PRÁTICA DE ENSINO DO PROJETO DE ARQUITETURA A PARTIR DA ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PRESENTES EM RESIDÊNCIAS ICÔNICAS DA ARQUITETURA MODERNA GOIANA

Larissa Rodrigues Araújo (1); Loyde Vieira de Abreu-Harbich (2); Karla E. Hora Ribeiro (3)

(1) Mestre, Arquiteta e Urbanista, arq.larissarodrigues@gmail.com, PPG-PC- UFG, Av. Esperança, s/n, Câmpus Samambaia, Goiânia-Go, (62)3521-1127
(2) Doutora, Arquiteta e Urbanista, loyde.harbich@mackenzie.br, FAU-UPM, Rua Itambé, 143. Prédio 9 Higienópolis, São Paulo-Sp, (11) 945635511
(3) Doutora, Arquiteta e Urbanista, karlaemmanuela@gmail.com, EECA-UFG. Avenida Universitária, 1488, Qd. 86, Lt. Área, Setor Leste Universitário, Goiânia-Go, (62) 3209-6084

RESUMO

A arquitetura modernista apresentou a preocupação com adaptações da edificação ao clima local, incorporando diversas estratégias bioclimáticas. Considerando isso, este artigo objetiva descrever uma prática de ensino de projeto de arquitetura bioclimática aplicado a residências icônicas da arquitetura moderna goiana. O método de análise utilizado consiste na correlação entre as recomendações projetuais indicadas pelos métodos de Mahoney, Givoni e NBR 15220 (ABNT, 2003) e as estratégias empregadas nas residências selecionadas. Dentre os projetos de 13 exemplares residenciais de arquitetura moderna, foram selecionadas as 4 residências que contêm mais elementos de adaptação ao clima. Em seguida, foi verificado nelas o alcance das recomendações de projeto bioclimático dos diferentes métodos. O atendimento às diretrizes projetuais bioclimáticas para cada método em cada objeto de estudo foi comparado a partir de uma análise estatística descritiva. Pelos resultados encontrados, observou-se que nenhuma das casas atendeu integralmente a todas as recomendações, sendo que a de maior êxito contempla 67% destas recomendações de forma integral, e a de menor êxito, apenas 33%. Mesmo não contemplando as diretrizes projetuais plenamente, as residências analisadas apresentam diversas estratégias de adequação ao clima e contribuem, em parte, com soluções e estratégias compatíveis com a cidade. Esta análise permite sensibilizar o aluno e projetista para disseminação de boas práticas projetuais de conforto térmico, saúde e eficiência energética a partir de análise de estudos de caso, bem como aplicação de estratégias bioclimáticas em projetos futuros.

Palavras-chave: arquitetura moderna, estratégias bioclimáticas, conforto térmico, clima tropical de altitude (Goiânia).

ABSTRACT

The modernist architecture presented itself in Brazil with a concern to building adapted to local reality, incorporating several elements that are related with bioclimatic architecture principles and environmental comfort issues. Considering this, this article aims to describe a practice of teaching bioclimatic architecture in applied design of iconic modern architecture residences in Goiás. The method of analysis used consists of the correlation between projective recommendations indicated by methods Mahoney Method, Givoni Chart and NBR 15 220 (ABNT, 2003) and strategies employed in selected residences. Among the projects of 13 residential examples of modern architecture, the 4 residences that contain more climate elements adaptation were selected. Then, bioclimatic design recommendations of the different methods was verified. Compliance with the bioclimatic design recommendations for each method in each study object was compared from a descriptive statistical analysis. Based on the results found, it was observed that none of the houses fully had all recommendations, and the most successful one covered 67% of these recommendations in a comprehensive way, and the least successful, only 33%. Even if they do not fully contemplate the project guidelines, the residences analyzed present several strategies of adaptation to the climate and contribute, in part, with solutions and strategies compatible with the city. This analysis allows to sensitize the student and designer to the dissemination of good design practices of thermal comfort, health and energy efficiency from the studies analyzed of the region., as well as bioclimatic strategies can be applied in future projects.

Palavras-chave: Modern Architecture, bioclimate strategies, thermal comfort, tropical climate (Goiânia)

1. INTRODUÇÃO

Devido às mudanças climáticas nos últimos anos e a situação atual da pandemia, houve um aumento na demanda de energia para aclimatação dos ambientes internos residenciais que não tiveram uma preocupação em projetar uma envoltória adequada ao clima. Ao considerar as necessidades de economia de energia e a redução de impactos ambientais, a sustentabilidade no ambiente construído se mostra cada vez mais urgente nas cidades e exige edificações que mantenham condições de conforto ambiental com baixos gastos energéticos (CORBELLA; CORNER, 2011).

É importante que esse conceito de arquitetura bioclimática seja difundido na prática do ensino do projeto de arquitetura a partir de análises de estudos de caso da arquitetura moderna brasileira – estilo arquitetônico que difundiu os princípios de adaptação do ambiente construído ao clima local. Salienta-se que o estudo da história da arquitetura e urbanismo auxilia o aluno e/ou projetista no diálogo entre a história e o presente, com toda sua diversidade urbana devido ao tempo, culturas e práticas. Além disso, permite a criação de novos parâmetros de projetos e ensino da arquitetura e urbanismo visando a melhor integração entre o presente e o futuro da arquitetura e urbanismo (BRANDÃO, 2012). Desta forma, o estudo de estratégias bioclimáticas em edifícios residenciais icônicos da arquitetura moderna goiana permite analisar as soluções adotadas e estabelecer novos parâmetros de criação e ensino da Arquitetura e Urbanismo, introduzindo a racionalidade de elementos que promovem conforto térmico e lumínico, eficiência energética entre outros. Salienta-se que a arquitetura residencial goiana representou um dos mais importantes meios de manifestação do movimento moderno que proliferaram as contribuições mais originais e significativas no contexto da cidade (VAZ E ZÁRATE, 2005).

