

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO
LINHA DE PESQUISA: QUALIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**QUALIDADE BIOCLIMÁTICA PARA CONJUNTOS DE
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MULTIFAMILIARES:
UMA FERRAMENTA PARA O PROJETO NO CLIMA QUENTE
ÚMIDO EM BAIXAS LATITUDES**

Arthur Lacerda Cavalcante

JOÃO PESSOA

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Qualidade bioclimática para conjuntos de habitação de interesse social multifamiliares: uma ferramenta para o projeto no clima quente úmido em baixas latitudes

Arthur Lacerda Cavalcante

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à banca examinadora de defesa no programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba- UFPB como requisito parcial necessário para obtenção do grau de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Geovany Jessé Alexandre da Silva

Área de concentração: tecnologia da arquitetura e urbanismo

Linha de pesquisa: Qualidade do ambiente construído

JOÃO PESSOA
2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C376q Cavalcante, Arthur Lacerda.

Qualidade bioclimática para conjuntos de habitação de interesse social multifamiliares: uma ferramenta para o projeto no clima quente úmido em baixas latitudes / Arthur Lacerda Cavalcante. – João Pessoa, 2018.

151 f. : il.

Orientação: Geovany Jessé Alexandre da Silva.

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT.

1. Projeto bioclimático. 2. Habitação de interesse social multifamiliar. 3. Clima quente-úmido. 4. Ferramenta projetual. I. Silva, Geovany Jessé Alexandre da. II. Título.

UFPB/BC

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha esposa Elaine, aos meus pais Severino e Tânia e meus irmãos, André, Ju e Lu, colunas de sustentação nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Elaine, pelo carinho, comprometimento e por tudo, você me faz crer que este esforço vale a pena;

Aos meus pais, Severino e Tânia, a quem sou eternamente grato por tudo que fizeram e continuam fazendo pela minha educação e formação como ser humano;

Aos meus irmãos, André, Juliana e Luciana, e respectivos esposos, pela parceria e apoio sempre sinceros;

Ao meu orientador, Geovany, pela orientação dedicada, compreensão e por compartilhar tão valioso conhecimento e sua experiência acadêmica e de vida;

A todos os professores do PPGAU que de alguma forma contribuíram com esta fantástica experiência do intelecto que é o mestrado; especialmente ao professor Carlos Nome, pela inspiração como pesquisador e docente; e à professora Federica Tortora, por ensinar que projetar habitação para aqueles que mais precisam também é um ato que exige excelência;

À Profª Patrícia Drach pela disponibilidade e valiosa contribuição na pesquisa;

Aos amigos do PPGAU e de João Pessoa, que tão bem me receberam e contribuíram para que eu suportasse 1 ano longe da então noiva e da família. Com especial carinho a Mariane, pela companhia sempre agradável e verdadeira amizade, a Rafael Guerrero, pela resenha cabeça e sinceridade afiada; a Daniel Moura pela imensa e inigualável receptividade que contribuiu para ter tantas boas lembranças de Jampa; às meninas do LM+P, Marília (valeu pelas caronas) e Mirella, e a Ezio pela parceria;

Aos colegas de escritório, Marcus Gusmão, Rafhael e Oquerlina, pela longa e frutífera amizade e pela parceria;

Aos coordenadores de curso das IES nas quais leciono em São Luís, pela compreensão nas ausências;

À bela, receptiva e sempre segunda casa, a cidade de João Pessoa;

Ao PPGAU e todos os que o representam pela receptividade e por promover a educação de qualidade, especialmente na figura do professor Márcio Cotrim e do amigo Sinval;

À CAPES pela bolsa de mestrado

A Deus, pela permissão e graça concedida

SUMÁRIO:

INTRODUÇÃO	1
I- PROBLEMA.....	1
II- JUSTIFICATIVA:	3
III- DOS OBJETIVOS DA PESQUISA	5
IV- DO OBJETO DE ESTUDO DA PESQUISA	6
V- MÉTODO, PROCEDIMENTOS E ABORDAGEM	9
VI- RESUMO DOS CAPÍTULOS	11
1. REFERENCIAL TEÓRICO	12
1.1 ANTECEDENTES: DEFINIÇÕES E CONCEITOS IMPORTANTES PARA O SEGUIMENTO DA PESQUISA	12
1.1.1 Formulação de um conceito atualizado de projeto bioclimático	13
1.1.2 O conforto ambiental: índices e critérios a serem adotados.....	14
1.1.3 As escalas de análise.....	15
1.2 COMPREENDENDO O CLIMA QUENTE-ÚMIDO	16
1.2.1 Descrição do clima quente-úmido	16
1.2.2 Estratégias bioclimáticas na escala do setor / bairro.....	18
1.2.3 Desenho bioclimático na escala do conjunto	19
1.2.4 Desenho bioclimático na escala da edificação	20
1.2.5 Síntese das diretrizes projetuais bioclimáticas:	23
1.3 OS ATRIBUTOS PARA UM PROJETO BIOCLIMÁTICO	25
1.3.1 Escala da edificação	30
1.3.2 Escala do conjunto	38
CONSIDERAÇÕES PARCIAIS SOBRE O CAPÍTULO 1.....	44
2. CONSTRUÇÃO DE MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	48
2.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA.....	49
2.1.1 Desenvolvimento da ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática de projetos de HIS no quente-úmido de baixas latitudes	49
2.2 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS DE HIS	51
2.3 Aplicação da ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática de projetos de HIS multifamiliar no quente-úmido em baixas latitudes	54
2.4 Estrutura de análise dos projetos	54
2.4.1 Estrutura da análise na escala da edificação: atributos da forma	55
2.4.2 Estrutura da análise na escala da edificação: atributos do invólucro	59
2.4.3 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributos da forma.....	62
2.4.4 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributos do traçado	65
2.4.5 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributos da superfície	67

2.4.6 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributo do entorno.....	68
2.5 Ficha resumo: inserção dos dados definitivos que alimentam a ferramenta	68
CONSIDERAÇÕES PARCIAIS DO CAPÍTULO 2	70
3. CONTEXTUALIZAÇÃO: COMPREENSÃO DA HIS MULTIFAMILIAR E SUA QUESTÃO BIOCLIMÁTICA EM SÃO LUÍS.....	72
3.1 OS CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS E SUA INTERFERÊNCIA NO TRAÇADO URBANO	75
3.1.1 Uma visão geral das áreas residenciais em São Luís.....	75
3.1.2 Uma análise preliminar da área de estudo.....	76
3.1.3 Caracterização dos projetos de HIS Multifamiliar da área e definição dos casos de estudo: categorias tipológicas.....	78
3.2 Apresentação dos Conjuntos a serem analisados.....	81
3.2.1 C1 – Condomínio Estoril Sol	81
3.2.2 C2 – Condomínio Residencial Sabiá.....	82
3.2.4 C4 – Condomínio Residencial Atenas / Partenon	84
3.2.5 C5 – Daya Sari College – Residencia Estudantil	85
3.2.6 C6 – Ciudad Del Saber – Residencial Estudantil	86
CONSIDERAÇÕES PARCIAIS DO CAPÍTULO 03	87
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA	88
4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA	88
4.2 DISCUSSÕES SOBRE OS ATRIBUTOS ANALISADOS	102
4.2.1 – Discussão sobre potencial incremento de custo no projeto em cada atributo analisado em caso de reabilitação da HIS multifamiliar na área do Turu	102
REFERÊNCIAS:.....	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: apresentação preliminar dos estudos de caso da pesquisa	7
Quadro 02: Escalas de Análise da pesquisa	16
Quadro 03: quadro comparativo entre diretrizes gerais para assentamentos urbanos nos climas quente-úmido e quente-seco	18
Quadro 04: análise da forma do edifício em relação à carga térmica solar, em ordem crescente de eficiência	20
Quadro 05: Quadro de diretrizes bioclimáticas para o quente-úmido: escala da edificação.	21
Quadro 06: resumo de estratégias bioclimáticas para o quente-úmido	23
Quadro 07: ferramentas de avaliação de projetos existentes no Brasil	23
Quadro 08: quadro de estratégias bioclimáticas para edifícios multifamiliares	26
Quadro 09: atributos do urbano	26
Quadro 10: quadro de parâmetros relativos à vedação externa	27
Quadro 11: Classificação das Zonas climáticas em ordem decrescente de capacidade de causar ilhas de calor	38
Quadro 12: classificação de recintos conforme a relação W/H	39
Quadro 13: quadro de atributos do projeto bioclimático – Escala da edificação e do conjunto	44
Quadro 14: estrutura de análise: atributos da escala da edificação. Tema: forma	54
Quadro 15: estrutura de análise: atributos da escala da edificação. Tema: invólucro	58
Quadro 16: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: forma	61
Quadro 17: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: traçado	63
Quadro 18: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: superfície	65
Quadro 19: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: entorno	66
Quadro 20: Prancha de análise na escala da edificação. Exemplo: C1 – Estoril Sol	68
Quadro 21: Ficha Resumo Bioclimática, apresentando as respostas prontas para serem avaliadas no indicador. Exemplo: C1 – Estoril Sol	69
Quadro 22: definição dos estudos de caso. 4 locais (área do Turu) e 2 exemplos internacionais	79
Quadro 23: apresentação geral: Caso 01 – Condomínio Estoril Sol	80
Quadro 24: apresentação geral: Caso 02 – Residencial Sabiá	81
Quadro 25: apresentação geral: Caso 03 – Condomínio Residencial Praia Grande	82
Quadro 26: apresentação geral: Caso 04 – Condomínios Atenas / Partenon	83
Quadro 27: apresentação geral: Caso 05 – Residencial estudantil Daya Sari	84
Quadro 28: apresentação geral: Caso 06 – Residencial estudantil Ciudad del saber	85
Quadro 29: Discussão sobre o potencial incremento de custo na melhor resposta a cada atributo no projeto de HIS multifamiliar	101
Quadro 30: Discussão sobre a viabilidade na intervenção em cada atributo analisado em caso de reabilitação da HIS multifamiliar na área do Turu	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: forma	54
Tabela 02: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: forma (continuação)	56
Tabela 03: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: forma (conclusão)	56
Tabela 04: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: invólucro	58
Tabela 05: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: invólucro (continuação) ...	59
Tabela 06: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: forma 68 Tabela 07: análise	61
dos atributos na escala do conjunto. Tema: forma (continuação).....	62
Tabela 08: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: traçado	64
Tabela 09: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: forma (continuação).....	66
Tabela 10: tabela quantitativa de blocos e apartamentos do bairro do Turu	76
Tabela 11: caracterização dos condomínios da área do Turu	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática dos estudos de caso locais.	
Métrica de avaliação quantitativa. Escala da edificação.....	88
Gráfico 02: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática dos estudos de caso locais.	
Métrica de avaliação qualitativa. Escala da edificação.....	90
Gráfico 03: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática dos estudos de caso locais.	
Escala do conjunto	92
Gráfico 04: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática dos estudos de caso	
internacionais. Métrica de avaliação quantitativa. Escala da edificação	94
Gráfico 05: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática dos estudos de caso	
internacionais. Métrica de análise qualitativa. Escala da edificação	95
Gráfico 06: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática contendo todos os estudos de	
caso. Métrica de avaliação quantitativa. Escala da edificação	98
Gráfico 07: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática contendo todos os estudos de	
caso. Métrica de avaliação qualitativa. Escala da edificação	99
Gráfico 08: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática contendo todos os estudos de	
caso. Métrica de avaliação quantitativa. Escala do conjunto.....	99
Gráfico 09: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática contendo todos os estudos de	
caso. Métrica de avaliação qualitativa. Escala do conjunto.	100

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 01: esquema metodológico geral da pesquisa.....	10
Diagrama 02: esquema metodológico da pesquisa.....	47
Diagrama 03: sequência de trabalho da fase de aplicação da ferramenta	49
Diagrama 04: Papel da ferramenta no contexto do projeto	104
Diagrama 05: interações entre os atributos na escala da edificação.....	105
Diagrama 06: interações entre os atributos na escala do conjunto	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: delimitação do objeto de estudo concreto da pesquisa. Latitude10º.	6
Figura 02: Estratégias de condicionamento térmico passivo para São Luís – ZB-8	17
Figura 03: A primeira solução intensifica, já a segunda reduz a transformação da radiação	
solar em energia	22

Figura 04: Gráfico de Fator de Forma X Fator de altura. Edifícios com maior fator de forma tendem a ter relações energéticas otimizadas.	29
Figura 05: diferentes dimensões e mesmo volume. Formas mais esbeltas tem fator de forma maior	30
Figura 06: Teng Jian: Bedok Court	31
Figura 07: na Carta Solar de São Luís, o mesmo ângulo alfa de proteção (para brises horizontais) proporciona proteção de mais horas nas fachadas norte e sul, devido à altura solar que ocorre próximo à linha do equador	32
Figura 08: Conjunto Residencial Pedregulho	33
Figura 09: À esquerda, o edifício Nova Cintra, do conjunto Parque Guinle, de Lúcio Costa (1954), com a galeria comercial sombreada. À direita, fachada norte do conjunto: permeabilidade e superfícies transparentes protegidas da radiação direta e equilíbrio positivo da cor.....	36
Figura 10: Porosidade do Conjunto.....	40
Figura 11: Desenho adequado para calçada acessível ao pedestre e estimuladora do passeio	43
Figura 12: Polígono de frequências de idades de pessoas em determinado recorte espacial e temporal.....	50
Figura 13: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática para escala da edificação. Estes são os atributos definidos de forma quantitativa. A proximidade do lado direito do gráfico indica melhor resultado no atributo avaliado.	51
Figura 14: ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática contendo todos os estudos de caso. Métrica de avaliação qualitativa. As respostas ao lado esquerdo indicam as que não cumprem os critérios da bibliografia, enquanto as respostas do lado direito indicam as respostas que cumprem tais critérios.....	52
Figura 15: Localização de São Luís: zona climática 8, baixa latitude	58
Figura 16: Dados climáticos de temperatura média (em °C) em São Luís, de 1961 a 1990 .	72
Figura 17: Dados climáticos de umidade relativa (em %) em São Luís, de 1961 a 1990	72
Figura 18: Dados climáticos de insolação (MJ/m²) em São Luís, de 1961 a 1990.....	73
Figura 19: Dados de precipitação (em mm) em São Luís, de 1961 a 1990	73
Figura 20: Rosa dos Ventos de São Luís - MA. À esquerda, velocidade dos ventos e à esquerda, a frequência dos ventos dominantes.	73
Figura 21: Recorte espacial da pesquisa. Área do bairro do Turu, São Luís - MA. Identificação dos 13 condomínios da área	76
Figura 22: Categorias Tipológicas da HIS Multifamiliar do Brasil	77
Figura 23: Comparativo entre as categorias tipológicas, respectivamente, em planta e corte esquemático.	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01: planilha resumo – C1 – edificação	117
Anexo 02: planilha resumo – C1 – conjunto.....	118
Anexo 03: ficha resumo – C1.....	119
Anexo 04: planilha resumo – C2 – edificação	120
Anexo 05: planilha resumo – C2 – conjunto.....	121
Anexo 06: ficha resumo – C2.....	122
Anexo 07: planilha resumo – C3 – edificação	123
Anexo 08: planilha resumo – C3 – conjunto.....	124

Anexo 09: ficha resumo – C3.....	125
Anexo 10: planilha resumo – C4 – edificação	126
Anexo 11: planilha resumo – C4 – conjunto.....	127
Anexo 12: ficha resumo – C4.....	128
Anexo 13: planilha resumo – C5 – edificação	129
Anexo 14: planilha resumo – C5 – conjunto.....	130
Anexo 15: ficha resumo – C5.....	131
Anexo 16: planilha resumo – C6 – edificação	132
Anexo 17: planilha resumo – C6 – conjunto.....	133
Anexo 18: ficha resumo – C6.....	134

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo gerar uma ferramenta de análise a avaliação de qualidade bioclimática para projetos de habitação de interesse social na cidade São Luís, localidade de clima quente úmido ao nível do mar, baixa latitude e sem desconforto por frio. O quente-úmido é considerado, pela bibliografia, o contexto climático de maior dificuldade no desenvolvimento do projeto bioclimático (passivo), seja pelo desconforto do clima, seja por questões socioeconômicas que dificultam a implementação de soluções ótimas de projeto. Este cenário de grande desafio torna-se mais complexo quando, nos anos 2000, é investida grande quantidade de recursos públicos para os programas federais de habitação de interesse social, nos quais, na ânsia de produzir números para a justa redução déficit habitacional, ignora-se as questões mais básicas do projeto bioclimático, tanto na escala do edifício quanto na escala do conjunto. O desenvolvimento da ferramenta proposta se dá com a sua aplicação em estudos de casos na área do Turu, em na cidade de São Luís, Maranhão, com a contribuição de casos internacionais em contexto climático similar, aos quais são aplicadas análises quantitativas e qualitativas. A pesquisa situa o projeto local junto aos parâmetros que indicam cumprimento aos requisitos bioclimáticos da bibliografia, e também junto aos projetos internacionais, que apresentam, teoricamente, soluções melhores. Os projetos locais foram analisados e avaliados segundo tais critérios. A partir dos resultados, possível afirmar que os projetos locais avaliados possuem similaridades entre si, e apresentam preocupação insuficiente com o bioclimatismo nestes projetos, especialmente na qualificação do edifício e do espaço externo. No entanto, há potencial de reabilitação em alguns itens, especialmente na escala do conjunto. O principal produto desta pesquisa uma ferramenta fundamentada na boa prática de projeto bioclimático apontada na bibliografia, desenvolvida de forma que possa, posteriormente, ser utilizada para auxiliar projetistas a melhorar a qualidade bioclimática dos projetos e legisladores a elaborar diretrizes e cartilhas que regulem de forma mais precisa a qualidade bioclimática, e, conseqüentemente, ambiental na habitação de interesse social multifamiliar do contexto local analisado.

Palavras chave: projeto bioclimático, habitação de interesse social multifamiliar, clima quente-úmido, ferramenta projetual

ABSTRACT

The main objective of this research is to generate an analysis and evaluation tool for bioclimatic design of multifamily social housing in São Luís, state of Maranhão, Brazil, a city in hot humid zone, low latitude, at sea level, with no cold discomfort. The hot-humid climate is considered, by the bibliography, the most difficult climatic context to the development of the bioclimatic design, either due to the discomfort of the climate or due to socioeconomic issues that make it difficult to implement optimal design solutions. This scenario of great challenge became more complex when, in the years 2000, a great amount of public resources was invested in the federal programs of social interest housing. In the eagerness to show numbers for the fair reduction of housing deficit, the bioclimatic design was ignored, both on the scale of the building and on the scale of the neighborhood. The development of the tool had its application in case studies in the Turu neighborhood, in the city of São Luís, Maranhão, with the contribution of international cases in a similar climate context, to which quantitative and qualitative analyzes was applied. In the research, the local design was compared with the bioclimatic parameters of the bibliography, and with the international projects, which theoretically present better solutions. Local projects were analyzed and evaluated according to these criteria. Based on the results, it is possible to affirm that the local projects evaluated have similarities between them and that there is an insufficient concern with the bioclimatism in these projects, especially in the qualification of the building and the external space. However, there is potential for rehabilitation in some items, especially in the scale of the neighborhood. The main product of this research is a toll based on the good practice of bioclimatic design pointed out in the bibliography. The tool was made in a way that can later be used to help designers to improve the bioclimatic quality of their design and legislators to develop guidelines and booklets that regulate the bioclimatic and, consequently, environmental quality in multifamily housing in São Luís, Maranhão, Brazil.

Key words: bioclimatic design, social housing, hot humid climate, projection tool

INTRODUÇÃO

I- PROBLEMA

Entre as questões mais importantes nas recentes discussões sobre sustentabilidade estão o conforto ambiental e a eficiência energética. Um projeto de arquitetura tem a si incorporado mais qualidade se o projetista consegue atingir tais objetivos de forma integrada ao ambiente natural, a partir do próprio design do edifício, melhorando tanto a qualidade do ambiente construído do ponto de vista da redução do impacto ambiental quanto as condições de conforto e saúde dos usuários do espaço - uma vez que é sabido que a refrigeração artificial não é a forma de condicionamento ambiental ideal para a saúde humana¹. A principal proposta arquitetônica para projetar edificações que viabilizem o condicionamento térmico natural é o **projeto bioclimático**, termo formulado pelos irmãos Olgyay em publicação² considerada pioneira na área. Segundo uma das definições atuais, de Corbella e Yannas (2003, p. 37), o objetivo do projeto bioclimático é:

(...) prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise de instalação da menor potência elétrica possível, o que também leva à mínima produção de poluição. (CORBELLA E YANNAS, 2003, p.37)

A proposta do projeto bioclimático é, por meio da própria arquitetura, aproveitar os elementos favoráveis do clima, fazendo com que o edifício funcione como um filtro em relação às características amenas e extremas do clima. Desta forma, pode-se reduzir o consumo energético no condicionamento térmico do mesmo. No entanto, há desafios para implantar esta forma de projetar.

As pesquisas atuais vêm demonstrando que, ao contrário do que deveria acontecer, não é dado ao caráter bioclimático do projeto tanta ênfase quanto a outros requisitos projetuais, tais como exequibilidade, economia, estética, dimensionamento e adequação à legislação. Tal desprezo (ao bioclimatismo) vem gerando um cenário de grave dissociação entre as massas construídas da maioria das cidades brasileiras e seu contexto natural, desde a escala do urbano até a edificação, e tal dissociação tem efeitos negativos sobre a qualidade ambiental do espaço construído. Segundo Romero (2001, p. 15):

¹ A questão da chamada "Síndrome dos Edifícios doentes" é amplamente tratada na bibliografia; relacionado os edifícios fechados (de climatização artificial) a problemas como: piora da qualidade do ar devido à não renovação, ar excessivamente seco, malefícios ao sistema respiratório. Ver Teixeira et al. (2005)

² **Design with climate. A Bioclimatic approach to architectural regionalism.** Olgyay, 1963.

A prática da arquitetura e do desenho urbano concretizam-se sem considerar os impactos que provocam no meio ambiente, repercutindo não só no desequilíbrio do meio, como também no conforto e na salubridade da população urbana. O meio natural, objeto de intervenções, não aparece devidamente tratado. Considerando só as variáveis bioclimáticas, esse meio, na maioria dos casos, mostra-se agressivo ao homem (pela presença de temperatura, da umidade, das precipitações, da insolação e do vento), necessitando, portanto, de ser controlado para que atenda às suas necessidades. (ROMERO, 2001, p. 15)

Parte considerável da massa construída urbana é formada por conjuntos de habitação, uni e multifamiliares, e, desta forma, este tipo de construção tem gerado impactos relevantes na cidade. No Brasil, desde que as recentes políticas habitacionais do século XXI vem sendo implantadas, pesquisas diversas têm levantado várias questões problemáticas em relação à qualidade arquitetônica e ambiental nos projetos de habitação de baixa renda, ou habitação de interesse social - **doravante denominada HIS** nesta pesquisa. A ausência de adaptação dos projetos brasileiros ao contexto geográfico em que estão inseridos é uma das críticas recorrentes na pesquisa atual. Barbosa e Lamberts (2001), ao desenvolver uma metodologia para especificar e avaliar desempenho térmico de edificações térreas residenciais unifamiliares, identificaram o que chamaram de *Tipologia Construtiva Representativa*, ou seja, um padrão de projeto recorrente, que não prioriza o projeto bioclimático, e sim critérios de custo e prazo. Lima e Leder (2012) também abordam o tema, constatando a já citada desconexão entre a HIS brasileira e o espaço construído:

Ao observarmos o atual cenário brasileiro que apresenta uma produção em larga escala de novas unidades habitacionais destinadas a famílias de baixa renda, incentivada pelo Governo Federal em parceria com os Estados e os Municípios, constata-se que os programas designados a construção de habitações de interesse social (HIS) tem desconsiderado especificidades regionais, principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental e o desempenho energético. (LIMA e LEDER, 2012)

Portanto, é necessário propor soluções de melhor qualidade e mais integradas ao lugar. Nos anos 1960, Olgyay (1963, p. 08) já alertava que a aplicação generalizada de tipologias ocidentais devia ser realizada com precaução, pois havia o risco de importar para realidades diferentes modelos que surgiram como resposta para climas frios ou temperados. A grande extensão territorial e diversidade climática do Brasil exige propostas de projeto de HIS diversas e adequadas ao seu contexto.

O clima que caracteriza o contexto da pesquisa, o quente-úmido, é apontado como um dos mais desafiadores do ponto de vista bioclimático. Ahmad; Hyde (2008) acrescentam, além dos fatores climáticos, questões socioeconômicas a esta problemática, o que torna o cenário neste clima mais complexo ainda. Segundo os autores:

Regiões quente-úmidas distinguem-se, do ponto de vista arquitetônico, por dois fatores. Primeiro, o clima é desconfortável e é o mais difícil de melhorar

via design passivo. Segundo, muitos países nas regiões quente-úmidas são nações em desenvolvimento. O último fator tem impacto direto sobre a questão da aplicabilidade de alguns conceitos modernos de desenho urbano e arquitetônico, por um ponto de vista climático. A maioria das pessoas desta região não pode adquirir o ar-condicionado. Portanto, o estresse térmico deveria ser minimizado prioritariamente por soluções ecológicas e de baixa tecnologia. (Ahmad; Hyde, 2008, tradução do autor)

Portanto, além das já desafiadoras questões climáticas, fatores culturais e socioeconômicos estimulam arquitetos a projetarem espaços arquitetônicos que cada vez mais se distanciam das características de um projeto bioclimático para o clima quente-úmido, o que também abrange a HIS multifamiliar. É cada vez mais comum, por exemplo, incorporar a varanda à sala de estar através de fechamento em vidro com a justificativa de ampliar o espaço. Também está relacionado a isso o argumento da segurança pública, que leva a uma crescente aceitação acrítica de espaços cada vez mais herméticos³ e menos relacionados com o exterior por parte do cliente deste tipo de empreendimento.

II- JUSTIFICATIVA:

Conjuntos de HIS multifamiliar vem sendo implantados desde o início dos programas habitacionais por parte do governo federal, no início dos anos 2000, e tendo sido investida grande quantidade de recursos financeiros desde então.⁴ A principal justificativa para este volume de investimento é o déficit habitacional do país. Segundo dados do ano de 2012 do IPEA, este déficit era de 8,53% e se concentra na faixa de renda de 1 a 3 salários mínimos, apresentando esta faixa 73,6% do déficit habitacional, ante 70% em 2007, e “nas zonas urbanas brasileiras ainda há 54,6 milhões de brasileiros que convivem com pelo menos um tipo de inadequação habitacional”. Portanto, um grande montante de recursos econômicos e ambientais foi e vem sendo investido na implementação de massas construídas que apresentam problemas sob o ponto de vista bioclimático e exercem impactos diversos na

³ Segundo Corbella e Yannas (2001), “edifícios que estão concebidos para ter ar-condicionado, parcial ou totalmente, precisam ser projetados de forma completamente diferente daqueles sem ar-condicionado”. Os espaços herméticos são bem vedados, prezam pela estanqueidade, e priorizam o condicionamento térmico ativo. Os espaços permeáveis visam o condicionamento passivo, e conseqüentemente, terão maior relação com o exterior e buscam mais aproveitamento das características amenas do clima em questão, ao mesmo tempo que buscam bloquear as características extremas.

⁴ Principais programas: 1- o extinto PAR – Programa de Arrendamento Residencial - programa do Ministério das Cidades operacionalizado pela Caixa Econômica Federal. Tinha como objetivo a diminuição do déficit habitacional nas capitais e municípios com mais de 100.000 habitantes e abrangia a faixa de 1 a 3 salários mínimos. Hoje este programa foi substituído pelo Minha Casa Minha Vida; 2 - Minha Casa Minha Vida: este previa construção de um milhão de unidades de moradia em parceria com governos estaduais, municípios e iniciativa privada para famílias com renda de até 10 salários mínimos, com investimento de R\$ 34 bilhões. IPEA (Instituto de pesquisa Econômica Aplicada), 2012.; 3 - PAC: Programa de aceleração do crescimento - programa do governo com objetivo de estimular o desenvolvimento através do investimento em infraestrutura, com R\$ 170,8 bilhões destinados à infraestrutura social e urbana. **Dados do IPEA (Instituto de pesquisa Econômica Aplicada), 2012.**

cidade, manifestados em diversos campos de atuação. O conforto térmico, tanto dentro quanto fora das edificações, é um desses campos, e trata-se de um aspecto que influencia na qualidade de vida das pessoas de maneira bastante relevante. Pode-se recorrer a Lamberts et al. (2014) para recordar as três razões pelas quais é fundamental a preocupação com o conforto ambiental: a satisfação, ou seja, o bem-estar das pessoas; a performance humana e a questão do consumo energético.

A pura e simples resolução do déficit habitacional com números não gera, necessariamente, qualidade de vida e bem-estar. As diversas disciplinas de arquitetura são estudadas na academia porque tem função de elevar qualitativamente o projeto de arquitetura e não deveriam ser ignoradas ou ter sua importância reduzida porque o projeto é destinado a um público de baixa renda. A questão bioclimática se torna crítica no contexto da HIS multifamiliar em climas quente-úmidos não estacionários, que são desconfortáveis a maior parte das horas do ano e são difíceis de atenuar com estratégias bioclimáticas. Os usuários da HIS multifamiliar também necessitam e buscam a satisfação do conforto, e, na ausência do design bioclimático nas edificações em que vivem, são forçados a buscar o bem-estar térmico por via ativa, aumentando o custo econômico e ambiental gerado pelo condicionamento artificial. O fato afeta, inclusive, a sociabilidade destes conjuntos, já que contribui para gerar espaços herméticos, fechados em si. Para completar o quadro, os espaços externos também não são convidativos para uma vivência de rua fora do veículo automotor.

Para saber como intervir nesse grande volume de massas construídas, bem como elaborar melhores projetos futuros, é necessário, primeiramente, uma melhor compreensão deste tipo de projeto. É consenso na bibliografia que estes projetos apresentam problemas quanto ao bioclimatismo, mas, uma vez que os programas habitacionais dos anos 2000 ainda são recentes, há a necessidade de primeiramente situar os projetos do cenário da HIS multifamiliar deste contexto específico – o clima quente-úmido em São Luís, Maranhão - e também verificar o quão distantes os mesmos se encontram das boas práticas projetuais, para, desta forma, posteriormente, redirecionar os projetos de conjuntos de HIS novos, e, também, viabilizar a reabilitação de projetos já construídos.

O foco no multifamiliar dá-se pela necessidade de incluir o recente debate sobre a densidade no trabalho. A mesma, assim como a larga escala, não deve ser entendida como um empecilho à qualidade dos projetos do tipo, mas como um requisito das cidades atuais - compatibilizado às questões bioclimáticas.

É necessário também levar em conta o tema bioclimatismo no seu contexto mais amplo - o do desenvolvimento sustentável⁵. Com os impactos ambientais que passam a ser discutidos

⁵ Termo desenvolvido em 1987 no Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criado em 1983 pela Assembleia das Nações Unidas. Trata-se do "desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de

a partir dos anos 1960, a arquitetura se volta novamente à necessidade ter maior diálogo com o ambiente que a circunda, e tais reflexões, desde então, vem sendo feitas desde a escala da cidade à escala do edifício. A ampla bibliografia que trata da sustentabilidade apresenta outras alternativas para atingir o condicionamento térmico (tais aspectos são detalhados no capítulo 1 deste trabalho). Mas pode-se dizer que o **bioclimatismo** é um ponto de partida viável para o contexto climático e econômico em questão – uma cidade de clima quente-úmido, em uma nação em desenvolvimento, uma vez que se propõe a condicionar termicamente a partir de decisões projetuais desde os traços preliminares do projeto, e visando menor custo energético (corroborando com o raciocínio de Ahmad, Hyde, 2008, explicitado na página 3).

Portanto, considerar os princípios bioclimáticos na habitação de interesse social multifamiliar é uma necessidade atual e relevante, pela quantidade de recursos direcionados a este tipo de projeto recentemente, pela necessidade de produzir espaços construídos menos insalubres, e pelos problemas socioambientais que surgem como ramificações do tema.

III- DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral do trabalho é elaborar uma ferramenta de análise e avaliação da qualidade bioclimática de projetos (em desenvolvimento ou construídos), com ênfase em conjuntos de habitação de interesse social multifamiliar, para a cidade de São Luís – MA, em nível de baixa complexidade e visando avaliar a aplicação dos princípios bioclimáticos estabelecidos pela bibliografia. Como objetivos específicos do trabalho, apresenta-se os seguintes:

- Elencar os atributos de um projeto bioclimático para o contexto da HIS multifamiliar no quente-úmido em São Luís;
- Situar o projeto recorrente de HIS multifamiliar de São Luís junto a parâmetros de qualidade bioclimática da bibliografia;
- Analisar comparativamente o projeto recorrente de HIS multifamiliar de São Luís junto a projetos internacionais;
- Explorar ferramentas qualitativas e quantitativas de análise bioclimática.

