclimática de Givoni, foram definidas as estratégias bioclimáticas para cada zona, buscando melhorar o desempenho das edificações de acordo com o clima local. (Ver Anexo 1)

Ficavam abrangidos pelo Regulamento de 1990, todo o edifício ou zona de um edifício que tivesse um contador individual de consumo de energia (zona independente) e que estivesse sujeito a um licenciamento municipal. Eram excluídos os edifícios abertos, assim como as remodelações e recuperações de edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados. O foco da avaliação do Regulamento referido estava na envolvente do edifício.

Já para facilitar a aplicação do RCCTE (1990) e preenchimento das fichas com os dados da edificação, para posterior conformidade, existia um software, como visto nas figuras abaixo. A interface era simples, mas atendia aos objetivos propostos.

CONDIÇÕES PROJECTO					
INVERNO			VERÃO		
T <sub>pro</sub> (°C)	T <sub>i</sub> (°C)	(x <sub>i</sub> -x <sub>e</sub> ) (g/kg)	T <sub>pro</sub> (°C)	T <sub>i</sub> (°C)	(x <sub>e</sub> -x <sub>i</sub> ) (g/kg)

Condições Interiores
Mínimas de permanência
Ambiente de permanência
Conforto
Outras definições

Figura 14: Preenchimento das Condições Climáticas, no primeiro software do RCCTE(1990)

FACTOR SOLAR - TIPO DE VIDRO		
Orient	Vidro simples incolor	6mm
	bronze	5mm
Nort	bronze	8mm
	cinzento	5mm
	cinzento	8mm
	verde	6mm
	reflectante bronze	6mm
	reflectante claro	6mm
	rosa	6mm

Em seguida deverá indicar-se o tipo de protecção:

DESCRIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES					
Orientação	Area	K	φ	S	Sombra Interior
Norte	TIPO DE PROTECÇÃO				
	Protecção exterior				
	Protecção interior				
	Sem protecção				

Figura 15: Preenchimento de características da edificação ( vidros e proteções exteriores) RCCTE(1990)

Após a entrada em vigor do primeiro RCCTE, surgiu a regulamentação sobre sistemas de climatização, em 1992, a partir do Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RQSCE). Este Regulamento esteve em vigor durante um curto período.

Um segundo Regulamento surge em 1998 para englobar sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). Este Regulamento designado Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) era uma revisão e atualização do RQSCE. Impôs limites na potência instalada bem como restrições na instalação e utilização dos equipamentos e sistemas. A maior crítica estava no fato de impor limitações à potência em vez de controlar o consumo.

O RSECE era aplicável a todo o edifício ou zona independente com equipamentos térmicos que apresentasse uma das seguintes condições: a potência térmica nominal de aquecimento ou resfriamento fosse superior a 25 kW ou a soma das potências térmicas nominais para aquecimento e resfriamento fosse superior a 40 kW. Eram excluídos os edifícios para fins industriais. Existe, portanto uma limitação do gasto energético da edificação.

Para atender os objetivos da Diretiva Européia e melhorar a eficiência energética das edificações, em 2006, Portugal implementa o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar nos Edifícios (SCE), com a revisão dos dois regulamentos: RCCTE e RSECE.

Os principais objetivos do SCE, obrigatória desde julho de 2007, para edifícios com mais de 1000 m<sup>2</sup>, são:

- Assegurar a aplicabilidade regulamentar definida nos também recém publicados Regulamentos para edifícios DL 79/2006 (RSECE), DL 80/2006 (RCCTE);
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar medidas corretivas ou de melhoria do desempenho energético na edificação e respectivos sistema energéticos.
- Informar os consumidores sobre a qualidade térmica da edificação
- Pressionar os empreendedores para construção de novas edificações, ou reabilitação de existentes, com melhor qualidade ambiental, nos aspectos termo-energéticos, e conforto para os usuários.
- Aumentar a eficiência das edificações, reduzindo a dependência externa para abastecimento de energia, contribuindo conseqüentemente para o cumprimento dos objetivos do Tratado de Kioto.

Segundo HORTA (2006), a revisão legislativa portuguesa buscou um sistema de certificação energética para classificar os edifícios em termos da qualidade térmica e dos potenciais consumos de energia. É da competência da Agência para a Energia

(ADENE), o funcionamento do sistema de certificação, o modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior.

**CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA  
E AR INTERIOR**  
LUPATO

Nº: 1224567/2017

**CERTIFICADO DE DESEMPENHO  
ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO  
AR INTERIOR**

TIPUS DE EDIFÍCIO: EDIFÍCIO HABITAÇÃO UNIFAMILIAR / FRACÇÃO AUTÓNOMA DE EDIF. MULTIFAMILIAR  
Morada / Situação: \_\_\_\_\_

Localidade: \_\_\_\_\_ Freguesia: \_\_\_\_\_

Conselho: \_\_\_\_\_ Região: \_\_\_\_\_

Data de emissão do certificado: \_\_\_\_\_ Validade do certificado: \_\_\_\_\_

Nome do perito qualif.: \_\_\_\_\_ Número de perito qualif.: \_\_\_\_\_

Área construída em m<sup>2</sup>: \_\_\_\_\_ Conservatória do Registo Predial de: \_\_\_\_\_  
sub. nº: \_\_\_\_\_ Art. matricial nº: \_\_\_\_\_ Fração subm.: \_\_\_\_\_

Este certificado atesta o nível de eficiência energética do edifício ou espaço útil, por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

**1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**

**INDICADORES DE DESEMPENHO**

Necessidade anual global estimada de energia útil para climatização e águas quentes:  kWh/m<sup>2</sup>.ano

Necessidade anual global estimada de energia primária para climatização e águas quentes:  kJ/m<sup>2</sup>.ano

Valor limite máximo regulamentar para a necessidade anual global de energia primária para climatização e águas quentes:  kJ/m<sup>2</sup>.ano

Emissão anual de gases de efeito de estufa associados à energia primária para climatização e águas quentes:  Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano

**CLASSE ENERGÉTICA**

A+, A, B, C, D, E, F, G

**2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL**

Necessidades nominais de energia útil por:	Valor estimado para as condições de referência em de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades em ano
Aquecimento	kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Arrefecimento	kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Preparação de águas quentes sanitárias	kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/m <sup>2</sup> .ano

**NOTAS EXPLICATIVAS**

As necessidades nominais de energia útil (energia útil) representam o consumo de energia útil por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

As necessidades nominais de energia primária representam o consumo de energia primária por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

As emissões de CO<sub>2</sub> representam o consumo de energia útil por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

As necessidades nominais de energia útil para a climatização e águas quentes representam o consumo de energia útil por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

As necessidades nominais de energia primária para a climatização e águas quentes representam o consumo de energia primária por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

As emissões de CO<sub>2</sub> representam o consumo de energia útil por unidade de superfície útil, para o efeito em relação aos requisitos previstos no Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

Este certificado é emitido em conformidade com o Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

Este certificado é emitido em conformidade com o Regulamento da Certificação do Desempenho Energético dos Edifícios de Consumo de Energia (REGECE), da Lei n.º 10/2013 (de 15 de Janeiro), considerando os requisitos de desempenho energético. Este certificado pode ser utilizado para efeitos de informação de terceiros e de acesso a incentivos financeiros e de redução de custos de energia e de manutenção energética e de manutenção que se aplicam aos edifícios certificados.

Figura 16: Modelo de Certificado Energético. Fonte: RCCTE (2006)

O RSECE de 2006 estipula requisitos no projeto de novos sistemas de climatização (parâmetros de conforto térmico e de qualidade do ar interior) e de renovação e tratamento do ar interior. Determina limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e no projeto de novos. Além disso, fixa condições de manutenção dos sistemas de climatização e responsabilidades e condições de motorização e de auditoria dos edifícios relativamente ao consumo energia e qualidade do ar. O Regulamento também estabelece critérios para formação dos técnicos, responsáveis pelos projetos de arquitetura, instalação e manutenção.

Determina índices de materiais, elementos construtivos, como paredes, pavimentos, coberturas, envidraçados e portas que compõem a envolvente exterior (“quando definem a fronteira entre o espaço útil interior e o ambiente exterior” RCCTE,2006) e a envolvente interior (quando definem a fronteira entre o espaço útil interior e outros espaços interiores não climatizados não úteis. RCCTE,2006).

Após 16 anos, verificou-se que o RCCTE constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, havendo hoje uma prática quase

generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, inclusive nas zonas de clima mais ameno, onde o RCCTE não estipula índices muito exigentes. Para o governo português, o Regulamento conseguiu atingir e mesmo superar os objetivos a que se propunha, apesar das críticas e pesquisas que apontem possíveis melhorias.

Enquanto que, no final da década de 1980, eram poucos os edifícios que dispunham de meios ativos para conforto dos espaços interiores, verifica-se atualmente o uso significativo de equipamentos de climatização. Os edifícios novos, mesmo no setor residencial, possuem equipamentos de aquecimento, e o uso de ar condicionado aumentou consideravelmente, tanto nos edifícios de serviços, quanto residenciais.

A primeira versão do RCCTE pretendia limitar potenciais de consumos e era, portanto, pouco exigente nos seus objetivos. Isso em função da viabilidade econômica para atender as exigências de qualidade térmica da envolvente dos edifícios.

Esta nova versão do RCCTE impõe limites aos consumos energéticos das edificações. Foram fixadas as condições ambientais de referência para cálculo dos consumos energéticos nominais, segundo padrões típicos admitidos como as médias prováveis. Isso para a temperatura ambiente, ventilação e garantia de uma qualidade do ar interior aceitável. O Regulamento ampliou suas exigências, definindo também valores para taxas de renovação de ar.

Para considerar todos os consumos energéticos importantes foi também definido uma contabilização das necessidades de energia para preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) – especialmente importante nos edifícios para habitação, com o objetivo de favorecer o uso dos sistemas de coletores solares ou outras alternativas renováveis.