O termo “arquitetura bioclimática” considera um edifício como um filtro que controla as variáveis do meio através de sua envoltória, do seu entorno e do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para regular o vento e o sol para promover conforto (ROMERO, 1988). Os parâmetros físicos - radiação solar, temperatura do ar, temperatura resultante média, umidade relativa, movimento do ar, nível geral de iluminação, brilho - e aspectos pessoais devem ser considerados (CORBELLA; CORNER, 2011). Salienta-se que as variáveis de conforto térmico e visual (lumínico) estão fortemente correlacionadas ao consumo de energia, estas devem ser controladas (LAMBERTS et al., 2014). Ou seja, um projeto arquitetônico com um bom desempenho térmico emprega estratégias bioclimáticas para promover conforto de forma passiva, evitando o uso de aparatos mecânicos.

No Brasil, o arquiteto francês Le Corbusier se destaca por influenciar a arquitetura moderna a partir de 1930 (NAIF, 2004). Essa influência europeia contribuiu para a produção de vários edifícios modernos icônicos que harmonizaram o ambiente construído a partir dos recursos naturais disponíveis no lugar, promovendo o conforto. Apesar de inicialmente a arquitetura moderna brasileira ter buscado a adequação ao clima, essa preocupação se esvaece e elementos como fachadas totalmente envidraçadas e sem proteção solar são incorporados aos projetos. Corbella e Yannas (2003) destacam que a partir da década de 60, os edifícios começavam a ser equipados com ar-condicionado.

A fim de estudar os elementos arquitetônicos presentes na arquitetura moderna como paramentos de adaptação da arquitetura ao clima local, alguns estudos foram desenvolvidos. No âmbito internacional, Beltrán-Fernández et al. (2017) analisaram a influência das estratégias bioclimáticas no conforto interno da casa Jacobs, projetada por Frank Lloyd Wright, e observaram que diversas estratégias adotadas significaram melhorias no comportamento térmico do edifício. Requena-Ruiz (2016) também analisou o conforto térmico de duas residências modernas, uma projetada por Le Corbusier e a outra, por seu discípulo André Wogenscky e, como resultado, revela potencialidades e restrições em relação ao conforto obtido pelas estratégias utilizadas nas casas. No âmbito nacional, Gonçalves et al. (2018) investigaram o desempenho térmico do edifício COPAN, em São Paulo, e concluíram que o efeito combinado da inércia térmica, do sombreamento externo e de ventilação natural controlada resultou em condições térmicas internas estáveis. Odebrecht et al. (2012), caracterizaram os elementos bioclimáticos presentes em um estudo de caso da arquitetura moderna de Blumenau-SC e concluíram que é possível continuar tirando proveito das estratégias bioclimáticas adotadas nos projetos da arquitetura modernista, podendo utilizá-las em novas edificações.

Salienta-se que o método de pesquisa adotado na maioria dos estudos sobre arquitetura bioclimática é baseada em estudos de caso. E ainda há poucos relatos sobre a utilização desses princípios na pratica do atelier de projetos integrado. Dutra e Yannas (2006) consideraram que as ferramentas utilizadas para desenvolvimento da arquitetura bioclimática sejam pouco valorizadas pelos projetistas. Posteriormente, as certificações ambientais se tornaram um atrativo para os projetistas desenvolverem projetos que contemplem arquiteturas bioclimáticas. Após a implementação da norma de desempenho, NBR 15 575 (ABNT, 2013), tais princípios começaram a ser mais aplicados nos projetos arquitetônicos residenciais.

Tendo em vista as preocupações da arquitetura moderna brasileira com a adequação ao lugar, e os exemplos de soluções técnicas que estes edifícios podem apresentar, sucedeu-se o seguinte questionamento: como as estratégias bioclimáticas presentes nas edificações residenciais modernistas de Goiânia podem auxiliar no ensino da pratica do projeto arquitetônico bioclimático?

Considerando a importância de adequação das edificações às condicionantes do clima local, este artigo objetiva descrever uma metodologia para a prática do ensino de projeto de arquitetura bioclimática aplicado a residências a partir da análise de estudos de casos de exemplares icônicos da arquitetura moderna goiana. A partir deste estudo, é possível identificar a presença de estratégias bioclimáticas em edificações emblemáticas da cidade de Goiânia e compreender como uso destas estratégias podem contribuir para futuros projetos de edificações.

2. MÉTODO

Este estudo foi realizado em 4 etapas:

a) Definição do clima de Goiânia;
b) Levantamento das edificações modernistas existentes na cidade de Goiânia;
c) Levantamento das estratégias projetuais por diferentes métodos;
d) Análise comparativa entre as casas.

2.1 O clima de Goiânia

A cidade de Goiânia (Figura 1) apresenta um regime pluviométrico bem definido, configurando uma estação seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a janeiro). Os meses de fevereiro, março e abril possuem uma intensidade razoável de chuvas, caracterizando uma transição entre os períodos. Os índices de umidade relativa variam de 52%, em agosto (mês mais seco do ano), e 82%, no período de dezembro a março (ABREU-HARBICH; CHAVES; 2016).

Para melhor entendimento do clima de Goiânia, foi realizada análises do clima durante os anos de 2002 a 2015. A partir dessa análise observou-se as frequências da média temperatura do ar e a média da umidade relativa do ar durante o dia na figura 01. A figura 2 apresenta os resultados para a velocidade do vento e média horária da velocidade dos ventos nos anos entre os anos de 2002 a 2015.