Como resultados da presente pesquisa, espera-se que a mesma contribua para estabelecer maior precisão na crítica ao projeto de HIS multifamiliar em São Luís – Maranhão, e, conhecendo suas lacunas, contribua para buscar soluções, tanto para reabilitação de projetos do tipo, como para projetos futuros. Esta contribuição deve dar-se a partir de duas frentes.

satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais."

Primeiramente, orientando projetistas de arquitetura e urbanismo que desejam aplicar conceitos de bioclimatismo em seus projetos. A outra frente é a contribuição a legisladores que pretendam traçar diretrizes mais eficientes para os conjuntos de HIS multifamiliares do quente-úmido; que também levem em consideração o aspecto bioclimático do projeto.

IV- DO OBJETO DE ESTUDO DA PESQUISA

Utilizando a definição de Bunge (1974 apud SERRA 2006, p. 51), o objeto de estudo da pesquisa é o **projeto bioclimático aplicado à habitação de larga escala no quente-úmido**. Já o objeto concreto⁶ será composto por projetos de habitação similares à HIS multifamiliar em contextos de clima quente-úmido não-estacionários. O contexto central da pesquisa é a cidade de São Luís, Maranhão. Estes projetos serão analisados e avaliados para contribuir no desenvolvimento da ferramenta de análise bioclimático. Para tanto, é necessário estabelecer critérios para a definição deste universo de análise, que seguem:

Critérios Climáticos:

- **Clima da localidade:** Serão abordados projetos em regiões consideradas quente-úmidas (equatoriais) ou quente semiúmidas. Climas secos, semiáridos e desérticos, por exigirem soluções diferentes, não serão analisados.
- **Latitude:** a ferramenta é pensada para contribuir com projetos em regiões de baixas latitudes, com mínima influência das estações do ano. Arbitrariamente, definiu-se uma latitude de até 10°, norte ou sul, para delimitação da aplicação da ferramenta. A figura 01 ilustra o paralelo traçado com a referida latitude ao longo do mapa-múndi, que caracteriza regiões onde o desconforto por calor e umidade – e não por frio - é o grande desafio projetual.
- **Altitude:** regiões de altitude, mesmo na latitude especificada, podem ser estacionárias ou frias; segundo Lamberts et al. (2005), estima-se a influência da altitude em uma estimativa de redução de temperatura de 0,5°C para cada 100m.

⁶ Conforme a referida definição, o objeto-concreto é aquele que abrange os exemplares concretos que precisam ser observados, medidos e documentados, corresponde ao que é denominado **objeto empírico** em outras fontes (BUNGE1974 apud SERRA 2006).



Figura 01: delimitação do objeto de estudo concreto da pesquisa. Latitude 10°.
Fonte: autor

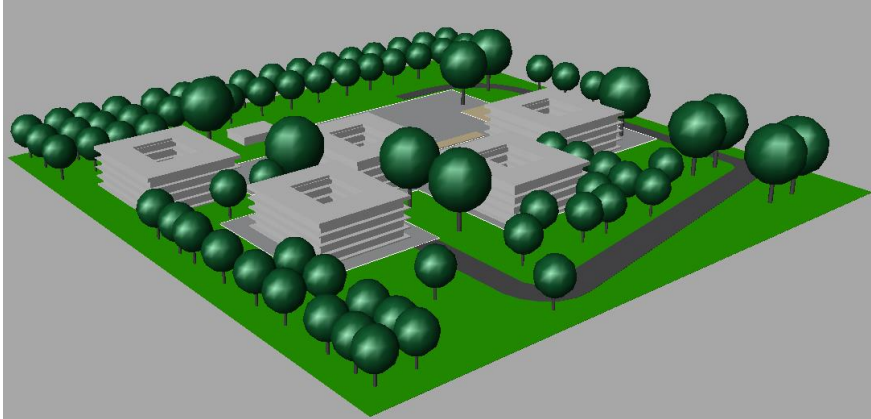
Critério Arquitetônico:

Nas fases de qualificação da pesquisa, constatou-se que, devido à ausência de qualidade e repetição de padrão de projeto recorrente, os projetos de HIS brasileiros de mesmo contexto climático não ofereceriam variações de respostas aos atributos de qualidade bioclimática suficientemente interessantes para alimentar discussões a respeito da ferramenta a ser desenvolvida. Chegou-se a incluir como um dos estudos de caso o conjunto urbano PROSAMIM, em Manaus, que possui características diferenciadas que o enquadravam como alternativa, mas a ausência de dados gráficos na escala da edificação impediu que o projeto fosse analisado. Portanto, optou-se por incluir projetos de habitação de larga escala em zonas climáticas semelhantes, o que inclui habitação estudantil (Panamá e Malásia), uma tipologia que apresenta semelhanças no programa e na escala da edificação (são multifamiliares e pressupõem alto aproveitamento do espaço de moradia), projetos dos quais pode-se extrair soluções bioclimáticas para o problema apresentado.

O quadro a seguir apresenta, de forma resumida, os seis estudos de caso que serão analisados, avaliados e contribuirão para alimentar a ferramenta proposta pela da pesquisa. As imagens tridimensionais apresentam área quadrangular de 200 x 200 metros.

QUADRO DE APRESENTAÇÃO (PRELIMINAR) DOS ESTUDOS DE CASO	
PROJETOS REPRESENTATIVOS DA HIS LOCAL (ESTUDOS DE CASO EM SÃO LUÍS-MA)	
C1 - CONDOMÍNIO ESTORIL SOL, São Luís, BRA, 2008	Condomínio de HIS Multifamiliar

	Partido: Bloco Retangular, térreo parcialmente ocupado Latitude: 2°28' SUL
C2 - RESIDENCIAL SABIÁ, São Luís, BRA, 2007 	Condomínio de HIS Multifamiliar Partido: Bloco Isolado tipo "H" Latitude: 2°28' SUL
C3 - RESIDENCIAL PRAIA GRANDE, São Luís, BRA, 2004 	Condomínio de HIS Multifamiliar Partido: Bloco Isolado tipo "H" Latitude: 2°28' SUL
C4 - RESIDENCIAL ATENAS / PARTENON, São Luís, BRA, 2007 	Condomínio de HIS Multifamiliar Partido: Bloco Retangular com poço de ventilação interno Latitude: 2°28' SUL
EXEMPLOS INTERNACIONAIS	

C5 - DAYA SARI RESIDENCIAL COLLEGE, Kuala Lumpur, MWI, 1966 	Residência Estudantil. KUALA LUMPUR, MLS Partido: Bloco retangular de 3^o térreo + 3 pavimentos com pátio interno retangular. Latitude: 3°08'00" NORTE
C6 – CIUDAD DEL SABER, Ciudad de Panamá, PNM, 2014 	Residência Estudantil. PANAMA, PNM Partido: Planta em pente com blocos de habitação articulados por circulação linear e térreo parcialmente ocupado Latitude: 8°58'00" NORTE

Quadro 01: apresentação preliminar dos estudos de caso da pesquisa
Fonte: autor

V- MÉTODO, PROCEDIMENTOS E ABORDAGEM

Primeiramente, segue uma breve classificação da pesquisa: quanto à natureza, a pesquisa tem caráter aplicado, uma vez que “objetiva gerar conhecimento para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos⁷. Quanto aos procedimentos, a pesquisa tem caráter experimental, uma vez que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que podem influenciar no mesmo e definir as formas de observação e controle que as variáveis produzem sobre o objeto de estudo⁸. Em relação à fonte dos dados da pesquisa, a mesma tem caráter documental, onde a bibliografia e dados gráficos dos projetos (representações gráficas, fotos, imagens aéreas) contribuirão para a viabilidade da pesquisa. A pesquisa dá ênfase ao projeto bioclimático, e aqui busca-se uma ferramenta que permita avaliar decisões de projeto junto aos critérios bioclimáticos da bibliografia. Deve-se enfatizar que a ferramenta aqui proposta não visa avaliar condições de conforto a partir das variáveis climáticas (temperatura de ar e radiante, velocidade do ar e umidade) e humanas (atividade e vestimenta), mas avaliar respostas projetuais a partir da bibliografia. O capítulo de conclusão situará a ferramenta aqui proposta na sequência do projeto arquitetônico.

⁷ Silveira e Córdova; Gehardt e Silveira (2009, p. 35)

⁸ IBID. (2009, p. 36)

Optou-se por estudos de caso para auxiliar no desenvolvimento da ferramenta, conforme indica o tópico anterior (objeto da pesquisa). O estudo de caso é composto por 4 projetos locais, que fazem parte de um contexto considerado representativo da produção de HIS local nos anos 2000, e 2 projetos internacionais, possibilitando explorar as ferramentas de análise e avaliação desenvolvidas com respostas projetuais diferenciadas.

Resumidamente, pode-se descrever a sequência da pesquisa da seguinte forma: a bibliografia contribui na extração de variáveis bioclimáticas; em seguida, recorre-se a estudos de caso para a aplicação da ferramenta de análise gerada, utilizando métodos de análise diversos que abrangem tanto os quantitativos como os qualitativos. Serra (2006, p.86) classifica essa abordagem híbrida como **quanti-qualitativa** – os métodos de análise dos objetos de estudo alimentarão a avaliação – que consiste no teste **da ferramenta análise e avaliação de qualidade bioclimática para HIS Multifamiliar em São Luís - MA**. Em seguida, o diagrama mostra a organização geral da pesquisa.

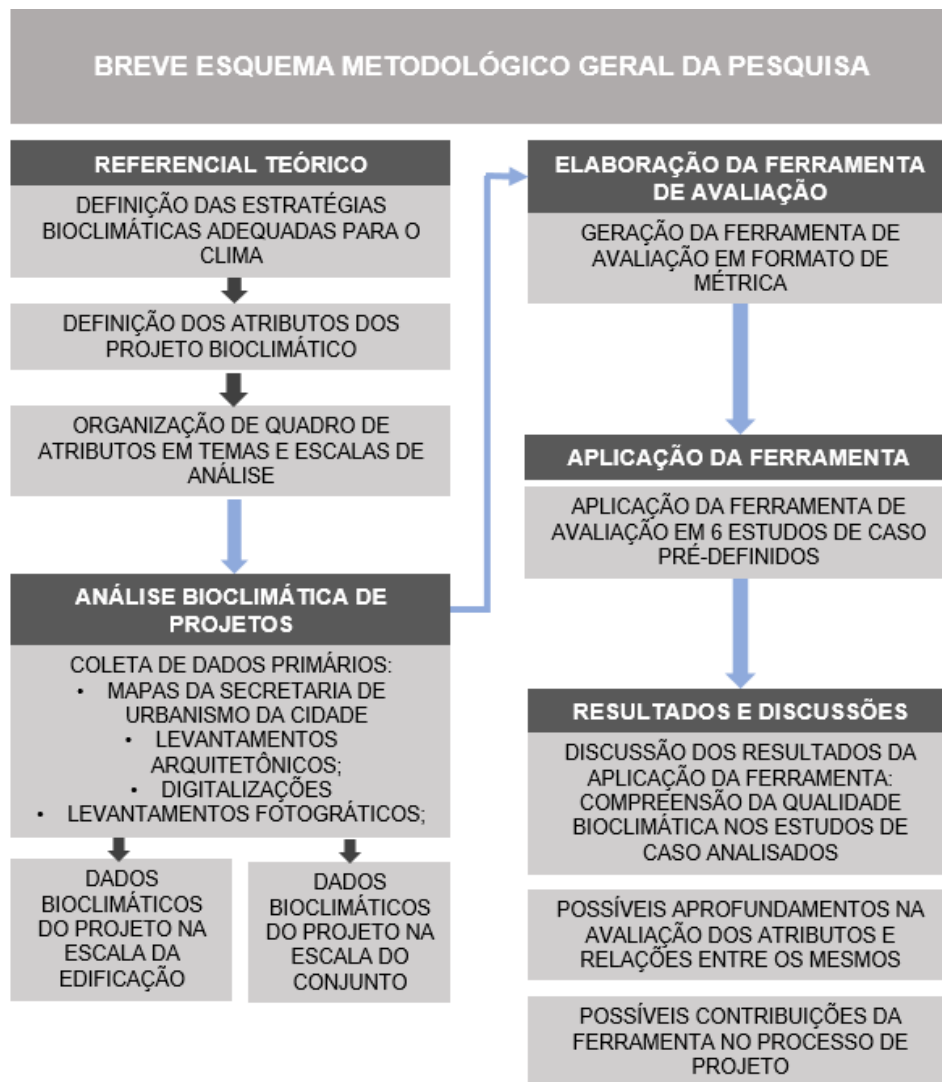


Diagrama 01: esquema metodológico geral da pesquisa

Fonte: autor

VI- RESUMO DOS CAPÍTULOS

O **Capítulo 01: Referencial Teórico** tem como intenção, primeiramente, apresentar a definição de projeto bioclimático, e seu aperfeiçoamento desde seu surgimento até hoje, a fim de caracterizar um conceito consensual para nortear o estudo do tema. Os principais autores consultados para a elaboração do capítulo de referencial teórico são: Olgyay (1963, 1988), Givoni (1969), Romero (2001, 2003 e 2011), Corbella e Yannas (2003), Corbella e Corner (2011), Lengen (2004), Lamberts, Dutra e Pereira (2014), Carlo e Lamberts (2010); Ahmad, Hyde (2008), bem como outros tipos de produção acadêmica: artigos, anais, dissertações e teses, citadas ao longo do capítulo. Em seguida, serão abordadas as estratégias bioclimáticas para o clima quente-úmido. O terceiro subcapítulo pretende caracterizar os parâmetros que indicam a qualidade bioclimática do projeto.

O **Capítulo 02: Construção de Método e Metodologia da Pesquisa** tem a função de mostrar como o trabalho foi produzido. Após a definição dos atributos bioclimáticos a serem analisados, o capítulo detalhará a forma como estes serão analisados, e também explanará sobre a produção e o teste da ferramenta, produzido a partir de análise quanti-qualitativa.

O **Capítulo 03 – Contextualização: a HIS multifamiliar em São Luís** aborda a análise de área utilizada para caracterizar a HIS Multifamiliar recorrente em São Luís, de onde são extraídos os estudos de caso locais. Visa compreender questões do conjunto de HIS multifamiliar no contexto de São Luís. Também fornece alguns subsídios para a coleta de dados primária que alimentará a fase de análise.

O **Capítulo 04 – Resultados e Discussões** apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação da *ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática* nos estudos de caso, compreendendo como o projeto de HIS multifamiliar de São Luís atende os atributos propostos pela bibliografia. Também visa compreender o que precisa – e pode – ser feito para atenuar os problemas dos projetos atuais e que direcionamento este tipo de projeto deve ter futuramente. Enfim, o capítulo apresenta as lacunas e possíveis direcionamentos da pesquisa.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

INTRODUÇÃO AO CAPÍTULO:

O capítulo inicial desta pesquisa tem como tema central o projeto bioclimático, e está dividido em subcapítulos para melhor organização. O primeiro subcapítulo (1.1) explora alguns conceitos e definições cujo conhecimento prévio é necessário para o entendimento da pesquisa. Em primeiro lugar, deve-se chegar a um conceito de projeto bioclimático atualizado para nortear a pesquisa, o que é feito na primeira parte do capítulo (1.1.1). A intenção é situar o leitor em relação ao estado da arte, às referências mais importantes, abordando também a integração do projeto bioclimático ao contexto macro da sustentabilidade, que vem sendo uma característica das pesquisas mais recentes. No item (1.1.2), será tratado o tema do conforto ambiental, abordando os critérios de conforto a serem seguidos na pesquisa. No item 1.1.3 serão tratadas as escalas de análise projetuais.

Na segunda parte do capítulo (1.2) o leitor será situado em relação ao contexto do clima quente-úmido, através de suas características, estratégias e diretrizes projetuais bioclimáticas consagradas pela bibliografia. Neste momento, pretende-se compreender o clima para entender como deve (ria) ser um projeto bioclimático para esta realidade, tendo como fonte diversos autores consagrados, como Olgyay (1963, 1988), Givoni (1969), Romero (2001, 2003 e 2011), Corbella e Yannas (2003), Corbella e Corner (2011), Lengen (2004), Lamberts et al. (2014), bem como autores internacionais como Ahmad; Hyde (2012), Bay; Ong (2006).

No terceiro subcapítulo (1.3) será inserida a discussão sobre os atributos de um projeto bioclimático. Neste ponto, serão discutidos os critérios que devem ser levados em conta na análise e avaliação bioclimática, buscando direcionar a discussão para a habitação de interesse social multifamiliar. Esta parte da pesquisa baseia-se em Romero (2001), Romero (2003), Carlo e Lamberts (2010), Corbella e Yannas (2003), Ahmad, Hyde (2008).

A pesquisa levantada no capítulo leva a seu produto final, que é um **quadro de atributos de qualidade bioclimática** para conjuntos de HIS multifamiliar, contendo critérios de análise e avaliação de um projeto bioclimático, na escala da edificação e do conjunto, como também as respostas desejáveis a cada um dos atributos conforme a bibliografia.

1.1 ANTECEDENTES: DEFINIÇÕES E CONCEITOS IMPORTANTES PARA O SEGUIMENTO DA PESQUISA

1.1.1 Formulação de um conceito atualizado de projeto bioclimático

O termo *bioclimatic design* (projeto bioclimático), formulado por Olgyay em 1963⁹, vem sendo redefinido e atualizado por diversos autores desde então. Na definição do autor, é o “*projeto que considera as condições climáticas do local para controle e manutenção das condições de conforto ambiental do usuário na edificação*” (OLGYAY, 1963). De uma maneira geral, pode-se afirmar que hoje, mais de 50 anos depois, esta definição permanece basicamente a mesma, somente tendo sido enriquecida por acréscimos de conhecimento dos diversos pesquisadores e evoluções em método e técnicas de análise, bem como a inclusão do bioclimatismo no tema macro da sustentabilidade - havendo um consenso a respeito da principal característica do projeto bioclimático: a adaptação ao meio em que está inserido desde a concepção inicial do projeto, com o objetivo de prover condicionamento térmico predominantemente natural, com o mínimo de gasto energético possível.

Romero (2001, p. 25) sintetiza a definição de bioclimatismo, afirmando as três bases que devem obrigatoriamente estar presentes no tratamento do espaço: a otimização do desenho, a influência do lugar e a resposta local que resulta necessariamente regional. Estas bases estão na definição do termo de três autores: Serra (1989), López de Asian (1989) e Cook (1991). O projeto bioclimático deve, portanto, otimizar o desenho na sua relação com o meio: na definição de Serra (1989 apud ROMERO 2001), arquitetura bioclimática é aquela que aperfeiçoa, no seu próprio desenho arquitetônico, suas relações com o entorno e o meio ambiente. No conceito de Lopez de Asian (1989 apud ROMERO 2001), o enfoque bioclimático é o esforço para compreender um lugar, considerando, além dos condicionantes físicos e climáticos, aspectos culturais, históricos e estéticos do lugar. Para Cook (1988 apud Romero 2001), “a arquitetura baseada no desenho solar e as respostas bioclimáticas outorgam os elementos necessários para que se desenvolvam as expressões artísticas de um novo regionalismo”. Desta forma, pode-se chegar a uma definição consensual do projeto bioclimático a partir deste resumo de Romero (2001, p. 28):

Na nossa visão, a arquitetura bioclimática, uma etapa atual do movimento climático-energético, é uma forma de desenho lógico que reconhece a persistência do existente, é culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais e utiliza a própria concepção arquitetônica como mediadora entre o homem e o meio. O desenho urbano resultante da aplicação desses princípios integra princípios históricos, culturais, ambientais e tecnológicos. Pensamos que tais elementos contribuem diretamente para a prática do desenho urbano e para o processo formal de materialização da forma urbana, desde que se incorpore também a base tecnológica necessária para tratar o espaço urbano como espaço arquitetônico. (ROMERO, 2001, p. 28)

⁹ Olgyay, Victor. *Desing with Climate: Bioclimatic Aproach to Architectural Regionalism*. (Arquitetura e Clima: Manual de Desenho Bioclimático para Arquitetos.). University of Princeton, 1963. Considerado o trabalho pioneiro sobre conforto ambiental e projeto bioclimático.

Corbella e Yannas (2001, p. 37) corroboram com a definição e afirmam que "o objetivo do projeto bioclimático é prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia elétrica convencional (...)". Portanto, **projeto bioclimático** pode ser entendido como aquele que - a partir do próprio desenho arquitetônico e urbano – é mais adaptado ao lugar, mais eficiente energeticamente, prescindindo ao máximo do condicionamento ambiental artificial. Em um projeto bioclimático também devem ser consideradas as condicionantes históricas e culturais além das físicas e climáticas, buscando uma compreensão do lugar, o que resultará em um partido próprio para aquela região.

1.1.2 O conforto ambiental: índices e critérios a serem adotados

As definições de conforto térmico das diferentes fontes consultadas no trabalho (CORBELLA E YANNAS, 2001; FROTA E SCHIFFER, 2001; GONÇALVES E BODE, 2012) são uníssonas em relacionar o conforto térmico ao bem-estar humano, e em afirmar que isto é obtido a partir do equilíbrio (ou neutralidade) do ambiente. Tal neutralidade é conseguida a partir das interações entre variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade, velocidade do ar) e as variáveis humanas (taxa metabólica, vestuário). Além destas, há outras variáveis complementares, entre as quais, aspectos psicológicos e culturais. Entre estes aspectos, estão a capacidade de adaptação dos ocupantes.

Uma vez que o conforto térmico depende da interação de tantos fatores, é possível elaborar ambientes que agrade a todos termicamente? Na pesquisa na área, tem-se buscado estabelecer zonas de conforto através dos **índices de conforto**. Os índices de conforto térmico são tentativas de se referenciar em dados quantitativos para estabelecer zonas de conforto, e desta forma, pode avaliar se um ambiente é confortável ou não. Um dos índices mais utilizados nas pesquisas de conforto térmico é o índice do pesquisador dinamarquês Fanger. O índice de Fanger (1972) é denominado P.M.V., e "se baseia na resposta média de um grande grupo de pessoas de acordo com a escala de sensação térmica da norma ASHRAE norte-americana" (GONÇALVES e BODE, 2015).

Atualmente, a literatura chega em um consenso de que o índice de Fanger é mais adequado para ambientes climatizados artificialmente (GONÇALVES e BODE, 2015, LAMBERTS, DUTRA, 2005). Humpreys (1976 apud Gonçalves e Bode, 2015) concluiu que há uma discrepância significativa entre em ambientes controlados (estado estacionário de ar-condicionado) e aqueles de condicionamento térmico passivo. Ora, a resposta buscada neste trabalho se baseia na definição de projeto bioclimático (design passivo), e prioriza ambientes naturalmente condicionados. Givoni (1992 apud BOGO et al, 1994) afirma que o clima interno em edifícios sem condicionamento artificial reage mais largamente à variação do clima interno

e à experiência de uso dos ocupantes. Consequentemente, pessoas que moram em edifícios naturalmente condicionados usualmente aceitam variações de temperatura e umidade maiores como uma condição normal.

1.1.3 As escalas de análise

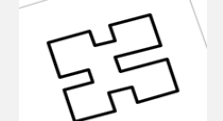
É consenso entre os autores do que Romero (2001, p.24) denomina “Linha Climática” que a cidade modifica o clima local. Segundo Detwyler (1974 apud ROMERO 2011):

A urbanização necessariamente altera o clima local em diferentes escalas. Detwyler (1974) trata das alterações climáticas provocadas pela urbanização. Segundo ele, as alterações são três:

1. mudança da superfície física da terra, pela densa construção e pavimentação, fazendo com que a superfície fique impermeável, aumentando sua capacidade térmica e rugosidade e, ao mesmo tempo, alterando o movimento do ar;
2. aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo;
3. emissão de contaminantes, que aumentam as precipitações e modificam a transparência da atmosfera. (DETWYLER 1974 apud ROMERO 2011)

Em resumo, a cidade necessariamente gera impactos sobre o meio natural. O papel do projeto bioclimático é tentar reverter esse processo o máximo possível, buscando espaços em consonância com o meio, e que promovam alterações positivas para a qualidade de vida do ser humano. Romero (2011) propõe que para o tratamento adequado do sítio, é necessário contemplar três dimensões: 1- **a estrutura do tecido urbano**, 2- **a cobertura urbana** e o 3- **metabolismo urbano**. A primeira dimensão abrange as dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, assim como o tamanho de vias e ruas. A segunda, cobertura urbana, abrange o que é construído, pavimentado ou vegetado, assim como a água e solo descobertos. E por fim, a terceira dimensão, do metabolismo urbano, abrange o calor e poluição gerado pelas atividades antropogênicas.

Reconhecendo a relevância de estudar o impacto do conjunto residencial multifamiliar em suas diversas escalas, Romero (2011) propõe uma análise "como um zoom que se inicia com uma visão panorâmica da grande massa urbana e termina no detalhe do edifício, utilizando como parâmetro o grau de proximidade do usuário na sua interação com o ambiente construído". Em relação às escalas de análise, será feita uma adaptação do trabalho de Silveira (2007) que, em sua tese de doutorado, elabora um indicador bioclimático para conjuntos multifamiliares em Teresina - PI. A autora formula um indicador que utiliza a classificação de escalas de análise segundo Oke (2004), abrangendo, desta forma, as escalas do setor (bairro), do conjunto, do lugar e da edificação. Para este trabalho, será adaptada a classificação de Oke (2004 apud SILVEIRA 2007), conforme quadro 03 apresentado a seguir:

ESCALA	Oke (2004)	O que abrange	Descrição	Imagem
LOCAL	Extensão: $1\text{km} < X < 10\text{km}$	Bairro	Abrange a área que o estudo de caso abrange, o bairro do Turu.	
MICROESCALA	Extensão $1\text{m} < X < 1\text{km}$. Pode abranger edifícios, estradas, pátios, ruas.	MicroEscala - Condomínio	Abrange a área de cada condomínio multifamiliar estudado, 12 no total	
		Micro Escala - Recinto	Abrange o espaço aberto limitado pelas massas construídas dentro do conjunto, o Recinto (ou Lugar)	
		Micro Escala - Edificação	Abrange a Edificação, no que se refere às suas influências no entorno.	

Quadro 02: Escalas de Análise da pesquisa
 Fonte: autor, com contribuição de Oke apud Silveira (2007)

Antes de abordar os parâmetros utilizados para avaliar um conjunto por um viés bioclimático, faz-se necessário dissertar sobre as especificidades do clima em questão. As características do clima, estratégias e diretrizes projetuais bioclimáticas para atender às necessidades do clima quente-úmido são o tema do próximo subcapítulo.

1.2 COMPREENDENDO O CLIMA QUENTE-ÚMIDO

1.2.1 Descrição do clima quente-úmido

O clima-quente úmido, ou tropical-úmido, é abordado de forma rica na bibliografia relacionada ao conforto ambiental e arquitetura bioclimática no Brasil. O clima abrange uma área bastante relevante do território, a para conhecê-lo, deve-se ter ciência, primeiramente, de que as definições “clima quente”, ou mesmo “quente-úmido”, ou “tropical-úmido”, não são suficientemente detalhadas para descrever com absoluta precisão o clima de uma localidade, servindo, sim, estas expressões, como pontos de partida para a compreensão de características gerais comuns às regiões de clima quente-úmido. Como exemplo, Romero (2003, p. 56 a 60) faz uma classificação geral dos climas da zona tropical brasileira, os dividindo em 3 grandes grupos climáticos: tropical-úmido, tropical-seco, tropical de altitude. Já a classificação aceita pelo IBGE, de Nimer (1979), é mais específica, subdividindo o clima quente em geral em 6 outros climas, dentre os quais está o **quente semiúmido com 4 a 5 meses de estação seca** - que corresponde ao clima de São Luís segundo a mesma classificação. A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) divide o Brasil em 8 zonas bioclimáticas, sendo a zona com as características desta pesquisa a zona 8 (quente-úmido). Note-se que mesmo

dentro da zona 8 há diversidade. Como exemplo, São Luís, que é uma cidade onde os efeitos da estação invernal não são sentidos, pertence à Zona 08 da norma tal como o Rio de Janeiro, com latitude maior e maior influência do inverno, o que acarreta em estratégias diferentes para localidades pertencentes à mesma zona.

Não obstante, as estratégias consensuais da bibliografia consagrada para o clima quente-úmido servem como ponto de partida fundamental para a pesquisa. Segundo Skozolay (2004 apud OLIVEIRA 2006), o clima quente-úmido é caracterizado por temperaturas acima de 20°, taxas de umidade relativa do ar entre 70 e 90% e baixa amplitude térmica (em torno de 5°C), e é o clima mais difícil de projetar, devido à necessidade de criar ambientes internos cujas condições sejam melhores que as externas. Uma vez que as altas taxas de umidade impedem a evaporação do suor da pele, minimizando seus efeitos de resfriamento do corpo, esta tarefa se torna complexa. Locais em baixas latitudes, como São Luís, também acabam por sofrer o acúmulo de grande quantidade de calor pela cobertura em virtude da passagem do sol próximo ao zênite. As precipitações concentradas em grande intensidade em determinados períodos do ano (no caso de São Luís), no primeiro semestre) e o clima propenso a insetos contribuem para agravar o quadro. Segundo o Zoneamento Climático da ABNT 15.220-3¹⁰ (2005), A cidade de São Luís está localizada na Zona Climática 8 (Figura 01, quadros 04 e 05). A ficha bioclimática da cidade, apresentada em Lamberts et al. (2014), mostra um clima com 98,5% de horas de desconforto térmico por calor e 1,4% de horas de desconforto, sendo o frio praticamente inexistente na cidade. Isto se dá devido às altas médias de temperatura e umidade do local, características que são alteradas pelas massas construídas e que vem sendo amplificadas devido à presença de amplas áreas pavimentadas.

¹⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, 2005, p.03.

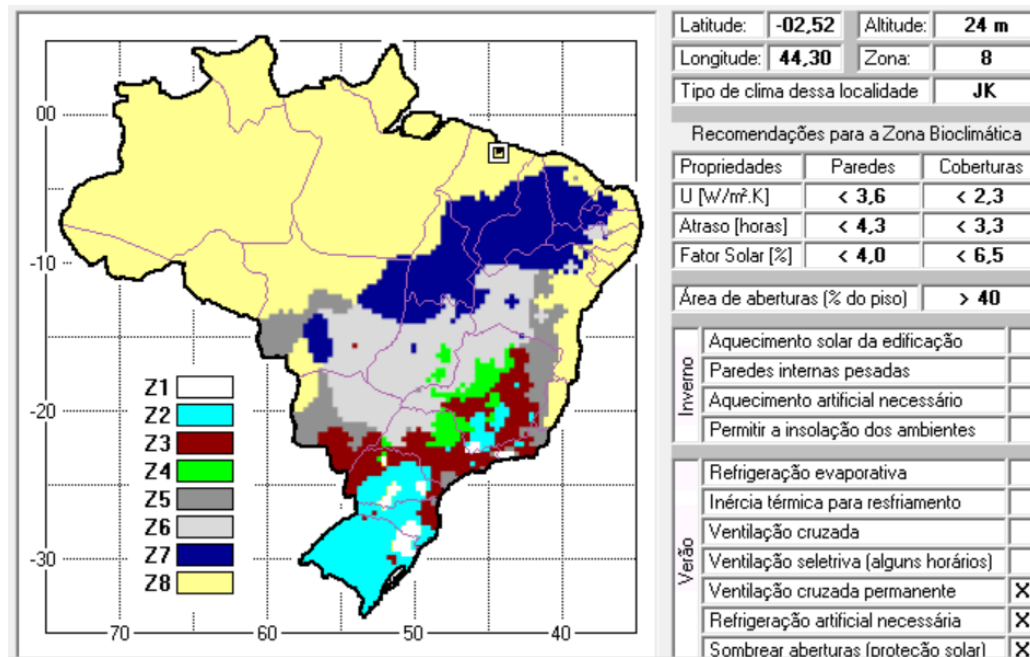


Figura 02: Estratégias de condicionamento térmico passivo para São Luís – ZB-8
 Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 15.220, 2003 (extraído do software ZB-BR, elaboração em 04/04/2017).

As estratégias para este clima são praticamente consensuais na bibliografia: "o controle (do clima) deve tender a diminuir a temperatura, incrementar o movimento do ar, evitar a absorção de umidade, proteger das chuvas e promover seu escoamento rápido".¹¹ (ROMERO, 2003).

1.2.2 Estratégias bioclimáticas na escala do setor / bairro

Lengen (2001, p. 90) faz um comparativo entre as diretrizes básicas para assentamentos urbanos nos climas tropical úmido e tropical seco. Há diferenças significativas entre o modo de projetar assentamentos nos dois grupos climáticos (quadro 06).

Diretrizes Gerais para clima tropical úmido	Diretrizes Gerais para clima tropical seco
Praças arborizadas	Praças pequenas, edifícios mais altos, mais sombra
Áreas comerciais com portais para proteção contra a chuva	Áreas comerciais com portais para sombra
Casas rodeadas de espaços para ventilação	Ruas principais na direção norte sul, assim um lado sempre tem sombra
Ruas largas com árvores para sombra	Ruas estreitas, para ter mais sombra
Tetos grandes sobre colunas para atividades públicas	Casas juntas com pátios arborizados
Ruas que seguem o nível do terreno, com drenagem para rios ou lagos	Parque na parte mais baixa, recebe a drenagem

Quadro 03: quadro comparativo entre diretrizes gerais para assentamentos urbanos nos climas quente-úmido e quente-seco

Fonte: adaptado de Lengen, 2009

¹¹ Deve-se atentar também para as atuais diretrizes de sustentabilidade urbana, onde escoamento das águas pluviais é uma opção que deve estar aliada ao reaproveitamento da mesma.