No RCCTE (2006) foram também reforçados os mecanismos de comprovação do cumprimento regulamentar por meio de um modelo de certificação energética, semelhante ao que aconteceu com o RSECE (2006).

O sistema de Certificação Energética de Portugal classifica os edifícios em termos da qualidade térmica e dos potenciais consumos de energia, e disponibiliza esta informação a todos os cidadãos, nas fases de construção, de venda ou aluguel dos edifícios

Assim como na primeira versão do RCCTE, o bom resultado desta nova versão do regulamento está também na sua aplicação na fase de licenciamento (aprovação), garantindo que os projetos que recebam licença de construção satisfaçam integralmente os requisitos.

De forma sintética, a verificação regulamentar exige:

**a) Licenciamento - Licença de construção**

- Demonstração do cumprimento do RCCTE e termo de responsabilidade do Projetista;

- Declaração de conformidade regulamentar subscrita por um Perito Qualificado no âmbito do SCE.

**b) Conclusão da obra - Licença de Utilização/Certificação**

- Termo de responsabilidade do técnico responsável pela construção, declarando o cumprimento do projeto;

- Declaração de conformidade regulamentar subscrita por um Perito Qualificado no âmbito do SCE.

**c) Certificação de edifícios existentes**

- Quando o edifício for objeto de operação de venda, locação ou arrendamento, isto no caso de edifícios existentes que ainda não tenham sido certificado ou edifícios cuja validade do certificado (10 anos) tenha expirado.

O RCCTE impõe, portanto mecanismos mais efetivos de comprovação de conformidade do projeto, e da obra concluída, com os índices exigidos no regulamento. Aumentaram também as responsabilidades e penalizações para os profissionais autores dos projetos para o não cumprimento da legislação. Com isso, o grau de exigência de formação profissional dos técnicos que podem vir a ser responsáveis pela comprovação dos requisitos do regulamento é maior.

No procedimento de certificação de edifícios, no RCCTE, é exigida a apresentação de Termo de Responsabilidade, bem como a Declaração de Conformidade Regulamentar (anexo 2) dos dados do projeto pelo projetista responsável (engenheiro civil, engenheiro mecânico ou arquiteto reconhecido pela respectiva Ordem). E após a construção, para a obtenção da licença de utilização, é exigida do responsável técnico da obra, uma Declaração de Conformidade do construído em relação ao projeto certificado, para então, a emissão do Certificado Energético final, emitido por um perito qualificado pela ADENE (Agência para a Energia).

Na aplicação do RCCTE é obrigada a entrega de um conjunto de fichas e folhas cálculos, onde é verificado o cumprimento dos requisitos impostos pelo Regulamento e memorial de cálculos das necessidades energéticas do edifício, quer seja de habitação ou serviços.

O atual processo de certificação, por suas exigências e metodologia está mais burocrático, mas de forma positiva, exigiu que o mercado da construção civil se capacitasse como um todo (arquitetos, engenheiros, construtoras, prefeituras, universidades, indústria, etc) e se adaptasse ao novo paradigma exigido pela necessidade de construções mais sustentáveis. A SCE gerou novas possibilidades de trabalhos para os profissionais (arquitetos e engenheiros), que passaram a poder se capacitar para agirem como peritos qualificados na verificação da conformidade do projeto e/ou obra.

Para agilizar e facilitar a aplicação do RCCTE, no processo de certificação de edifícios, foram desenvolvidas diversas ferramentas para verificação regulamentar. A solução mais simples e disponibilizada na internet é a de folhas de EXCEL contendo apenas os quadros cujo preenchimento é necessário para a verificação do RCCTE. (Anexo 3)

Atualmente existem softwares comercializados e também gratuitos, que auxiliam no preenchimento e cálculo da eficiência da edificação. Várias empresas e entidades desenvolveram programas de cálculo de implementação do RCCTE, incorporando na base de dados desses programas as características dos materiais que produzem ou buscando beneficiar os profissionais que representam. Existem modelos computacionais também desenvolvidos em universidades, frutos de pesquisas acadêmicas. (Anexo 3)

Em sua maioria, são softwares de interface simples e didática, que possibilitam o preenchimento e cálculos de acordo com o RCCTE, gerando relatórios para o processo de etiquetagem e licenciamento. Como existem várias opções, algumas gratuitas e outras pagas, existem cursos de capacitação dos profissionais (projetistas construtores e peritos).

Um dos softwares mais utilizados é o RCCTE-STE, do INETI (Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação), com custo aproximado de 175,00 €.

Em outubro de 2008, a ADENE firmou parceria com a CERTIF (Associação para a Certificação), entidade referência em Portugal na área de certificação de produtos e serviços. O objetivo do acordo é desenvolver um processo de certificação de software para programas de cálculo de RCCTE para avaliação do desempenho energético dos edifícios. Isso em função do número expressivo de softwares para aplicação do RCCTE existentes no mercado português. Para os profissionais do setor é importante para classificar e assegurar a qualidade e confiabilidade dos softwares que utilizam a metodologia do regulamento, ou seja, permitirá uma maior segurança na aquisição desses produtos, assim como dos cursos que são oferecidos.

As empresas que desejarem certificar seus softwares deverão respeitar requisitos pré-estabelecidos pela norma ISO/IEC 25051 e pela ADENE, sendo para tal, submetidas a diversas baterias de testes, para então obterem o selo SCE/CERTIF.

Assim, percebe-se que o modelo português de regulamentação em eficiência energética é fruto do processo de amadurecimento, ao longo de 16 anos, de um conceito amplo que envolve vários setores e parâmetros para assegurar a eficiência energética das edificações. Adaptaram as normas à realidade do país e aos poucos foram revisando e procurando corrigir erros encontrados.

Buscaram a limitação de gastos de energia, vinculado à exigência por índices de conforto térmico e qualidade do ar, adequação da arquitetura às estratégias bioclimáticas locais, além de nova metodologia de aprovação de projeto e de obra concluída.

A obrigatoriedade da certificação só tornou-se viável quando englobou todos os agentes da cadeia da construção, e deixou de ser apenas uma imposição governamental, para ser uma adequação dos profissionais, dos usuários, dos avaliadores, construtores e fornecedores. As questões ambientais não devem ser vistas como entraves para a construção, e sim como forma de qualificação

Como qualquer experiência, tem seus aspectos positivos e negativos, mas acima de tudo demonstra a viabilidade da aplicação de legislações relativas ao conforto térmico e eficiência energética.

### 2.3. Eficiência Energética no Brasil: da crise à regulamentação

A partir de 2001, com a crise de abastecimento energético no Brasil, popularmente chamado de “apagão”, a preocupação com o uso racional e a conservação de energia foi impulsionada, frente à possibilidade de diminuição na oferta de energia elétrica e pelo alto custo da implantação de novas hidrelétricas ou ampliação das existentes.

O consumo energético brasileiro é significativo, principalmente no setor industrial e nas edificações comerciais, públicas e residenciais.

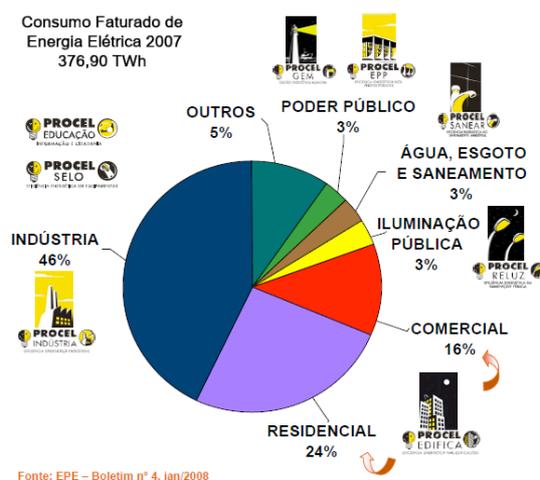


Figura 17: Consumo Energético no Brasil por Setor, janeiro de 2008. Fonte: Eletrobrás (2009)

Assim, com a crise energética e pela necessidade de preservação ambiental, foi implementada a Lei de Eficiência Energética, Lei n.º 10.295, em 17 de outubro de

2001(MME) que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo Decreto 4.059, em 19 de dezembro de 2001. O Decreto instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, que elaborou um Plano de Trabalho específico para a Eficiência Energética nas Edificações.

A criação da Lei de Eficiência Energética fortaleceu o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que foi criado em 1985, para promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, buscando a redução dos desperdícios e investimentos no setor, além de diminuição dos impactos sobre o meio ambiente. Em 1991, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangência e responsabilidade ampliadas.

O PROCEL estabeleceu metas de redução de desperdícios que são consideradas no planejamento do setor elétrico para dimensionamento dentro das necessidades de expansão da oferta de energia elétrica e transmissão. Dentre elas, destacam-se:

- redução das perdas das concessionárias;
- racionalização do uso da energia elétrica;
- eficiência energética em aparelhos elétricos

Em 2003 foi instituído o PROCEL EDIFICA, pela ELETROBRÁS/PROCEL, que atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as Universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento.

O PROCEL promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, sendo que, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.

Para a Eletrobrás (2009) existe uma tendência de crescimento no consumo de energia elétrica, devido à estabilidade da economia, aliada a uma política de melhor distribuição de renda. Isto permite o acesso da população aos confortos proporcionados pelas novas tecnologias.

Soma-se a isto, a elevada taxa de urbanização e a expansão do setor de serviços. Calcula-se que quase 50% da energia elétrica produzida no país sejam consumidas não só na operação e manutenção das edificações, como também nos

sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

“O potencial de conservação de energia nas edificações é expressivo. A economia pode chegar a 30% para edificações já existentes, se estas passarem por uma intervenção tipo *retrofit* (reforma e/ou atualização). Nas novas edificações, ao se utilizar tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção inicial do projeto, a economia pode superar 50% do consumo, comparada com uma edificação concebida sem uso dessas tecnologias. A possibilidade de aproveitar este potencial balizou a reavaliação dos principais focos de atuação do PROCEL, o que resultou na criação do subprograma, Procel Edifica, especialmente voltado à Eficiência Energética das Edificações – EEE, aliada ao Conforto Ambiental - CA.” (Eletrobrás, 2009)

A energia elétrica consumida no Brasil em 2008, segundo a Eletrobrás (2009), foi de cerca de 393 bilhões de kWh, e estimaram que a economia teórica em edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas poderia chegar aos 53 bilhões de kWh caso fosse adotada uma política agressiva para a questão do déficit habitacional brasileiro. Esta energia economizada seria suficiente para suprir anualmente cerca de 2,7 milhões de residências.