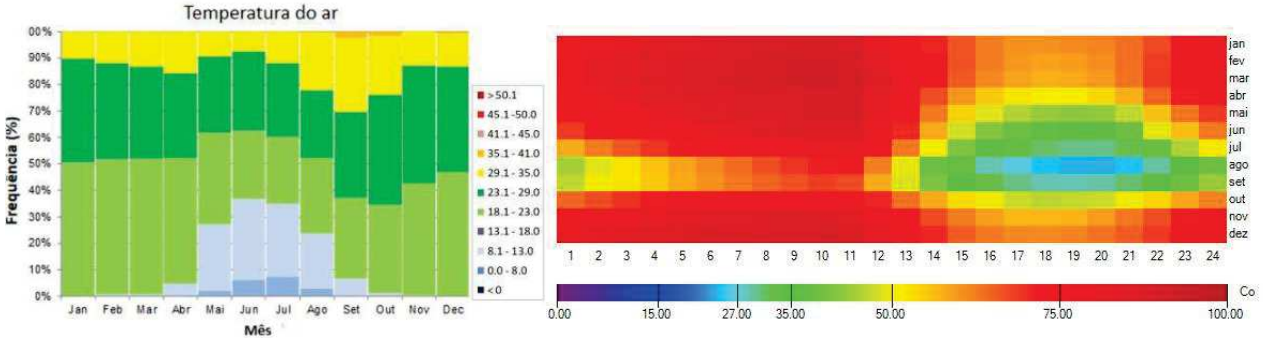

Figura 1- Frequência da temperatura do ar por mês e a media da temperatura relativa do ar durantes o período estudado (Fonte: Autor)

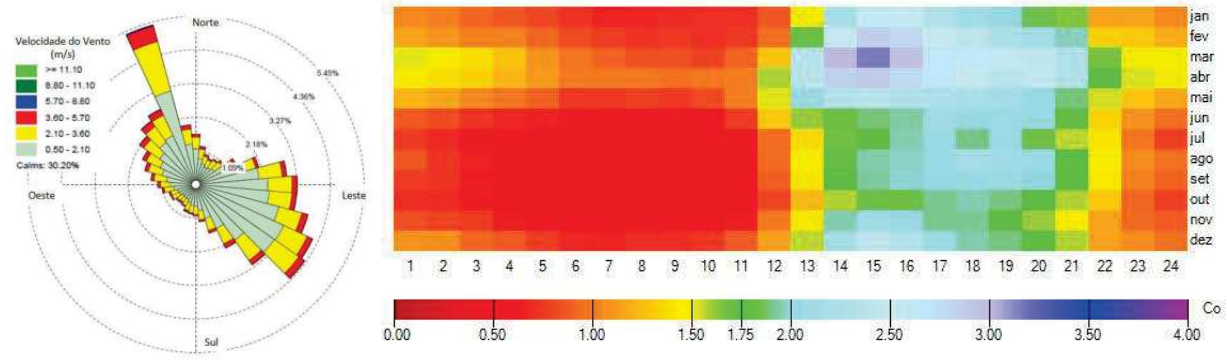

Figura 2 – Rosa dos Ventos e média horária da velocidade dos ventos nos anos entre os anos de 2002 a 2015

2.2 Levantamento das edificações modernistas existentes na cidade de Goiânia

Segundo levantamento realizado em estudos anteriores – Mello (1996), Vaz e Zárate (2005), Silva Neto (2010), Moura (2015), Bessa (2016) –, observou-se a existência de 13 exemplares de arquitetura moderna residencial na cidade de Goiânia. Tendo em vista estes exemplares, foram observadas as estratégias arquitetônicas de adaptação ao clima empregadas em cada um. Para tanto, foram analisados os projetos dos 13 exemplares e, dentre eles, foram selecionadas as 4 residências que contêm mais elementos de adaptação ao clima (Tabela 1). As casas selecionadas estão destacadas no quadro pela cor rosa. Em seguida, foi verificado nelas o alcance das recomendações de projeto bioclimático dos diferentes métodos.

Tabela 1 – Residências Modernistas presentes em Goiânia

RESIDÊNCIA	ANO DE CONSTRUÇÃO	ÁREA CONSTRUÍDA	LOCALIZAÇÃO	ARQUITETO	ELEMENTOS DE ADAPTAÇÃO AO CLIMA	SOMATÓRIO DOS ELEMENTOS
1 - Resid. Dourival de Souza Bacellar	1952 a 1953	189,17	Setor Sul	Eurico de Godoy	Pátio interno com jardim, varanda	2
2 - Resid. José Félix Louza	1952 a 1953	351,88	Setor Central	David Libeskind	Pátio interno com jardim, paredes externas espessas, revestimentos em paredes externas, elementos vazados, largos beirais	5
3 - Resid. Haji Ascar	1955 a 1957	1139,28	Setor Sul	David Libeskind	Pilotis, varandas, panos de vidro	3
4 - Resid. Eduardo Jacobson	1959	708	Setor Central	Luis Osório Leão	Venezianas, beirais, pilotis, varanda	4
5 - Resid. José Ribeiro Parrode	1960 a 1962	394,74	Setor Oeste	Eurico de Godoy	Revestimentos em paredes externas, corredores de circulação abertos para o exterior, elemento de proteção em aberturas	3
6 - Resid. Benedito Umbelino de Souza	1961 a 1962	507,8	Setor Central	Luis Osório Leão	Varandas, pergolado, revestimentos em paredes externas, prolongamento do pavimento superior	4
7 - Resid. Bariani Ortêncio	1961 a 1962	515,56	Setor Central	Eurico de Godoy	Corredores de circulação abertos para o exterior, varandas	2
8 - Resid. Carlos Cunha Filho	1963 a 1964	494,93	Setor Central	Silas Varizo e Armando Norman	Elementos vazados, terraço jardim, pergolado, brises, prolongamento do pavimento superior, varanda	6
9 - Resid. Abdala Abraão	1966 a 1967	1000,48	Setor Sul	David Libeskind	Revestimento em paredes externas, largos beirais, panos de vidro,varandas, iluminação zenital, prolongamento do pavimento superior	6
10 - Resid. Leo de Queiroz Barreto	1972 a 1974	388,79	Setor Sul	Raul Naves Filó	Largos beirais, pergolado, venezianas, varanda	4
11 - Resid. Ruffo de Freitas	1972 a 1974	493,52	Setor Oeste	Antônio Lúcio	Varandas, elemento de proteção em aberturas, prolongamento do pavimento superior	3
12 - Resid. Georthon Philocreon	1974 a 1975	573	Setor Marista	Paulo Mendonça	Terraço jardim, brises, venezianas, revestimentos em paredes externas, prolongamento do pavimento superior, varanda	6
13 - Resid. Antônio Lúcio	1974 a 1975	388,66	Setor Marista	Antônio Lúcio	Panos de vidro, pilotis, abertura zenital, elementos de controle solar	4

As casas selecionadas, conforme visto na Tabela 1, foram: Residencia José Felix Louza (2); Residência Carlos Cunha Filho (8); Residência Abdala Abraão (9); Residência Georthon Philocreon (12), conforme as Figuras 3 e 4.