O autor propõe, para o clima tropical úmido em geral, um conjunto urbano permeável à ventilação, com afastamentos entre as construções e as ruas (e passeios públicos largos), aspectos intimamente relacionados à morfologia urbana.

Algumas das principais diretrizes atuais do urbanismo sustentável dizem respeito à densidade, à diversidade de uso do bairro e ampliação e humanização dos trajetos acessíveis a pé. Este debate não será ignorado neste trabalho, pois é uma discussão que engloba de forma decisiva as duas frentes que a pesquisa abrange: (1) - a habitação, pois densidade também tem relação com o problema do déficit habitacional nas grandes cidades; (2) - o bioclimatismo, uma vez que critérios como forma, altura e distâncias entre massas construídas - dentre outros fatores relacionados à densidade – são também itens que influenciam no conforto térmico - como será visto posteriormente - e cada clima é afetado de forma diferenciada por estes fatores. A discussão da densidade deve ser tratada com cuidado no clima quente-úmido, uma vez que há debates ainda vigentes em relação à densidade como solução sustentável para este clima, pois sabe-se que esta implica em efeitos bastante significativos - normalmente negativos - na temperatura e ventilação, aspectos mais sensíveis do clima em questão. Segundo Barbosa, Rossi e Drach (2014):

Do ponto de vista bioclimático, nos trópicos úmidos, a cidade compacta propicia a formação de ilhas de calor, com o consequente aumento do consumo de energia elétrica e com o uso excessivo do ar-condicionado e produção da poluição. (BARBOSA, ROSSI E DRACH, 2014)

Por outro lado, é forte o apelo para equilibrar a densidade das cidades. Segundo Farr (2013, p. 30) "o urbanismo sustentável é impossível em baixas densidades, inferiores a uma média de 17,5 e 20 unidades de habitação por hectare". Assentamentos que seguem o modelo de baixa densidade "não suportam transportes públicos de modo eficiente" e "geralmente não há destinos que possam ser acessados a pé no dia-dia", portanto, deve ser substituído por um modelo mais compacto e de uso misto. Há ainda autores que defendem que é possível conciliar os dois aspectos, como Duarte e Serra (2003), que afirmam que "a verticalização não é um mal em si, mas sim o desequilíbrio entre a densidade construída e a vegetação e corpos d'água.". Portanto, as diretrizes urbanas e a inteligência projetual poderiam contribuir para formar espaços acessíveis a pé e em consonância com as estratégias bioclimáticas do quente-úmido.

1.2.3 Desenho bioclimático na escala do conjunto

No projeto do conjunto urbano, as estratégias bioclimáticas devem ser pensadas desde as fases preliminares de estudo, onde são tomadas decisões cuja possibilidade de reversão é mais complexa, como orientação e dimensionamento de vias veiculares e pedonais, definição de praças, parques e áreas institucionais públicas e outras áreas de interesse comum como

Áreas de Proteção Ambiental e proteção do fluxo de águas, e especialmente, o posicionamento de edifícios.

A ventilação é um aspecto a ser estimulado pelo desenho urbano, enquanto a radiação é uma variável a ser controlada. Os benefícios da vegetação para o projeto bioclimático são consensuais na bibliografia. Sua importância abrange a cobertura do solo que favorece a permeabilidade das águas e a diminuição da temperatura devido ao processo metabólico da planta; a vegetação arbórea que promove a ventilação e serve como elemento de proteção à radiação solar no trajeto pedonal e nos espaços coletivos de permanência; as trocas gasosas que purificam o ar através da troca e melhoram o seu fluxo. Além do sombreamento promovido pela vegetação, deve-se reduzir ao máximo as superfícies diretamente expostas à insolação direta, nos planos laterais e superiores. Elementos semiabertos, arquitetonicamente representados por varandas, pilotis, sacada, terraços cobertos, são fortemente aconselháveis. A proteção solar dos vidros em horários sensíveis é imperativa.

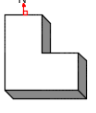
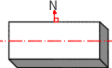
Para a definição do sítio, Romero (2003, p. 58) propõe que os assentamentos sejam em lugares altos e abertos aos ventos, preservando as declividades naturais do sítio para auxiliar no escoamento das águas pluviais. O desenho de ruas ideal é o que oferece um lado sombreado e outro ensolarado, com arborização posicionada a oeste (proteção da insolação vespertina). A autora ainda solicita o "caminho do pedestre curto e sombreado, as superfícies gramadas devem substituir as pavimentadas para reduzir a absorção da radiação solar e a reflexão sobre as superfícies construídas" (ROMERO, 2003, p. 59). Em relação à ventilação dos lotes, a mesma propõe que os mesmos tenham dimensões mais largas que compridas, com vedações escassas (de preferência naturais) e que a ventilação venha da rua. A autora propõe que o alinhamento das edificações não seja rígido, para que uma não funcione como barreira de ventilação da outra.

1.2.4 Desenho bioclimático na escala da edificação

Na escala da edificação, Lamberts, Dutra e Pereira (2005, p. 259) dissertam sobre a importância de identificar o uso da edificação. Segundo os autores, a função residencial é mais articulável que a função comercial, tendo a primeira uma densidade e fluxo de pessoas menor, o que faria da arquitetura residencial "o cliente ideal para sistemas naturais de condicionamento (IDEM)". Por este viés, a arquitetura habitacional é a mais receptiva ao condicionamento passivo.

Uma escolha acertada em relação à forma e orientação do edifício pode melhorar consideravelmente a carga térmica recebida pelo mesmo. Segundo Corbella e Yannas (2003, p. 221), um melhor posicionamento da edificação pode reduzir o recebimento de energia solar em 20% (Quadro 07). Além da forma e orientação geral do edifício, há outros elementos

importantes a serem considerados. A exposição dos planos laterais à radiação deve ser consideravelmente reduzida. Para isso, a forma ótima da arquitetura dos trópicos inclui elementos de sombreamento e uma fachada mais dinâmica. O sombreamento das aberturas translúcidas nos horários críticos é imperativo.

Análise da Forma do Edifício em relação à Carga térmica solar		
01		Forma retangular com eixo longitudinal sentido norte-sul. Carga Térmica Solar: 2400 KWh/dia
02		Forma predominantemente quadrangular. Carga Térmica Solar: 2350 KWh/dia
03		Forma em "L" com recorte voltado para nordeste Carga Térmica Solar: 2300 KWh/dia
04		Forma retangular com eixo longitudinal sentido leste-oeste. Carga Térmica Solar: 2000 KWh/dia

Quadro 04: análise da forma do edifício em relação à carga térmica solar, em ordem crescente de eficiência.
Fonte: Corbella e Yannas (2001, p. 221), adaptação do autor

Ahmad; Hyde (2008, p. 369) elaboram um conjunto de diretrizes bioclimáticas para a edificação do quente úmido. A autora corrobora com Corbella e Yannas (2001) em relação à forma e orientação adequadas da edificação do quente-úmido: sugere direcionar as menores fachadas para leste e oeste, uma vez que o controle da insolação é mais fácil nas fachadas norte e sul em baixas latitudes (quanto menor a latitude, maior a altura solar das trajetórias nos solstícios de verão e inverno, possibilitando, nas fachadas norte e sul, o projeto de proteções em tese mais fáceis de resolver em termos de altura solar¹²). A autora traça diretrizes bioclimáticas, colocando como principais objetivos: 1 - a eliminação da insolação direta, 2 - maximização da ventilação e 3 – usar a orientação da edificação para obter os melhores efeitos.

QUADRO DE DIRETRIZES BIOCLIMÁTICAS PARA O QUENTE-ÚMIDO SEGUNDO AHMAD; HYDE (2008)
Eliminar a Insolação Direta:
Com grandes beirais (ou varandas) para proteção dos espaços internos da radiação solar
Certificando-se que fachadas leste e oeste terão poucas ou nenhuma janela admitindo pouca insolação, e que as paredes destas elevações sejam refletivas e bem isoladas
Com materiais de baixa massa térmica para minimizar o armazenamento de calor

¹² Verificar, no presente trabalho, o item III – orientação - do sub-capítulo 1.3.1.1

Usando dispositivos de proteção solar para minimizar o ganho solar
Maximizar a ventilação natural certificando-se que:
Paredes a norte e sul tenham grandes aberturas de ventilação
Ambientes "double-banking" (duplicados) sejam evitados, se possível
O arranjo dos ambientes promove a ventilação cruzada
Planos sejam abertos e espaços livres entre os edifícios sejam largos
Grande volume de ventilação seja fornecido para remover o calor interno
O espaçamento entre os prédios otimiza o acesso das brisas
Em habitações unifamiliares, a construção elevada seja utilizada, quando possível, para ampliar a exposição ao vento
Usar a orientação para obter os melhores efeitos:
Melhor orientação: maiores fachadas voltadas para norte e sul
Orientação dos edifícios deve responder aos ventos predominantes disponíveis, assim como ao sol
Conflitos envolvendo insolação e brisas devem sempre ser resolvidos de forma a controlar o sol, com o design de prédios e do paisagismo modificados para desviar os ventos.
Telhados devem ser inclinados para facilitar a drenagem de água
Temperatura radiante média deve ser mantida tão baixa quanto possível, usando telhado reflexivo, espaço ventilado e mantas reflexivas abaixo acima do forro, assim como forros isolantes.
Para casas geminadas, pátios e cavidades de ar no nível térreo contribuem para ventilação cruzada e luz natural nos espaços internos.

Quadro 05: Quadro de diretrizes bioclimáticas para o quente-úmido: escala da edificação.

Fonte: AHMAD; HYDE (2008, p. 369), tradução e adaptação do autor

É preciso atentar-se para possíveis decisões que confrontem benefícios e malefícios entre as escalas de análise. Como exemplo, Romero (2003) aponta para a questão da radiação solar refletida, que, embora contribua para reduzir o ganho de calor do ambiente interno, também influi no aumento de radiação recebida nas construções vizinhas e ambientes externos. Para espaços densamente ocupados, a autora afirma que a radiação solar refletida pode ser minorada pelo uso de materiais e cores pouco refletivos, de vegetação que absorve a radiação solar, bem como uma fachada irregular (dinâmica) e coberturas vizinhas não planas (Figura 02).

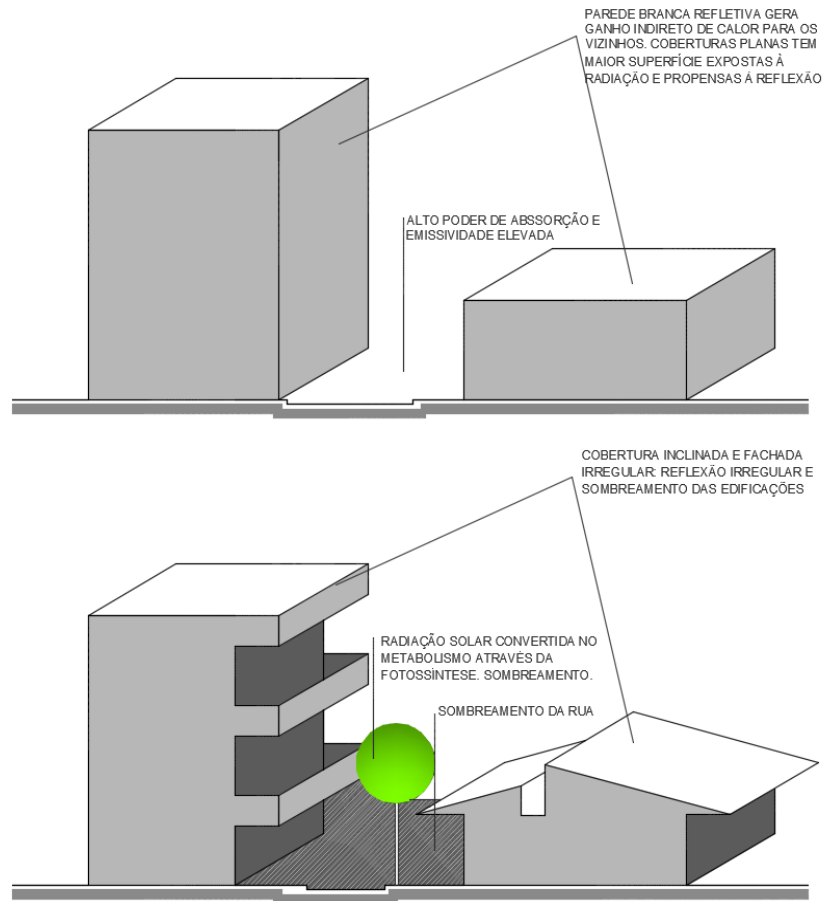


Figura 03: A primeira solução intensificadora, já a segunda reduz a transformação da radiação solar em energia térmica.

Fonte: Romero (2003, p. 50), adaptação do autor

1.2.5 Síntese das diretrizes projetuais bioclimáticas:

As diretrizes projetuais bioclimáticas podem ser resumidas na tabela abaixo, onde são considerados quatro autores relevantes dos últimos 20 anos: Romero (2001), Lengen (2003), Corbella e Yannas (2003) Ahmad; Hyde (2008), Lamberts et al. (2012).

O projeto bioclimático possui uma complexidade inerente às interdependências das variáveis envolvidas. É possível sintetizar as diretrizes principais, lembrando que devem estar atreladas a programas de necessidades diferentes e às noções básicas de composição. O quadro resumo 09 mostra as estratégias bioclimáticas que cada autor coloca.

Observa-se o enfoque dos autores Romero (2003) e Lengen (2003) na escala do conjunto e bairro, e o enfoque dos demais na escala da edificação. Percebe-se que há um consenso a respeito das principais estratégias bioclimáticas do quente úmido, que são: controle absoluto da radiação solar e ventilação permanente. As estratégias bioclimáticas para o clima quente-úmido contribuem no desenvolvimento da ferramenta desenvolvida na pesquisa como parâmetros, referências de boas práticas. Para tanto, deve-se relacionar as estratégias ou

respostas projetuais que a bibliografia consagrada julga como adequadas com os **atributos do projeto bioclimático**, o que será explanado no próximo subcapítulo.

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA CLIMA QUENTE ÚMIDO – POR AUTORES						
	ROMERO (2001 E 2003)	LENGEN (2003)	CORBELLA E YANNAS (2001)	AHMAD; HYDE (2008)	LAMBERTS et al (2014)	FROTA E SCHIFFER (2001)
ESCALA DA EDIFICAÇÃO						
Baixa massa térmica para minimizar o armazenamento de calor		-	X	X	X	X
Usar dispositivos de proteção solar para minimizar o ganho solar	-	-	X	X	X	X
Fachadas leste e oeste terão poucas ou nenhuma janela, admitindo pouca insolação	-	-	X	X	X	-
Paredes refletivas e bem isoladas especialmente para fachadas leste e oeste	-	-	X	X	X	X
Paredes norte e sul permeáveis à ventilação	-	X	X	X	-	-
Grande volume de ventilação seja fornecido para remover o calor interno	-	-	X	X	X	X
A construção elevada seja utilizada, quando possível, para ampliar a exposição ao vento	-	X	-	X	-	-
Os arranjos dos ambientes devem promover a ventilação cruzada	-	X	X	X	X	X
Ambientes "double-banking" (duplicados) sejam evitados, se possível	-	-	-	X	X	-
Melhor orientação: maiores fachadas voltadas para norte e sul	X	-	X	X	X	-
Conflitos envolvendo insolação e brisas devem sempre ser resolvidos de forma a controlar o sol, com o design de prédios e do paisagismo modificados para desviar os ventos.	-	-	-	X	-	-
Telhados devem ser inclinados para facilitar a drenagem de água	-	X	--	X	-	-
Temperatura radiante média deve ser mantida tão baixa quanto possível, usando telhado reflexivo, espaço ventilado e mantas reflexivas abaixo acima do forro, assim como forros isolantes.	-	-	-	X	X	X
Para casas geminadas, pátios e cavidades de ar no nível térreo contribuem para ventilação cruzada e luz natural nos espaços internos.	-	-	-	X	X	-
Materiais fibrosos: madeira, taquara, capim	-	X	-	-	-	-
Controlar a radiação com Fachadas dinâmicas (cheios e vazios)	X	X	-	-	X	X
ESCALA DO CONJUNTO / RECINTO						
O Otimizar o acesso às brisas através do espaçamento entre os prédios	X	X	-	X	-	X
Evitar rigidez no alinhamento das edificações	X	-	-	-	-	X
Lotes largos na testada, para possibilitar circulação de ventos	X	X	-	-	-	X
Nas áreas densamente construídas, a construção de edifícios altos entre edifícios baixos favorece a ventilação	X	-	-	-	-	-

Vegetação não deve impedir a passagem dos ventos, deve-se haver uma altura mínima de copa para árvores de sombra	X	X	-	-	-	X
ESCALA DO SETOR / BAIRRO						
Praças arborizadas / áreas verdes próximas	X	X	X	-	-	X
Áreas comerciais com portais para proteção contra a chuva	X	X	-	-	-	X
Passeio público com densa arborização – criar caminhos sombreados com a vegetação	X	X	-	-	-	X
Tetos grandes sobre colunas para atividades públicas	-	X	-	-	-	X
Ruas que seguem o nível do terreno, com drenagem para rios ou lagos	X	X	-	-	-	-
Construir casas perto de morros ou elevações, onde há mais movimento de ar	X	X	-	-	-	-

Quadro 06: resumo de estratégias bioclimáticas para o quente-úmido.
Fonte: adaptação do autor

1.3 OS ATRIBUTOS PARA UM PROJETO BIOCLIMÁTICO

Este subcapítulo se propõe a apresentar e compreender os atributos de um projeto bioclimático, isto é, qualidades que o mesmo deve possuir para ser classificado ou definido como tal. Estes atributos são extraídos da bibliografia, bem como as respostas adequadas para cada um deles. Ao fim do capítulo, será produzido um quadro contendo os aspectos a serem analisados, acompanhados dos parâmetros que a bibliografia propõe como mais adequados para o contexto analisado. Primeiramente, segue algumas explicações necessárias para a compreensão do capítulo – relativas aos termos utilizados no e às ferramentas de análise e avaliação existentes.

I - Terminologia utilizada

Atributos são as particularidades, qualidades e características que são próprias de alguém ou algo, o que é peculiar a determinado objeto. Neste ponto, a pesquisa buscará estabelecer os atributos, ou seja, características próprias do projeto bioclimático que permitam identificá-lo com tal adjetivo. Sob a ótica do bioclimatismo, um projeto de arquitetura ou urbanismo possui atributos como forma, pele, espaçamento entre edifícios, superfície do solo, etc. A intenção, neste capítulo, é organizar tais atributos.

O termo **parâmetro** é definido como uma linha constante e invariável, que pertence a uma equação ou que faz parte da construção de uma reta. Na prática, consiste em uma referência, a partir do qual pode-se estabelecer uma comparação.

II - Principais instrumentos de avaliação bioclimática de projetos existentes:

Existem instrumentos para aplicação de princípios de eficiência energética no Brasil. Estes instrumentos constituem-se em normativas e selos e servem também como importantes referências para o presente trabalho. No entanto, apresentam algumas lacunas em relação ao objetivo e objeto de estudo da presente pesquisa. Estes instrumentos são tratados no quadro a seguir, bem como seus pontos positivos e limitações.

Instrumentos de Análise ou avaliação Bioclimática de projetos – Normas e Selos			
Instrumento	O que é como funciona	Pontos Positivos	Limitações para o uso em HIS multifamiliar em São Luís
NBR 15220-3. ABNT, 2005.	Divide o Brasil em 8 Zonas Bioclimáticas e, baseado na Carta Bioclimática de Givoni, ajuda o projetista a definir: 1-estratégias bioclimáticas adequadas à zona do seu projeto e 2-diretrizes construtivas para tamanho de aberturas, sombreamento de aberturas e definição do invólucro (cobertura e paredes).	- Leva em consideração a diversidade bioclimática do Brasil; - Rapidez na consulta, agilizada pelo software ZB-BR e a plataforma ProjeteEEE	- Declara ênfase na HIS unifamiliar; - Ausência de parâmetros qualitativos (mais completos) para análise da ventilação e sombreamento (que são as principais estratégias bioclimáticas do quente-úmido); - Falta de diretrizes de forma, orientação, sacadas; - Não leva em conta a escala do conjunto ou do bairro.
RTQ – Regulamento Técnico para Qualidade de Nível de eficiência energética. PROCEL, 2010.	Este regulamento rege a etiquetagem energética de edificações do PROCEL. “É um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentam as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. (...)” “Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Nas Unidades Habitacionais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água.” ¹³	- De todos os selos, é o mais completo, abrangendo diversos requisitos para envoltória.	- Não trabalha a escala do conjunto; - Não abrange questões de forma da edificação, embora já haja estudos neste sentido; - A completude da análise implica também em complexidade para quem analisa – não é acessível à vida cotidiana de um escritório ou uma disciplina de projeto na universidade.
NBR 15575 – Desempenho Térmico de edificações. ABNT, 2013	Trata-se da norma de desempenho de edificações. Do ponto de vista do arquiteto, abrange os seguintes temas: segurança estrutural, segurança na utilização, segurança contra fogo, estanqueidade,	- Integração com outros temas do projeto. - O CAU-BR apresenta ferramenta de check-list para o atendimento desta norma.	- De caráter generalista, no que diz respeito ao conforto térmico, abrange apenas 3 itens: adequação de paredes externas, isolamento de cobertura e aberturas para ventilação.

¹³<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB922E4DD0542C}>

	desempenho térmico, acústico e lumínico, durabilidade e manutenibilidade, saúde, higiene e qualidade do ar, adequação ambiental		
--	---	--	--

Quadro 07: ferramentas de avaliação de projetos existentes no Brasil
Fonte: adaptação do autor

III - Referências da bibliografia:

A bibliografia possui, para a maioria dos atributos analisados, consenso em relação às melhores soluções projetuais do ponto de vista bioclimático para o clima quente-úmido. Serão citados aqui alguns autores que traçam parâmetros que norteiam tais soluções ótimas. Ahmad; Hyde (2008),¹⁴ especificam parâmetros bioclimáticos para edifícios multifamiliares no quente-úmido, abordando variáveis arquitetônicas que influenciam na escala da edificação. Os autores elaboram um quadro que fornece respostas ideais para parâmetros qualitativos e quantitativos, que são: forma, número de pavimentos, relação W/H, orientação (azimute), características do telhado, proteção solar, sistemas ativos, sistemas passivos, porcentagem de superfície vitrificada, atraso térmico, troca de ar do ambiente, consumo máximo de energia do ambiente, condutibilidade térmica e orientação dos ambientes de estar.

QUADRO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA EDIFÍCIOS (AHMAD; HYDE, 2008, p. 279)	
PARÂMETRO	SOLUÇÃO ÓTIMA
FORMA	Bloco
NÚMERO DE PAVIMENTOS	4 a 5 no máximo
W/H	1.6 a 2.5
ORIENTAÇÃO (0° NORTE)	0 E 180
TELHADO	Inclinado, Átrio ventilado, Manta reflexiva abaixo do telhado, forro separado e isolado
PROTEÇÃO SOLAR	Sistemas de proteção solar nas fachadas
SISTEMAS ATIVOS	Coletores Fotovoltaicos em telhados
PASSIVE SYSTEMS	Dupla pele
PORCENTAGEM SUPERFÍCIE VITRIFICADA	NORTE E SUL ATÉ 30%
ATRASO TÉRMICO	> 8 horas
TROCA DE AR DO AMBIENTE	10 no verão (V x horas)
Consumo máximo de Energia de Aquecimento (Anual)	0kWh/m²
Valor de Referência U (Condutibilidade Térmica)	0.3-0.6 W/M²k
Orientação Ambiente de Estar	NORTE E SUL

Quadro 08: quadro de estratégias bioclimáticas para edifícios multifamiliares.

¹⁴ Trata-se do capítulo 8 (*Kuala Lumpur: a Hot Umid Climate*, de Sabarinah Sh. Ahmad), dentro da publicação *Bioclimatic Housing: Innovative Designs for Warm Climates*, organizada por Richard Hyde, publicada em 2008, p. 279.

Fonte: AHMAD; HYDE (2008, p. 279), tradução e adaptação do autor

Já Romero (2001) trata dos atributos bioclimáticos do espaço público. A autora elabora quadros que trabalham em diferentes escalas de análise, após levantamento na literatura consagrada. Para a escala da edificação, a autora subdivide em 3 temas: 1 – Forma, 2 – Invólucro e 3 – Superfície. Para o espaço exterior (público) autora subdivide os parâmetros em quatro temas, que são: 1 – Forma, 2 – Traçado, 3 – Superfície, 4 – Entorno, conforme os dois quadros-resumos a seguir. A organização da autora será utilizada na pesquisa, com as devidas adaptações, uma vez que o foco do quadro é o tratamento bioclimático do espaço público.

Parâmetros de Análise do Espaço Público						
Atributos do Urbano		Olgyay	Oliveira	Romero	Givoni	Serra
FORMA	Esbeltez / Rugosidade / altura / tamanho da área construída	X	X	X	X	X
	Compacidade / espaçamento / densidade / adjacência	X	X	X	X	X
	Porosidade / transparência / perfuração / profundidade		X			X
TRAÇADO	Uso e Ocupação do Solo	X	X		X	
	Orientação: sol, ventos, som, equilíbrio da radiação e luz natural	X	X	X	X	X
	Ruas: orientação, tamanho, alinhamento		X	X		
	Subdivisão de lotes: orientação, forma, tamanho	X	X	X		
	Tamanho dos espaços públicos, umidade, albedo, luminosidade, materiais superficiais	X		X	X	
SUPERFÍCIE	Detalhes edificatórios que afetam as condições externas	X		X	X	
	Textura	X	X			X
	Propriedades físicas dos materiais	X	X	X	X	
	Cor	X	X	X	X	X
ENTORNO	Paisagismo: variedade topográfica, direção da trama, regularidade	X		X	X	X
	Vegetação: parques e áreas verdes	X		X	X	X
	Obstruções sólidas e anteparos	X		X		X
	Localização na região	X		X		X
	Topografia: pensante, orientação, presença de água	X		X	X	X

Quadro 09: atributos do urbano.
Fonte: adaptado de Romero (2001)

Outros trabalhos consultados

Há trabalhos que focam nos indicadores como instrumentos para avaliação do projeto sob o ponto de vista do bioclimatismo ou eficiência energética. Carlo e Lamberts (2010) chegam a um sistema de indicadores para a escala da edificação, com o objetivo de etiquetagem energética, onde leva-se em conta parâmetros passíveis de serem quantificados: fator de

forma, fator de altura, WWR, proteção solar, caracterização do invólucro são os principais itens analisados no trabalho, e utilizados como parâmetros nesta pesquisa.

Silveira (2007) aborda um conjunto de indicadores bioclimáticos para condomínios residenciais para Teresina, Piauí, no clima semiárido. Baseada na literatura de Romero (2001), Oke (2004), entre outros, a autora analisa condomínios residenciais multifamiliares em quatro escalas de análise: edifício, condomínio (conjunto), lugar e contexto. Considerando os objetos de estudo aqui estudados, é o que mais se assemelha à presente pesquisa, diferenciando-se primeiro, pelo clima, uma vez que a autora avalia no clima quente semiárido, e também por avaliar condomínios em vários setores da cidade de Teresina-PI, de forma comparativa, enquanto a presente pesquisa o faz em uma área específica representativa da HIS local, uma vez que a comparação entre condomínios não é nosso principal foco da pesquisa, e sim caracterizar seus problemas junto aos parâmetros da bibliografia, situá-los junto a projetos de referência e gerar uma ferramenta que contribua em projetos bioclimáticos relativos ao tema.

Borba (2014), em sua dissertação de mestrado, elabora um indicador baseado em aspectos trazidos pela bibliografia e avalia um condomínio multifamiliar em Recife, na escala do conjunto.

É fundamental recorrer a alguns critérios para adaptar e organizar este conjunto de contribuições da bibliografia. Em primeiro lugar deve-se atentar para o fato de que a habitação é um uso que tende a ser mais suscetível ao design passivo que outros usos, como o comercial, hospitalar, educacional (LAMBERTS et al 2005), uma vez que é mais flexível em termos de vestimenta e permite maior controle individual sobre as condições do espaço (abertura de janela, brises, disposição do mobiliário, etc). Igualmente importante é o fato de que, por se tratar de um tipo de projeto onde o argumento do baixo-custo tem força, soluções passivas e de baixa tecnologia devem ser priorizadas.

IV – Produto deste sub-capítulo:

O produto deste subcapítulo é a geração de quadros que estabelecem, para cada tema e escala de análise, os seguintes dados: os atributos do projeto bioclimático, o método de análise (que será detalhado no capítulo metodológico), sua melhor resposta para a bibliografia, e o seu referencial teórico. Os quadros seguirão os temas de Romero (2001), baseando-se no já descrito método das escalas de análise de Oke (2004). A seguir, tais atributos serão tratados individualmente, para melhor compreensão dos mesmos.

1.3.1 Escala da edificação

Os atributos bioclimáticos na escala da edificação serão subdivididos em dois temas: Forma e Invólucro. A Forma abrange as dimensões e volumetria dos edifícios. Neste tema, serão analisados os seguintes atributos, que seguem: forma e superfícies expostas (fator de forma), porcentagem de sacadas (em ambientes de longa permanência), Orientação, Porcentagem de pilotis, Proteção solar nos planos translúcidos, ventilação cruzada.

No tema Invólucro, que corresponde ao envelope do edifício, serão analisados os aspectos do envelope do edifício: materiais de vedação laterais e da cobertura, superfície transparente, perfuração para ventilação. Em seguida, segue explanação sobre cada um dos atributos.

1.3.1.1 Atributos da forma na escala da edificação

I - Fator de Forma (S/V): A forma do edifício é um aspecto que influencia na quantidade de calor retida pelo mesmo. Em geral, a bibliografia, para o quente úmido, aponta para formas alongadas como a opção mais adequada para o quente-úmido, pois possibilitam a retirada de calor por radiação e convecção (CORBELLA E YANNAS, 2005; AHMAD; HYDE, 2008; ROMERO, 2001).

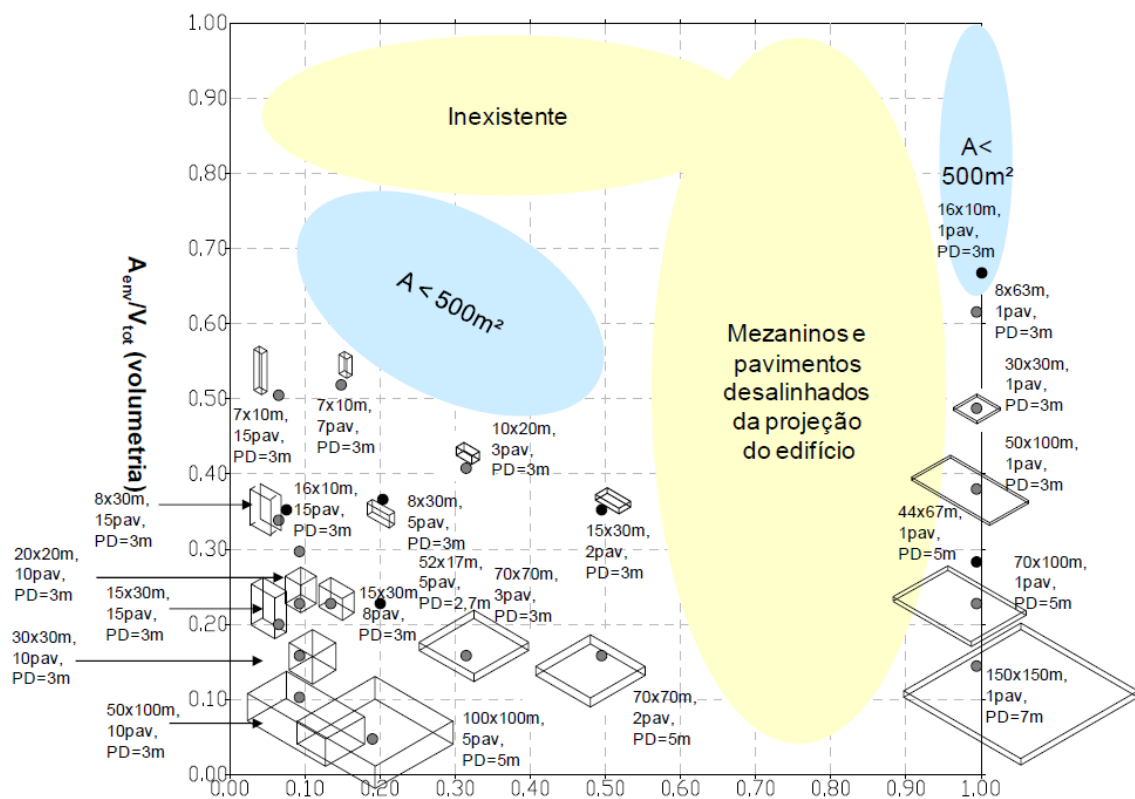


Figura 04: Gráfico de Fator de Forma X Fator de altura. Edifícios com maior fator de forma tendem a ter relações energéticas otimizadas.