Assim, o PROCEL-EDIFICA estabeleceu as principais barreiras da eficiência energética em edificações no Brasil, sendo elas:

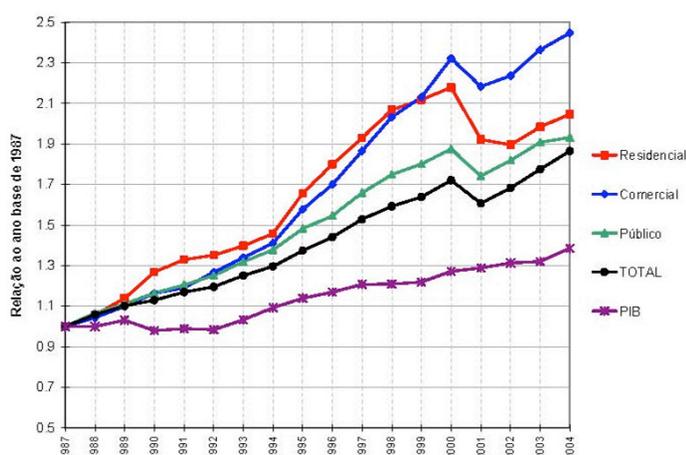
- Deficiência nos códigos de obras
- Inadequações de projeto como, por exemplo: Orientação inadequada da edificação em relação à trajetória solar; Aberturas mal dimensionadas; Especificação inadequada de material para cobertura e vedações de fachadas, inclusive das aberturas.
- Desconsideração de ventos dominantes e ausência de ventilação cruzada.
- Ausência de simulação energética na fase de projeto
- Pouco aproveitamento de energia renovável
- Má escolha de materiais construtivos na fase de execução
- Utilização de equipamentos não eficientes
- Falta de integração entre os profissionais envolvidos
- Pouca especialização da mão de obra utilizada na construção civil
- Dificuldades de financiamento

Por sua escala de abrangência, caráter interdisciplinar, e pela grande responsabilidade na economia do país, o foco da eficiência energética nas edificações gerou a articulação entre diversas entidades das áreas governamental, tecnológica,

acadêmica, econômica e de construção civil. Neste enfoque multi-setorial, o Procel Edifica propôs metas para o desenvolvimento de um conjunto de projetos visando:

- Investir em capacitação tecnológica e profissional, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade brasileira, de forma a reduzir o consumo de energia elétrica nas edificações;
- Atrair um número cada vez maior de parceiros ligados aos diversos segmentos da construção civil, melhorando a qualidade e a eficiência das edificações brasileiras;
- Divulgar os conceitos e práticas do bioclimatismo, por meio da inserção do tema conforto ambiental e eficiência energética nos cursos de Arquitetura e Engenharia, formando uma nova geração de profissionais compromissados com o desenvolvimento sustentável do País;
- Disseminar os conceitos e práticas de Eficiência Energética nas Edificações e Conforto Ambiental entre os profissionais de arquitetura e engenharia, e aqueles envolvidos em planejamento urbano;
- Apoiar a implantação da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) no que toca às Edificações Brasileiras, além de orientar tecnicamente os agentes envolvidos e técnicos de Prefeituras, para adequar seus Códigos de Obras e Planos Diretores.

Dentro do panorama nacional, as edificações consomem, para uso e manutenção, 44% do consumo total de energia elétrica do país, distribuído entre os setores residencial (22%), comercial (14%) e público (8%) (Brasil, BEN, 2005, apud LAMBERTS 2008). Esse consumo de energia elétrica energético é significativo se comparado ao PIB Brasileiro.



**Figura 18:** Consumo de Energia Elétrica e PIB em relação ao ano base de 1987  
Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN 2005)

Nos últimos 20 anos, o aumento do consumo de energia tem sido muito maior do que o aumento do PIB.

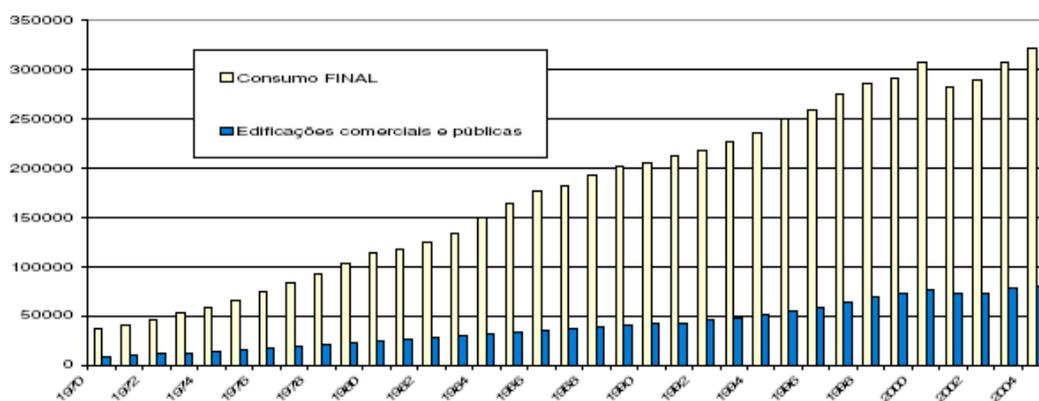
"Isso significa que o País, como um todo, não é eficiente. Sempre que se fala em projeção de aumento no PIB, há um alerta para uma provável crise de abastecimento de energia. Para crescer de maneira eficaz, temos que mudar nossos padrões de eficiência e esse assunto deveria receber mais atenção do governo e da mídia" (WESTPHAL, 2009)

Com a possibilidade de novas crises de abastecimento, é fundamental controlar o crescimento do consumo de energia associado ao crescimento econômico do país, por meio de uma série de medidas que racionalizem o consumo energético, com especial atenção para as edificações. Dentre estas medidas, normas e leis para promover a eficiência energética nos setores Residencial, Comercial e Público.

As edificações Comerciais e Públicas, ou seja, de escritórios, tem uma contribuição significativa nos gastos energéticos, sendo a iluminação, climatização de ar e aquecimento de água, os usos finais que estão diretamente associados ao projeto arquitetônico (AMORIM, 2007). A envoltória da edificação (fachadas e cobertura) determina a carga térmica a ser retirada pelo sistema de condicionamento de ar, além da quantidade de iluminação artificial.

Além disso, edifícios de escritórios têm necessidades especiais de conforto ambiental, especialmente de iluminação, ligadas a atividades específicas (AMORIM, 2007). Estas atividades acarretam aumento do consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação e climatização artificial, visto a carga térmica também ser aumentada pelos equipamentos e taxa de ocupação.

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2007 (BEN, 2007) aproximadamente 22,4% da energia elétrica no país destinam-se a edificações do Setor Comercial e Público, e o consumo tem aumentado ao longo dos anos.



**Figura 19:** Consumo de energia elétrica no Brasil por edificações públicas e comerciais. Fonte: BEN (2007).

Romero (1995) destaca que o Setor de Comércio e de Serviços como aquele que apresenta maiores condições de intervenção por parte do projetista devido ao seu alto consumo de energia, dos quais 70% é usado para iluminação artificial e condicionamento de ar.

Geller (1994) verificou que a iluminação era responsável por 44% do consumo de energia elétrica e o ar condicionado por 20% em edifícios comerciais e públicos. Já Lamberts (1997) verificou que os principais consumos finais de energia seriam o ar condicionado (35%) e a iluminação artificial (49%) para essa mesma tipologia.

A partir de pesquisas desta tipologia em várias capitais brasileiras, percebeu-se existir uma uniformidade nessas edificações, com muitas características semelhantes, o que possibilitou a criação de modelos representativos, para determinação de parâmetros mais significativos no gasto energético, assim como métodos de avaliação.

Como as atividades comerciais tendem a uniformizar alguns parâmetros relacionados ao consumo, como cargas internas ou horas de uso, a avaliação comparativa a partir de edificações comerciais ou públicas de mesma atividade é comum em diversos países. A partir de simulações computacionais dessa tipologia, foi possível determinar um padrão de avaliação da eficiência por fórmulas prescritivas.

Signor (1999) buscou equacionar o consumo de energia elétrica de edifícios comerciais climatizados artificialmente, para climas de 14 cidades brasileiras (Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís, São Paulo e Vitória).

Foram desenvolvidas regressões lineares múltiplas para cada cidade estudada correlacionando o seu gasto energético anual a diversas variáveis arquitetônicas, construtivas e climáticas. A partir dessas variáveis, buscou-se determinar as de maior importância na determinação do consumo de eletricidade. Os parâmetros selecionados englobam o tamanho do prédio (número de pavimentos e área de planta), a composição de suas fachadas (quantidades de áreas envidraçadas), materiais constituintes (tipos de telhado e vidros) e outras características, como brises e cores de fachada e cobertura.

Assim, a partir de mais de 10.000 simulações foram obtidas equações específicas para as cidades estudadas e tipologias, possibilitando uma análise simplificada do desempenho energético das edificações, segundo as variáveis mais importantes no consumo energético.