Figura 3 – Residência José Felix Louza (2) e Residência Carlos Cunha Filho (8), respectivamente (Adaptado de Silva Neto, 2010).



Figura 4 – Residência Abdala Abraão (9) e Residência Georthon Philocreon (12), respectivamente (Adaptado de Silva Neto, 2010)

2.3 Levantamento das estratégias projetuais por diferentes métodos

No Brasil, os métodos mais utilizados em análise de estratégias projetuais – Método de Mahoney, Givoni e NBR 15220 – serão descritos a seguir, respectivamente:

2.3.1 Tabelas de Mahoney

O método das Tabelas de Mahoney (KOENIGSBERGER et al.,1977; MASCARÓ, 1983) é uma análise climática simplificada envolvendo as variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, chuvas e ventos, segundo suas condições médias mensais, definindo recomendações em termos de partido geral e detalhe de elementos de arquitetura. Aroztegui (1977) salienta que este método é apropriado para uma primeira definição do clima. Os procedimentos do método de Mahoney para aplicação em termos de análise térmica de ambientes foram muito utilizados em trabalhos publicados por volta de 15 anos atrás, tais como Aroztegui (1977), Bahia (1997), aplicando-o para locais específicos, como Rio de janeiro, Iguaba Grande (RJ), Porto Alegre e Florianópolis, respectivamente. Em trabalhos mais recentes, Bodach et al. (2014) e Garcia e Caram (2017) também utilizaram o método em suas análises bioclimáticas de edificações localizadas no Nepal e em Uberaba-MG, respectivamente.

Neste método são analisadas as seguintes variáveis climáticas: temperatura, umidade, pluviosidade, velocidade e direção dos ventos, segundo suas condições médias mensais. Como resultados, são apresentadas as diretrizes projetuais referentes à implantação, ao espaçamento das edificações, à ventilação, ao tamanho das aberturas, à posição das aberturas, à proteção das aberturas, às paredes e aos pisos, às coberturas e ao exterior da edificação. Neste estudo, foram utilizados os dados do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura (2018). Uma das desvantagens do método de Mahoney é não permitir a variação da tipologia da edificação, oferecendo apenas um modelo de solução, entretanto, na etapa de estudo preliminar, as recomendações conceituais de projeto de arquitetura e urbanismo são relevantes.

Os dados climáticos da tabela de entrada (Tabela 2) dessa pesquisa foram baseados na análise dos dados horários da estação automática de Goiânia do ano de 2013 (INMET, 2018). A tabela 3 aponta o diagnóstico climático, onde os meses considerados confortáveis durante o dia são junho, julho e agosto e durante a noite são de janeiro a abril, e de setembro a dezembro. Foram considerados quentes, o período diurno entre janeiro e maio, e entre setembro e dezembro. Foi considerado frio o período noturno nos meses entre maio e agosto.

Tabela 2 – Dados climáticos para Goiânia-Go

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TEMP. MED. MAX.	28,5	30,5	30,0	29,0	29,5	29,0	29,0	31,0	32,0	31,0	30,0	29,5
TEMP. MED. MIN.	20,5	20,0	20,5	18,5	16,0	16,0	13,5	14,5	18,5	20,0	20,0	20,5
AMPLITUDE MEDIA	8,0	10,5	9,5	10,5	13,5	13,0	15,5	16,5	13,5	11,0	10,0	9,0
UMID. RELATIVA	80%	76%	77%	75%	68%	69%	60%	48%	50%	65%	74%	79%
PLUVIOSID. (mm)	385,2	146,4	234,4	47,2	37,4	9,6	0,0	1,6	56,0	131,0	265,2	447,0
VEL. VENTO (m/s)	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	0,9	1,3	1,4	1,8	1,2	1,1	1,1
DIREÇÃO VENTO	NW	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	SE	NW	NW

Fonte: INMET (2018).

Tabela 3 – Diagnóstico

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
GRUPO UMIDADE	4	4	4	4	3	3	3	2	3	3	4	4
LIMITE SUP. DIA	27	27	27	27	29	29	29	31	29	29	27	27
TEMP. MED. MAX.	28,5	30,5	30,0	29,0	29,5	29,0	29,0	31,0	32,0	31,0	30,0	29,5
LIMITE INF. DIA	22	22	22	22	23	23	23	25	23	23	22	22
LIMITE SUP. NOITE	21	21	21	21	23	23	23	24	23	23	21	21
TEMP. MED. MIN.	20,5	20,0	20,5	18,5	16,0	16,0	13,5	14,5	18,5	20,0	20,0	20,5
LIMITE INF. NOITE	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
DIAGN. DIURNO	Q	Q	Q	Q	Q	C	C	C	Q	Q	Q	Q
DIAGN. NOTURNO	C	C	C	C	F	F	F	F	C	C	C	C
Onde: Q= maior probabilidade de calor F= maior probabilidade de frio C= maior probabilidade de conforto												