Fonte: Carlo e Lamberts (2010)

No entanto, a forma é um item de grande variedade de respostas. Para transformar esta informação em um dado quantitativo, o **fator de forma** vem sendo uma informação bastante utilizada em indicadores produzidos recentemente. Carlo e Lamberts (2010) definem o fator de forma como “a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (A_{env} / V_{tot})”. Edifícios com maior fator de forma possuem menos capacidade de acúmulo de energia térmica e possibilitam mais perda, o que no quente-úmido se dá principalmente através da convecção (ventilação). Formas esbeltas, pátios internos e externos, reentrâncias na fachada, sacadas contribuem para que a superfície seja maior em relação ao volume. O breve exemplo elaborado na figura 04 mostra a diferença de fator de forma para possíveis formas arquitetônicas com mesmo volume e altura, mas dimensões de comprimento e largura diferentes:

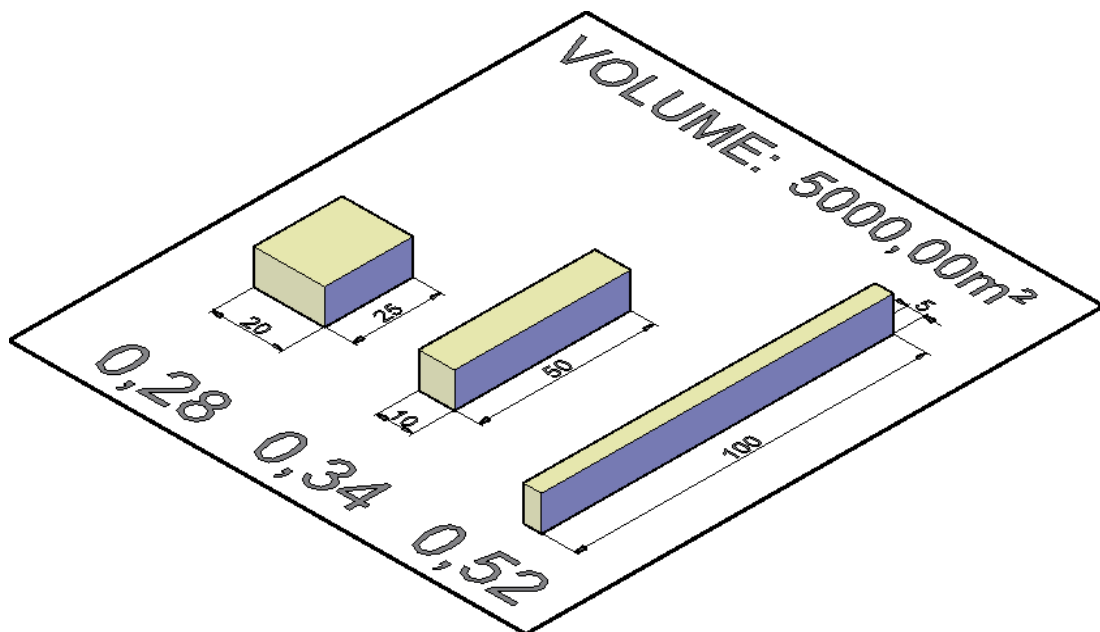


Figura 05: diferentes dimensões e mesmo volume. Formas mais esbeltas tem fator de forma maior.
Fonte: autor

Carlo e Lamberts (2010) ainda orientam em relação ao método de aferição do fator de forma de um edifício:

Devem ser consideradas como parte da envoltória todas as superfícies em contato com o ambiente externo que compõem o fechamento do edifício. Mas há exceções: edifícios com pilotis apresentam um piso em contato com o ambiente externo, assim como projeções de partes do edifício sobre os pavimentos inferiores. Estes não são computados no cálculo da envoltória, pois a relação de área da envoltória estabelecida para cálculo do fator de forma seria descaracterizada ao incluir uma área de superfície que não descrevesse a composição do volume. (Carlo e Lamberts, 2010)

II - Varandas em áreas de longa permanência:

A varanda é um dos elementos mais importantes para um edifício no clima quente-úmido. Seja pelo seu valor como ambiente social, seja pela proteção à radiação solar direta que

proporciona aos ambientes internos, seja por viabilizar o uso destes ambientes com as esquadrias abertas mesmo em caso de chuva, seu uso é comum à arquitetura vernácula do quente-úmido em várias partes do mundo.

Para analisar as sacadas, será usada a porcentagem de sacadas em relação à área de ambientes de longa permanência. A legislação local de São Luís não aborda uma quantidade mínima para varandas ou sacadas, e, como visto anteriormente, as normas brasileiras não adotam este critério (Quadro XX). Será usada a referência encontrada em Bay et al.; Bay e Ong (2006), que analisam o projeto de habitação multifamiliar Bedok Court (localizado em Cingapura, latitude 1°22' N, clima quente-úmido, figura 05), que possui área de sacadas de 30% da área do apartamento, e qualificam positivamente o projeto sob o ponto de vista térmico e socioambiental. Na pesquisa, mais de 80% dos moradores questionados: 1 – Preferem as áreas semiabertas aos outros espaços do apartamento; 2 – Relataram alta frequência de atividades no espaço semiaberto, tais como receber visita, jardinagem, brincadeira das crianças, entre outros; 3 – sentem-se confortáveis termicamente nas áreas semiabertas, 4 – relatam iluminação de muito clara a suficiente nas áreas semiabertas.

As sacadas também podem contribuir na proteção aos planos translúcidos e opacos (vedações externas, reduzindo as horas de exposição das mesmas à insolação, e também na própria composição arquitetônica, uma vez que criam efeitos de cheios e vazios, que Romero (2001) denomina tensão da fachada. Também podem reduzir a necessidade de proteção solar horizontal nos planos translúcidos, uma vez que a própria sacada já estabelece por si um ângulo de proteção horizontal (alfa).



Figura 06: Teng Jian - Bedok Court
Fonte: <http://mapio.net/s/74020865/>

Deve-se atentar para o fato de que a HIS multifamiliar é um contexto bastante específico, onde se busca a redução de custos. Para o caso específico da ferramenta desenvolvida na presente pesquisa, visando a HIS multifamiliar, será considerada para cálculo a área em relação aos setores de longa permanência da habitação, não obstante ao fato de que a presença de sacadas e lajes técnicas, mesmo que não se constituam como ambientes, também contribuam para atenuar a carga térmica da edificação.

III - Orientação do edifício:

A orientação é um dos aspectos mais decisivos nas fases preliminares de projeto, pois alterações de orientação são inviáveis para este parâmetro. Trata-se de um aspecto que, em uma primeira análise, não gera relevante acréscimo nos custos. Para uma análise da orientação no contexto desta pesquisa, deve-se atentar para o desenho da carta solar da cidade de São Luís, que, por ser próxima à linha do equador, possui as fachadas norte e sul quase que igualmente ensolaradas. Na figura 07, observa-se a seguinte demonstração, utilizando o Software SOL-AR¹⁵: primeiramente, à esquerda, as altas temperaturas registradas na cidade e a ausência de desconforto por frio, o que indica que a preocupação com a insolação não deve se limitar ao verão, mas deve abranger o ano inteiro. Ao centro e à direita, a sobreposição de um mesmo ângulo de proteção alfa¹⁶ (40°). Na figura do centro, na fachada de azimuth 270° (Oeste), o ângulo protege até aproximadamente 14:30 horas. À direita, o mesmo ângulo de proteção, com objetivo de proteger a fachada 0°, proporciona sombra a partir de 8 até cerca de 16 horas. Para proteger a fachada oeste até 16h, necessitaria de um ângulo alfa de 60°.

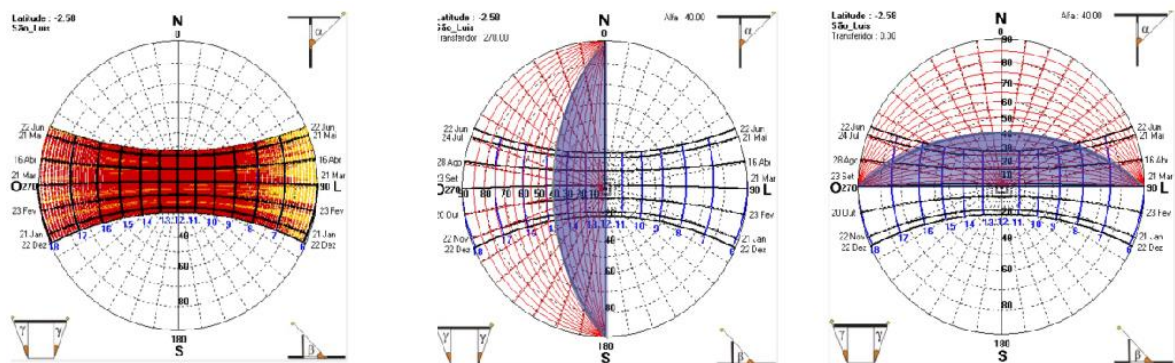


Figura 07: na Carta Solar de São Luís, o mesmo ângulo alfa de proteção (para brises horizontais) proporciona proteção de mais horas nas fachadas norte e sul, devido à altura solar que ocorre próximo à linha do equador.
Fonte: software SOL-AR, adaptado pelo autor

¹⁵ SOL-AR é um software para análise solar disponibilizado pelo Labeee – UFSC (Laboratório de eficiência energética da Universidade Federal de Santa Catarina).

¹⁶ Os ângulos de proteção solar a serem considerados são três: alfa, beta e gama. O ângulo alfa corresponde à proteção em relação ao ângulo de altura solar, para brises horizontais. Este ângulo é comumente estudado em corte.

Desta forma, os autores consultados que tratam deste tema (Ahmad, Hyde, 2008, Romero, 2001, Corbela e Yannas, 2001) apontam para a forma alongada, com maiores fachadas próximas aos azimutes 0 e 180° (Norte e Sul) a melhor orientação do edifício, sendo esta uma diretriz geral do ponto de vista do acúmulo de carga térmica do edifício.

IV - Pilotis:

A construção elevada do solo é um aspecto abordado por Lengen (2003) e Ahmad; Hyde (2008). Otimizar as brisas é o principal objetivo desta estratégia, que também possui função de proteção à umidade do solo. Assim como a varanda, é uma estratégia presente na arquitetura vernácula do quente-úmido. Para projetos de residência multifamiliar (condomínio vertical), é solicitada pelo plano diretor da cidade uma área construída máxima de 25%¹⁷ em relação à área total de ocupação, porém nos projetos de HIS, esta diretriz não é obrigatória.

V - Proteção solar e Sombreamento:

O Brasil é um país que é referência nos projetos de proteção solar, uma vez que arquitetos do movimento modernista do Brasil, na busca por regionalização das soluções modernistas, exploraram bastante a proteção solar em seus projetos. Bonduki (1998), em sua obra¹⁸ compila e comenta projetos dos anos 1940 a 1950 no Brasil, nos quais havia preocupação com a proteção solar, como o Conjunto Residencial do Pedregulho, de Afonso Eduardo Reidy (1952), que repete a solução adotada por Lúcio Costa no Conjunto Parque Guinle (ver figura 07).



Figura 08: Conjunto Residencial Pedregulho
Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.062/446>

A literatura sobre o tema é vasta, e a regionalidade das soluções é bastante desejável, uma vez que cada localidade (inclusive localidades de mesma latitude) possui diferentes

¹⁷ Plano Diretor de São Luís, 1991. O documento prevê ocupação de 25% do térreo para o edifício multifamiliar vertical.

¹⁸ Origens da Habitação Social no Brasil. Bonduki, Nabil (1998). Ver Residencial Realengo (Rio de Janeiro)

necessidades de proteção solar. A NBR 15220 (ABNT, 2005), por exemplo, não estipula ângulos de sombreamento para a ZB-8, apenas indicando necessidade de sombreamento total para o clima quente-úmido (o que caracterizaria proteção integral em todas as horas de sol e todos os dias do ano).¹⁹ Para este trabalho, que tem como objetivo uma análise geral da edificação, será considerada a simples presença ou não de elementos de proteção solar de planos translúcidos. Não obstante, admite-se aqui a importância de futuros estudos que apontem diretrizes mais precisas de proteção solar para esta latitude específica.

1.3.1.2 Atributos do invólucro na escala da edificação

O invólucro, também chamado de envelope, consiste nos planos que determinam o limite – e são o principal filtro - entre o exterior e o interior. Sua importância é fundamental, e o material, espessura dos planos opacos e translúcidos são fatores que influenciam, primeiramente, no controle solar, e, em seguida, na ventilação. Neste item, serão analisados os seguintes aspectos: perfuração da fachada, WWR, e as características dos planos laterais e superiores (paredes e cobertura).

I - Perfuração da Fachada e ventilação cruzada:

A necessidade de ventilação é consensual como estratégia para o clima quente-úmido, e a entrada de ventilação se dá predominantemente pelos planos laterais. Em suas diretrizes construtivas, a NBR 15220 (ABNT, 2005) estabelece 40% da área de piso como referência para o tamanho total das aberturas laterais na Zona Bioclimática 08 (quente úmido). Aqui, deve-se atentar para um importante desafio projetual: conciliar o controle da radiação com a ventilação. Embora a ventilação seja uma estratégia fundamental, o controle da radiação deve ser prioritário. Ahmad; Hyde (2008), Lamberts et al. (2014), Corbella e Yannas (2011) sugerem que as fachadas voltadas para leste e oeste tenham pouca ou nenhuma abertura para melhor controle solar. No entanto, em uma análise local, deve-se atentar para o fato de que a fachada leste é a mais ventilada de acordo com o diagrama de ventos de São Luís. Desta forma, para este trabalho, será considerado percentual de aberturas em relação às fachadas próximas aos azimutes 0°, 90° e 180° (Norte, Leste e Sul), e não serão consideradas as que estiverem próximas ao azimuth 270°, uma vez que estas são de fato as fachadas mais críticas e tampouco recebem ventilação relevante.

As aberturas podem proporcionar mais ventilação volumétrica – procurar autor) mas, para estimular o movimento do ar - o que caracteriza a ventilação - devem seguir o princípio da ventilação cruzada, o que consiste em aberturas nas zonas de alta e baixa pressão, para entra

¹⁹ Lamberts et al (2012) afirma que, em São Luís há necessidade de proteção de 100% das aberturas horas de insolação durante o ano, baseado na combinação de temperatura do ar maior que 20°C e exposição à radiação, resulta em desconforto segundo índice de Fanger.

e saída do ar. Esta análise será feita em caráter qualitativo na observação da planta e abrangerá os ambientes de longa permanência (verificar figura 23, capítulo 03).

IV - WWR (Window Wall Ratio):

Romero (2001) e outros autores (CORBELLÁ e YANNAS, 2003; FROTA E SCHIFFER, 2001; AHMAD; HYDE, 2008) apontam como atributo bioclimático importante a quantidade de vidro em relação ao plano da fachada, o WWR (*Window Wall Ratio*, a relação entre parede e janela). Os planos translúcidos são áreas extremamente sensíveis na arquitetura do quente-úmido devido à sua proporção entre transmissão, reflexão e absorção²⁰. No caso da habitação de interesse social multifamiliar representativa, esquadrias de vidro laminado translúcido, sem características especiais, em esquadrias perfiladas de alumínio vêm sendo o padrão adotado. Estes vidros possuem o fator solar (FS) alto (vidros translúcidos costumam ter elevadas taxas de transmissão de calor), o que contribui para o ganho térmico do interior do edifício. No clima quente-úmido o vidro traz um agravante: sendo um material estanque, impermeável à passagem da ventilação, o ganho térmico por radiação não pode ser mitigado por convecção, especialmente nos horários de menos ocupação, quando os vidros são comumente fechados. O WWR é definido pela razão entre a área de vidro e a área total da fachada (podendo ser representado em porcentagem). Ahmad; Hyde (2008) definem como valor máximo 30% para fachadas Norte e Sul.

V – Planos laterais de vedação - paredes

É necessário entender o processo físico da radiação solar incidente sobre uma superfície (parede) para compreender o desempenho térmico do material de construção. A radiação incidente (onda eletromagnética) converte-se em energia térmica (calor), o que sofre influência do material, cor e espessura em relação à quantidade de calor conduzida para o interior e a refletida para o exterior. Corbella e Yannas (2003, p. 02) assumem algumas diretrizes para este tema: as superfícies mais castigadas pelo sol (teto, paredes do leste e oeste), caso não sejam protegidas com elementos externos, deveriam ter um material isolante²¹. Se a amplitude térmica for menor que 5°, para as paredes que não recebem sol, ou

²⁰ Quando a radiação solar (eletromagnética) atinge uma superfície semi-transparente, uma parte é transmitida (atravessa a superfície), outra parte é absorvida pelo material e outra é refletida. A soma das três formas de energia é igual à energia incidente, explicada pela seguinte fórmula: $I = A + R + T$; onde I = radiação incidente; A = radiação absorvida, R = radiação refletida e T = radiação transmitida. Estes valores totalizam 1, e cada tipo de vidro apresenta diferente proporção para estes valores. (CORBELLÁ E YANNAS, 2003, p. 224)

²¹ Segundo Romero (2001, p. 84) característica mais importante para o controle dos materiais é seu comportamento ao conduzir o calor, a condutibilidade térmica. Materiais considerados isolantes são os que conduzem menos calor, representados por materiais leves como poliestireno, poliuretano, lã de rocha, lã de vidro, cortiça. Concretos e granitos tem condutibilidade um pouco mais alta, e metais tem a condutibilidade térmica altíssima. Ver tabela de propriedades térmicas de alguns materiais de construção (CORBELLÁ e YANNAS, 2003, p. 266)

para as divisórias internas, podem ser utilizados materiais leves. A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) corrobora e determina como diretriz construtiva para a Zona Bioclimática 8, um conjunto denominado **parede leve refletora**, que deve atender aos seguintes parâmetros: transmitância térmica, inércia térmica e fator solar, conforme o quadro a seguir:

Parâmetro	Descrição	Unidade	Referência para ZB8
Transmitância Térmica (U)	Trata-se do Coeficiente Global de Transmissão Térmica. Segundo Frota e Schiffer (2001), “engloba as trocas de calor referentes a um determinado material segundo a espessura da lâmina, o coeficiente de condutibilidade térmica, a espessura da lâmina, e ainda, o sentido do fluxo”, o que se manifesta em sua unidade, o	W/(m ² .K)	$U \leq 3,60$
Atraso Térmico (ϕ)	Relacionado com a inércia térmica do material, que segundo Corbella e Yannas (2003), é a persistência da temperatura. O atraso térmico está relacionado especialmente com a condutividade térmica e com a espessura da parede. Para o clima tropical úmido, não é recomendado atraso térmico alto, pois deve-se evitar o acúmulo excessivo de calor do dia para a noite, quando o amortecimento térmico é suficiente e não gera desconforto por frio.	h	$\phi \leq 4,3$
Fator Solar (FS)	Trata-se do Quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo (observar nota de rodapé nº 10). Opta-se por materiais que transmitam no máximo 4% da energia térmica incidida.	Percentual	$FS_o \leq 4,0\%$

Quadro 10: quadro de parâmetros relativos à vedação externa
Fonte: autor

A cor da fachada é um aspecto que gera discussões, uma vez que é sabido que cores mais claras refletem maior porcentagem de radiação em relação às mais escuras, o contribui positivamente para o interior do edifício, mas amplia o problema do ambiente externo devido à mesma reflexão. Romero (2001, p. 87) sugere uma superfície mais rugosa, gerando menos reflexões mesmo com cores mais claras. O conjunto de edifícios residenciais do Parque Guinle, de Lúcio Costa (1954) é um exemplo positivo do equilíbrio das estratégias bioclimáticas na fachada do edifício: utilização da dupla pele, com cores intermediárias (equilíbrio entre reflexão e absorção), com elementos permeáveis à ventilação (vazados) que impedem a incidência de radiação solar direta.



Figura 09: À esquerda, o edifício Nova Cintra, do conjunto Parque Guinle, de Lúcio Costa (1954), com a galeria comercial sombreada. À direita, fachada norte do conjunto: permeabilidade e superfícies transparentes protegidas da radiação direta e equilíbrio positivo da cor.

Fonte: archdaily.com.br, acesso em 10/08/2016

VI – Planos laterais de vedação - cobertura

Ahmad, Hyde (2008, p. 279) apontam para um conjunto de características adequadas para a cobertura do quente-úmido. O isolamento é fundamental, uma vez que o plano superior recebe intensa insolação próxima ao zênite – o que é agravado em baixas latitudes. A inclinação, item corroborado por Van Lengen (2003) e Romero (2001), é fundamental para o escoamento das águas pluviais, e também possui papel importante em uma distribuição mais angulada da radiação solar e para a geração de colchão de ar entre o telhado e o forro. O desenho da cobertura também pode estar relacionado com a ventilação, especialmente aquela por densidade, que visa a dissipação do ar quente, locando saídas estratégicas na parte superior da edificação. Ahmad; Hyde (2008) apontam para um conjunto de atributos que define uma cobertura adequada para o edifício multifamiliar do quente-úmido.

1.3.2 Escala do conjunto

Na escala do conjunto, o trabalho utiliza a organização de Romero (2001), que divide o em quatro temas: forma, traçado, superfície e entorno, com as devidas adaptações (uma vez que o trabalho de Romero aborda o espaço público, e este, conjuntos multifamiliares).

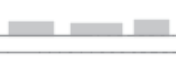
1.3.2.1 Atributos da forma na escala do conjunto

Serão aqui considerados a rugosidade, relação W/H e a porosidade do conjunto.

I – A Zona Climática Urbana: Rugosidade, relação W/H e superfície de revestimento do solo.

Uma referência de qualidade para alguns atributos do conjunto que serão avaliados está em Oke (2004 apud SILVEIRA, 2007). O autor estabelece 7 Zonas Climáticas urbanas (quadro 15), que descrevem características gerais de um conjunto urbano que tendem a contribuir com a formação de ilhas de calor: alturas, proximidade das construções, rugosidade e revestimento (porcentagem de área impermeável). Por se tratar de um tipo de conjunto bastante específico do Brasil, os conjuntos locais analisados não se encaixam necessariamente nas exatas características dessas zonas. Desta forma, serão analisados separadamente cada item: rugosidade, revestimento do solo e relação W/H.

A rugosidade é um aspecto relacionado à "diversidade de alturas, ao grau de fragmentação e à diferença de alturas." (SILVEIRA, 2007). Uma maior rugosidade caracteriza mais estímulo ao fluxo dos ventos.

	Zona Climática	Imagem	Rugosidade	Área Impermeável
1	Área urbanizadas com altas densidades, edifícios altos e próximos, escassas áreas verdes.		8	>90%
2	Áreas urbanizadas com altas densidades, gabarito de 2 a 5 pavimentos, pouco ou nenhum afastamentos entre edifícios e algumas áreas verdes		7	>80%
3	Área intensamente desenvolvida com médias densidades, diversidade de gabaritos, médio afastamento entre edificações e muitas áreas verdes		7	70%
4	Área altamente desenvolvida com densidade urbana baixa, grandes edifícios baixos e estacionamentos pavimentados (shoppings, armazéns).		5	75 a 95%
5	Área de médio desenvolvimento com baixa densidade, casas de 1 a 2 andares (subúrbios).		6	35 a 70%
6	Área intensamente desenvolvida com edifícios altos, porém próximos, com revestimento.		5	<40%
7	Área semi-rural com áreas dispersas e uma área natural (fazendas, propriedades rurais).		4	<10%

Quadro 11: Classificação das Zonas climáticas em ordem decrescente de capacidade de causar ilhas de calor
 Fonte: Fonte: adaptado de Oke (2004 apud SILVEIRA 2007)

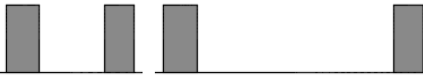
II - Os Cânions Urbanos: Relação W/H.

Segundo Romero (2011, p. 105) os cânions urbanos são formados por 3 superfícies (paredes e piso), e três lados abertos (que seriam o plano do teto e dois planos verticais). O cânion urbano é analisado pelos parâmetros de altura média (H), largura (W) e comprimento (L). Suas relações (H/L, L/W) e a densidade construída descrevem geometricamente o cânion. Além da geometria, estes recintos têm seu microclima determinado pelas características radiativas, térmicas de umidade dos materiais construtivos pela orientação solar e relação com os ventos. Ainda segundo a autora:

Dentro da camada de cobertura urbana (CCU), o cânion urbano é a unidade padrão para o estudo do microclima. O estudo das temperaturas do ar, das superfícies e da circulação do ar dentro dos cânions urbanos, através da análise do balanço térmico, para fins de recomendações e normatizações, pode contribuir para otimizar o consumo de energia das edificações, o conforto térmico dos pedestres e a dispersão de poluentes. (ROMERO, 2011, p. 105)

Corbella e Yannas (2003, p.55) atentam para a exposição à radiação dos cânions urbanos, que, juntamente à orientação dos grupos de edifícios, determinam a ocorrência de planos sombreados ou expostos no edifício. Segundo Romero (2012, p. 93), existem três classificações básicas para o cânion urbano: espaços claustrofóbicos, de recolhimento e expansivos, conforme quadro 16. Em relação à escala e à geração de um microclima

confortável, de maneira geral o tipo intermediário - de recolhimento, pode ser considerado o mais adequado, pelo potencial de planejar espaços abertos de mais qualidade e otimizar o fluxo de ventilação em relação aos espaços claustrofóbicos; e por proporcionar densidade mais adequada e trajetos mais acessíveis a pé que os espaços expansivos. Serão analisadas de maneira diferenciada a **Relação W/H dos Espaços Abertos** e a **Relação W/H entre as edificações**.

	De $W=\frac{1}{8}.H$ até $W=\frac{1}{4}.H$ - ESPAÇOS CLAUSTROFÓBICOS
Espaços estreitos com predomínio das proporções verticais. Estímulos visuais fortes e absorvem muito calor acima do nível do solo. Alta densidade.	
	De $W=1.H$ até $W=3.H$ - ESPAÇOS DE RECOLHIMENTO
Espaços harmônicos, apartamentos para abrigar atividades sociais de convívio. Contornos marcados e definição forte. A absorção do calor se dá próxima ao nível do solo. temperatura do interior dos edifícios tende a ser igual à do exterior. Média densidade.	
	$W=4.H$ - ESPAÇOS EXPANSIVOS
Espaços excessivamente abertos, sem contornos definidos. Adequado para destacar pontos focais obeliscos, fontes. A maior parte da radiação é refletida. temperatura dos edifícios tende a ser igual à exterior.	

Quadro 12: classificação de recintos conforme a relação W/H
Fonte: Olgyay (1998 apud SILVEIRA 2007), adaptado pelo autor

III - Porosidade do Conjunto:

O atributo aqui analisado trata da posição dos volumes construídos em relação aos ventos, de forma que um volume interfira menos no fluxo do outro. Segundo Olgyay (1988 apud SILVEIRA 2007), a porosidade aos ventos tem contribuição do alinhamento e ângulo das construções. Edifícios alinhados tendem a criar sombras de vento e concentrar a ventilação nos corredores (cânions), edifícios desalinhados tendem a aumentar a exposição do conjunto aos ventos, conforme a figura 08:

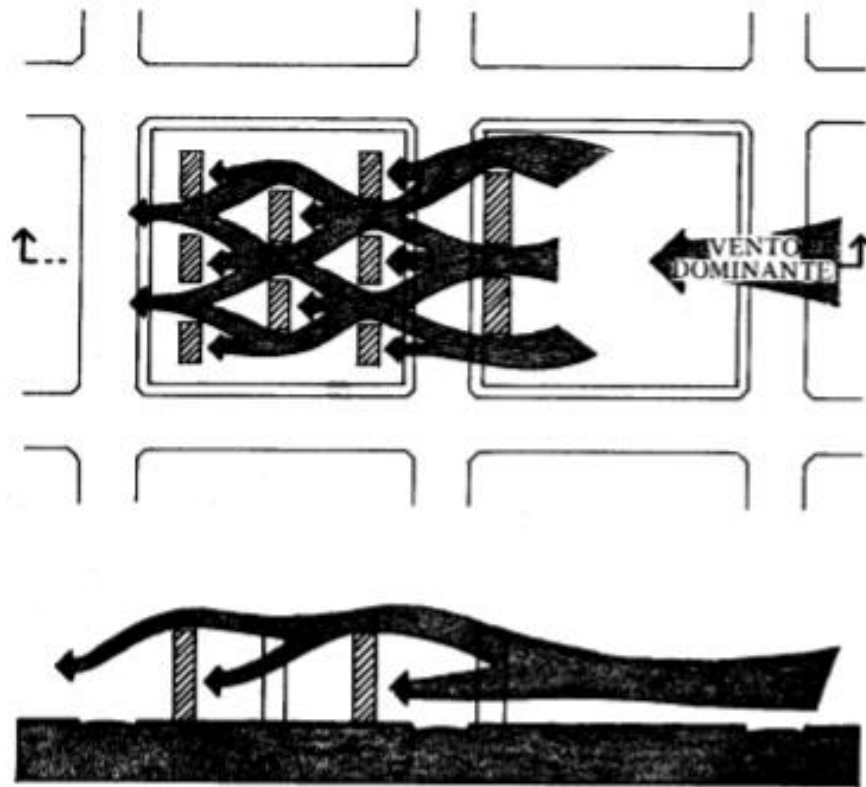


Figura 10: Porosidade do Conjunto
Fonte: Frota e Schiffer (2001)

1.3.2.2 Atributos do Traçado na escala do conjunto

Para o traçado, será considerada a taxa de ocupação do solo, a relação entre largura e comprimento do lote e orientação da rua principal.

Lengen (2009, p. 91) solicita ruas largas com arborização, e que siga, os níveis do terreno, com drenagem para rios e lagos. As diferentes orientações de ruas também permitem soluções diferentes. Romero (2003, p. 59) afirma que a orientação da rua deve buscar o sombreamento. Segundo a autora, "a orientação que ofereça espaços sombreados e ensolarados é a mais favorável, se acompanhada de vegetação do lado do poente, auxilia consideravelmente a permanência no lugar ou o simples percurso do pedestre". Em relação às características do lote, tanto Lengen (2009, p. 64) Romero (2003, p. 60) orientam que as dimensões devem ser mais largas que compridas, capturando a ventilação da rua.

1.3.2.3 Espaços livres, áreas verdes e o projeto bioclimático: definição dos atributos da Superfície e do Entorno

O tema **superfície** abrange a cobertura do solo e o revestimento das construções. É sabido que os materiais possuem características diferentes quanto à sua relação com a radiação solar. Segundo Romero (2001, p. 49), explanando sobre as influências básicas que diferenciam o clima da cidade de sua área circundante:

A transformação artificial da superfície terrestre: os materiais da superfície urbana diferem dos da paisagem natural. Os materiais urbanos possuem uma capacidade térmica mais alta que a dos materiais dos ambientes naturais e ao mesmo tempo resultam em melhores condutores (...). As superfícies externas das edificações atuam como refletoras e radiadoras, aumentando os efeitos da radiação incidente. O efeito diferenciador entre as duas paisagens fica acentuado quando a altura solar é mínima. A paisagem natural apresenta poucas superfícies verticais onde possam incidir os raios solares. (ROMERO, 2001, p. 49)

O primeiro atributo para análise da superfície é a Permeabilidade do Solo. O quadro de Oke (2004 apud SILVEIRA, 2007), mostrado anteriormente aponta para uma gradativa influência desta característica na formação de ilhas de calor urbanas à medida que se aumenta a pavimentação do solo.

É fundamental também a avaliação qualitativa da vegetação. As áreas verdes urbanas possuem classificações e funções diferentes, devendo-se definir alguns termos e tipos de vegetação adequados para a continuidade do texto. No que se refere às áreas de preservação permanente²², se constituem como as áreas urbanas a serem preservadas integralmente.

Lima et al. (1994, apud BARGOS e MATIAS, 2011) incluem as áreas verdes nos espaços livres da cidade, classificando-as da seguinte forma:

- **Área verde:** onde há o predomínio de vegetação arbórea. Devem ser consideradas as praças, os jardins públicos e os parques urbanos, além dos canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas funções estéticas e ecológicas. Porém, as árvores que acompanham o leito das vias públicas não se incluem nesta categoria. Os autores apontam que as áreas verdes, assim como todo espaço livre, devem também ser hierarquizadas, segundo sua tipologia (privadas, potencialmente coletivas ou públicas) e categorias.
- **Parque Urbano:** são áreas verdes, maiores que as praças e jardins, com função ecológica, estética e de lazer.
- **Praça:** pode não ser considerada uma área verde caso não tenha vegetação e seja impermeabilizada. Quando apresenta vegetação é considerada jardim, e como área verde sua função principal é de lazer.
- **Arborização Urbana:** são os elementos vegetais de porte arbóreo tais como árvores no ambiente urbano. As árvores plantadas em calçadas fazem parte da Arborização Urbana, no entanto, não integram o Sistema de Áreas Verdes (Lima et al. 1994, apud BARGOS e MATIAS, 2011).