Simulações de consumo de energia aplicando algumas prescrições de eficiência energética, para proposta de revisão do Código de Obras de Recife, indicaram potencial de economia para tipologias Comerciais e Públicas. As prescrições simuladas

limitavam-se a tipos de vidros e proteções solares para as janelas e usos de controles do tipo liga-desliga no sistema de iluminação artificial quando houvesse luz natural suficiente no plano de trabalho. “A economia variou de 7% a 21% para os 8 modelos de edificações simuladas, comparados a outros 4 modelos utilizados como referência”. (CARLO, GHISI, LAMBERTS e MASCARENHAS, 2003)

Essa economia foi ampliada após definição de prescrição que englobasse as diversas variáveis que contribuem no consumo de energia de uma edificação. Apesar de não ser possível aplicar essa prescrição em todas as edificações, existe um benefício significativo nas estimativas de consumo de energia elétrica de uma edificação e dos custos associados a este consumo.

As normas internacionais de eficiência energética geralmente fornecem pelo menos três opções de atendimento: por prescrição, por permutação e por desempenho, sendo que os dois últimos comparam o projeto proposto com um projeto de referência modelado pelas prescrições. Esse é o caso da Standard 90.1 da ASHRAE (2004), norma americana de eficiência energética que abrange a envoltória, sistemas de iluminação, aquecimento de água, condicionamento de ar e equipamentos.

A proposta do Código de Obras de Salvador (CARLO e LAMBERTS, 2003) com a inclusão de parâmetros de eficiência energética, foi formatada a partir de prescrições específicas para definição de limites de propriedades térmicas dos componentes segundo as necessidades do clima local.

Para todos esses estudos de eficiência energética das edificações brasileiras foram de fundamental importância os Dados Climáticos específicos das cidades brasileiras (GOULART, 1998) e as normas ABNT para o conforto ambiental (Luminoso e Térmico).

A seqüência de pesquisas e normatizações, incentivadas pelo PROCEL-EDIFICA/ELETROBRÁS e pela necessidade urgente de qualificação energética das edificações, possibilitou o início das discussões para a regulamentação energética das edificações brasileiras, prática já adotada em vários países desde as décadas de 80 e 90.

### **2.3.1. Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C, 2009)**

Em vários países, as normas, regulamentos e legislações vêm sendo revisados e criados para garantir a eficiência das edificações novas assim como direcionar as reabilitações de edificações existentes.

Em 2001, foi criado no Brasil, o “Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética” – CGIEE e especificamente para as edificações o “Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País”- GT-Edificações, para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil visando ao uso racional da energia elétrica.

O GT-Edificações criou em 2005, já dentro do PROCEL-EDIFICA, a “Secretaria Técnica de Edificações”- ST-Edificações, para discutir as questões técnicas envolvendo os indicadores de eficiência energética.

As novas normas brasileiras (Desempenho Térmico e Luminoso de Edificações e Zoneamento Bioclimático Brasileiro) e os modelos internacionais possibilitaram dentro do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), a criação de um regulamento nacional específico, onde é definida a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para o desempenho energético das edificações.

Para essa etiquetagem, em 2005, o Inmetro foi incluído no processo quando da criação da “Comissão Técnica” – CT-Edificações, onde é discutido e definido o processo de obtenção da ENCE. A etiquetagem e inspeção foram definidas como mecanismos de avaliação da conformidade do nível de eficiência energética de edifícios, a partir de regulamento.

O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C, março de 2009) especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios quanto à eficiência energética. Esta primeira fase é de caráter voluntário para edificações novas e existentes e posteriormente será de caráter obrigatório. O RTQ-C a princípio classifica apenas edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, mas posteriormente será lançado o RTQ-R para edificações Residenciais.

Além do RTQ-C foram desenvolvidos documentos complementares: o RAC-C (Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) e o Manual de aplicação do RTQ-C.

O RAC-C apresenta o processo de avaliação das características do edifício para etiquetagem junto ao Laboratório de Inspeção acreditado pelo Inmetro. É o documento que permite ao edifício obter a ENCE. É formado por duas etapas de avaliação: etapa de projeto e etapa de inspeção do edifício construído, onde se obtém a autorização para uso da etiqueta.

A ENCE é obtida a partir da avaliação dos requisitos contidos no RTQ-C para o edifício usando o método descrito no RAC-C. A etiquetagem é voluntária e aplicável a edifícios com área útil superior a 500m<sup>2</sup> ou atendidos por alta tensão (grupo tarifário A). Pode ser fornecida uma etiqueta para o edifício completo ou etiquetas parciais referentes a envoltória ou combinando envoltória com um dos outros dois sistemas (iluminação ou ar condicionado)

Os três sistemas avaliados (envoltória, sistema de iluminação artificial e ar condicionado) recebem etiqueta do nível de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).



**Figura 28:** Modelo da Etiqueta nacional de Conservação de Energia – ENCE, neste caso, apresentando níveis de eficiência A. Fonte: RTQ-C (2009).

A importância da envoltória na definição das cargas térmicas, e conseqüentemente na eficiência energética, no RTQ-C, é percebido pela obrigatoriedade de etiquetagem desse sistema, sendo o ar condicionado e iluminação artificial opcionais.

Foram atribuídos pesos relativos à contribuição no consumo energético da edificação, sendo a envoltória responsável por 30%, a iluminação 30% e o ar condicionado 40%. Uma equação pondera estes sistemas por meio dos pesos

estabelecidos e são somados à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou com a racionalização no consumo de água.

$$PT = 0,30 \cdot (\text{EqNumDPI}) + 0,40 \cdot \left\{ \left( \text{EqNumCA} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left[ \left( 1 - \frac{AC}{AU} \right) \cdot 5 \right] \right\} + 0,30 \cdot \left\{ \left( \text{EqNumEnv} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left[ \left( 1 - \frac{AC}{AU} \right) \cdot 5 \right] \right\}$$

Iluminação
Condicionamento de Ar
Envoltória

✓EqNum → Equivalente numérico → 

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

✓AC → área condicionada  
 ✓AU → área útil

**Figura 29:** Equação de Classificação Geral para Etiquetagem de Edificações. Fonte: RTQ-C (2009)

Para definição do nível de eficiência podem ser utilizados dois métodos: o prescritivo e a simulação. O primeiro estabelece equações e tabelas que limitam parâmetros da envoltória, iluminação e condicionamento de ar separadamente de acordo com o nível de eficiência energética. Já o segundo método baseia-se em simulações computacionais, onde são comparados dois edifícios: o modelo do edifício real (edifício proposto em projeto) e um modelo de referência.

A grande maioria das edificações (comerciais, de serviço e públicos) será avaliada pelo método prescritivo, pela rapidez e praticidade, devendo ser simuladas as situações complexas e que tenham ventilação natural, pois o RTQ-C prevê a aplicação das equações apenas para edificações climatizadas (ar condicionado).

A classificação prescritiva da envoltória, segundo o RTQ-C, faz-se a partir da determinação de um conjunto de índices referentes às características físicas do edifício. Características dos componentes opacos (transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores e cores e absorvância de superfícies) e dispositivos de iluminação zenital são definidos em pré-requisitos, enquanto as aberturas verticais são avaliadas em equações. Estes parâmetros compõem a “pele” da edificação (cobertura, fachadas e aberturas), e são complementados pelo volume, pela área de piso do edifício e pela orientação das fachadas

Assim, na avaliação da envoltória, os valores de Absorvância e Transmitância são pré-requisitos e as seguintes variáveis da edificação são utilizadas nas fórmulas:

- **AVS:** Ângulo Vertical de Sombreamento
- **AHS:** Ângulo Horizontal de Sombreamento
- **Ape:** Área de projeção horizontal do edifício (m<sup>2</sup>)
- **Apcob:** Área de projeção da cobertura (m<sup>2</sup>)
- **Atotal:** Área total de piso (m<sup>2</sup>)
- **Fator de Altura (FA):** Ape/Atot
- **Fator de Forma (FF):** Aenv/Vtot
- **Fator Solar dos vidros (FS)**
- **PAFt:** Percentual de Aberturas na Fachada (%)

Edifícios que possuam áreas não condicionadas deverão comprovar por simulação que os ambientes de permanência prolongada proporcionam temperaturas dentro da zona de conforto durante 95% do ano.

A etiquetagem da eficiência energética dos edifícios iniciada no Brasil pelo RTQ-C é uma grande contribuição na construção de edificações com menores impactos ambientais, promovendo benefícios para toda a sociedade.

### **Aspectos Negativos e Positivos do RTQ-C**

Como em todo processo, existem falhas e críticas, principalmente nessa fase inicial, de caráter voluntário, onde o processo ainda está sendo formatado. Podemos destacar:

- Necessidade de capacitação dos profissionais responsáveis pela etiquetagem, assim como consultores e arquitetos. Aprendizagem das metodologias de avaliação (prescritiva e simulação) e do processo de etiquetagem;
- Viabilidade de aplicação em grande escala, pela obrigatoriedade: processo deverá ser eficiente para atender a demanda e para isso os Laboratórios de Inspeção deverão ser qualificados e suficientes. Questiona-se a estrutura necessária para analisar todos os projetos e a inspeção de conformidade das obras concluídas;
- Falta de entendimento do significado e conteúdo da etiqueta, tanto pelos consumidores, quanto pelos empreendedores e projetistas;
- Aumento estimado de 5 a 7% nos custos da construção de edificações com índices de eficiência energética melhor.<sup>12</sup>
- Falta de divulgação dentro da Cadeia da Indústria da Construção e Sociedade para sensibilização e apoio.

---

<sup>12</sup> João Jornada, presidente do Inmetro, 2009

- Parâmetros utilizados: ausência de avaliação da qualidade ambiental, como por exemplo, da iluminação natural e da influência da implantação (entorno). Várias são as críticas dos arquitetos em relação as edificações com alto nível de eficiência energética pela etiquetagem, uma vez que essa classificação não pode ser confundido com a qualidade ambiental da edificação como um todo.

- Não existe limitação no consumo de energia da edificação, e sim um Indicador de Consumo (IC), o que não garante o real gasto energético de um edifício com etiqueta A, por exemplo. A etiquetagem não impede a construção de edifícios com nível baixo de eficiência, e ainda não se pode determinar a partir de qual etiqueta os edifícios deveriam ser construídos.