Assim, foram definidas as seguintes recomendações de projeto de arquitetura em nível para a definição do partido geral e estratégias bioclimáticas:

a) Implantação: edifício alongado, com as fachadas maiores voltadas para norte e sula, para reduzir a exposição ao sol;
b) Espaçamentos entre as edificações: aumentar distâncias entre edificações para melhor ventilação, mas com possibilidade de controlá-la;
c) Ventilação: para obter uma ventilação cruzada permanente, as habitações devem ser dispostas em fila simples ao longo do edifício;
d) Tamanho das aberturas: 15 a 25 % das fachadas;
e) Posição das aberturas: nas fachadas norte e sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes;
f) Proteção das aberturas: proteger da chuva, permitindo ventilação;
g) Paredes e pisos: pesadas. U ≤ 2,0 w/(m2 oC), retard. ≥ 8 horas, fator sol ≤ 4%;
h) Coberturas: pesadas. U ≤ 0,85 w/(m2 oC), retard. ≥ 8 horas, fator sol ≤ 3 %;
i) Exterior da edificação: proteger contra as chuvas.

2.3.2 Carta de Givoni

A carta bioclimática de Givoni (1992) é constituída por um diagrama psicrométrico que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa com uma específica zona de conforto e demais estratégias correspondentes. Utilizando-se o software Analysis BIO, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC, foi gerada a carta bioclimática de Givoni para Goiânia (Figura 5) de acordo com o modelo adaptativo descrito pela ASHRAE 55-2010 e com base nos mesmos dados horários da estação meteorológica de Goiânia do ano de 2013 (INMET, 2018).

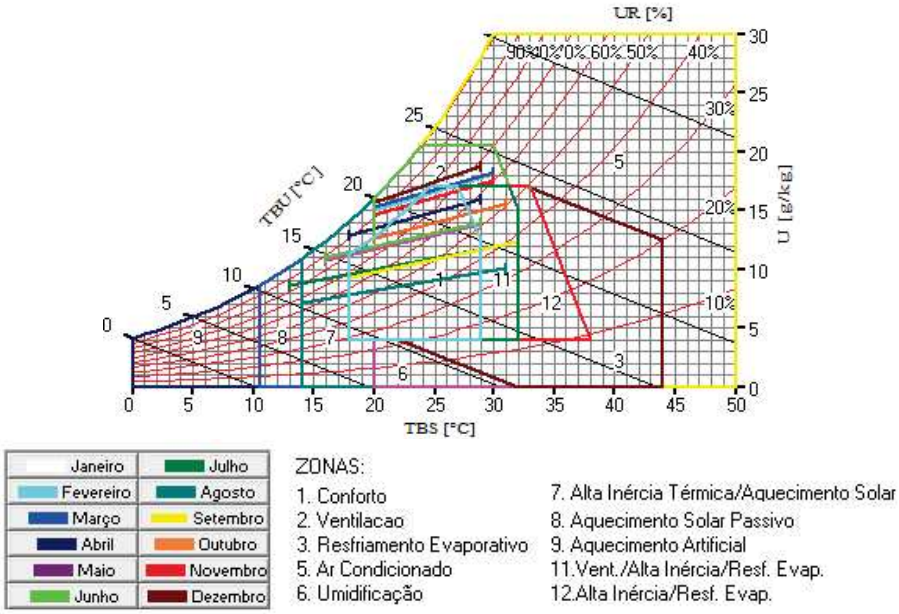

Figura 5 – Carta Bioclimática de Givoni para Goiânia-GO a partir das médias mensais (Extraído do software Analysis BIO).

A Carta Bioclimática de Givoni para Goiânia indica que há períodos de conforto em todos os meses do ano, exceto no mês de dezembro. As estratégias bioclimáticas recomendadas foram: ventilação, aquecimento solar passivo, alta inércia térmica e resfriamento evaporativo, como pode ser visto no relatório do Quadro 2.

Tabela 4 – Relatório da Carta Bioclimática

MÊS	% DE CONFORTO E/OU ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	MÊS	% DE CONFORTO E/OU ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS
JAN	Conforto: 20.86 % Ventilação: 79.14%	JUL	Conforto: 68.75% Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 25.00% Aquecimento Solar Passivo: 6.25%
FEV	Conforto:28.27% Ventilação: 71.73%	AGO	Conforto: 64.71% Aquec. Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 23.53% Ventilacao/Alta Inércia/Resf.Evaporativo: 11.76%
MAR	Conforto: 17.68% Ventilação: 82.32%	SET	Conforto: 78.58% Ventilacao/Alta Inércia/Resf. Evaporativo: 21.42%
ABR	Conforto:58.28% Ventilacao:11.26% Aquec.SolarPassivo/Alta InérciaTérmica:18.19% Ventilacao/Alta Inércia/Resf. Evaporativo: 12.28%	OUT	Conforto: 72.71% Ventilacao/Alta Inércia/Resf. Evaporativo: 27.29%
MAI	Conforto:80.73% Aquec.SolarPassivo/AltaInérciaTérmica:15.39% Ventilacao/Alta Inércia/Resf. Evaporativo: 3.88%	NOV	Conforto:40.07% Ventilacao:50.29% Ventilacao/Alta Inércia/Resf. Evaporativo: 9.64%
JUN	Conforto:77.62% Aquec. Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 17.94% Ventilacao/Alta Inércia/Resf. Evaporativo: 4.45%	DEZ	Conforto:0.00% Ventilacao: 100.00%

2.3.3 Método da NBR 15220 (ABNT, 2003)

A NBR 15.220 (ABNT, 2003) classificou o Brasil em oito regiões bioclimáticas baseado nas normais climatológicas de temperatura do ar de 330 cidades. Na norma, é possível encontrar, para cada zona, diferentes recomendações para o tamanho das aberturas para ventilação, necessidades de proteção das aberturas, tipos de vedações externas para paredes e coberturas, além de estratégias de condicionamento térmico passivo. O objetivo destas recomendações é otimizar o desempenho térmico das edificações por meio da adequação ao clima. Como as edificações em análise se encontram na cidade de Goiânia, para verificar os limites de desempenho térmico segundo o método da NBR 15220 (ABNT, 2003), identificou-se que a zona bioclimática para a cidade é a ZB-6, conforme a Figura 06.