De uma maneira geral, o benefício da vegetação para o projeto bioclimático é consensual na bibliografia e pode-se dizer que esta tem um papel insubstituível, uma vez que nenhum

²² As Áreas de Preservação Permanente foram instituídas pelo Código Florestal ([Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012](#)) e consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa. Tem a função de resguardar áreas sensíveis ambientalmente e depende apenas da característica geográfica para existência. APA é a sigla que designa o nome de uma categoria de Unidade de Conservação federal – a Área de Proteção Ambiental. Essas áreas pertencem ao grupo de Unidades de Conservação de uso sustentável, em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, com atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas.

material construtivo reverte gás carbônico em oxigênio e neutraliza os efeitos do calor da forma que a cobertura vegetal e arborização o fazem. No clima quente úmido a arborização urbana ganha uma importância crítica. Sua própria forma (sombra da copa e “pilotis” sob a mesma), segundo Holanda (1976), é a inspiração principal da arquitetura do trópico úmido, pois é um espaço semiaberto natural, protegido da insolação e ventilado pelas laterais. O sombreamento gerado pela copa das árvores é fundamental para viabilizar os passeios a pé, especialmente nos horários mais críticos do dia em um contexto em que temperaturas acima de 29°C tem ocorrência em 18% das horas do ano. Farr (2013) resume a importância da vegetação no todo do bairro:

O urbanismo sustentável visa conectar as pessoas à natureza e aos sistemas naturais, mesmo em densos ambientes urbanos. Para os seres humanos, os benefícios passivos da luz natural do dia e do ar fresco dentro de ambientes fechados são praticamente desprezíveis quando comparados à realização de estratégias para uma vida ativa na rua. A probabilidade de deslocamento a pé é três vezes maior em rotas para pedestres com vegetação. A cobertura que as árvores adultas proporcionam podem estimular ainda mais as atividades cotidianas ao ar livre, por reduzir as temperaturas de três a seis graus Celsius. As árvores podem aumentar o valor dos imóveis adjacentes em 3-6%. Caminhadas regulares podem reverter a deterioração do cérebro pela idade. Vegetações densas proporcionam um habitat viável para aves cantoras, além do benefício auditivo. Juntos, os benefícios aos humanos da vida próxima à vegetação e habitats naturais são imensos e são registrados por estudos que documentam o interesse dos compradores de imóveis em pagar até 24% a mais por uma casa cujo terreno está voltado para um parque ou área natural. (Farr, 2013, p. 37).

A forma de aplicação da vegetação deve ser observada. Romero (2000, p.55) afirma que a vegetação deve proporcionar sombras quando necessário, sem interferir na circulação da brisa, e essencialmente, auxiliar na diminuição da temperatura, a partir do consumo de calor latente por evaporação. A vegetação pode funcionar como barreira para ventilação, portanto, deve-se checar a altura da copas e massas arbustivas e herbáceas em relação ao trajeto da ventilação cruzada.

Baseado nas referências aqui postas e no contexto do trabalho, de conjuntos de HIS multifamiliar para o quente-úmido, os atributos considerados serão: para o tema superfície, **revestimento do solo no conjunto** (porcentagem) e **qualidade do passeio pedonal**, no qual serão analisados a arborização, a presença de faixas de serviço permeáveis e a largura útil do passeio. A calçada ideal possui faixa livre de serviço (preferencialmente permeável) para instalação de equipamentos que humanizam o espaço (bancos, lixeiras), e principalmente para plantio da arborização urbana. As diretrizes recentes da prefeitura de São Paulo²³, por exemplo, apontam para largura mínima de faixa de serviço de 0,75m e a faixa livre de 1,20m, além de uma faixa de acesso aos edifícios.

²³ Decreto nº 45994, da prefeitura Municipal de São Paulo, de 07/01/2012.

Nova divisão das calçadas

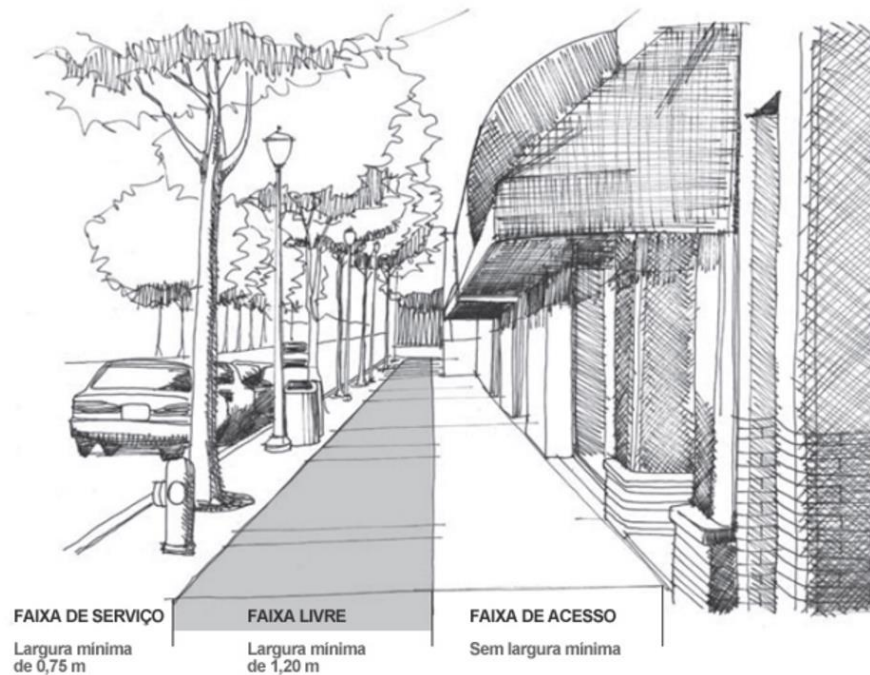


Figura 11: Desenho adequado para calçada acessível ao pedestre e estimuladora do passeio
Fonte: Frota e Schiffer (2001)

Em relação à simples presença de áreas verdes no entorno, não necessariamente distribuída pelo caminho pedonal, Izard e Guyot (1980 apud Romero 2011) apontam para sua função microclimática, como fator de equilíbrio térmico. Para que esta possa exercer esta função - o que os autores denominam efeito de massa - as áreas verdes devem representar pelo menos 30% da superfície urbanizada, que será um dos atributos a serem analisados.

Outro aspecto a ser levado em conta na qualificação de áreas verdes é a quem as mesmas pertencem. Uma vez que os conjuntos analisados são em lotes particulares oriundos de glebas²⁴ e a discussão da pesquisa é bioclimática, a análise não abrangerá este viés.

CONSIDERAÇÕES PARCIAIS SOBRE O CAPÍTULO 1

No capítulo 1, buscou-se explorar 3 subtemas dentro do bioclimatismo. Primeiramente, estabeleceu definições importantes sobre o bioclimatismo, e assumiu-se a importância da adequação do projeto ao lugar e como esta decisão é fundamental no contexto da HIS multifamiliar no clima quente-úmido, pois soluções incorporadas ao projeto e de baixo custo. Em seguida, explanou-se a respeito das estratégias bioclimáticas para o clima quente-úmido, sobre as quais há um consenso razoável entre os autores consultados: a necessidade de estratégias que privilegiem a ventilação e o sombreamento, que em baixas latitudes devem

²⁴ Consultar capítulo 3 deste trabalho

ser mais rigorosas e também permanentes, uma vez que a localidade em questão não possui desconforto por frio em nenhum momento do ano. Finalmente, foram abordados o que a pesquisa denomina **atributos do projeto bioclimático**, características de projeto que precisam ser definidas de forma que possam promover as estratégias bioclimáticas.

Como resultado do capítulo 1, segue o quadro de atributos de um projeto bioclimático específicas para o clima quente úmido, contendo os aspectos que serão explorados nas 6 análises a serem realizadas. Foram gerados dois quadros, de acordo com as duas escalas de análises da pesquisa: a edificação e o conjunto. Dentro de cada quadro, utilizou-se uma organização baseada em Romero (2001), com os temas próprios de cada escala: forma e envelope para a escala da edificação; e forma, traçado, superfície e entorno para a escala do conjunto. O quadro contém, em seguida, os atributos do projeto bioclimática, acompanhado da resposta adequada para a bibliografia e suas referências.

A definição deste quadro é o passo inicial para a geração da ferramenta de qualidade bioclimática, o que será abordado no capítulo metodológico, em seguida.

Quadro de atributos de um projeto bioclimático para o clima quente-úmido			
Na Escala da Edificação			
Tema	Atributo	Resposta adequada para a bibliografia	Referência
FORMA	Fator de Forma	Maior fator de forma	Carlo e Lamberts (2010)
	Orientação	Maiores fachadas em orientação 0 e 180° (N e S) para menor acúmulo de carga térmica	Ahmad; Hyde (2008), Romero (2001), Corbella e Yannas (2001)
	Porcentagem de varandas em ambientes de longa permanência	Mais varandas para melhorar sombreamento	Bay e Ong; Bay et al (2006)
	Porcentagem semiaberta do térreo	Maior proporção de áreas semiabertas no térreo	Ahmad; Hyde (2008), Romero (2001), Corbella e Yannas (2001)
	Ventilação cruzada	Promover ventilação cruzada	NBR 15220-3 (ABNT, 2005)
	Porcentagem de pátios ou cavidades	Mais pátios e cavidades internas contribuem para sombreamento proporcionar ventilação cruzada.	Corbella e Yannas (2003)
	Proteção solar das aberturas translúcidas	Proteger integralmente as aberturas	NBR 15220-3 (ABNT, 2005)

INVÓLCRUO	Perfuração da Fachada	> 40% da área do piso	NBR 15220-3 (ABNT, 2005)
	Transmitância Térmica da vedação	$\leq 3,60 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$	NBR 15220-3 (ABNT, 2005)
	Atraso Térmico da vedação	$\leq 4,3 \text{ h}$	NBR 15220-3 (ABNT, 2005)
	WWR (N e S)	Até 30% da área da fachada	Ahmad; Hyde (2008)
	WWR (L e O)	Menor área transparente possível	Ahmad; Hyde (2008)
	Cobertura: inclinação (formação de colchão de ar)	Telhado deve ser inclinado para formação de colchão de ar.	Ahmad; Hyde (2008), Lengen (2001), Romero (2003)
	Cobertura: presença de manta reflexiva	Sim	Ahmad; Hyde (2008)
	Cobertura: estratégia de dissipação	Sim	Ahmad; Hyde (2008)
Quadro de atributos de um projeto bioclimático para o clima quente-úmido			
Na escala do conjunto			
Tema	Atributo	Resposta adequada para a bibliografia	Principais referências:
FORMA	Diversidade de alturas	Diversidade de gabarito visando aumentar rugosidade e promover movimento do ar	Oke (1994) apud Romero (2001)
	Relação W/H entre edificações	Proporcionar espaços de recolhimento, W/H = 1	Romero (2011)
	Relação W/H para áreas externas de vivência		Romero (2011)
	Porosidade do Conjunto	Construções sem alinhamento rígido	Frota e Schiffer (2001)
TRAÇADO	Área Livre do Solo	Para centros urbanos, 50% de áreas livres é apontado como um número adequado, que proporciona boa relação entre cheios e vazios.	Oke, (1994), Romero (2001), Corbella e Yannas (2001), Lengen (2003).
	Orientação da rua principal do lote	Ruas principais do lote devem no sentido norte-sul, para que um dos lados sempre tenha sombra.	Romero (2001), Frota e Schiffer (2001), Lengen (2003).
	Proporção do Lote	A frente dos lotes deve ser maior que o seu comprimento para melhor captação dos ventos.	Romero (2001), Lengen (2003).

SUPERFÍCIE	Áreas permeáveis do conjunto	Mais áreas permeáveis contribuem para evitar os efeitos da ilha de calor urbana.	Oke (1994)
	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana	Arborização de copa alta em fileiras com sombreamento integral do passeio.	Romero (2001), Corbella e Yannas (2001), Lengen (2003).
	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa de serviço	Presença de faixas de serviço que possibilitem instalação do mobiliário urbano e humanização do passeio público	Izard e Guyot (1980 apud Romero 2011)
	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	Largura útil do passeio deve proporcionar um passeio confortável.	Romero (2001), Corbella e Yannas (2001), Lengen (2003), ABNT (1991)
ENTORNO	Área Verde para Efeito de Massa	Estudos dos autores apontam para uma influência do efeito de massa com a vegetação a partir de 30%	Izard e Guyot (1980 apud Romero 2011)

Quadro 13: quadro de atributos do projeto bioclimático – Escala da edificação e do Conjunto
 Fonte: autor, baseado na literatura consultada

2. CONSTRUÇÃO DE MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O presente capítulo visa apresentar e descrever os procedimentos e métodos da pesquisa, bem como suas respectivas etapas. O capítulo subdivide-se em: 2.1 Descrição da pesquisa e suas etapas 2.2: elaboração da ferramenta; 2.3: aplicação da ferramenta de análise e avaliação da qualidade bioclimática para projetos de HIS multifamiliar no quente-úmido em baixas latitudes, e; 2.4: referencial teórico sobre papel da simulação energética no projeto bioclimático. Para uma descrição mais precisa da metodologia, o capítulo, primeiramente, explanará cada uma das etapas metodológicas, bem como seus procedimentos de forma mais detalhada.

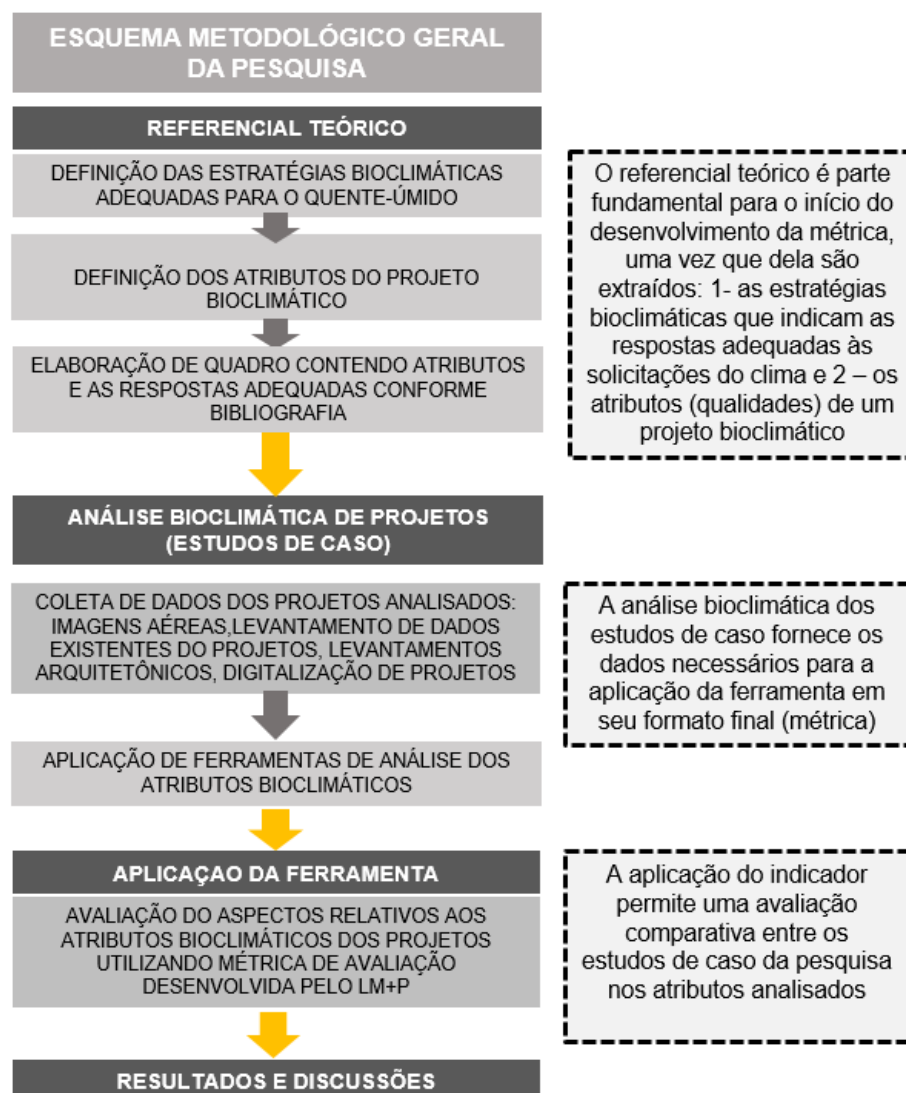


Diagrama 02: esquema metodológico da pesquisa
Fonte: autor

Como descrito no texto introdutório, esta pesquisa é aplicada e experimental, posto que visa gerar conhecimento para aplicações práticas, direcionada à solução de problemas

específicos, com foco na seleção de variáveis que influenciam no objeto de estudo, bem como nas formas de observação e controle que as variáveis produzem sobre o objeto. Na realidade desta pesquisa, o levantamento dos parâmetros bioclimáticos e a compreensão de como estes agem no objeto (HIS multifamiliar no clima quente-úmido não estacionário) consistem no principal foco da pesquisa²⁵. Em relação à fonte dos dados da pesquisa, a mesma tem caráter documental, onde a bibliografia e projetos contribuirão para a viabilidade da pesquisa.

2.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA

A primeira etapa da pesquisa é seu referencial teórico, a partir de autores diversos já citados no capítulo 1. A importância desta etapa se dá na formação de subsídio teórico para a formulação da ferramenta, a partir: 1 - da definição das estratégias bioclimáticas para o clima quente-úmido; 2 - da definição dos atributos do projeto bioclimático para avaliação da qualidade bioclimática de projetos de de HIS multifamiliar no clima quente-úmido em baixas latitudes; 3 - do cruzamento entre os dois, o que gera um primeiro quadro que apresenta tais atributos organizados conforme temas, escalas e acompanhados de suas respostas desejadas pela bibliografia (apresentado na conclusão do capítulo 1).

2.1.1 Desenvolvimento da ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática de projetos de HIS no quente-úmido de baixas latitudes

O desenvolvimento da ferramenta consiste em 3 etapas: 1 – Preenchimento da Prancha de Análise Bioclimática de Projetos; 2 - preenchimento da Ficha-resumo bioclimática do projeto; 3 – Inserção dos dados coletados dos conjuntos avaliados na ferramenta propriamente dita. Cada etapa do teste da ferramenta será apresentada e detalhada no subcapítulo 2.2.

Na elaboração da **prancha de análise bioclimática de projetos**, o projeto será analisado, utilizando-se de ferramentas gráficas (a serem detalhadas a posteriori), uma vez que as respostas ao atributo ocorrem em linguagem gráfica, no próprio desenho. No entanto, no ato de projetar, as respostas aos atributos não estão necessariamente “prontas” para imediata análise, daí a necessidade deste procedimento.

Em seguida, a análise é convertida em uma **ficha-resumo bioclimática** do caso em questão, onde já apresentam os dados que respondem diretamente aos atributos – as respostas projetuais na sua unidade ou linguagem específica.

Com a ficha preenchida, pode-se alimentar a **ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática para projetos de HIS multifamiliar para o quente-úmido em baixas latitudes**.

²⁵ Silveira e Córdova; Gehardt e Silveira (2009, p. 35)

Para alimentar a prancha de análise do projeto, deve-se ter as seguintes informações gráficas de projeto:

- Levantamento fotográfico, perspectivas ou volumetrias;
- Informações gráficas bidimensionais: plantas baixas, cortes; fachadas, plantas de implantação;
- Imagens aéreas do contexto.

Nos estudos de caso locais selecionados serão utilizados dados da SEMHUR²⁶, através da base cartográfica em extensão *.dwg* e das imagens aéreas datadas de 10/03/2016²⁷. Para os estudos de caso internacionais, serão utilizadas imagens aéreas e desenhos 2d digitalizados. No caso da pesquisa em questão, a ferramenta utilizada é o Autodesk AutoCAD 2013. Para a escala do condomínio, são necessárias as seguintes informações gráficas: planta de Implantação, Plantas de Cobertura do Solo, Locação de Árvores, Volumetrias. Para escala da edificação, são necessários: Planta baixa térreo, planta baixa tipo, fachadas, volumetrias. Os dados obtidos na prancha de análise alimentam a ficha-resumo bioclimática. A mesma informa, primeiramente, dados gerais do projeto, tais como áreas, localização, entre outros. Em seguida, serão informados os dados referentes aos atributos de qualidade bioclimática listados no capítulo 1. O modelo de ficha bioclimática a ser preenchido encontra-se nos anexos e em 2.3.2 encontra-se a ficha aplicada para um dos casos.

O diagrama a seguir apresenta, de forma resumida, a sequência de trabalho da aplicação da ferramenta desenvolvida na pesquisa, situando-a também no contexto geral da mesma.

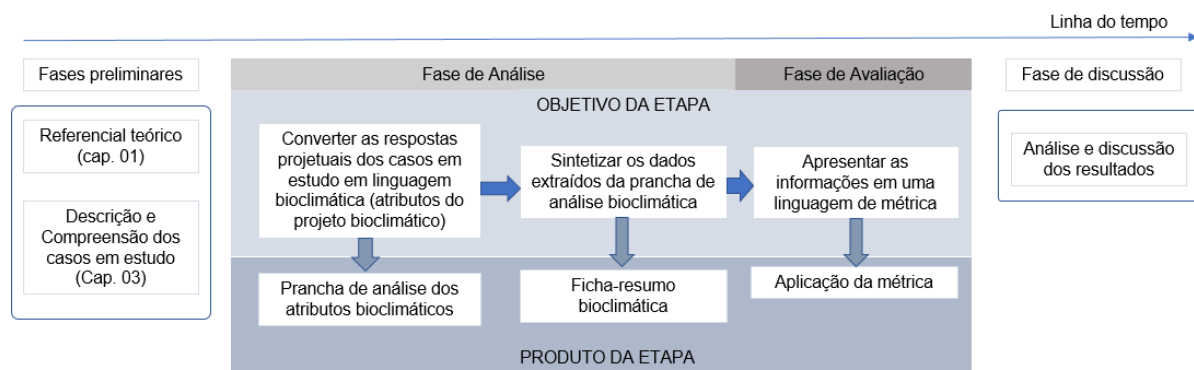


Diagrama 03: sequência de trabalho da fase de aplicação da ferramenta
Fonte: autor

²⁶ SEMHUR - Secretaria Municipal de Urbanismo e Habitação - órgão municipal ludovicense responsável pelo tema de habitação, urbanismo e terras. Os dados são de imagens aéreas extraídas de voos realizados em 2015.

²⁷ Imagens do Google Earth datadas de 10/03/2016

2.2 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS DE HIS

O produto desta pesquisa é uma ferramenta de análise e avaliação da qualidade bioclimática de projetos, com ênfase na HIS multifamiliar em São Luís - MA, em nível de baixa complexidade e acessível a projetistas. Através da ferramenta, pretende-se expressar graficamente a qualidade bioclimática do projeto, que aqui deve ser entendido como o modo como este projeto cumpre os requisitos bioclimáticos da bibliografia consagrada. A avaliação do projeto é feita a partir de análises quantitativas e qualitativas, e será apresentado em uma ferramenta do tipo métrica, utilizando modelo desenvolvido pelo LM+P²⁸, que possui sua leitura similar a um tipo de gráfico denominado polígono de frequências²⁹. A semelhança com o polígono de frequências se dá pelo fato de ambos permitirem a visualização dos resultados a partir da proximidade dos vértices da forma obtida com a parte superior do gráfico – no caso do polígono de frequências, e à direita da escala – no caso da métrica aqui proposta.

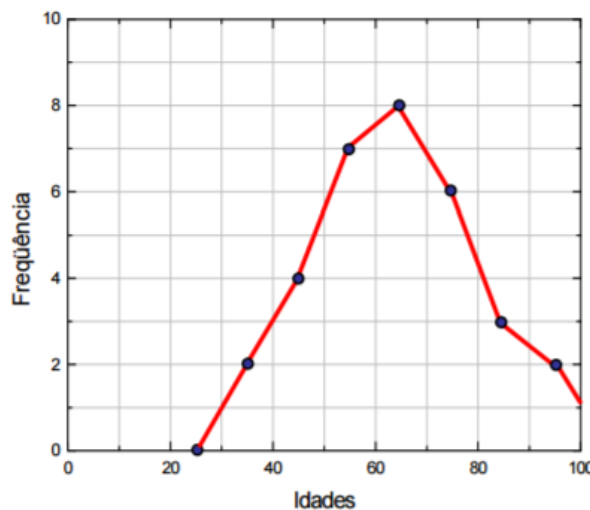


Figura 12: Polígono de frequências de idades de pessoas em determinado recorte espacial e temporal
Fonte: Lima, 2010

A ferramenta aqui proposta, e com contribuições do LM+P (Silva, 2017), consiste gráficos organizados de acordo com a escala - edificação e conjunto – e de acordo com o tipo de análise – qualitativa ou quantitativa. O gráfico apresentará, na primeira coluna, os atributos do projeto bioclimático. Em seguida, apresenta uma escala horizontal (para cada atributo) que

²⁸ LM+P: Laboratório de Modelagem e Prototipagem do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba. Contribuições de Silva, Carlos Alejandro Nome da (2017).

²⁹ Polígono de frequências consiste em um gráfico que apresenta a variável analisada no eixo x e as frequências possíveis desta variável no eixo y, tendo como resultado um polígono irregular cuja proximidade do vértice da parte superior do gráfico aponta para resultados de maior frequência.

apresenta, à esquerda, os piores resultados previstos pela bibliografia, e à direita, os melhores resultados (Figura 13).

Uma vez que foram coletados da bibliografia atributos qualitativos e quantitativos, os atributos cuja resposta é quantitativa (fator de forma, por exemplo) terão escala numérica, enquanto os atributos que possuem resposta qualitativa apresentarão também a similaridade com o polígono de frequências, possuindo, no entanto, duas respostas possíveis – sim ou não ao cumprimento do requisito da bibliografia em determinado atributo.

Levando-se em conta que um dos resultados futuros a que este trabalho se propõe é de tornar os princípios de qualidade bioclimática acessíveis ao projetista, objetiva-se neste trabalho que a ferramenta seja compreensível. Outra qualidade que o trabalho visa incorporar à ferramenta é possibilitar, ao mesmo tempo, avaliar as respostas a cada atributo separadamente, como também avaliar comparativamente projetos distintos no mesmo gráfico. Portanto, pensando no caráter de continuidade que a pesquisa deve ter, este gráfico tem potencial para, em fase futura da pesquisa, converter-se em uma ferramenta de avaliação em ambiente acessível ao arquiteto comum de escritório ou estudante que busca uma análise bioclimática do seu projeto em desenvolvimento. No entanto, mais subsídios devem ser obtidos para esta aplicação, o que será discutido no capítulo 4 deste trabalho.

A ferramenta foi desenvolvida no ambiente do Autodesk AutoCAD 2016, através, principalmente, do uso dos comandos SNAP, GRIDS e POLILINES³⁰, e apresenta-se conforme a figura abaixo, que demonstra o teste com resultados iniciais da análise do estudo de caso 1 (Condomínio Estoril Sol). Os resultados de todos os estudos de caso avaliados, revisados e definitivos serão discutidos no capítulo 4.

³⁰ GRID e SNAP são comandos que possibilitam o trabalho em grades; o primeiro apresenta as grades com dimensões verticais e horizontais definidas pelo usuário e o segundo atrai para as coordenadas das grades no ambiente de desenho, e funcionaram para organização e alinhamento das escalas geradas. O comando POLILINE (polilinha) consiste em uma linha que pode apresentar variações abruptas de direção, gerando vértices, e mantendo-se como uma entidade única, o que facilita seu manuseio dentro do ambiente do software.

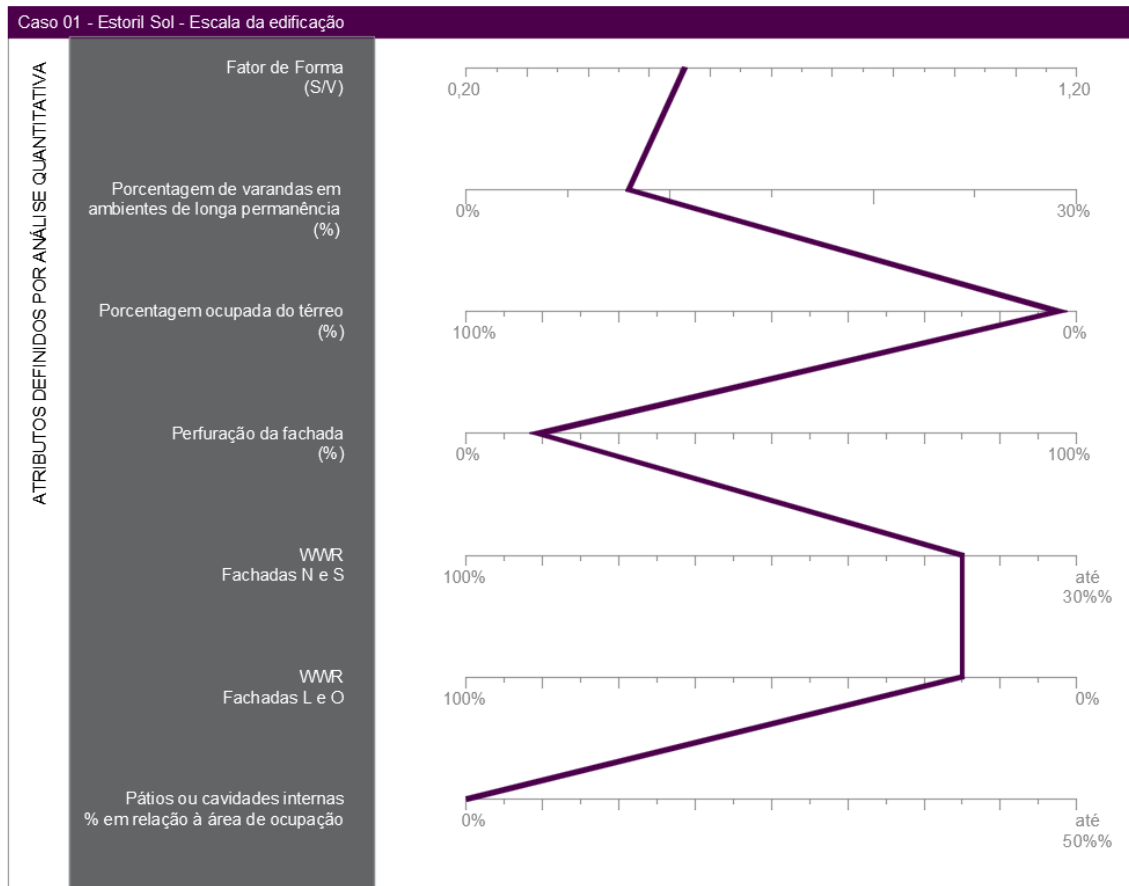


Figura 13: ferramenta para escala da edificação. Estes são os atributos definidos de forma quantitativa. A proximidade do lado direito do gráfico indica melhor resultado no atributo avaliado.

Fonte: autor, adaptado de LM+P, 2017

Para os atributos cuja avaliação é qualitativa, foi elaborado um gráfico binário – com duas alternativas de respostas, conforme cumprimento ou não do requisito da bibliografia para aquele atributo. O gráfico, também desenvolvido no ambiente do Autodesk AutoCAD 2016, é formado por duas colunas, sendo a da esquerda indicativa do não cumprimento do requisito da bibliografia, e a da direita indicativa do cumprimento do mesmo requisito. Caso o usuário da ferramenta queira fazer avaliações simultâneas de projetos ou soluções, poderá ser acrescentado um ou mais pares de colunas, sendo cada um referente a um projeto analisado, conforme figura 14, que mostra, simultaneamente, os 4 estudos de caso locais. Para melhor identificação de cada estudo, foram definidas cores diferentes para sua representação.