Mas, principalmente por utilizar parâmetros climáticos e construtivos brasileiros, adaptados à realidade nacional, o RTQ-C destaca-se positivamente:

- Classificação diferenciada das edificações de acordo com o uso (RTQ-C\_ Comercial e RTQ-R\_Residencial);

- Incentivo para incorporação de características da construção sustentável desde a fase de projeto, utilizando métodos de análise para melhoria da qualidade das edificações, antes da construção (prescritivo e simulação);

- Exigência de maior integração e compatibilização dos projetos (arquitetura e complementares);

- Avaliação da proposta arquitetônica pelo desempenho e não por índices e parâmetros fixos, o que permite a liberdade criativa do projetista;

- A obrigatoriedade e peso regulamentador classificam as edificações de forma homogênea, seguindo os mesmos parâmetros;

- Diminuição ou desestímulo na importação de certificações, selos e classificações internacionais, voltadas muitas vezes para valorização publicitária, sem adequação aos índices e parâmetros nacionais (clima, matriz energética, processo produtivo da indústria da construção civil);

- Incentivo para melhoria da eficiência energética dos projetos das edificações novas, assim como para adequação e requalificação das existentes. A economia de energia na ocupação do prédio pode chegar a 50% do que seria consumido sem esses padrões de eficiência. Em prédios antigos, a economia de energia pode chegar a 30%.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Luiz Henrique Ceotto, diretor de construção e projetos da Tishman Speyer do Brasil, "Etiquetagem avança", Fonte: Construção Mercado, 11/03/2009

- Retorno do investimento superior na implantação da edificação (5 a 7%) ao longo do ciclo de vida. A economia gerada chega a até 40%, e o investimento é pago em três anos.<sup>14</sup>
- Ferramenta para agregar valor aos imóveis com boa classificação na etiquetagem, o que pode ser estratégia de venda para os empreendedores;
- Estimulo a fabricação nacional de produtos mais eficientes energeticamente;
- Direito do consumidor de escolher o imóvel segundo sua eficiência energética, além de diminuição dos gastos no consumo de eletricidade;
- Possibilidade de incentivos governamentais para a adequação de edificações ineficientes energeticamente, prática adotada em vários países, principalmente para *retrofits*;
- Diminuição da necessidade de investimentos em novos projetos de geração de energia, economizando divisas para o País e minimizando os impactos negativos ao meio ambiente;
- Certificação de projetos e posterior inspeção de conformidade da edificação construída, o que obriga a adoção de diretrizes de eficiência energética desde a fase conceitual da edificação;
- Definição de parâmetros e metodologias, de caráter nacional, que permitem adequações dos Códigos de Obras de acordo com especificidades climáticas locais para garantia da eficiência energética nas edificações.
- Normas e Códigos de Eficiência Energética poderiam acarretar uma economia de 12% no consumo de energia no país de 2000 a 2020.<sup>15</sup>
- Uso de requisitos técnicos de eficiência energética em licitações de obras públicas para redução dos custos operacionais das edificações;

## **2.4. Considerações sobre o capítulo 2**

O conceito de eficiência energética na arquitetura atualmente está vinculado ao uso eficiente e consciente da energia elétrica necessária para complementar as necessidades de conforto ambiental não atendidas apenas pelos sistemas passivos utilizados na arquitetura bioclimática.

O excessivo gasto de energia e a urgente necessidade de economizar exigiram uma mudança de postura, comportamentos, valores e objetivos. Os países com maiores problemas energéticos passaram a investir em pesquisas e estudos de novos sistemas

---

<sup>14</sup> Idem

<sup>15</sup> Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, que elaborou um Plano de Trabalho específico para a Eficiência Energética nas Edificações, 2009.

de climatização e iluminação artificial, mais eficientes, além de mecanismos para diminuir os gastos e desperdícios, e incentivo ao resgate dos princípios bioclimáticos.

De modo algum o modelo português deve ser copiado e implantado<sup>16</sup>, mas sua análise foi importante para o entendimento do processo de etiquetagem de um país, em todos os aspectos, positivos e negativos, que já vem de mais de 18 anos. Percebe-se que o primeiro regulamento, apenas térmico não foi devidamente aplicado, pois existiam empecilhos na metodologia de aplicação e não era de caráter obrigatório. A evolução da legislação portuguesa demonstra a necessidade de participação de todos os agentes da construção civil, aliados a uma metodologia de análise de projeto rápida e eficiente, para que a Lei não caia em desuso.

Foram importantes as iniciativas do próprio governo, tanto de incentivo financeiros para a aplicação do regulamento e reformas das edificações, quanto da adequação dos próprios edifícios públicos.

No Brasil, o processo de etiquetagem das edificações está em fase inicial, e como tal, sujeito a muitas alterações e adequações. O mais importante é que haja um envolvimento de todos da cadeia da construção, para que o aprimoramento seja fruto de uma colaboração coletiva e não de uma imposição governamental.

Mas podemos tirar algumas lições da experiência portuguesa, como a necessidade urgente de criação de metodologia rápida de análise dos projetos, para que o RTQ-C seja viável. A obrigatoriedade de aplicação tem que estar vinculada a um processo eficiente, para que a complexidade, burocracia ou lentidão não sejam os argumentos para a não aplicabilidade.

A etiquetagem do edifício na fase de aprovação e posterior verificação de conformidade de execução também são bons exemplos do processo português, que atualmente contam com programas computacionais para facilitar o processo.

No Brasil, a aprovação de projetos é definida pelos Códigos de Obras, em capítulo exclusivo *DOS PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS*, que devem ser revisados, incorporando conceitos de eficiência energética e desempenho térmico, de acordo com o PROCEL. A etiquetagem brasileira também poderia ser incorporada no processo de aprovação, para que a etiqueta de eficiência não seja usada com diferencial de projeto, e vinculada apenas à valorização do empreendimento para a comercialização.

Em Portugal, a etiquetagem de eficiência energética é associada ao desempenho térmico e qualidade do ar, e são definidos limites de gastos de energia,

---

<sup>16</sup> Tanto que não foram abordados a metodologia de avaliação da edificação, com seus índices específicos, e sim o processo de etiquetagem e os instrumentos de aplicação.

especificações de materiais, temperatura ambiente, ventilação e taxas de renovação do ar, além de considerar a energia gasta para o aquecimento de água.

No Brasil é definido um Índice de Consumo, ou seja, um indicativo, que não pode ser confundido com o gasto energético. Assim, ainda não é possível afirmar o quão eficiente é um edifício com etiqueta A e quanto na realidade é seu gasto energético. Ainda é necessário avaliar o processo, nesta etapa voluntária, para incorporar parâmetros de iluminação e ventilação naturais, além de estudar limites aceitáveis para a construção de edificações.

A etiquetagem pode transformar toda a cadeia da construção civil, desde o aumento da qualidade das construções, pois impõem limites mínimos, a geração de novas possibilidades de trabalho para consultores e técnicos de avaliação, exige uma qualificação de todos os profissionais e traz benefícios para a população.

A implementação de uma nova legislação é sempre dependente do cuidado que se deve ter no início da aplicação, para que não seja inviabilizada ou praticada de forma distorcida, deixando para o campo da utopia, ou para as pesquisas acadêmicas, todas as possibilidades de melhoria e os benefícios que poderiam ser adquiridos, no caso do RTQ-C, na qualidade do espaço construído.

## capítulo 3

# **códigos de edificações**

---

Este capítulo objetiva entender o papel das legislações no processo de formação dos espaços construídos, em especial, os códigos de obra. Busca identificar parâmetros e metodologias já utilizadas em códigos e pesquisas com enfoque no bioclimatismo, conforto térmico e eficiência energética, que possam contribuir para as diretrizes de revisão do COE-DF, um código peculiar por legislar em uma cidade com características singulares como Brasília, por seus aspectos conceituais e patrimoniais.

Primeiramente foi realizado um panorama geral da legislação brasileira referente às edificações, em especial aos códigos de obra. Relata a função maior das normas e leis, quanto ao ordenamento, organização e garantia da qualidade dos espaços construídos, mas que quando desatualizadas ou mal formuladas, transformam-se em entraves e obstáculos no processo construtivo. São abordados os estudos de Buson (1998), Reis (1970), Freire (1914, 1918), Bruand (1985), Rezende (1982), Benévolo (1997), Montaner (2001) e Toledo (2001).

Num segundo momento são abordados os Modelos e Diretrizes para Códigos de Edificações, em especial o Modelo de Códigos do IBAM/PROCEL (1997) e o Caderno de Encargos para Eficiência Energética em Prédios Públicos do Rio de Janeiro (CE-RJ, 2002). Também foram sistematizadas pesquisas acadêmicas relevantes que tratam de aspectos bioclimáticos, de conforto térmico ou eficiência energética nos códigos de algumas cidade brasileiras. Este estudo foi importante para identificar as metodologias adotadas e os parâmetros analisados, onde destacaram-se as pesquisas de Buson (1998), Toledo (2001), Carlo e Lamberts (2003), Cândido (2006), Ribeiro e Caram (2006) e Carlo, Pereira e Lamberts (2004).

Por fim, o capítulo trata do COE-DF, de seu histórico e revisões, suas particularidades e importância devido aos aspectos singulares da Capital Federal projetada por Lúcio Costa. Foram importantes os estudos de Costa (1957), Buson (1998), Gorovitz (1996) e Braga (2005).

### 3.1. Panorama histórico dos Códigos Brasileiros

As normas e legislações influenciam na vida e forma urbana, desde o período colonial, da formação das cidades portuguesas no Brasil, fato, segundo Buson (1998), estudado por vários autores, como Reis (1970), Freire (1914, 1918), Bruand (1985) e Rezende (1982). Neste período, as vilas e cidades brasileiras já seguiam as normas determinadas pelas Cartas Régias que definiam a uniformidade dos terrenos e da morfologia das edificações.