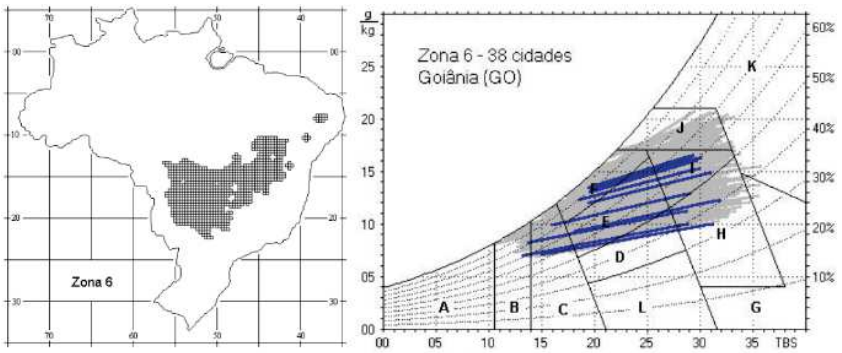

Figura 6 – Carta bioclimática para a ZB-6 (ABNT, 2003).

Segundo a NBR 15.220 (ABNT, 2003), as diretrizes projetuais para a ZB-6 são: Aberturas médias (15% < área do piso < 25%), sombreamento das aberturas, parede externa pesada (transmitância térmica (U) menor ou igual a 2,2 W/m2.k, atraso térmico maior ou igual a 6,5h e fator solar menor ou igual a 3,5%), cobertura leve isolada (transmitância térmica (U) menor ou igual a 2 W/m2.k, atraso térmico maior ou igual a 3,3h e fator solar menor ou igual a 6,5%), inércia térmica para condicionamento passivo no inverno, ventilação seletiva, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento no verão. No caso do desempenho das aberturas, considera-se para cada ambiente de longa permanência a seguinte relação:

$$A = 100 \cdot (AA / AP) \ (\%) \qquad \text{Equação 1}$$

onde: AA é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área, somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as

áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo nesta área não são computadas as áreas de portas; AP é a área de piso do ambiente.

2.4 Análise comparativa entre as casas

Para comparar as estratégias projetuais indicadas por cada método utilizado neste trabalho e em seguida observar quais foram aplicadas em cada uma das residências selecionadas nesta análise, foi desenvolvida um quadro resumo (Tabela 5).

Para verificar a presença destas estratégias em cada residência, foi determinado que "A" significa ausente; PR, presente com ressalvas; e "P", presente. Será feita uma análise estatística simplificada dos resultados para determinar a porcentagem de atendimento das estratégias projetuais para cada método.

Tabela 5 – Resumo das estratégias projetuais por método

MÉTODO	ESTRATÉGIA
MAHONEY	Edifícios alongados, com fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol
	Aumentar distâncias entre edificações para melhor ventilação, mas com possibilidade de controlar ventilação
	Para obter uma ventilação cruzada permanente, as habitações devem ser dispostas em fila simples ao longo do edifício
	Aberturas de 15 a 25 % das fachadas
	Aberturas nas fachadas norte e sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes
	Proteger aberturas da chuva, permitindo ventilação
	Paredes e pisos - pesadas. U ≤ 2,0 W/(m² ºC), Atraso térmico ≥ 8 horas, Fator sol ≤ 4 %
	Coberturas - pesadas. U ≤ 0,85 W/(m² ºC), Atraso térmico ≥ 8 horas, Fator sol ≤ 3 %
	Exterior da edificação - proteger contra as chuvas
GIVONI	Ventilação natural
	Alta Inércia Térmica
	Resfriamento Evaporativo
	Aquecimento Solar Passivo
	Sombreamento
NBR 15.220 (ABNT, 2003)	Aberturas para ventilação médias (15% < Área de piso < 25%)
	Sombrear aberturas
	Paredes externas pesadas (U □ 2,20 W/m².K ; Atraso térmico ≥ 6,5h ; FSo 3,5%)
	Cobertura Leve isolada (U □ 2,00 W/m².K ; Atraso térmico ≥ 3,3h ; FSo 6,5%)
	Resfriamento evaporativo
	Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
	Vedações internas pesadas (inércia térmica)

3 RESULTADOS

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos sobre o atendimento das estratégias bioclimáticas de cada edificação analisada.

Tabela 6 – Atendimento das residências às estratégias projetuais

		ESTRATÉGIAS PROJETUAIS	CASAS			
			2	8	9	12
MAHONEY	1	Edifícios alongados, com fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol	PR	A	A	A
	2	Aumentar distâncias entre edificações para melhor ventilação, mas com possibilidade de controlar ventilação	PR	PR	PR	PR
	3	Para obter uma ventilação cruzada permanente, as habitações devem ser dispostas em fila simples ao longo do edifício	P	PR	PR	PR
	4	Aberturas de 15 a 25 % das fachadas	PR	P	PR	PR
	5	Aberturas nas fachadas norte e sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes	PR	PR	P	A
	6	Proteger aberturas da chuva, permitindo ventilação	P	PR	P	P
	7	Paredes e pisos - pesadas. U ≤ 2,0 W/(m² ºC), retard. ≥ 8 horas, Fator sol ≤ 4 %	-	-	-	-
	8	Coberturas - pesadas. U ≤ 0,85 W/(m² ºC), retard. ≥ 8 horas, Fator sol ≤ 3 %	-	-	-	-
	9	Exterior da edificação - proteger contra as chuvas	P	P	P	P
GIVONI	1	Ventilação natural	P	P	P	P
	2	Alta Inércia Térmica	-	-	-	-
	3	Resfriamento Evaporativo	P	P	P	P
	4	Aquecimento Solar Passivo	A	PR	PR	PR
		Sombreamento				
	5	Sombreamento	P	PR	P	P
NBR 15220	1	Aberturas para ventilação médias (15% < Área de piso < 25%)	PR	PR	P	PR
	2	Sombrear aberturas	P	PR	P	P
	3	Paredes externas pesadas (U £ 2,20 W/m².K ; $ 6,5h ; FSo 3,5%)	-	-	-	-
	4	Cobertura Leve isolada (U £ 2,00 W/m².K ; $ 3,3h ; FSo 6,5%)	-	-	-	-
	5	Resfriamento evaporativo	P	P	P	P
	6	Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	P	PR	P	P
	7	Vedações internas pesadas (inércia térmica)	-	-	-	-