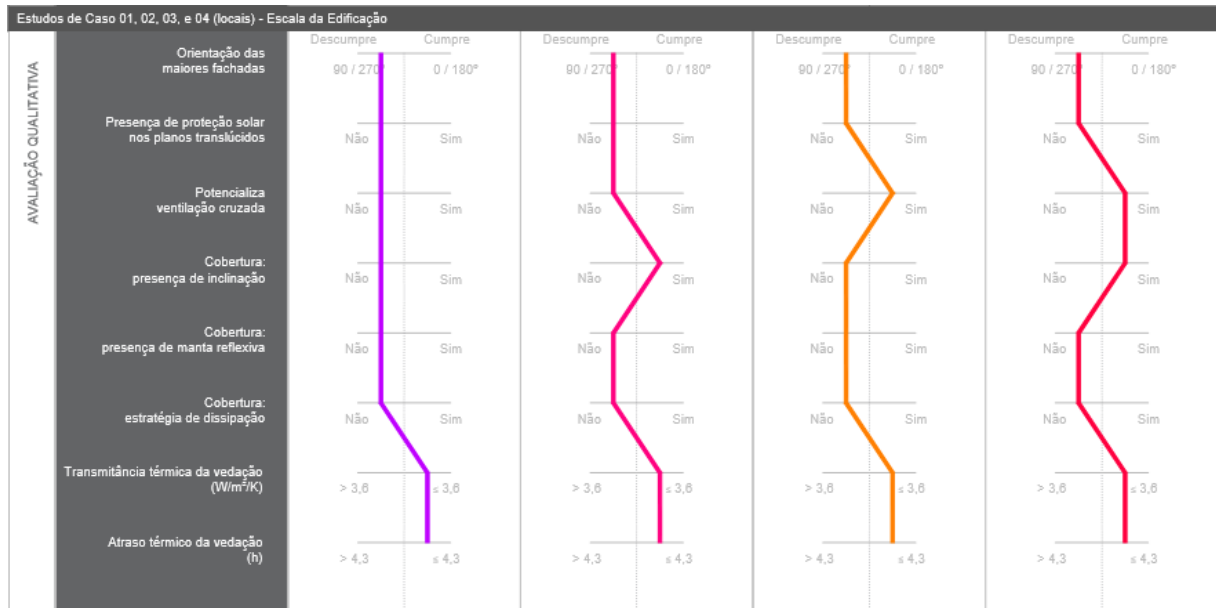


Figura 14: Ferramenta de análise qualitativa na escala da edificação, mostrando, simultaneamente, os 4 estudos de caso locais.

Fonte: autor, adaptado de LM+P, 2017

2.3 Aplicação da ferramenta de avaliação da qualidade bioclimática de projetos de HIS multifamiliar no quente-úmido em baixas latitudes

Como já descrito anteriormente, a aplicação da ferramenta é subdividida em 3 partes: primeiramente, a análise do projeto, em seguida, o preenchimento da ficha-resumo bioclimática e, finalmente, a aplicação da métrica de avaliação (figuras 13 e 14, que é o formato final da ferramenta). A análise do projeto busca extrair dados do mesmo que sirvam para o preenchimento da ficha-resumo, para em seguida, apresentar estes mesmos dados no formato de métrica. A precisão na análise do projeto é decisiva para a avaliação de como este responde a cada atributo bioclimático. A fase de análise dos casos estudados será tratada agora.

2.4 Estrutura de análise dos projetos

Primeiramente, a partir dos dados do projeto, é gerada uma prancha de análise, com dados (informações gráficas) necessárias para alimentar a ferramenta. Para aferir respostas a atributos que necessitam de áreas e volumes, foi utilizada a ferramenta Autodesk AutoCAD 2016³¹ e a ferramenta Microsoft Excel 2013³² para auxiliar nos cálculos. As planilhas utilizadas para o levantamento de tais dados quantitativos estão disponíveis no anexo do trabalho.

³² As planilhas de cálculo desta etapa constam nos anexos do presente trabalho.

Em seguida, será detalhada a estrutura de análise dos projetos, em quadros que respondem a três possíveis questionamentos sobre como a análise será conduzida: 1 - o que será analisado; 2 – como será analisado; 3- para que será analisado. Esta parte da pesquisa apresenta também as respostas aferidas em cada atributo, nos seis estudos de caso.

2.4.1 Estrutura da análise na escala da edificação: atributos da forma

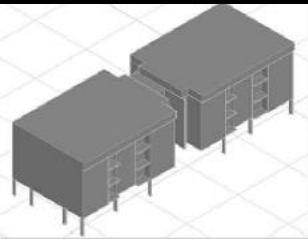
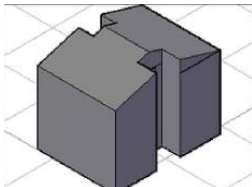
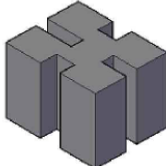
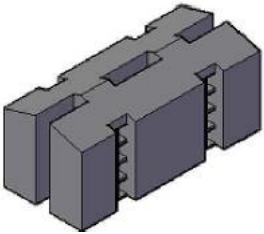
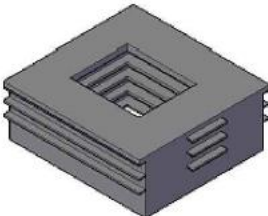
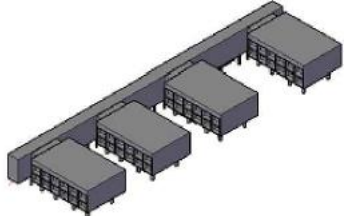
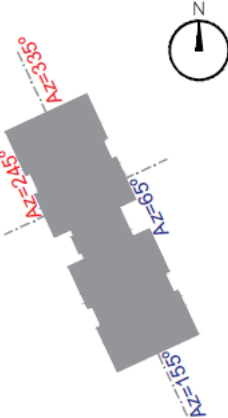
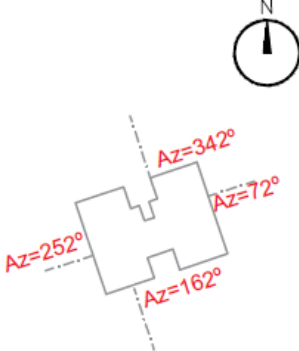
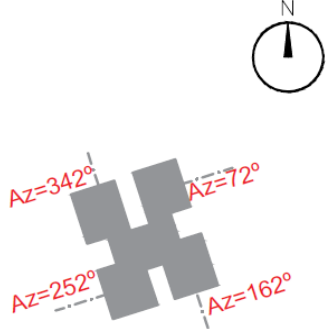
Para escala da edificação, dentro dos atributos da forma, serão avaliados os seguintes itens: fator de forma, orientação, porcentagem de varandas em ambientes de longa permanência, porcentagem semiaberta do térreo, promoção de ventilação cruzada, porcentagem de pátios e cavidades na planta, proteção solar de planos translúcidos. Em seguida, o quando detalha a análise:

Estrutura de Análise		
Escala do Edifício. Tema: Forma		
O que será avaliado	Como será avaliado / ferramenta	Para que será avaliado
Fator de Forma	Gerando um sólido do edifício no Autodesk AutoCAD 2016 e, aferindo o volume e a área total de faces expostas do edifício, é calculado o fator de forma conforme a fórmula S/V. Utilizando o comando MEASUREREGION utilizado para mensurar o volume e a área das faces dos sólidos modelados para aferir tais dados. O somatório da superfície desconsidera a face inferior do edifício.	Para verificar a proporção entre as superfícies expostas e o volume do edifício, que é um importante indicativo de sua capacidade de trocas térmicas com o meio. Quanto maior o fator de forma, menos a retenção de calor.
Orientação	Observando a planta baixa do edifício e os azimutes das fachadas.	As maiores fachadas devem estar próximas aos azimutes 0 e 180° (Norte e Sul). Trata-se de uma diretriz de análise.
Porcentagem de varandas em ambientes de longa permanência	Aferindo a porcentagem de área de varandas em comparação à área dos setores de longa permanência.	Para verificação de área de varandas do edifício.
Porcentagem de pilotis no térreo	Aferindo a porcentagem semiaberta (coberta e aberta nas laterais) do térreo em relação à área total de ocupação do edifício (subtraindo as áreas fechadas).	Para verificação de áreas semiabertas ou pilotis, que é um indicativo de melhora da ventilação, tanto do ponto de vista do edifício (uma vez que a ventilação do pavimento térreo é prejudicada) quanto para circulação do conjunto.
Potencial de ventilação cruzada	Observando o potencial de ventilação cruzada da planta, em relação ao vento dominante e aberturas.	Verificação do potencial de ventilação cruzada da planta a partir da forma da mesma.
Porcentagem de pátios ou cavidades	Aferindo a porcentagem de pátios em relação à área total do edifício. Serão considerados pátios os espaços limitados por três planos laterais.	Verificar a porcentagem de pátios e cavidades, que contribuem para sombreamento e otimizam o fator de forma.

Proteção solar de planos translúcidos	Verificação da presença de proteção solar dos planos de vidro expostos.	É ideal que, para esta realidade climática, que todos os planos translúcidos estejam protegidos da radiação solar direta.
---------------------------------------	---	---

Quadro 14: estrutura de análise: atributos da escala da edificação. Tema: forma
Fonte: autor, a partir da bibliografia consultada

Segue abaixo os resultados da fase de análise dos 6 conjuntos (estudos de caso). São eles: caso 1 (C1, Estoril Sol), caso 2 (C2, Residencial Sabiá), caso 3 (C3, Res. Praia Grande), caso 4 (C4, Res. Atenas / Partenon), caso 5 (C5, Dayasari Alojamento Estudantil), caso 6 (C6, Ciudad del Saber). Para informações mais completas sobre o estudo de caso - sobre a área estudada, bem como os exemplos externos, deve-se consultar o capítulo 3. Segue resultados da análise para os atributos na escala da edificação – tema forma.

Fator de Forma (Superfície / volume)		
		
C1	C2	C3
S/V = 0,43	S/V = 0,47	S/V = 0,57
		
C4	C5	C6
SV = 0,57	S/V = 0,62	S/V = 0,54
Orientação		
		
C1	C2	C3
Maiores fachadas L e O	Maiores fachadas N e S	Maiores fachadas L e O

C4 Maiores fachadas L e O	C5 Maiores fachadas N e S	C6 Maiores fachadas L e O
---	---	---

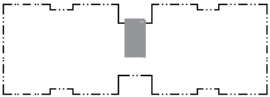
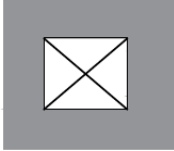
Tabela 01: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: forma
Fonte: autor

Porcentagem de varandas em ambientes de longa permanência + promoção de ventilação cruzada: ■ Varandas ■ Ambientes de Longa permanência (Salas, Quartos) ■ Ambientes de curta permanência (WC, Circulações, Serviço)		
C1 8% Não promove ventilação cruzada	C2 0% Não promove ventilação cruzada	C3 0% Promove ventilação cruzada
C4 8,62% Promove ventilação cruzada	C5 3,02% Promove a ventilação cruzada	C6 30% Não promove ventilação cruzada

Tabela 02: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: forma (continuação)
Fonte: autor

Área edificada do térreo (Presença de pilotis)

--	--	--

		
C1	C2	C3
6%	100%	100%
		
C4	C5	C6
100%	100%	22%
Porcentagem de pátios ou cavidades		
■ Área construída ■ Área de pátios ou cavidades (em relação ao contorno geral do edifício) □ Contorno geral do edifício		
		
C1	C2	C3
6,73%	11,63%	20,65%
		
C4	C5	
17,83%	23,22%	
		
C6		
36,70%		
Este cálculo relacionou a área dos pátios ou cavidades com a área do contorno geral ocupado pelo edifício.		
Proteção Solar nos planos translúcidos		

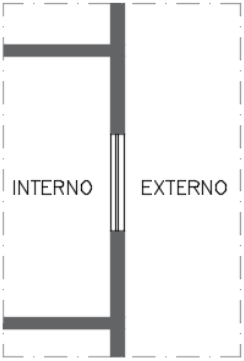
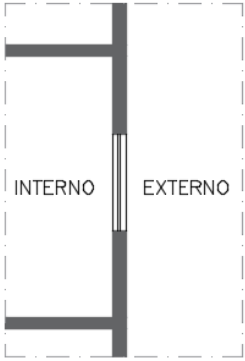
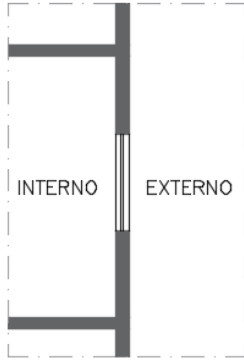
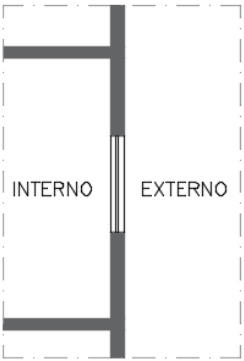
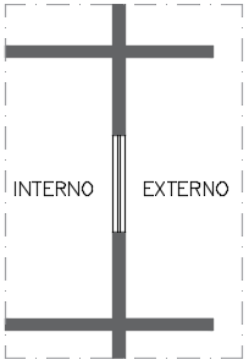
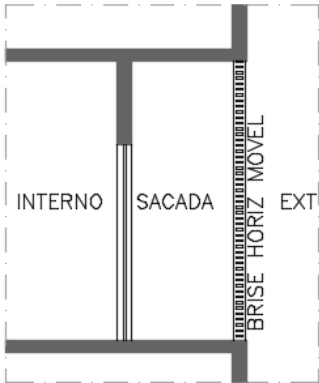
		
C1	C2	C3
Não	Não	Não
		
C4	C5	C6
Não	Sim	Sim

Tabela 03: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: forma (conclusão)
Fonte: autor

2.4.2 Estrutura da análise na escala da edificação: atributos do invólucro

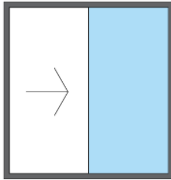
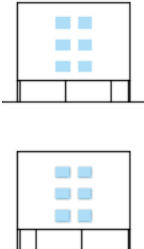
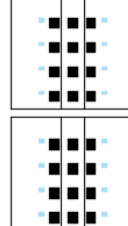
Para escala da edificação, dentro dos atributos do invólucro, serão avaliados os seguintes itens: perfuração da fachada, WWR para fachada L e O, WWR para fachadas N e S, transmitância térmica de paredes, atraso térmico de paredes, cobertura: inclinação, presença de manta isolante, presença de estratégia de dissipação. Em seguida, o quadro detalha a análise:

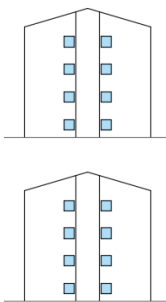
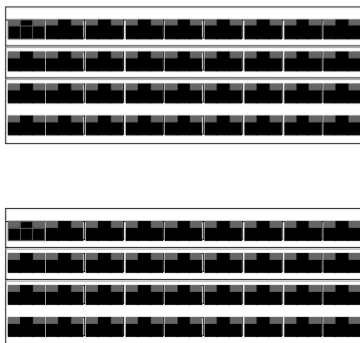
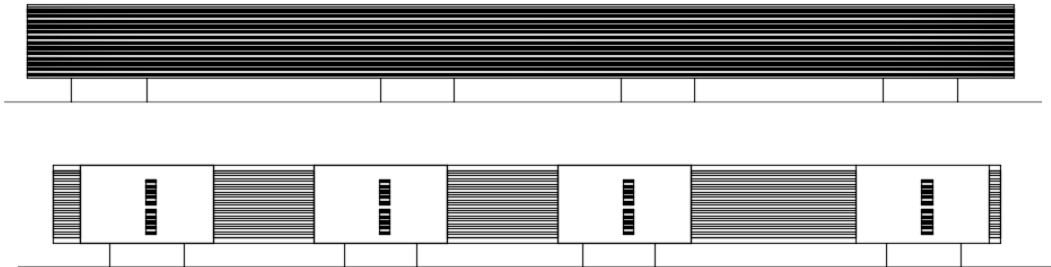
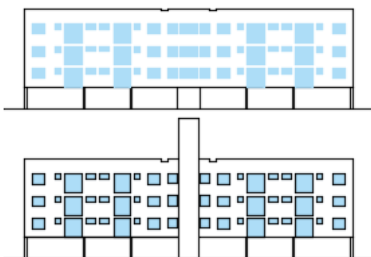
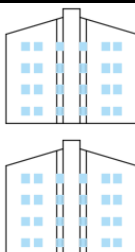
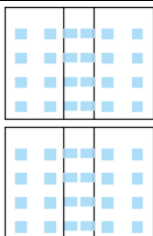
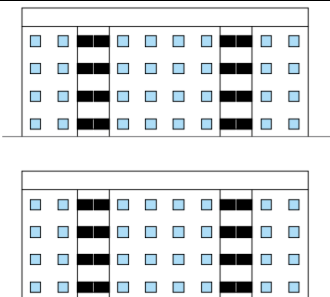
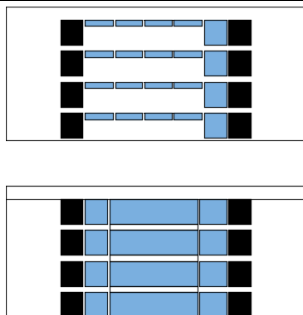
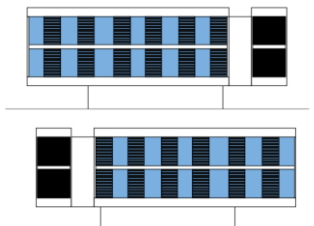
Estrutura de Análise		
Escala do Edifício. Tema: Invólucro		
O que será avaliado	Como será avaliado / ferramenta	Para que será avaliado
Perfuração da Fachada	Primeiramente, elaborando vistas ortográficas das 4 fachadas será avaliada a perfuração, o que caracteriza a área útil de fachadas X área útil de ventilação. As esquadrias deverão ser caracterizadas, em termos de material, modo de abertura e, consequentemente, área útil.	Para verificar se perfuração atinge 40% de área do piso, importante indicativo de ventilação volumétrica.
Transmitância Térmica da vedação	Através da consulta da transmitância térmica do material	Verificar se a transmitância é menor ou igual a 3,60 W/(m ² .K)
Atraso Térmico da vedação	Através da consulta ao atraso térmico do material	Verificar se o atraso menor que 4,3 h

WWR (N e S)	Aferindo da área de vidro da fachada em comparação com a área de fachada.	Para comparação com o número indicado pela bibliografia: máximo de 30% de área de vidro em relação à área da fachada.
WWR (L e O)	Aferindo da área de vidro da fachada em comparação com a área de fachada.	Para estas fachadas, orienta-se pouca ou nenhuma abertura de vidro.
Cobertura: inclinação	Observação do corte esquemático da cobertura	Verificar se há inclinação no telhado para geração de colchão de ar
Cobertura: presença de manta reflexiva / isolamento	Verificando a presença de manta reflexiva sob a cobertura ou estratégia de isolamento.	Presença de manta reflexiva sob a cobertura – avaliando, desta forma, o isolamento da cobertura
Cobertura: estratégia de dissipação	Verificando a presença de estratégia de dissipação	Verificar a presença de estratégia de dissipação, o que está relacionada com o escape do ar quente que gera calor por convecção.

Quadro 15: estrutura de análise: atributos da escala da edificação. Tema: invólucro
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

Segue abaixo a análise dos 6 conjuntos nestes itens:

Perfuração da fachada (abertura útil de ventilação)		
 Esquadria de Correr – 50% de área de ventilação C1	 Esquadria de Correr – 50% de área de ventilação C2	 Esquadria de Correr – 50% de área de ventilação C3
8%	4,71%	8,10%
 Esquadria de Correr – 50% de área de ventilação C4	 P - PIVOTANTE - 100% B - BASCULANTE - 13% (30°) F - 0% C5	 Esquadria de Correr – 50% de área de ventilação C6
9,21%	28,82%	46,12%
WWR (N/S)		
 Áreas de janelas de vidro  Áreas com elementos vazados ou vãos abertos, com porcentagem de perfuração especificada na prancha do projeto (anexos).		
 C1	 C2	 C3

8,37%	2,85%	0,48%
 C4	 C5	
5,65%	24,86%	
 C6		
0%		
WWR (L/O)		
 C1	 C2	 C3
27,36%	10,89%	14,76%
 C4	 C5	 C6

18,61%	23,45%	28,05%
--------	--------	--------

Tabela 04: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: envólucro
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

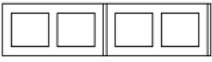
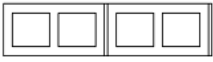
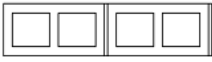
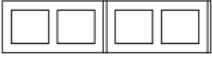
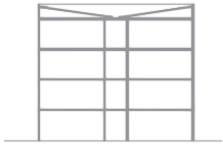
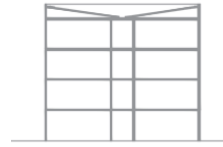
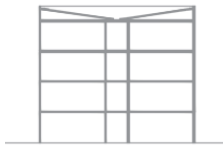
Transmitância térmica da vedação		
Parede em Alvenaria Estrutural 14cm  C1	Parede em Alvenaria Estrutural 14cm  C2	Parede em Alvenaria Estrutural 14cm  C3
2,88	2,88	2,88
Parede em Alvenaria Estrutural 14cm  C4	Não foi possível avaliar o item C5	Não foi possível avaliar o item C6
2,88	-	-
Atraso térmico da vedação		
C1 – 2,7 h	C2 - 2,7 h	C3 - 2,7 h
C4 - 2,7 h	C5 – Não foi possível avaliar	C6 – Não foi possível avaliar
Cobertura – Inclinação (com colchão de ar) – manta reflexiva – estratégia de dissipação		
 C1	 C2	 C3
Colchão de ar - Sim	Colchão de ar - Não	Colchão de ar - Sim
Manta reflexiva - Não	Manta reflexiva - Não	Manta reflexiva - Não
Estratégia de dissipação - Não	Estratégia de dissipação - Não	Estratégia de dissipação - Não
 C4	 C5	 C6
Colchão de ar - Sim	Colchão de ar - Não	Colchão de ar - Não
Manta reflexiva - Não	Manta reflexiva - Não	Est. isolamento - Sim
Estratégia de dissipação - Não	Est. de dissipação - Não	Est. de dissipação - Sim

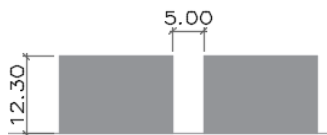
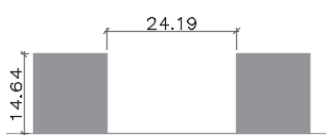
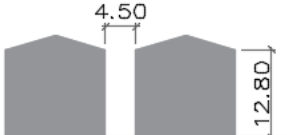
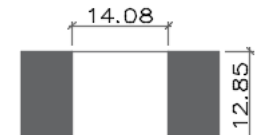
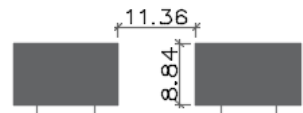
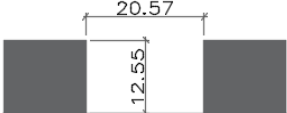
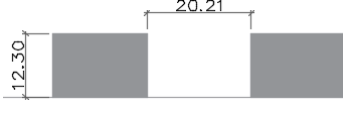
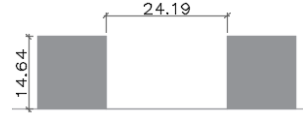
Tabela 05: análise dos atributos na escala da edificação. Tema: envólucro (continuação)
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

2.4.3 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributos da forma

Para escala do conjunto, dentro dos atributos da forma, serão avaliados os seguintes itens: diversidade de alturas, Relação W/H entre edificações, Relação W/H para áreas externas de vivência, porosidade do conjunto. Em seguida, o quadro detalha a análise:

Estrutura de Análise		
Escala do Conjunto. Tema: Forma		
O que será avaliado	Como será avaliado / ferramenta	Para que será avaliado
Diversidade de alturas	Observando a diversidade de alturas do conjunto, a partir das pranchas de análise de área e / ou vistas	Maior diversidade de alturas contribui para a movimentação do ar no conjunto.
Relação W/H entre edificações	Através da proporção entre a distância entre os edifícios e sua altura. Será avaliado o pior cenário, caso exista variação. Será utilizado corte esquemático simples.	Classificar entre espaços de recolhimento (mais adequado) e espaços claustrofóbicos ou expansivos (menos adequados).
Relação W/H para áreas externas de vivência	Através da proporção entre a distância entre os edifícios e sua altura. Será avaliado maior recinto criado entre edifícios com potencial para área de vivência ou passeio descoberto. Será utilizado corte esquemático simples.	Classificar entre espaços de recolhimento (mais adequado) e espaços claustrofóbicos ou expansivos (menos adequados).
Porosidade do Conjunto	Observando o alinhamento entre os edifícios	Classificar entre: edifícios alinhados (baixa porosidade do conjunto) e edifícios sem alinhamento rígido (alta porosidade do conjunto)

Quadro 16: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: forma
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

Diversidade de alturas no conjunto		
C1 – Não há	C2 – Não há	C3 – Não há
C4 – Não há	C5 – Não há	C6 – Não há
Relação W/H entre edificações		
 C1	 C2	 C3
0,81 - Recolhimento	0,40	0,49
 C4	 C5	 C6
0,35	1,09 - Recolhimento	1,28 - Recolhimento
Relação W/H – espaço externo principal		
 C1	 C2	 C3
1,63	1,64	1,65

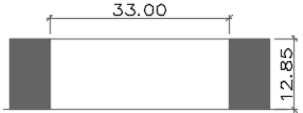
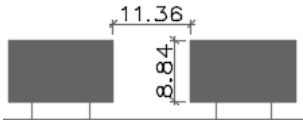
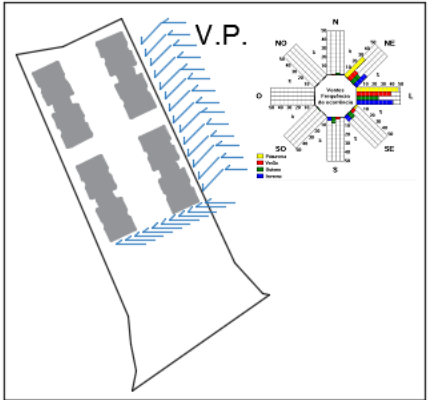
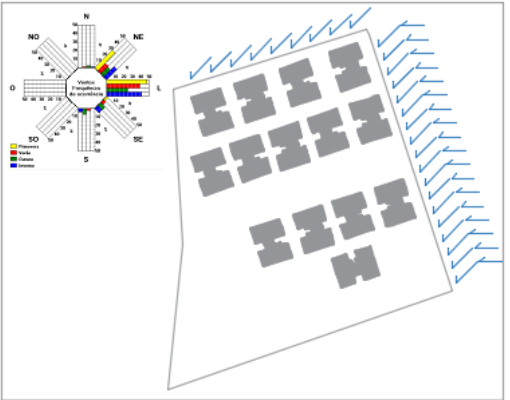
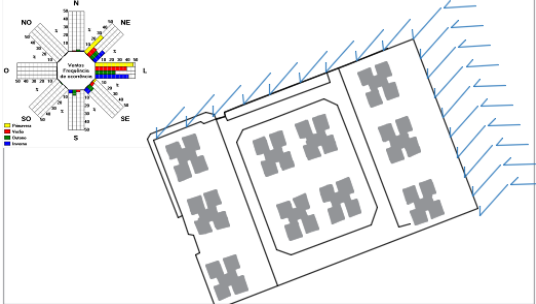
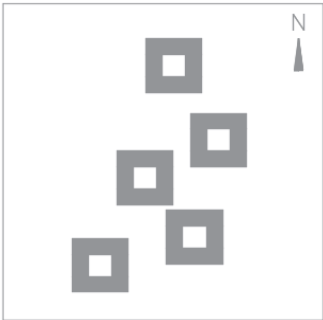
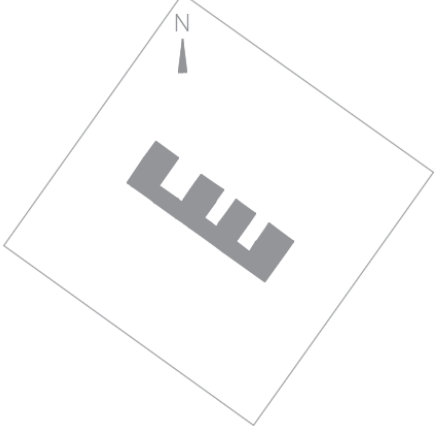
 C4	 C5	 C6
2,85	2,56	1,28 - Recolhimento

Tabela 06: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: forma
Fonte: autor

Porosidade do Conjunto

 C1	 C2
Construções alinhadas	Construções alinhadas
 C3	 C4
Sem alinhamento rígido	Construções alinhadas
 C5	

	C6
Sem alinhamento rígido	Não se aplica

Tabela 07: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: forma (continuação)
Fonte: autor

2.4.4 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributos do traçado

Para escala do conjunto, dentro dos atributos da forma, serão avaliados os itens: área livre do solo e orientação da rua principal do lote. Em seguida, o quadro detalha a análise:

Escala do Conjunto. Tema: Traçado		
O que será avaliado	Como será avaliado / ferramenta	Para que será avaliado
Área Livre do Solo	A partir da digitalização ³³ dos Mapas aéreos em AutoCAD 2016, e posterior aferição de áreas livres e cálculo das porcentagem da mesma.	Comparar com a área livre mínima solicitada pela bibliografia: 50%
Orientação da rua principal do lote	Verificando a orientação da rua	Ruas principais devem estar no sentido Norte / Sul, pois desta forma um dos lados estará sempre sombreado

Quadro 17: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: traçado
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

A seguir, os resultados das análises na escala do conjunto, tema traçado, para os 6 casos analisados:

Área livre do solo

Legenda da planta de implantação:  Edificação Térrea  Edificação Térreo + 1 pavimentos  Edificação Térreo + 2 Pavimentos  Edificação Térreo + 3 pavimentos  Vegetação Rasa / Grama  Vegetação densa  Asfalto  Calçamento / Pavimento em concreto  Terra / Permeável, porém sem vegetação		
 Rua Principal do conjunto		
Orientação da rua principal do conjunto		
C1 – L / O	C2 – L / O	C3 – N / S
C4 – L / O	C5 – L / O	C6 – N / S

³³ Esta digitalização foi executada em quadrículas separada por layers, considerando áreas quadrangulares de 200 X 200 m (40.000 m²), visando posterior adequação ao software de simulação Envimet. As quadrículas são um recurso para organizar as diferentes coberturas do solo de forma proporcional, que é o foco da análise.

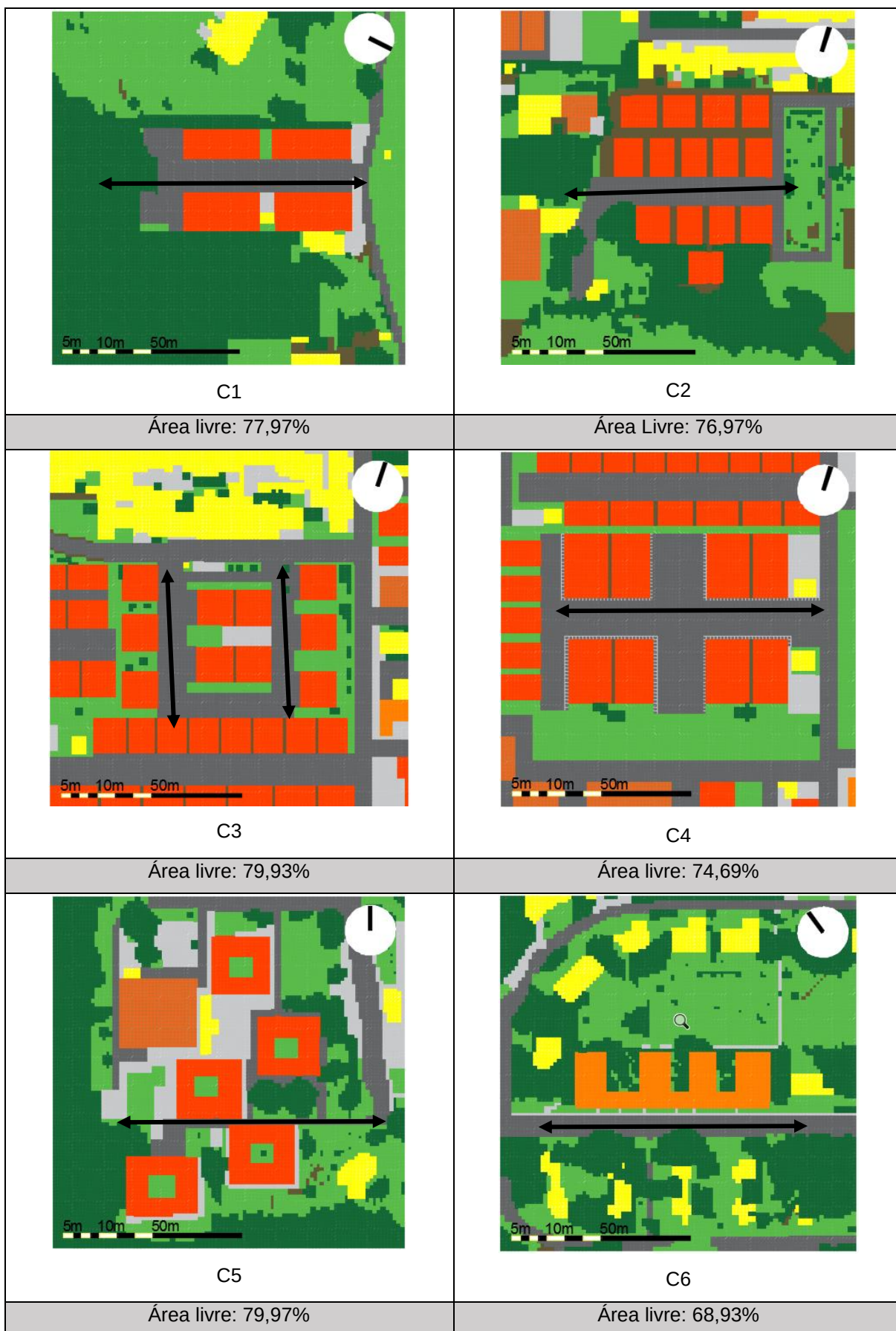


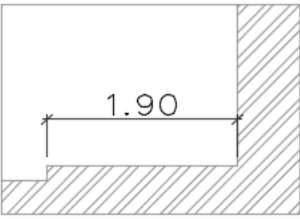
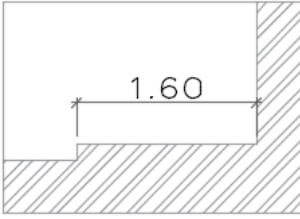
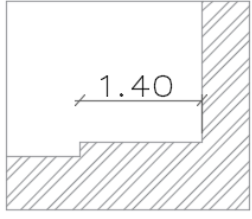
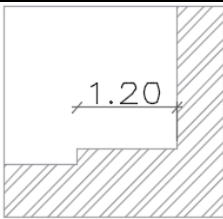
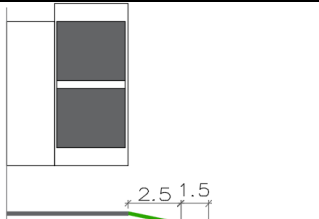
Tabela 08: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: traçado
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

2.4.5 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributos da superfície

Para escala do conjunto, dentro dos atributos da superfície, serão avaliados os itens: áreas permeáveis do conjunto, qualidade do passeio Pedonal: arborização urbana, presença de faixa de serviço e largura útil do passeio. Em seguida, o quadro detalha a análise:

Escala do Conjunto. Tema: Traçado		
O que será avaliado	Como será avaliado / ferramenta	Para que será avaliado
Áreas permeáveis do conjunto	Aferindo a porcentagem de áreas permeáveis na área de 200X200m	Mais áreas permeáveis contribuem para a redução dos efeitos das ilhas de calor.
Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana	Verificando a presença de arborização urbana no passeio público	Sombreamento proporcionado pela arborização urbana
Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa de serviço	Verificando a presença de faixa de serviço	Verificar a presença de faixa de serviço permeável, uma vez que a mesma possibilita a implantação de mobiliário urbano, arborização e demais itens que humanizam o passeio. Será utilizado documento da Prefeitura Municipal de SP, que orienta largura mínima de faixa de serviço de 0,75m.
Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	Verificando a largura útil do passeio pedonal	Verificar se a altura útil da calçada estimula ou desestimula o passeio.