“Dimensões e número de aberturas, altura dos pavimentos e alinhamento com as edificações vizinhas foram exigências correntes no século XVIII, e que revelam uma preocupação de caráter formal, cuja finalidade era, em grande parte, garantir para as vilas e cidades brasileiras uma aparência portuguesa”  
(BUSON, 1998)

A partir do sec. XIX, com o ecletismo no Brasil, foram surgindo novas implantações e soluções construtivas, como as entradas e afastamentos laterais, novas técnicas e materiais, novas possibilidades de iluminação e ventilação. As construções precisavam ficar livres do alinhamento das ruas e divisas laterais. Para Buson (1998), as transformações foram tão expressivas que em alguns locais foi necessário alterar as normas e leis. O dinamismo, ou seja, a evolução das cidades foi aos poucos contribuindo para a alteração das legislações, como nas cidades-jardim, com lotes mais amplos e afastamentos obrigatórios, dentro de um novo conceito de desenho urbano.

Os códigos ou posturas municipais devem garantir a segurança e o bem-estar comum. Para Freire (1918), os códigos sanitários e municipais têm dois objetivos principais: primeiro, proporcionar um ambiente sadio e decente, com condições de dignidade para parte da população que anseia por um espaço de qualidade; segundo, impedir que a outra parte da população, que não se importa com os aspectos da coletividade, venha a constituir-se com uma ameaça aos direitos da comunidade.

Muitas vezes as legislações urbanísticas são vistas como “gessos” da liberdade criativa e dinamismo natural do crescimento das cidades, mas acima de tudo, são mecanismos que garantem o mínimo de ordenamento e conforto, uma vez que não se pode confiar no bom senso e responsabilidade social de todos os projetistas.

Os Códigos de obra também são instrumentos de educação e capacitação dos projetistas e construtores, pois são usados como fontes de parâmetros dos índices

aceitáveis, tanto por profissionais, como arquitetos e engenheiros, quanto para os auto-construtores, que não possuem formação técnica.

As questões de higiene e saúde foram tema nos debates urbanísticos internacionais no final do século XIX, em função da falta de condições de habitabilidade dos alojamentos operários. (BENÉVOLO, 1997) Surgiram os códigos sanitários, que se tornaram precedentes da legislação moderna urbanística, e buscavam garantir a salubridade e impunha uma ótica higienista nos espaços.

Já nos CIAMs (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna), (de 1928 a 1965), trataram, entre outros temas, das questões relativas a padrões de habitabilidade, foco das discussões da primeira etapa dos congressos, que engloba os três primeiros.

O primeiro foi basicamente a fundação dos CIAMs, um ápice do princípio do período acadêmico da arquitetura moderna (MONTANER, 2001).

O segundo congresso, em 1929, dedicou-se ao “Estudo da habitação mínima” e o terceiro, em 1930, estudou a “Divisão racional do solo”, onde buscaram estabelecer os critérios para situar os blocos de habitação na estrutura do parcelamento utilizando métodos construtivos racionais: isolamento e a distância entre as quadras. (MONTANER, 2001)

Walter Gropius defendeu que a provisão de luz, sol, ar e calor eram cientificamente mais importantes, e economicamente mais baratas, que o aumento dos espaços da habitação. Concluiu que, para atender as razões biológicas, a casa mínima precisava de um máximo de luz, sol e ar e que o mínimo variava conforme as condições particulares de cidades e regiões, paisagem e clima. (TOLEDO, 2001)

Já Victor Bourgeois defendeu a necessidade de ventilação cruzada e janela como fonte de iluminação natural. e ventilação. (TOLEDO, 2001)

Pierre Jeanneret propôs que as edificações necessitavam de ventilação, radiação luminosa, isolamento acústico para privacidade. (TOLEDO, 2001)

Hans Schimidt destacou a necessidade da regulamentação da construção por prescrições técnicas de construção e habitabilidade (sociais e higiênicas), a fim de garantir certo grau de qualidade aos edifícios.

“Le Corbusier destacou que o problema do tipo de habitação era parte do problema geral do urbanismo e que implicava em duas concepções distintas de

cidade: a cidade jardim e a cidade concentrada. O problema da habitação era uma questão biológica e comportava vários aspectos: o habitáculo para uma família que permitisse o isolamento e a privacidade; um fluxo de luz; o consumo de ar puro; a necessidade de recuperar forças físicas e mentais e as necessidades sentimentais". (TOLEDO, 2001)

A legislação brasileira foi fortemente influenciada pela Arquitetura Moderna, e passou a absorver os princípios formais veiculados nos CIAMs. A concepção modernista de cidade setorizada expressa pela Carta de Atenas<sup>17</sup> e os princípios da cidade jardim foram sendo incorporados no urbanismo brasileiro e conseqüentemente nos códigos de obra, chegando a seu ápice com a construção de Brasília

Apesar disso, segundo Toledo (2001, p. 64) "os atuais Códigos de Edificações dos municípios brasileiros ainda guardam resquícios dos antigos Códigos Sanitários".

Buson (1998) analisou o COE-DF e destaca que os índices nele utilizados foram copiados de outras cidades brasileiras e levanta a hipótese de que esse ciclo vicioso possa ter-se repetido em outros lugares, implicando na inadequação dos critérios estabelecidos à situação climática local.

Toledo (2001) relata que o Manual do Legislador e Administrador Público Municipal do Estado de Minas Gerais de 1956 e o Código de Edificações de São Paulo de 1975 podem ser considerados como possíveis influenciadores dos textos sobre ventilação natural, presentes nos Modelos nacionais e em alguns códigos de obras e edificações de outras cidades brasileiras.

Entretanto, surgiram pesquisas e publicações que incentivam a revisão dos parâmetros contidos nos Códigos, buscando uma atualização dos dados e da própria forma de análise dos projetos.

Foram selecionados para estudo alguns exemplos de propostas de revisão ou manuais ou pesquisas com diretrizes para Códigos de Edificações que contemplem preocupações com bioclimatismo, conforto térmico e eficiência energética.

---

<sup>17</sup> A Carta de Atenas retrata como Le Corbusier sintetizou e interpretou as conclusões do IV CIAM, que se realizou em 1933, a bordo do navio Patris II, na rota Marselha-Atenas. (Montaner, 2001)

## **3.2. Modelos e Diretrizes para Códigos de Edificações**

### **3.2.1. Modelos de Códigos do IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal)**

A partir de uma parceria entre o PROCEL e o IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal), foi desenvolvido por Sérgio Rodrigues Bahia e equipe técnica, em 1997, um Modelo de Elaboração de Códigos de Obras e Edificações.

A intenção era conceber um modelo para auxiliar os municípios brasileiros na elaboração de suas legislações específicas, principalmente após o crescimento e adensamento das áreas urbanas. Seria um apoio para a elaboração de novos códigos, assim como revisão dos existentes.

A parceria com o PROCEL visava incentivar o combate ao desperdício e contou com a consultoria de diversos pesquisadores na área de conforto ambiental e eficiência energética, na elaboração dos artigos e determinação dos índices.

O modelo traz o texto padrão de um código, com comentários sobre os principais aspectos tratados nos artigos, com sugestão de normas técnicas pertinentes e os principais conceitos.

Este Modelo do IBAM/PROCEL (1997) tornou-se referência para vários códigos de obra e pesquisas sobre o tema. Sua principal qualidade é fornecer, de forma prática, informações complementares ao texto que possibilita aos técnicos avaliarem segundo os condicionantes locais.

Aborda temas que ainda estavam negligenciados pelos códigos de obra, compilando uma série de informações que ainda estavam restritas aos meios acadêmicos. As principais questões abordadas foram: o conforto ambiental, conservação de energia, acessibilidade ao portador de deficiência, gênero e criança, legislação urbanística e áreas de interesse social.

O texto é bem didático, principalmente por apresentar desenhos ilustrativos que facilitam o entendimento ao longo dos artigos.

Atualmente, segundo o IBAM, este modelo encontra-se em revisão, uma vez que várias normas ABNT e regulamentos surgiram. É interessante a revisão deste modelo, pois a primeira versão já foi amplamente utilizada pelos municípios e pesquisas, uma vez que o IBAM tem grande abrangência nacional, pois trabalha diretamente com os municípios. A nova versão revisada poderia incorporar uma metodologia nova para aprovação de projetos, para facilitar a inserção e avaliação dos parâmetros, principalmente de bioclimatismo, conforto térmico e eficiência energética.

### **3.2.2. Caderno de Encargos para Eficiência Energética em Prédios Públicos do Rio de Janeiro (CE-RJ, 2002)**

O Caderno de Encargos do Rio de Janeiro (CE-RJ, 2002) foi desenvolvido pela prefeitura, estabelecendo normas e parâmetros que ainda não eram usualmente adotados no Brasil. Sua elaboração foi acompanhada por uma equipe multidisciplinar, ficando sob responsabilidade de Marcelo de Andrade Roméro e Lucia Pirró, a parte referente à arquitetura e paisagismo.

O documento limita-se aos prédios públicos do RJ, e tem como principal justificativa, o elevado gasto energético e o grande potencial de redução nas edificações novas e reforma das existentes.

Segundo Pedro Paulo Carvalho Teixeira (CE-RJ, 2002, p. 5)

“Os critérios tradicionais para análise de projetos de edificações são estéticos, funcionais e econômicos (no sentido de menor custo inicial), mas não consideram o uso eficiente da energia nem trazem a análise de desempenho econômico de soluções que podem trazer significativa redução do consumo de energia ao longo da vida útil do prédio. Essa mudança nos procedimentos não será tarefa fácil, sendo necessários o envolvimento e a conscientização de todos, desde a alta administração até os funcionários ligados às atividades de projeto e obras municipais.”

O CE-RJ (2002) aborda itens como iluminação artificial e condicionamento de ar, projeto de arquitetura, diagnóstico energético e compra de equipamentos, bem como a análise do uso de fontes alternativas de energia.