Foi verificado que, quanto à distância entre as edificações recomendadas por Mahoney (estratégia 2), em todas as casas existem afastamentos com relação ao limite dos lotes, porém, todas encostam neste limite em algum ponto, por isso, este quesito foi considerado presente com ressalvas (PR). A estratégia de resfriamento evaporativo indicada por Givoni e pela NBR 15220 foi considerada presente (P) em todas as residências devido à presença de amplos jardins e/ou piscinas. A ventilação natura indicada por Givoni (estratégia 1) foi classificada como presente (P) em todas as casas analisadas, pois todas possuem aberturas que possibilita haver ventilação. Entretanto, a estratégia 5 da NBR 15220, que trata da ventilação seletiva, foi considerada presente (P) em todas as residências devido à possibilidade de abrir e fechar as janelas para o controle, exceto na residência Carlos Cunha Filho (8), em que não há possibilidade de controlar a ventilação das aberturas na fachada com os brises. Nos outros ambientes da casa, porém, ela também pode ser controlada por meio da abertura ou fechamento de portas e janelas, e por esses motivos, foi considerada uma estratégia presente com ressalvas (PR).

A Figura 7 apresenta a porcentagem de atendimento das estratégias bioclimáticas nas casas segundo os métodos de Mahoney, Givoni e NBR 15220 (ABNT, 2003). Observou-se na Figura 9 que as residências José Felix Lousa (2) e Abdala Abraão (9) possuem a maior porcentagem de atendimento das estratégias bioclimáticas projetuais segundo o método de Mahoney, sendo que na casa 2, nenhuma estratégia está totalmente ausente. Já com relação ao método de Givoni, as residências José Felix Louza (2), Abdala Abraão (9) e Georthon Philocreon (12) obtiveram um resultado igual de estratégias presentes e foram as que atenderam mais estratégias bioclimáticas projetuais, entretanto, apenas nas casas 9 e 12 não há estratégias ausentes. Quanto à NBR 15220, destaca-se a residência Abdala Abraão (9) que atendeu a 100% das estratégias bioclimáticas.

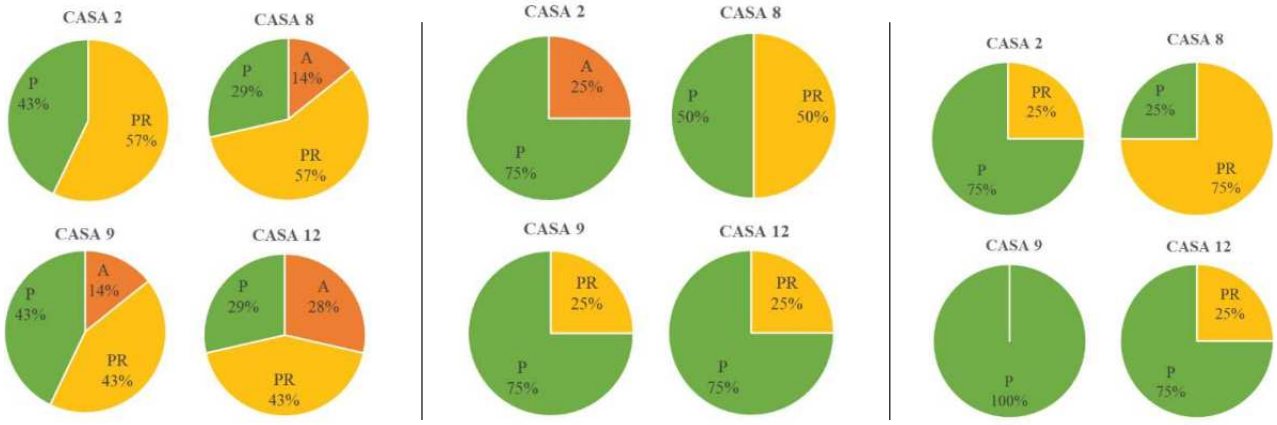

Figura 7 – Verificação do atendimento das estratégias bioclimáticas segundo Mahoney (a esquerda), segundo Givoni (ao centro) e segundo a NBR 15220 (ABNT, 2003) (a direita)

Conclui-se que a residência que se mostrou mais adequada ao clima pela maioria das metodologias analisadas foi a residência Abdala Abraão (9), seguida pela residência José Felix Louza (2). A residência que menos atendeu às diretrizes projetuais em sua totalidade foi a residência Carlos Cunha Filho (8). Esta metodologia nos ajuda identificar qual projeto residencial está mais adaptado ao clima. A partir desta análise comparativa de estudos de caso, o aluno é capaz e entender as possibilidades de aplicação das diferentes estratégias bioclimáticas e seu impacto na sustentabilidade de edifícios. Logo é possível construir um repertório que o auxiliará no processo criativo para o desenvolvimento de projeto arquitetônico. Segundo La Roche (2008), o aluno de arquitetura deve entender os princípios de arquitetura bioclimática e sustentabilidade para poder aplica-los em seu projeto de arquitetura.