Quadro 18: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: superfície
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

Áreas permeáveis do conjunto		
C1 – 64,17%	C2 – 57,30%	C3 – 40,68%
C4 – 4,11%	C5 – 55,89%	C6 – 68,93%
Qualidade do passeio Pedonal – arborização urbana – presença de faixa de serviço – largura útil		
		
C1	C2	C3
Sem arborização urbana	Sem arborização urbana	Sem arborização urbana
Sem faixa de serviço	Sem faixa de serviço	Sem faixa de serviço
Largura útil: 1,15	Largura útil: 0,85	Largura útil: 0,65
		

C4	C5	C6
Sem arborização urbana	Com arborização urbana	Sem arborização urbana
Sem faixa de serviço	Com faixa de serviço	Com faixa de serviço
Largura útil: 0,55	Largura útil: 1,50	Largura útil: 1,50
Observação: Para os projetos sem faixa de serviço, foi descontada uma faixa de serviço mínima (0,75cm) para igualar a análise. Desta forma, para os casos 1, 2 3 e 4, que não possuem faixa de serviço, o valor para avaliação é: Total da Largura útil da calçada – Faixa de serviço mínima que deveria ser implantada.		

Tabela 09: análise dos atributos na escala do conjunto. Tema: forma (continuação)
Fonte: autor

2.4.6 Estrutura da análise na escala do conjunto: atributo do entorno

Para escala do conjunto, dentro dos atributos da forma, será avaliado o item: áreas verdes para efeito de massa. Em seguida, o quadro detalha a análise:

Escala do Conjunto. Tema: Entorno		
O que será avaliado	Como será avaliado / ferramenta	Para que será avaliado
Área Verde para Efeito de Massa	Aferindo a porcentagem de áreas verdes densas na área de 200X200m	Estudos dos autores apontam para uma influência do efeito de massa com a vegetação a partir de 30%

Áreas Verdes para efeito de massa (obs: verificar planta de implantação, quadro)		
C1 48,83%	C2 25,59%	C3 2,94%
C4 0,51%	C5 34,95%	C6 37,39%
Levou-se em consideração uma área de 200 x 200 metros para análises deste atributo, e a porcentagem de áreas verdes densas concentradas, que contribuem para melhora do microclima, segundo a bibliografia, a partir de uma concentração de 30%.		

Quadro 19: estrutura de análise: atributos da escala do conjunto. Tema: entorno
Fonte: autor, baseado na bibliografia consultada

2.5 Ficha resumo: inserção dos dados definitivos que alimentam a ferramenta

Em seguida, é feito o preenchimento da **Ficha Resumo da Análise Bioclimática de Projetos de HIS Multifamiliar**. Esta ficha consiste em uma interpretação da Prancha de Análise Supracitada, e visa converter as informações extraídas da mesma em dados a partir dos quais se possa atribuir notas na ferramenta. Ela também apresenta dados gerais de identificação do projeto em análise, como nome, localização, latitude, altitude, dimensões, entre outros. A apresentação desta etapa é em formato de tabela, a ser preenchida com os dados relativos a

cada projeto. A seguir, a ficha resumo do estudo de caso 1 como exemplo, com os dados já preenchidos.

Ficha resumo alimentadora a ferramenta C1 – ESTORIL SOL – São Luís – MA - Turu			
Edificação		Conjunto	
Fator de forma	0,43	Diversidade de alturas	Não
Orientação	Maiores fachadas a L e O	Relação W/H entre edificações	0,81
Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	8%	Relação W/H para áreas externas de vivência	1,63
Porcentagem de Pilotis	3%	Porosidade do Conjunto	Construções alinhadas
Presença de Pátios ou cavidades	6,73%	Área Livre do Solo	78%
Promoção de ventilação cruzada	Não	Orientação da rua principal do lote	Norte / Sul
Proteção Solar dos planos translúcidos	Não	Áreas permeáveis do conjunto	69%
Perfuração das fachadas N, S, L	8%	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana	Não
WWR N e S	8,37%		
WWR L e O	27,36%	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	1,15
Transmitância Térmica da vedação	2,88		
Atraso Térmico da vedação	4,19	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável	Não
Cobertura: inclinação	Sim		
Cobertura: manta	Não	Áreas verdes para efeito de massa	49%
Cobertura: estratégia de dissipação	Não		

Quadro 20: Ficha Resumo Bioclimática, apresentando as respostas prontas para serem avaliadas no indicador.

Exemplo: C1 – Estoril Sol

Fonte: autor

Em seguida, os dados que constam nesta tabela são convertidos para a apresentação final – da ferramenta, em forma de métrica (conforme apresentado e explicado no subcapítulo 2.2). Este formato possibilita uma visualização clara e dá a possibilidade de comparação entre projetos analisados ou soluções para projetos em desenvolvimento.

Os resultados da aplicação desta ferramenta nos estudos de caso definidos para esta pesquisa são discutidos no capítulo 4 do presente trabalho.

CONSIDERAÇÕES PARCIAIS DO CAPÍTULO 2

No capítulo 2, foram apresentadas questões metodológicas relativas ao desenvolvimento de uma ferramenta para análise e avaliação de qualidade bioclimática para projeto de HIS multifamiliar no clima quente-úmido em baixas latitudes. A ferramenta consiste em um gráfico, semelhante a um polígono de frequências, e apresenta graficamente como o projeto avaliado responde a requisitos da bibliografia, representados pelo que foi denominado na pesquisa atributos de projeto. Devido à diversidade dos atributos, houve a necessidade de criar uma métrica quantitativa e outra qualitativa.

O capítulo 2 descreveu as etapas e procedimentos necessários para o desenvolvimento da ferramenta, o que pode ser resumido na seguinte sequência de trabalho: primeiramente, a bibliografia subsidia a geração de um quadro geral que lista os atributos e suas melhores respostas. Em seguida, selecionados os estudos de caso, segue-se a sequência lógica de análise e avaliação. A análise consistiu em converter informações de projeto em respostas nas unidades (ou linguagem) de cada atributo, e, em seguida, resumi-las em uma ficha.

A avaliação consiste em aplicar a ferramenta em seu formato final.

Pode-se afirmar, neste momento da pesquisa, que a ferramenta desenvolvida pode viabilizar avaliar como o projeto de HIS multifamiliar no quente-úmido responde aos atributos bioclimáticos da bibliografia – análise esta que possibilita extrair dados do projeto fundamentais para a compreensão de sua qualidade bioclimática, apontando, na avaliação quantitativa, o quanto o mesmo se aproxima da resposta adequada, e no caso da avaliação qualitativa, se o projeto apresenta ou não uma resposta adequada para cada atributo analisado. Desta forma, pode-se apontar pontos fortes e pontos fracos do projeto, comparar potenciais soluções em caso de intervenções. É necessário frisar que esta avaliação apresenta um forte caráter comparativo, e é feita por atributos, não chegando a um número, ou indicador geral do projeto.

Tal análise também possibilita que sejam discutidos os problemas do projeto de HIS multifamiliar local, o que desde já se apresenta como um resultado da pesquisa da pesquisa, uma vez que, a partir de uma leitura mais precisa dos problemas, podem ser apresentadas propostas de melhoras para o aproveitamento de edificações que, embora tenham nascidas problemáticas, constituem-se em massas construídas que devem ser reabilitadas.

A pesquisa é consciente que atributos são interdependentes entre si, possuindo relações complexas, e que o fato do projeto ser bem avaliado em mais atributos caracteriza necessariamente mais qualidade em relação a outro. É consciente também da importância da confirmação da melhor resposta a partir da aplicação das variáveis de conforto a partir de medições ou simulações energéticas. Estes assuntos serão devidamente discutidos no capítulo final.

No entanto, a ferramenta desenvolvida, se não cumpre o objetivo de certificação e de avaliação do projeto como um todo, o que de fato exigirá profundidade na abordagem dos subtemas desta pesquisa apresentados no parágrafo anterior, cumpre os objetivos de situar, mesmo que em cada aspecto isoladamente, as respostas projetuais dos exemplos locais analisados às solicitações da bibliografia, e também possibilita a comparação destas respostas com as de projetos tidos como bons aplicadores das práticas bioclimáticas.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO: COMPREENSÃO DA HIS MULTIFAMILIAR E SUA QUESTÃO BIOCLIMÁTICA EM SÃO LUÍS

Introdução ao Capítulo:

Este capítulo tem como objetivo a compreensão do contexto da HIS multifamiliar em São Luís no que se refere à questão bioclimática. O quadro da HIS em São Luís mostra-se similar ao do restante do Brasil, uma vez que apresenta os mesmos programas de habitação e as variações tipológicas, bem como a forma de produzir os novos conjuntos urbanos, são limitadas por uma forma de projetar (aspecto já discutido anteriormente) que vem sendo aplicada sistematicamente, sem a devida crítica bioclimática. Para esta melhor compreensão, determinou-se uma área de estudo (recorte espacial da pesquisa) representativa das características dos programas de HIS multifamiliar brasileiros dos anos 2000.

Inicialmente, é necessário explanar sobre alguns aspectos geográficos da cidade que abriga os estudos de caso da pesquisa. A cidade situa-se em uma ilha localizada à latitude de 2°31'47" Sul e longitude de 44°18'10" Oeste. Limita-se com os municípios de São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa e com o Oceano Atlântico. Possui altitude média de 24m acima do nível do mar. É banhada pelo Oceano Atlântico e sua rede hidrográfica possui os seguintes rios: Anil e Bacanga, os principais, e ainda os rios Tibiri, Paciência, Maracanã, Calhau, Pimenta, Coqueiro e Cachorros. A cobertura vegetal original do município é um misto de floresta latifoliada³⁴, babaçual, vegetação de dunas, restinga e manguezal. São Luís tem população de 1.014.837 habitantes em uma área de 831,7 km², e desse total 157,6 km² em perímetro urbano.

Segundo a classificação utilizada pelo IBGE (Nimer, 1979), a ilha possui clima tropical semiúmido com 4 a 5 meses de estação seca. A cidade está localizada Zona Climática 8 do Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Mapa 01). O painel bioclimático da cidade, apresentado em Lamberts et al. (2014, p. 366), mostra um clima com 98,5% de horas de desconforto térmico por calor e 1,4% de horas de conforto, sendo o frio praticamente inexistente no local. O contexto, portanto, é de um clima quente-úmido não estacionário, cujas variáveis apresentam altas médias de temperatura e umidade conforme gráficos a seguir, com ventos de frequência predominante a leste e nordeste que podem contribuir para mitigar a característica extrema do clima. O clima original tem seu desconforto amplificado pelas massas construídas e áreas pavimentadas típicas dos assentamentos urbanos.

³⁴ Floresta latifoliada é um tipo de vegetação de folhas largas e grandes predominante no clima equatorial. O Maranhão é comumente classificado como "meio-norte" por conter características das regiões norte e nordeste do Brasil, sendo o estado de transição entre as duas regiões.

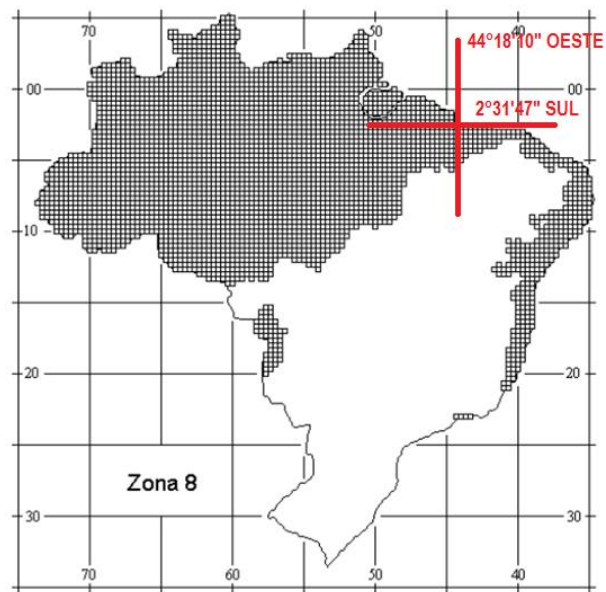


Figura 15: Localização de São Luís: zona climática 8, baixa latitude
Fonte: adaptado de ABNT (2005)

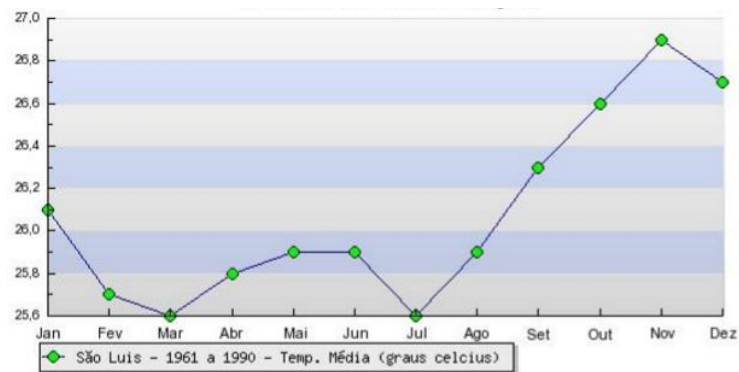


Figura 16: Dados climáticos de temperatura média (em °C) em São Luís, de 1961 a 1990
Fonte: IMNET, acesso em 27/11/2015

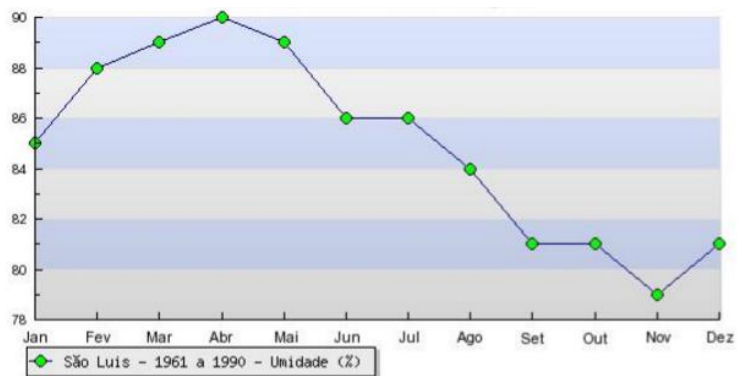


Figura 17: Dados climáticos de umidade relativa (em %) em São Luís, de 1961 a 1990
Fonte: IMNET, acesso em 27/11/2015

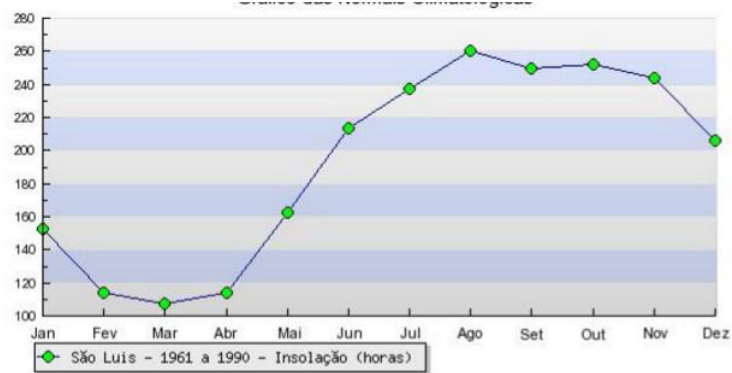


Figura 18: Dados climáticos de insolação (MJ/m^2) em São Luís, de 1961 a 1990
Fonte: IMNET, acesso em 27/11/2015

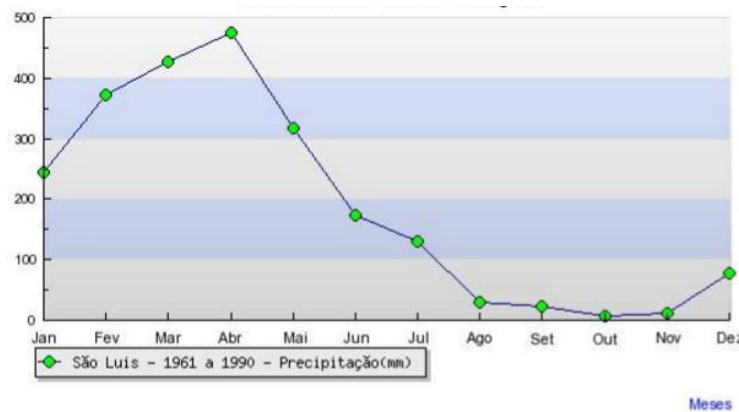


Figura 19: Dados de precipitação (em mm) em São Luís, de 1961 a 1990
Fonte: IMNET, acesso em 27/11/2015

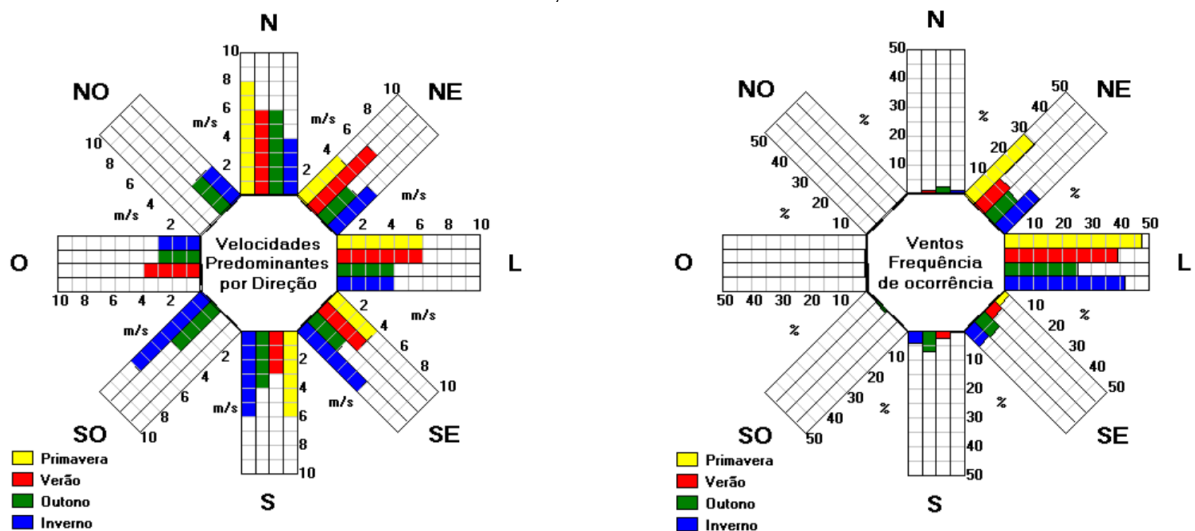


Figura 20: Rosa dos Ventos de São Luís - MA. À esquerda, velocidade dos ventos e à esquerda, a frequência dos ventos dominantes.
Extraído do Software SoLAR, 01/02/2015

Os gráficos mostram um primeiro semestre de umidade relativa do ar alta, com média de 85 a 90%, e intensa precipitação atmosférica, o que justifica as principais diretrizes construtivas. As temperaturas médias variam entre 25,6 (março) e 27,1°C (janeiro). Comparadas aos dados

segundo semestre, as temperaturas são menores, mas não o suficiente para gerar desconforto por frio e nem sequer alívio térmico, como indica o painel bioclimático da cidade (Lamberts et al, 2014, p. 366) da cidade. Os ventos têm frequência dominante vindos de Nordeste e Leste.

Os dados climáticos mostram uma situação de temperaturas e umidade já naturalmente acima da zona de conforto. Além disso, a cidade passa por um processo de crescimento e urbanização que se amplificou na primeira década do século XXI, com aumento das áreas de construções, pavimentação e diminuição das áreas sombreadas e permeáveis.

3.1 OS CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS E SUA INTERFERÊNCIA NO TRAÇADO URBANO

3.1.1 Uma visão geral das áreas residenciais em São Luís

Os condomínios de HIS multifamiliar tem papel fundamental no crescimento da cidade de São Luís, especialmente na formação do que podem ser denominados "enclaves residenciais", áreas isoladas do traçado urbano existente, sem diversidade e criando grandes áreas particulares que interferem no tecido urbano. Segundo Burnett et al. (2011):

A produção de enclaves residenciais está diretamente relacionada à produção de habitação por projetos condominiais multifamiliares, inicialmente produzidos em lotes urbanos individuais e que recentemente vem se notabilizando pela produção (de) condomínios urbanos verticais e horizontais. Este tipo de ocupações tem modificado drasticamente a malha e o tecido urbano. (...) estas modificações já vinham transformando o tamanho dos lotes e provocando uma perda na diversidade do tecido urbano, e, por conseguinte nas suas narrativas. A segunda mudança de padrão ocorre pela substituição de um condomínio por lote urbano, para um condomínio por gleba aumentando a interferência destes últimos no tecido urbano e nas suas interfaces com o funcionamento da cidade. (Burnett et al. **Produção habitacional e processos recentes de urbanização e metropolização na ilha do Maranhão**, 2011.)

A dissociação do traçado urbano formado por condomínios de HIS multifamiliar com as áreas já consolidadas vem sendo prejudicial em diversos aspectos. Um deles é o próprio conceito de bairro. Farr (2013) aponta para a importância de se restabelecer o conceito de bairro na cidade sustentável. O autor afirma que "o bairro tradicional é a unidade básica do planejamento urbano", e que um bairro ideal "é compacto, orientado para o pedestre e de uso misto", e ainda que "seus parâmetros devem ser variados para refletir os costumes regionais, o clima e as condições dos terrenos". Os condomínios fragmentam o traçado urbano e tornam desconexos entre si e com o que deveria ser o bairro (ou seja, serviços essenciais, comércio, lazer). O projeto bioclimático urbano está relacionado de forma intrínseca com a maneira que estes bairros são formados, uma vez que, com espaços externos desconfortáveis, o uso do automóvel e o esvaziamento da rua serão estimulados. Um exemplo claro desta questão é observado no mapa de caracterização dos espaços vazios. A quantidade dos mesmos é

adequada em relação ao requisito da bibliografia para este tema (checar quadro no final do capítulo 1); no entanto, ao analisar-se qualitativamente, percebe-se que as áreas verdes possuem distribuição fragmentada, são predominantemente particulares e não são integrados ao passeio do pedestre, o que não é funcional do ponto de vista da qualidade bioclimática.

3.1.2 Uma análise preliminar da área de estudo

Para melhor compreensão do contexto específico da HIS multifamiliar em São Luís, foi selecionado um recorte espacial (figura 01), atualmente denominada “região ou áreas dos condomínios do Turu”. A ocupação urbana da área inicia com a divisão em glebas, em um processo que contribuiria para o modo como a expansão urbana de São Luís viria a ocorrer a partir dos anos 1970, com a construção dos conjuntos habitacionais da área. A área possui uso predominantemente residencial: parte das glebas foi lotada como conjuntos habitacionais unifamiliares, parte delas tornaram-se sítios, associações ou chácaras, dentre essas; parte transformou-se em áreas irregulares; e, por fim; parte foi incorporada ao mercado imobiliário em forma de condomínios multifamiliares entre os anos de 2004 e 2011. Nesse período, com as políticas habitacionais, como PAR³⁵ e o programa Minha Casa Minha Vida foram construídos 13 condomínios multifamiliares na área em questão. A imagem aérea a seguir mostra a localização dos condomínios e a tabela mostra a quantidade de blocos e apartamentos na área.

³⁵ Programa de Arrendamento Residencial criado em 1999 e finalizado em 2005. Segundo BONATES (2008), o programa “se caracterizou, a princípio, pela construção de conjuntos de pequeno porte preferencialmente localizados na malha urbana, seguindo uma tendência de aproveitamento dos vazios urbanos, contrariamente à prática do BNH, marcado pelo modelo periférico de implantação. Todavia, num segundo momento, o PAR passou a implantar conjuntos fora da malha urbana, a fim de melhor se adaptar às novas condições econômicas.”



Figura 21: Recorte espacial da pesquisa. Área do bairro do Turu, São Luís - MA. Identificação dos 13 condomínios da área

Fonte: autor, adaptado de Google Earth, acesso em 01/01/2017

Condomínio	Quantidade de Blocos	Número de Pavimentos Tipo	Aptos por Pavimento	Apartamentos
01 - Residencial Sabiá	14	4	4	224
02 - Residencial Juritis	14		4	224
03 - Residencial Praia Grande	10		4	160
04 - Residencial Tupy	30		4	480
05 - Residencial Atenas	4		8	128
06 - Residencial Partenon	4		8	128
07 - Residencial Marcelle	25		4	400
08 - Residencial Rio Grajaú	5		4	80
09 - Residencial Rio Ulna	6		4	96
10 - Residencial Rio Tocantins	10		4	160
11 - Residencial Ipês	30		4	480
12 - Residencial General Arthur Carvalho	31		4	496
13 - Condomínio Estoril Sol	4		8	128
Total	183			3056

Tabela 10: tabela quantitativa de blocos e apartamentos do bairro do Turu

Fonte: autor

3.1.3 Caracterização dos projetos de HIS Multifamiliar da área e definição dos casos de estudo: categorias tipológicas

A análise destes conjuntos de HIS no caso em questão revela as soluções padronizadas e poucas respostas projetuais apontadas pelos recentes estudos dos conjuntos de HIS brasileiras já citados na presente pesquisa. A análise inicia-se das categorias tipológicas, uma vez que estão relacionadas com vários parâmetros de qualidade bioclimática, entre os quais o Fator de Forma, a permeabilidade dos conjuntos aos ventos, e a configuração dos espaços externos (relação W/H). Segundo Burgière et al. (2016, p. 55), as categorias tipológicas predominantes da HIS multifamiliar brasileira são três: bloco linear bloco isolado³⁶ (que corresponde a 29% do total de projetos) e a torre (10% do total).

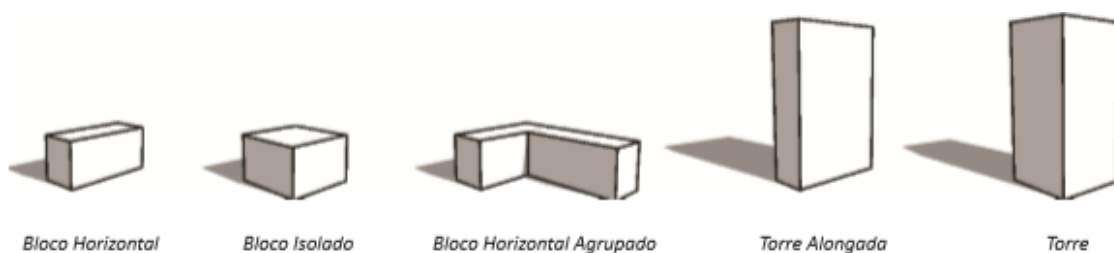


Figura 22: Categorias Tipológicas da HIS Multifamiliar do Brasil
Fonte: Burgière et al. (2016)

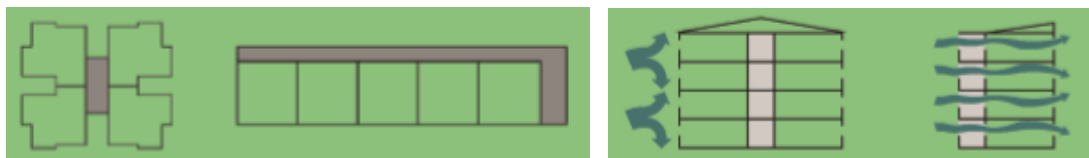


Figura 23: Comparativo entre as categorias tipológicas, respectivamente, em planta e corte esquemático.
Fonte: Burgière et al. (2016)

O comparativo entre o bloco isolado e a tipologia linear levanta algumas questões bioclimáticas que tornam a primeira potencialmente menos eficiente para o quente-úmido que a segunda. Segundo Burgière et al. (2016, p. 67):

Quanto às tipologias empregadas nos empreendimentos verticalizados, encontramos em muitos casos a solução em 'H', que possui menor área de circulação horizontal e possui volumetria mais compacta, mas que em compensação dificulta / impede a ventilação cruzada, e pode gerar apartamentos que não recebem luz solar direta, caso tenham orientação solar desfavorável. Outra tipologia encontrada é a linear, que apesar de possuir uma circulação horizontal maior, permite que uma única circulação ver cal atenda mais apartamentos. Essa tipologia também favorece a ventilação cruzada e pode propiciar uma melhor insolação para todas as unidades, com a orientação solar correta.

Ora, como já explicitado anteriormente, a ventilação permanente é a estratégia passiva mais importante para o quente úmido, após o sombreamento. O arranjo de apartamentos conforme

³⁶ Esta categoria tipológica corresponde ao Bloco "H" (Burgière et al., 2016)

o modelo do bloco isolado, além de necessariamente prejudicar apartamentos em relação à insolação, gerará uma planta que potencialmente possibilita menos cruzamento da ventilação. É necessário destacar, no entanto, que a possibilidade de arranjos com a tipologia linear é maior, e, em alguns casos estudados, por exemplo, não apresentam a possibilidade de ventilação cruzada otimizada, uma vez que há o aproveitamento dos dois lados da circulação, diferentemente do apresentado pelos autores na figura 23, o que torna a dissipação da energia térmica do edifício potencialmente menor. Esta é a situação dos casos 01 e 06 deste estudo (embora o caso 6 apresente compensações em relação a esta ausência, como será visto na análise).

Na área analisada, dos 14 condomínios, 10 possuem o partido em bloco isolado e 4 com bloco linear (horizontal), todos com 4 pavimentos³⁷. Apenas um projeto não possui ocupação integral do térreo, o Condomínio Estoril Sol, com 15% de ocupação da área do térreo.