Encontraram dificuldade para a elaboração do capítulo relativo ao projeto de arquitetura, “pela pouca atenção que é dada aos insumos energéticos nesta fase, resultando na falta de pesquisas no setor e reduzidos dados disponíveis, apesar desta fase ser determinante para o consumo energético do prédio, e ser quase impossível a correção posterior.” (CE-RJ 2002, p. 8)

### 3.3. Iniciativas para revisões de Códigos de Obra

Na pesquisa bibliográfica foram encontrados estudos com propostas de revisões de códigos de obra de algumas cidades brasileiras. Percebeu-se que é um tema pouco abordado e ainda carente de respaldo científico, principalmente com a intenção de propostas de alteração ou inserção de conceitos bioclimáticos, desempenho térmico e eficiência energética. Existe uma dificuldade de transposição dos estudos e pesquisas acadêmicas para a prática projetual, como apontado por Maciel (2006), além de uma resistência por parte dos arquitetos e poder público. O grande temor é o aumento do processo de avaliação e burocratização.

Existe um predomínio, nas pesquisas encontradas, da abordagem de um único parâmetro de análise, como aberturas para ventilação ou iluminação, afastamentos, etc. O COE-Salvador foi o primeiro estudo onde foram propostas alterações para todo o código, relativo à envoltória, materiais, aberturas, proteções solares, e a inserção de parâmetros para a iluminação artificial e ar condicionado. Mas não existem considerações sobre os aspectos bioclimáticos

Podemos destacar as pesquisas:

**Tabela 4:** Sistematização de pesquisas que analisaram códigos de obra

<b>Pesquisa</b>	<b>Principal aspecto abordado</b>
<b>TOLEDO (2001)</b> <b>Maceió-AL</b>	Ventilação Natural e Desempenho Térmico em dormitórios. Comprovou que o critério de área de piso não é adequado para dimensionar as aberturas, pois é importante considerar a orientação, renovação de ar e tipo de esquadria.
<b>CÂNDIDO (2006)</b> <b>Maceió-AL</b>	Análise das tipologias de esquadrias de edifícios comerciais na distribuição do fluxo de ar, considerando a área de abertura especificada pelo Código de Obra. Utilizou o software PHONENICS 3.6 e comprovou a inadequação da legislação.
<b>RIBEIRO e CARAM (2006)</b> <b>Ribeirão Preto-SP</b>	Estudo comparativo entre as recomendações do método de Mahoney, as normas da ABNT para conforto ambiental e o código de obras da cidade. Foram também analisados alguns edifícios recentemente construídos para retratar o panorama atual em relação às questões de conforto térmico.
<b>CARLO, PEREIRA e LAMBERTS (2004)</b> <b>Recife-PE</b>	Análise de iluminação natural e influência no gasto energético. Foram simulados protótipos de edificações comerciais no programa DOE2.1-E e de ambientes internos destas edificações no programa Apolux. O resultado final indicou que a revisão do Código de Obras tem um potencial de redução no consumo de energia em edificações de escritórios que variou de 9% a 21%.
<b>CARL e LAMBERTS (2003)</b> <b>Salvador-BA</b>	Pesquisa realizada a pedido da prefeitura da cidade e COELBA, para revisão do código, com proposta de inserção de parâmetros para a envoltória, para os sistemas de iluminação e aquecimento de água e para as dimensões dos ambientes internos. A intenção foi a melhoria do desempenho energético e conforto térmico e luminoso. A partir de simulações e equações, estabeleceu índices específicos para o clima da cidade.

<b>DUARTE, BRANDÃO E PRATA Mogi das Cruzes- SP</b>	Proposta de inserção de conceitos de conforto ambiental, iniciativa da Secretaria de Planejamento do Município, com a intenção de elaborar código que tenha avaliação por desempenho e não normativo. Foram propostos recuos diferenciados para cada orientação, coeficientes de aproveitamento, dimensões mínimas das aberturas para ventilação e iluminação e avaliação do edifício por procedimentos simplificados (tabelas com critérios) para edifícios de grande porte.
<b>BUSON (1998) Brasília-DF</b>	Avaliação dos vãos de iluminação natural dos compartimentos residenciais, das dimensões de reentrâncias e recuos nas fachadas que possuem aberturas e dos afastamentos mínimos entre edificações.

Na maioria das pesquisas foi citada a dificuldade de transposição dos índices técnicos para a prática profissional e adoção nos códigos de obra. Destacam que os índices não garantem a qualidade a que se propõem. Em alguns casos, a metodologia para dimensionamento, como é o caso de iluminação e ventilação, é inadequada. Existe uma urgência na revisão da legislação, assim como no processo de aprovação dos projetos, para que os índices técnicos não sejam incorporados ao texto dos códigos, mas não aplicados pelos projetistas e analistas de aprovação de projeto.

Existe uma carência de abordagem de todos os parâmetros, uma visão sistêmica para proposta de revisão dos códigos de obra. É importante para averiguação da influência que um parâmetro também exerce sobre o outros, pois a revisão de um índice isolado pode prejudicar o desempenho de outro.

As melhores iniciativas foram do trabalho conjunto entre o poder público (prefeitura e secretarias municipais) e pesquisadores das universidades, como no caso de Salvador e Mogi das Cruzes. É importante a integração dos agentes para que haja um trabalho colaborativo na produção de um código realmente aplicável, com a participação das entidades de profissionais, empreendedores, construtoras e usuários.

Dentre as metas do PROCEL-EDIFICA, da Eletrobrás, existe uma específica para atualização e revisão dos códigos de acordo com a eficiência energética. Neste sentido, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), por meio do Projeto Inovação Tecnológica na Construção Civil, busca promover a articulação entre entidades para promover a revisão de códigos de obra, buscando a inovação, e a avaliação das edificações a partir do Desempenho.

Vivenciamos também um momento de globalização, onde é comum profissionais fazerem projetos em outras cidades, e a padronização da legislação (não os índices, que devem ser locais) e da metodologia de aprovação facilitaria e agilizaria o processo.

Os códigos de obra estão muito defasados em relação a pratica profissional dos escritórios de projetos, dentro do processo construtivo, que buscam a otimização dos prazos e procedimentos e das pesquisas acadêmicas que utilizam cada vez mais os softwares de simulação, para avaliação do desempenho.

### **3.4. O COE-DF: legislação para uma cidade singular**

As legislações existem para ordenar a vida das sociedades, por meio de padrões, direitos e restrições, pré-estabelecidos, para garantir o convívio social dos aglomerados urbanos. Sociedades aqui entendidas como um agrupamento de pessoas submetidas a um regulamento comum, seja ele moral, religioso, sanitário ou qualquer outro.

Buson (1998) ressalta que as leis e normas influenciam não só a vida das pessoas como a própria forma urbana. É um mecanismo usado para garantir a segurança e bem-estar dos habitantes, para facilitar ou inibir certas atividades e usos, para rejeitar ou acolher determinado tipo de pessoa, como idosos, crianças ou enfermos e, também, para assegurar alguma posição de autoridade e de dominação do poder público.

As pessoas têm comportamentos diferentes de acordo com o lugar, porque se ajustam as normas próprias do local e da cultura.

A configuração espacial dos lugares, com suas edificações e espaços vazios, muitas vezes são os determinantes do caráter, da identidade e da singularidade. É importante salientar que essa morfologia pode ser determinada pelas normas e legislações municipais que estipulam as dimensões, afastamentos, alturas, aberturas, atividades, sistemas construtivos, eixos de circulação, principalmente em cidades projetadas, onde tudo nasce de uma intenção de organização espacial do urbanista.

A própria interação do espaço construído com o ambiente natural pode ser definida pelas normas e legislações. A quantidade de espaços verdes, a permeabilidade do solo, a rugosidade das edificações determinam a qualidade, o conforto térmico e o bem-estar emocional do usuário. A luz, os ventos, a radiação e a umidade serão afetados pelas determinações da configuração do espaço urbano, como visto no capítulo 1, Bioclimatismo.

Em Brasília, toda a espacialidade, ou seja, a relação dos cheios e vazios, dos elementos definidores do espaço, foram frutos de um traçado regulador, de uma composição dos volumes na formação de um novo conjunto com significado próprio. Os elementos individualmente (edifícios, afastamentos, materiais, circulação, vegetação, etc) configuram as fronteiras e vazios e permitem a noção de lugar.

A singularidade da cidade é percebida por qualquer visitante, que percebe a diferenciação espacial, uma das razões que levaram a UNESCO, ao promover o

tombamento, reconhecer e outorgar a qualificação de patrimônio histórico e cultural da humanidade.

“A disposição físico-espacial proposta objetiva o essencial: um desenho capaz de articular a dupla dimensão: de cidade-capital, a civitas, expressão da dimensão social e política da cidadania; e também a urbes, suporte ambiental das atividades inerentes à vida urbana: morar, trabalhar, conviver, circular - conforme preconiza a carta de Atenas publicada por Le Corbusier em 1941 – ‘As chaves do urbanismo estão nas quatro funções: habitar, trabalhar, recrear-se (nas horas livres), circular’.” (GOROVITZ, 1996)

Lúcio Costa definiu os espaços e as relações entre todos os elementos para determinar a organização morfológica da cidade e como ela seria percebida pelo observador. A distinção dos espaços, com suas alturas e espaçamentos próprios, permite legibilidade e interpretação dos seus significados específicos.

A cidade foi concebida em função de três escalas e a ela se acresce uma Quarta, “pois, no fundo, as três situações, como os Três Mosqueteiros, são quatro: a escala coletiva ou monumental, a escala cotidiana ou residencial, a escala concentrada ou gregária, e a escala bucólica. O jogo dessas três escalas é que lhe dará o caráter próprio definitivo.” (GOROVITZ, 1996)

Para Gorovitz (1996), na diversidade de escalas a cidade comparece como expressão da possibilidade de conciliação de uma dupla condição humana: do ser enquanto ser individual e coletivo, pois: “A crença latente - já agora esquecida - num mundo mais humano e mais justo voltará a prevalecer, e as proposições de Le Corbusier visando sempre integrar o coletivo em grande escala e o individual irreduzível, ainda terão vez. Os interesses do homem como indivíduo nem sempre coincidem com os interesses desse mesmo homem como ser coletivo; cabe, então, ao urbanista procurar resolver, na medida do possível, esta contradição fundamental.”