4.CONCLUSÕES

A arquitetura bioclimática busca desenvolver o ambiente construído de forma que seja adequada ao clima local, buscando conforto, eficiência energética e sustentabilidade. Na arquitetura moderna, o bioclimatismo não está explicito, apesar das iniciativas do modernismo brasileiro serem manifestadas pela utilização de protetores solares e elementos vazados durantes a década de 50 a 70. A identificação das questões referentes à arquitetura bioclimática em residências icônicas da arquitetura moderna goiana é uma forma sensibilizar o aluno e/projetista sobre as primeiras buscas por eficiência energética e sustentabilidade em moradias. A partir desses exemplos de implementação no projeto arquitetônico é possível fazer uma integração entre o presente e o futuro.

Como proposta de prática do ensino de projeto de arquitetura propõe a comparação as estratégias bioclimáticas presentes em residências de referência da arquitetura moderna goianas por diferentes métodos de zoneamento bioclimático: Mahoney, Givoni e NBR 15220 (ABNT, 2003). Nestes exemplo, a residência Abdala Abraão (9) foi a que apresentou mais diretrizes projetuais nos 3 métodos (Mahoney, Givoni e NBR 15220), seguida pela residência José Felix Louza (2). Mesmo não contemplando as diretrizes projetuais plenamente, as residências analisadas apresentam diversas estratégias de adequação ao clima e contribuem com soluções e estratégias compatíveis com a cidade de Goiânia. Para avaliar a nível de conforto térmico e a influência da materialidade, é necessário de medições in loco e/ou simulação computacional.

As vantagens desse tipo de atividade no processo projetual são: desenvolvimento de pensamento crítico sobre a diversidade arquitetônica e urbana no seu tempo, cultura e prática; criação de novos parâmetros de projeto adaptados ao clima; ampliação do repertório projetual e reflexão sobre as possibilidades de aplicação de diferentes estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico; compreensão dos métodos utilizados para definir estratégias bioclimáticas em um determinado clima. Esta atividade também pode ser realizada utilizando: diferentes tipologias de edifícios diferentes (escolar, comercial, institucional); em outro estilo arquitetônico; e em diferentes cidades. Sugere-se que atividade seja realizada na disciplina de Conforto Térmico e Projeto de Arquitetura. Este método de análise de estudos de caso permite sensibilizar o aluno e projetista para disseminação de boas práticas projetuais de conforto térmico, saúde e eficiência energética, bem como aplicação de estratégias bioclimáticas em projetos futuros. Este trabalho é resultado de uma pesquisa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABREU-HARBICH, L. V.; CHAVES, V. L.. Identificação do ano climático de referência para Goiânia-Goiás. *In:* XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC, 2016. p. 406-416.

AROZTEGUI, J. M. **Parâmetros de Conforto Térmico.** Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS.1977

Beltrán-Fernández, M., García-Muñoz, J., Dufrasnes, E. Análisis de las estrategias bioclimáticas empleadas por Frank Lloyd Wright en la casa Jacobs I. **Informes de la Construcción**, v. 69, n. 547, 2017. doi: http://dx.doi.org/10.3989/ic.16.156.

BESSA, S.A. **Difusão da arquitetura moderna em Goiânia**: o Setor Aeroporto e a obra de Luis Osório Leão. 2016. 232 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

BODACH, S.; LANG, W.; HAMHABER, J.. Climate responsive building design strategies of vernacular architecture in Nepal. **Energy and Buildings**, v. 81, p. 227-242, 2014. doi: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014. 06.022

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2011.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos** – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

GARCIA, M. F. M.; CARAM, R. M.. Análise bioclimática das alas de clínicas médica e cirúrgica do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. *In*: XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais…** Balneário Camboriú, 2017.

GIVONI, B. **Confort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building, vol. 18, 1992.

GONÇALVES, J. C. S.; DOLCE, M.; MULFARTH, R. C. K.; LIMA, E. G.; FERREIRA, Am. Revealing the thermal environmental quality of the high-density residential tall building from the Brazilian bioclimatic modernism: The case-study of Copan building. **Energy & Buildings journal**, v. 175, p. 17-29, 2018. Doi: https://doi.org/10.1016/j.enbuil d.2018.06.054

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, Estação: Goiânia-A002. Disponível no site <www.inmet.gov.br> acesso setembro de 2018.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Viviendas y edificios em zonas cálidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, Eletrobrás/Procel, 2014, 3a edição.

LA ROCHE, P. Teaching Climate Responsive Design to Beginning Architecture Students. The Oxford Conference: A re-evaluation of education in architecture. Ed. S. Roaf and A. Bairstow. WIT Press: Osford, 2008

MASCARÓ, L. R. de. **Luz, Clima e Arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983

MELLO, M. M. **Moderno e modernismo**: a arquitetura dos dois primeiros fluxos desenvolvimentistas de Goiânia, 1933 a 1950 - 1950 a 1964. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

MOURA, A. A. de P. **Arquitetura residencial moderna em Goiânia**: delineando um cenário. In: Programa de Especialização em Patrimônio: artigos (turma 2007) / organização de Beatriz Adams Landau. Rio de Janeiro: IPHAN/ DAF/Copedoc, 2015.

ODEBRECHT, S.; NOLL, J. F.; SOUZA, L.. Caracterização de elementos bioclimáticos em estudo de casos da arquitetura moderna em Blumenau. *In:* XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

REQUENA-RUIZ, Ignacio. Bioclimatismo en la arquitectura de Le Corbusier: El Palacio de los Hilanderos. **Informes de la Construcción**, v. 64, n. 528, p. 549-562, 2012. Doi: 10.3989/ic.11.121

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

SILVA NETO, Eurípedes Afonso da. **Goiânia casa moderna:** 1950.1960.1970. 2010. 185 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

VAZ, Maria Diva Araújo Coelho; ZÁRATE, Maria Heloisa Veloso e. A experiência moderna no cerrado goiano. Arquitextos, São Paulo, ano 06, n. 067.05, **Vitruvius**, dez. 2005. Disponível em: <www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.067/399>. Acesso em: maio de 2018.