A quadra residencial determina uma percepção de lugar completamente diferente da Esplanada dos Ministérios ou do Setor Comercial, espaços das escalas monumental e gregária. Dentro de cada escala específica, foram definidas relações de composição próprias do lugar. A percepção de cada escala individualmente é importante, assim como o contraste entre elas, sendo que alterações em qualquer uma delas afetam a composição como um todo.

A legislação torna-se então, fundamental para a preservação da composição espacial da cidade, além das questões bioclimáticas e de conforto térmico e eficiência

energética. O conceito do projeto de Brasília, com sua divisão funcional e morfológica, influenciou a configuração espacial das outras 26 Regiões Administrativas do DF.

O plano original de Lúcio Costa trazia diversas orientações, determinações e exigências quanto às características das edificações a serem construídas em Brasília. Foram as primeiras regulamentações da nova capital, que posteriormente influenciaram na criação das plantas de cadastro e gabarito. Só mais tarde surgiram legislações para as edificações separadas das plantas, resultados de decisões do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), criado para dispor sobre as construções no DF.

Depois de sete anos de inauguração, Brasília teve seu primeiro Código de Obras (Decreto “N” nº 596, de 8 de março de 1967), que dispunha sobre zoneamento, edificações, licenciamento e fiscalização de projetos e execução de todas as obras públicas e privadas da cidade. Editado durante a ditadura militar, o código permitia uma maior participação de empreendedores privados na construção de Brasília, o que resultou num maior número de edifícios dirigidos para o mercado imobiliário.

Em 1980 o código sofreu a primeira revisão, quando foi atualizado e normas complementares foram incorporadas.<sup>18</sup> Existia a intenção de atualização do código a cada ano, com as novas normas e decisões, o que não aconteceu.

Apenas em 1989 o código foi revisado (decreto 11.428 de 24 de janeiro de 1989), e passou a ter normas separadas em duas categorias: Normas Relativas a Atividades (NRA) e Normas Gerais de Construção (NGC). Segundo Buson (1998, p. 12) esta revisão incorporou diversas referências técnicas contidas em regulamentações e legislações de outras grandes cidades brasileiras, e o critério utilizado foi a “incorporação dos valores mais utilizados, pressupondo que, a repetição do índice seria um reflexo de um provável acerto.”

O Código de 1989 foi marcado por alguns acontecimentos importante para a cidade: o tombamento de Brasília como Patrimônio Cultural da Humanidade, pela Unesco, em 1987; a proposta “Brasília Revisitada, de Lúcio Costa (1987) e a promulgação da Constituição Brasileira de 1988, quando o DF adquiriu autonomia política.

---

<sup>18</sup> Mais de 100 Decisões e Decretos foram incorporados a esta nova publicação, além das normas do Correio e Telégrafos, Secretaria de Finanças, IAPAS e os decretos e normas do CONFEA e CREA, NOVACAP e TERRACAP. (BUSON, 1998, p. 11)

O código passou por outra revisão, em 1998, que resultou numa legislação para todo o Distrito Federal. Novamente foram questionadas algumas determinações e exigências dos índices técnicos.

“A redução de requisitos e a simplificação de procedimentos para a aprovação de projetos foram características das mais marcantes do Código de 1998. Nele também foram eliminadas quase que integralmente as exigências relativas à qualidade arquitetônica. Ao que se vê, o último código contraria tendências atuais de aplicação de normas cada vez mais rígidas principalmente em cidade tombadas.” (BRAGA, 2005, p.13)

O COE-DF de 1998, ainda em vigor, segue a estrutura e texto básicos da maioria dos códigos brasileiros, mas, em sua revisão de 1998, traz uma particularidade: possui dois textos complementares. Um refere-se a Lei nº 2.105/98 de 08 de outubro de 1998, que Dispõe sobre o Código de Edificações do Distrito Federal e o outro texto é o Decreto nº 19.915/98 de 17 de dezembro de 1998, que regulamenta e complementa a lei.

Os dois textos são dispostos paralelamente, em colunas e trazem artigos específicos, em numeração diferenciada. (ver tabela 5) Essa disposição é confusa e dificulta o entendimento e o rápido acesso a informação. Não é simples encontrar o artigo, principalmente porque a lei e o decreto têm suas numerações de capítulos, seções e artigo independentes. Assim, por exemplo, para saber as exigências para o canteiro de obras, é necessário procurar os artigos 65 a 74 da Seção I (Do Canteiro de Obras), do CAPÍTULO II (Da Execução Das Obras) da LEI e também os artigos 58 a 70 da Seção I (Do Canteiro De Obras), do CAPÍTULO IV (Da Execução Das Obras) do DECRETO.

O Decreto complementa a lei, mas para a prática do profissional ou para a consulta do cidadão, a configuração do COE-DF mostra-se ineficiente e até mesmo um obstáculo para aplicação dos índices.

Atualmente o DF conta com as Normas de Gabarito (NGB), que dispõe das particularidades de cada setor ou cidade do DF, não detalhadas no COE-DF. A objetividade das NGBs supera a formatação burocrática do COE-DF e na prática tem sido a legislação mais utilizada para a aprovação dos projetos (ver anexo 4). Em muitos casos, são definidos parâmetros específicos nas normas locais, que contradizem o COE, e são inúmeros os casos que devem ser julgados pela Comissão Permanente do Código de Obras e Edificações (CP-COE), da Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente (SEDUMA). Segundo membros da CP-COE, o código será revisado novamente este ano.

**Tabela 5: Estrutura Básica do COE-DF: Lei e Decreto Complementar**

Lei nº 2.105/98 08/10/1998	Decreto nº 19.915/98 17/12/1998
TÍTULO I: DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES CAPÍTULO I: DO OBJETO DO CÓDIGO CAPÍTULO II: DA CONCEITUAÇÃO CAPÍTULO III: DOS DIREITOS E RESPONSABILIDADES Seção I: Do Profissional Seção II: DO PROPRIETÁRIO Seção III: DA ADMINISTRAÇÃO REGIONAL CAPÍTULO IV: DOS PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS Seção I: DOS PROCEDIMENTOS GERAIS Seção II: DA APROVAÇÃO DE PROJETOS Seção III: DO LICENCIAMENTO Seção IV: DOS CERTIFICADOS DE CONCLUSÃO TÍTULO II: DAS EDIFICAÇÕES CAPÍTULO I: DOS BENS TOMBADOS CAPÍTULO II: DA EXECUÇÃO DAS OBRAS Seção I: DO CANTEIRO DE OBRAS Seção II: DO MOVIMENTO DE TERRA Seção III: DOS MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS CAPÍTULO III: DOS ASPECTOS GERAIS DAS EDIFICAÇÕES Seção I: DOS COMPARTIMENTOS Seção II: DA AERAÇÃO E ILUMINAÇÃO Seção III: DAS GARAGENS E ESTACIONAMENTOS Seção IV: DA ACESSIBILIDADE Subseção I: DA EDIFICAÇÃO Subseção II: DA URBANIZAÇÃO Seção V: DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS Seção VI: DAS CONCESSÕES Seção VII: DAS OBRAS COMPLEMENTARES CAPÍTULO IV: DOS ASPECTOS ESPECÍFICOS DAS EDIFICAÇÕES CAPÍTULO V: DAS EDIFICAÇÕES DE CARÁTER ESPECIAL CAPÍTULO VI: DAS EDIFICAÇÕES TEMPORÁRIAS TÍTULO III: DAS INFRAÇÕES E PENALIDADES TÍTULO IV: DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS	CAPÍTULO I: DA FINALIDADE CAPÍTULO II: DA CONCEITUAÇÃO CAPÍTULO III: DOS PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS Seção I: DOS PROCEDIMENTOS GERAIS Seção II: DA APROVAÇÃO DE PROJETOS Seção III: DO LICENCIAMENTO Seção IV: DOS CERTIFICADOS DE CONCLUSÃO CAPÍTULO IV: DA EXECUÇÃO DAS OBRAS Seção I: DO CANTEIRO DE OBRAS Seção II: DO MOVIMENTO DE TERRA Seção III: DOS MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS CAPÍTULO V: DOS ASPECTOS GERAIS DAS EDIFICAÇÕES Seção I: DOS COMPARTIMENTOS Seção II: DA AERAÇÃO E ILUMINAÇÃO Seção III: DAS GARAGENS E ESTACIONAMENTOS Seção IV: DA ACESSIBILIDADE Subseção I: DA EDIFICAÇÃO Subseção II: DA URBANIZAÇÃO Seção V: DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS Seção VI: DAS CONCESSÕES Seção VII: DAS OBRAS COMPLEMENTARES CAPÍTULO VIII: DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

### 3.5. Considerações sobre o capítulo 3

O objetivo maior das legislações urbanas é garantir a qualidade dos espaços construídos, dentro de parâmetros mínimos aceitáveis de higiene, salubridade e conforto, além de serem ordenadores da coletividade.

A legislação brasileira foi fortemente influenciada pela Arquitetura Moderna, e passou a absorver os princípios formais veiculados nos CIAMs. A concepção modernista de cidade setorizada expressa pela Carta de Atenas e os princípios da cidade jardim foram sendo incorporados no urbanismo brasileiro e códigos de obra, chegando a seu ápice com a construção de Brasília

Vários modelos e pesquisas foram propostos para a incorporação de conceitos bioclimáticos e termo-energéticos nos códigos de obra brasileiros, com análise de importantes parâmetros, assim como propostas metodológicas.

O COE-DF é fundamental para a preservação da composição espacial de Brasília, assim como para o ordenamento de seu crescimento. Já passou por várias revisões, mas ainda é carente de uma abordagem bioclimática e termo-energética para a qualificação das edificações do DF.