Outro aspecto similar diz respeito à implantação, que segue alinhamentos rígidos e estrutura-se em uma ou duas vias de veículos central, com calçada sem arborização que acompanhe o trajeto pedonal. O quadro abaixo resume as características dos condomínios da área:

	CATEGORIA TIPOLOGICA	GABARITO	% DE OCUPAÇÃO DO TÉRREO	Nº APTOS. POR BLOCO	ARBORIZAÇÃO NO TRAJETO PEDONAL	TIPO DE COBERTURA (nenhum dos projetos possui sistema de dissipação de calor na mesma)
1	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	FIBROCIMENTO
2	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
3	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
4	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
5	LINEAR	4	100%	8	NÃO	CERÂMICA
6	LINEAR	4	100%	8	NÃO	CERÂMICA
7	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
8	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
9	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
10	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	FIBROCIMENTO
11	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
12	BLOCO ISOLADO	4	100%	4	NÃO	CERÂMICA
13	LINEAR	4	15%	8	NÃO	FIBROCIMENTO

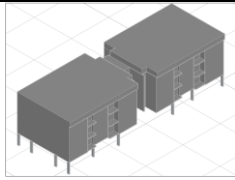
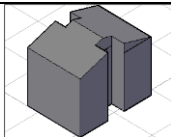
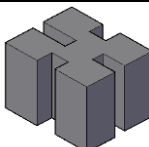
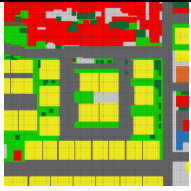
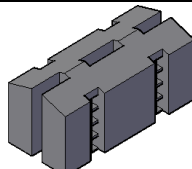
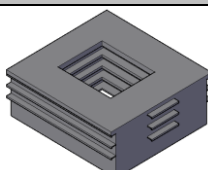
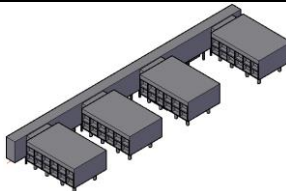
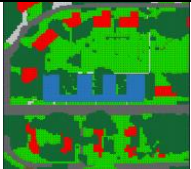
Tabela 11: caracterização dos condomínios da área do Turu

Fonte: autor

Observando a esperada limitação de soluções, são definidos 4 casos de estudo para serem trabalhados na próxima etapa. Estes projetos, como visto, constituem-se como projetos de

³⁷ Do ponto de vista projetual, esta altura responde ao quadro de Ahmad, Hyde (2008), apresentado no sub-capítulo 1.3.1, que apresenta uma altura ideal de 4 a 5 pavimentos para o clima quente-úmido. No entanto, do ponto de vista urbanístico, é desejável criar variações de alturas (Romero, 2001), conforme explanado no sub-capítulo 1.3.2.

tipologia representativa³⁸ da HIS multifamiliar brasileira, abrangendo as pequenas variações mostradas na tabela anteriormente citada. Aos projetos recorrentes foram adicionados dois casos internacionais, conforme quadro 22:

Caso	Partido	Forma do bloco	Forma do Conjunto
EXEMPLOS LOCAIS			
C1 – Condomínio Estoril Sol	Bloco Alongado de Apartamentos		
C2 – Residencial Sabiá	Bloco Isolado de Apartamentos		
C3 - Condomínio Praia Grande	Bloco Isolado de Apartamentos		
C4 – Condomínio Athenas	Bloco Alongado de Apartamentos		
EXEMPLOS INTERNACIONAIS			
C5 – Daya Sari College	Blocos retangular com pátio interno retangular		
C6 – Ciudad del saber	Blocos com Pátio Interno Incompleto articulados por circulação linear		

Quadro 21: definição dos estudos de caso. 4 locais (área do Turu) e 2 exemplos internacionais.
Fonte: autor

³⁸ O projeto denominado “representativo” é o projeto de habitação de interesse social que segue o padrão tipificado no presente capítulo, dentro do padrão urbano e construtivo das políticas habitacionais de larga escala da década de 2000. Estes projetos possuem algumas características em comum, listadas na tabela 11.

3.2 Apresentação dos Conjuntos a serem analisados

3.2.1 C1 – Condomínio Estoril Sol

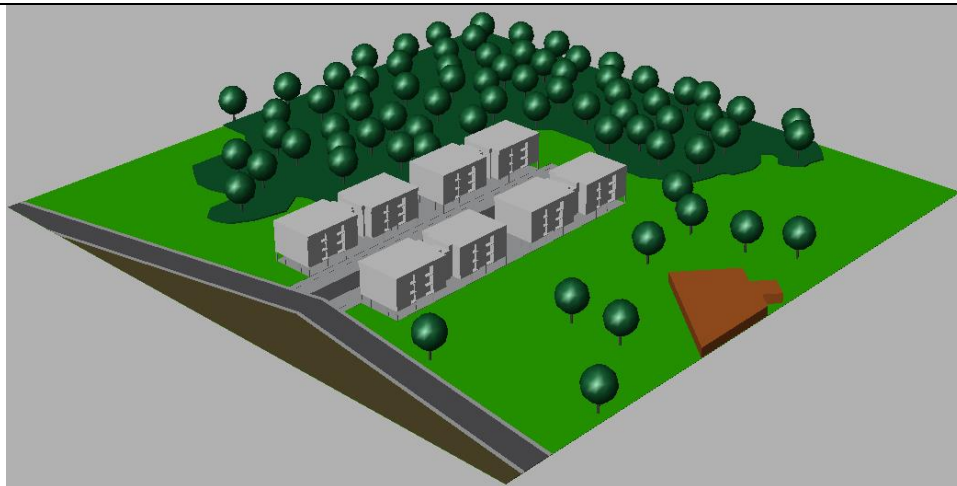
Nome: Condomínio Estoril Sol
Local: São Luís, Maranhão, Brasil
Latitude: 2°28" S
Descrição: condomínio residencial fechado com 4 blocos de apartamentos por pavimento e uma circulação vertical, partido tipo bloco H duplicado.



C1 – Estoril Sol: vista aérea



C1 – Estoril Sol: fachada da rua



C1 – Estoril Sol: perspectiva esquemática

Quadro 22: apresentação geral: Caso 01 – Condomínio Estoril Sol
Fonte: autor

3.2.2 C2 – Condomínio Residencial Sabiá

Nome: Condomínio

Atenas / Partenon

Local: São Luís,
Maranhão, Brasil

Latitude: 2°28" S

Descrição: condomínio
residencial fechado com
14 blocos de
apartamentos lineares
com 4 apartamentos por
pavimento, partido tipo
bloco.



C2 – Sabiá: vista aérea



C2 – sabiá – fachada da rua



C2 - sabia: perspectiva esquemática

Quadro 23: apresentação geral: Caso 02 – Residencial Sabiá

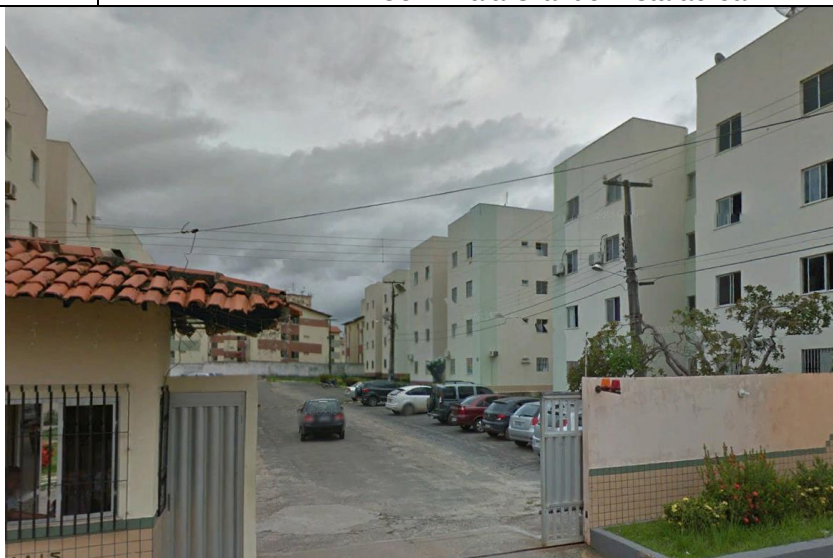
Fonte: autor

3.2.3 C3 – Condomínio Residencial Praia Grande

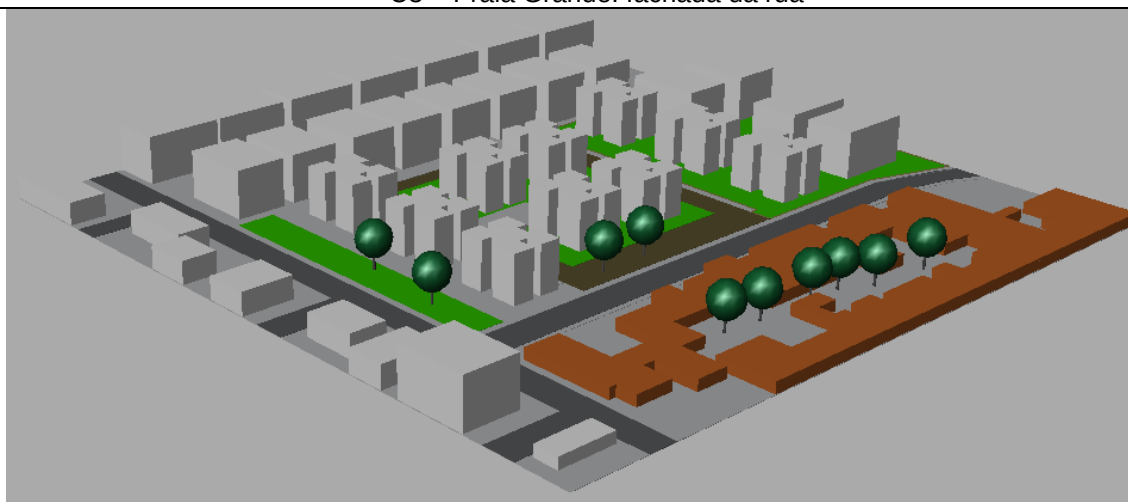
Nome: Condomínio
Atenas / Partenon
Local: São Luís,
Maranhão, Brasil
Latitude: 2°28" S
Descrição:
condomínio
residencial fechado
com 10 blocos de
apartamentos
lineares com 4
apartamentos por
pavimento, partido
tipo bloco.



C3 – Praia Grande: vista aérea



C3 – Praia Grande: fachada da rua



C3 – Praia Grande: perspectiva esquemática

Quadro 24: apresentação geral: Caso 03 – Condomínio Residencial Praia Grande
Fonte: autor

3.2.4 C4 – Condomínio Residencial Atenas / Partenon

Nome: Condomínio
Atenas / Partenon

Local: São Luís,
Maranhão, Brasil

Latitude: 2°28" S

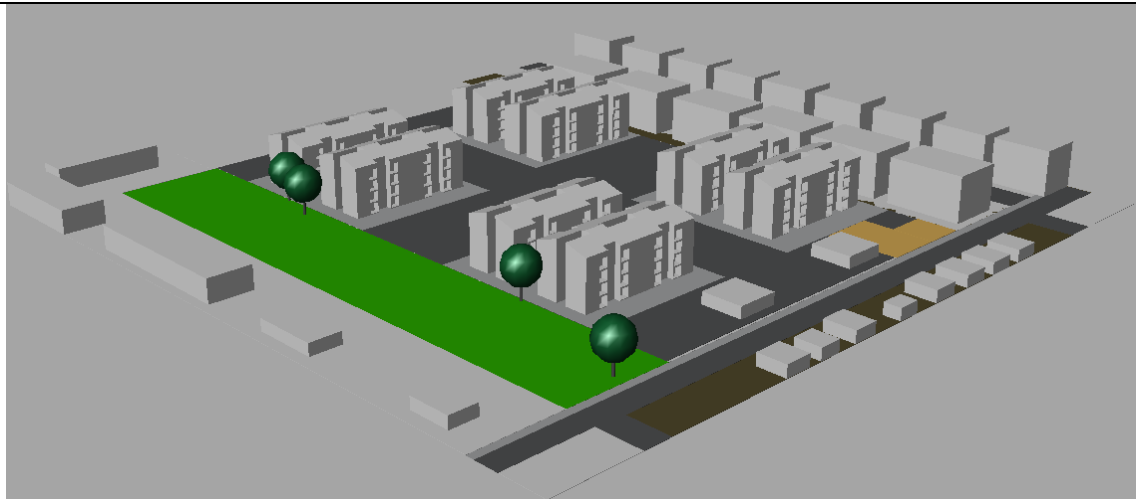
Descrição: condomínio
residencial fechado com
8 blocos de
apartamentos lineares
com 8 apartamentos por
pavimento e presença
de poço de ventilação
interno.



C4 – Atenas / Parthenon: vista aérea



C4 – Atenas / Parthenon: fachada da rua



C4 – Atenas / Parthenon: perspectiva esquemática

Quadro 25: apresentação geral: Caso 04 – Condomínios Atenas / Partenon

Fonte: autor

3.2.5 C5 – Daya Sari College – Residencia Estudantil

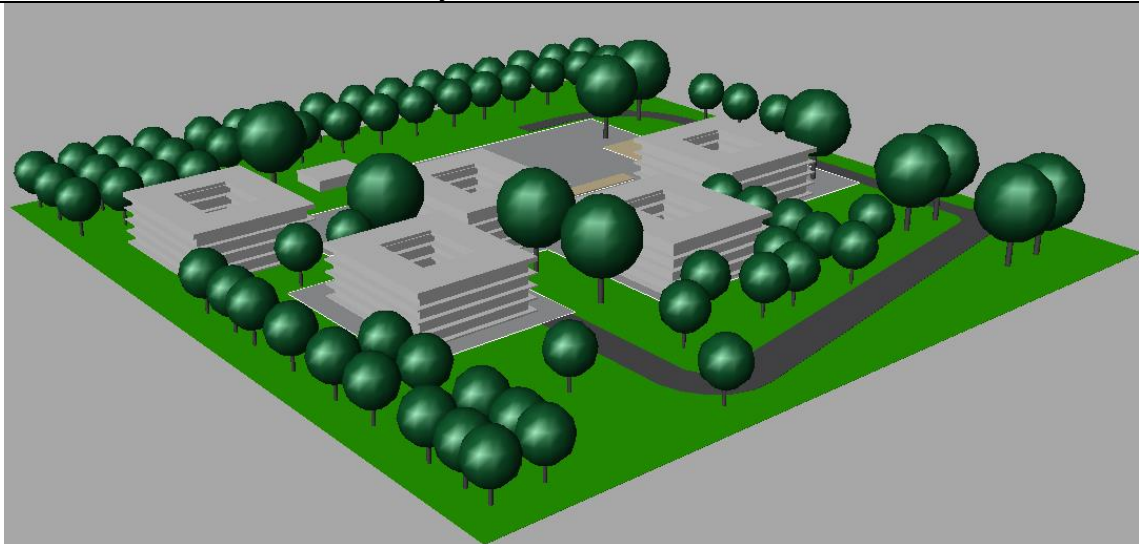
Nome: Daya Sari College
Local: Kuala Lumpur, Malásia
Latitude: 3°08'N
Descrição: conjunto de habitação estudantil com 5 blocos de partido pátio interno



C5 – Daya Sari: vista aérea



C5 – Daya Sari: fachada de um dos blocos



C5 – Daya Sari: perspectiva esquemática

Quadro 26: apresentação geral: Caso 05 – Residencial estudantil Daya Sari

Fonte: autor

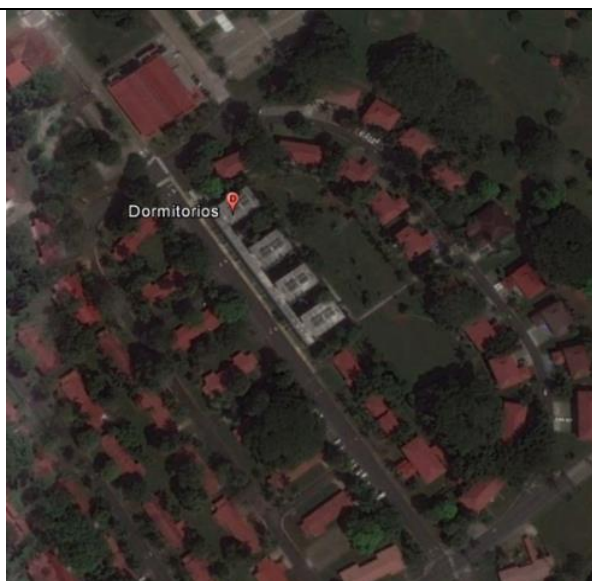
3.2.6 C6 – Ciudad Del Saber – Residencial Estudantil

Nome: Daya Sari College

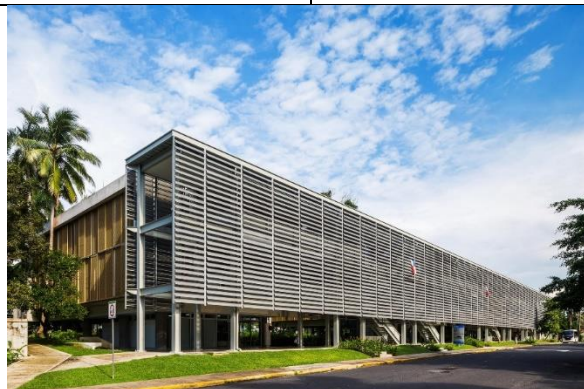
Local: Ciudad de Panamá, Panamá

Latitude: 8°58 N

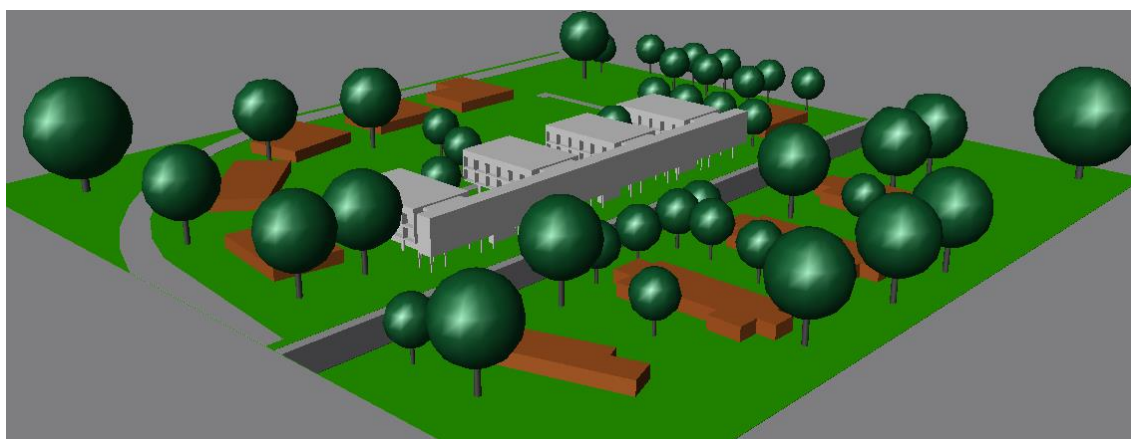
Descrição: alojamento estudantil com planta em pente com blocos de habitação articulados por circulação linear e térreo parcialmente ocupado



C6 – Ciudad del Saber: vista aérea



C6 – Ciudad del Saber: fachada da rua e vista dos pátios



C6 – Ciudad del Saber: perspectiva esquemática

Quadro 27: apresentação geral: Caso 06 – Residencial estudantil Ciudad del saber

Fonte: autor

CONSIDERAÇÕES PARCIAIS DO CAPÍTULO 03

No presente capítulo, foi abordada a área de estudo do Turu, localizada em São Luís, Maranhão, da qual foram extraídos os estudos de caso locais. A fase de análise e avaliação da pesquisa será composta por 4 estudos de caso locais (acrescentados de 2 estudos internacionais), dos 13 conjuntos da área.

Pode-se dizer, pela análise geral da área estudada, que a mesma apresenta uma tipologia representativa do atual cenário dos conjuntos de HIS multifamiliar no Brasil. Na escolha dos casos a serem avaliados pela ferramenta, buscou-se abranger as (poucas) variações arquitetônicas, uma vez que o conceito dos 13 conjuntos da área é basicamente o mesmo: condomínios fechados, surgidos a partir do parcelamento de glebas, com sua implantação contendo blocos distribuídos de forma regular em lotes que delimitam os condomínios, presença de ruas veiculares principais. De uma forma geral, não se percebe, no projeto, uma busca planejada (no desenho) por ganho qualitativo no projeto, como a criação de espaços de vivência verdes nos conjuntos, melhoria do trajeto pedonal e aplicação de estratégias bioclimáticas na escala da edificação. Serão apresentados e discutidos, no próximo capítulo, os resultados das avaliações dos 6 estudos de caso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA

O presente capítulo trata dos resultados obtidos na pesquisa. Primeiramente, deve-se informar que, na explanação sobre as análises contidas no capítulo metodológico, já foram apresentados os resultados específicos da fase de análise, no formato de tabelas que mostram simultaneamente a resposta de cada projeto aos atributos avaliados. As mesmas análises são detalhadas nos apêndices, que contém as pranchas de análise individuais e as planilhas com os memoriais de cálculo detalhados.

Neste capítulo, serão apresentados os resultados da pesquisa no formato final proposto para a ferramenta. Por formato final deve-se entender o modelo, a apresentação – em formato de métrica (ou escala, aspecto detalhado no capítulo metodológico) o que não significa, no entanto, que esta ferramenta seja um resultado final do todo da pesquisa e que não deva passar por mudanças para se adaptar às diferentes situações dentro do projeto de HIS com as quais a mesma pode contribuir. Esta discussão será feita nas considerações finais.

A leitura da ferramenta apresentada dá-se da seguinte forma: na primeira coluna, identifica-se o tipo de avaliação proposta para aquele grupo de atributos. Há dois tipos de avaliação: no primeiro, denominado no gráfico “*Atributos definidos por análise quantitativa*”, as escalas horizontais do gráfico apresentam os dados em forma de número. A resposta que melhor atende às orientações da bibliografia localiza-se à direita da escala, e a resposta que menos atende localiza-se à esquerda do gráfico. As respostas são ligadas por linhas cujos vértices coincidem com o ponto do gráfico correspondente à resposta do projeto àquele atributo. Portanto, quanto mais os vértices aproximam-se da direita, mais próxima a resposta tende ao que a bibliografia propõe. A organização por escala continua – havendo um gráfico para cada. No segundo tipo, denominado “*Atributos definidos por análise binária*” no gráfico, há duas possibilidades: atendimento ou não das orientações da bibliografia.

Desta forma, mantém-se a divisão em escalas (escala da edificação e escala do conjunto), mas, devido à necessidade de reorganização do gráfico, a organização por temas (forma e invólucro no caso da edificação; forma, traçado, superfície e entorno no caso da escala do conjunto), utilizada para a ficha-resumo dos dados bioclimáticos de projeto, não foi mantida. Inicia-se o capítulo com a apresentação dos resultados, no seguinte formato: 1 - apresentação dos quatro condomínios locais, de forma simultânea; 2 - apresentação dos 2 exemplos externo, também de forma simultânea; e 3 – comparativo entre os exemplos locais e externos. Na sequência dos gráficos, apresenta-se discussões a respeito dos resultados.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

4.1.1 – Resultados dos projetos locais

Foram analisados 4 projetos locais, em 15 itens (atributos) na escala da edificação e 11 itens na escala do conjunto. Os resultados, de maneira geral, mostram os projetos locais com pontos fracos e fortes semelhantes, salvo algumas situações de exceção. O gráfico a seguir apresenta a avaliação simultânea dos 4 conjuntos locais analisados.

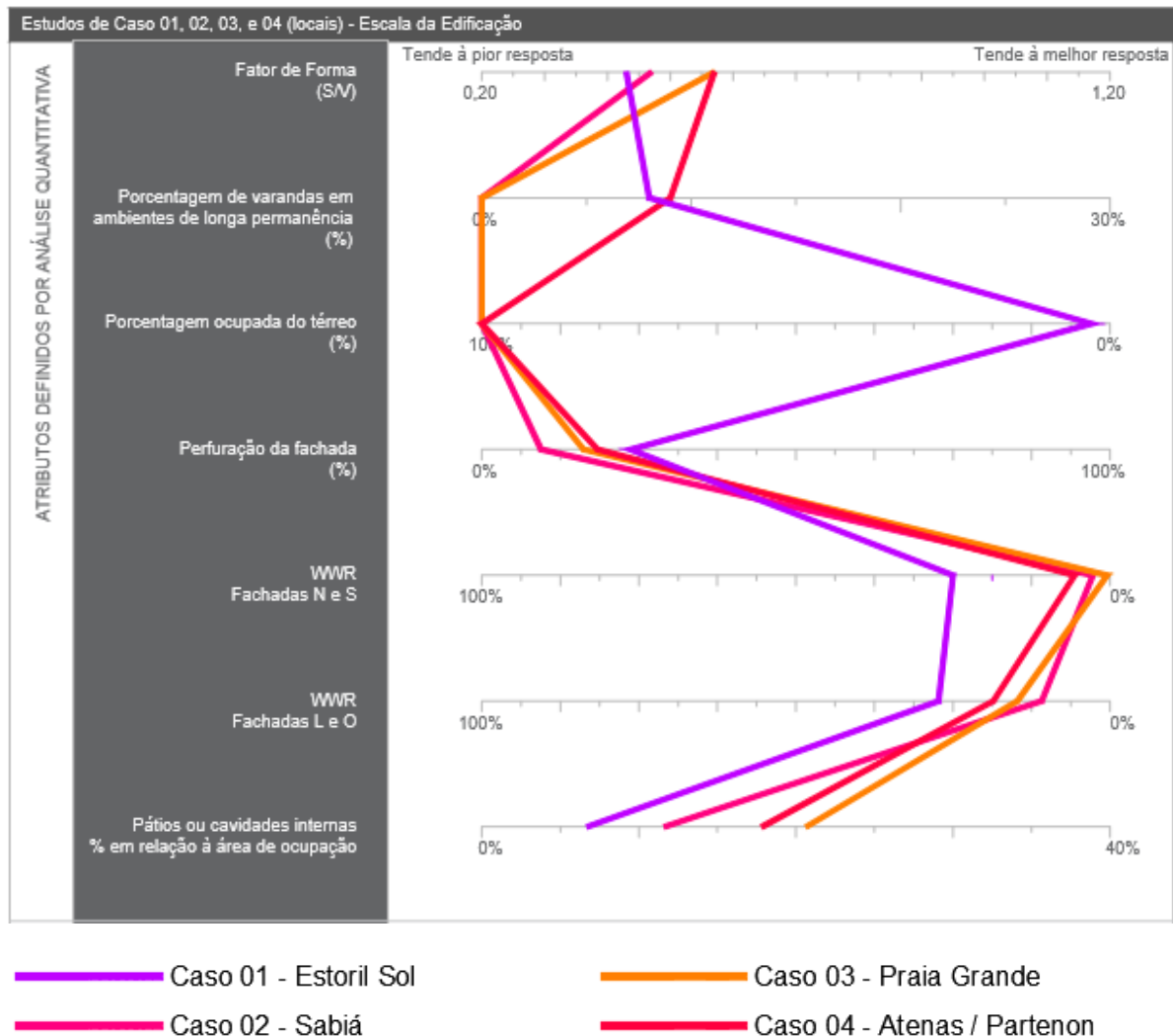


Gráfico 01: aplicação da ferramenta de qualidade bioclimática dos casos locais. Atributos definidos por análise quantitativa. Escala da edificação
Fonte: autor

Fator de forma: os fatores de forma dos casos locais variaram de 0,43 a 0,57, apresentando respostas abaixo da mediatriz do gráfico (que propõe a melhor resposta como $S/V = 1,20$). O melhor resultado foi o dos Casos 03 e 04 (Praia Grande e Atenas / Parthenon, com 0,57), seguido dos casos 02 (Sabiá, com 0,47), e do pior resultado, o Caso 01 (Estoril sol, com 0,43). Não há dados suficientes para estabelecer correlações, mas os dois projetos que tem mais pátios e cavidades apresentaram melhor resultado no presente quesito. Sugere-se avaliar, posteriormente e de forma mais aprofundada, interações entre o fator de forma, o potencial de ventilação cruzada e a presença de pátios e cavidades internas.

Porcentagem de sacada em Ambientes de longa permanência: atributo crítico em dois projetos: o C2 (Sabiá) e C3 (Praia Grande). Estes dois projetos são do programa PAR, e não apresentam nenhuma sacada ou varanda, sequer para uso técnico. Mesmo os melhores resultados (próximos a 8%) apresentam-se antes do ponto médio do gráfico, e, como será visto depois, distante do melhor resultado, o que mostra que os projetos apresentam carência neste aspecto, ainda mais levando-se em consideração que apenas a área social foi avaliada. A ausência de sacadas aumenta a área dos planos de vedação expostos, reforçando a necessidade de isolamento e proteção solar.

Porcentagem Ocupada do térreo: o uso integral do térreo é uma realidade dos projetos analisados que apresenta apenas uma exceção, o Estoril Sol (C1). Neste projeto, a área inferior é convertida em garagem coberta para cumprir o número de vagas estabelecidos pelo MCMV.

Perfuração da fachada: trata-se de um dos aspectos críticos dos projetos locais analisados. A especificação de um tipo único de esquadria (alumínio e vidro laminado corrediço, com 50% de área útil de ventilação), aliado à padronização de tamanhos, o que visa a redução de custos, gera edifícios com áreas úteis de ventilação distantes da recomendação da bibliografia, todos inferiores a 20%. A substituição por esquadrias de maior área útil de ventilação poderia contribuir para uma melhor resposta ao atributo.

WWR: a porcentagem de vidros na fachada foi um dos atributos bem respondidos pelos projetos. A taxa de vidro apresentou-se dentro dos limites estabelecidos. Uma das causas para a resposta positiva é que optar por maior porcentagem de vidro nas fachadas onera o custo do edifício, portanto, um WWR alto não é economicamente interessante para o construtor.

Pátios ou cavidades internas: aqui, um importante atributo projetual, que apresentou respostas mais variadas, entre 7% e 22%. Todos abaixo dos exemplos internacionais. O pior resultado foi do caso 01 (6,73%), seguido do caso 02 (11,63%). Os dois melhores casos (caso 4, com 17,83% e caso 03, com 20,65%) apresentam a quantidade de pátios próxima ao ponto médio do gráfico.

O gráfico 02 a seguir mostra os atributos na escala da edificação, para os quatro estudos de caso locais, definidos por análise binária.

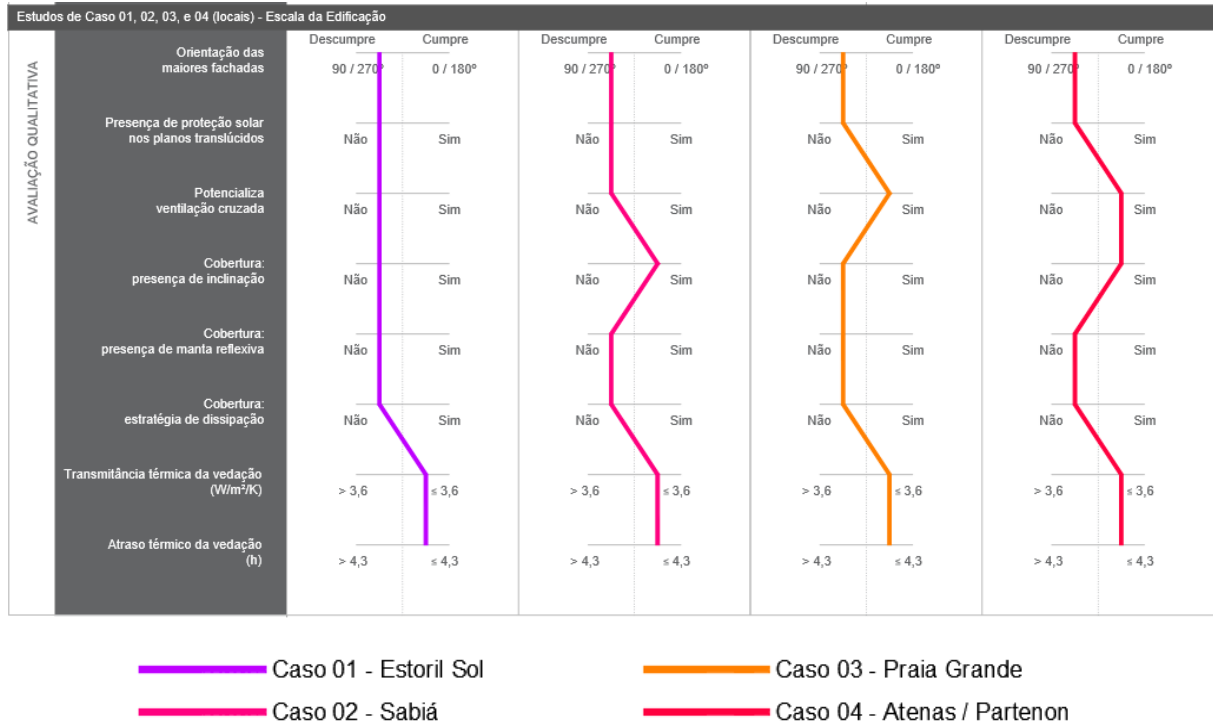


Gráfico 02: ferramenta de qualidade bioclimática dos casos locais. Atributos qualitativos - definidos por análise binária. Escala da edificação
Fonte: autor

Sobre os atributos definidos por análise binária, a resposta foi idêntica para os quatro projetos, exceto a ventilação cruzada.

Presença de proteção solar nos planos translúcidos: item problemático, uma vez que nenhum dos projetos apresenta proteção solar.

Orientação das maiores fachadas: neste item, nenhum dos projetos cumpriu o critério e todos apresentaram a orientação solar com azimute das maiores fachadas próximos a 90 e 270°. A decisão sobre a orientação ocorre nas etapas preliminares de projeto.

Potencializa a ventilação cruzada: para reduzir a subjetividade deste aspecto, foi utilizado o seguinte critério: a planta de todos os apartamentos apresenta cruzamento de ventilação? Dois dos projetos potencializam a ventilação cruzada em sua planta – justamente aqueles com presença de pátios e cavidades. A planta em bloco e o bloco H duplicado (C1 e C2) não contribuem para a ventilação cruzada. O projeto C4 (Atenas), embora possua o pátio interno.

Características da cobertura: Nenhum dos quatro apresenta estratégias de dissipação e manta isolante. Dois dos projetos apresentam colchão de ar (ambos com especificação de telha cerâmica, C2 e C4), e os outros dois apresentam platibanda e não há formação de colchão de ar no telhado.

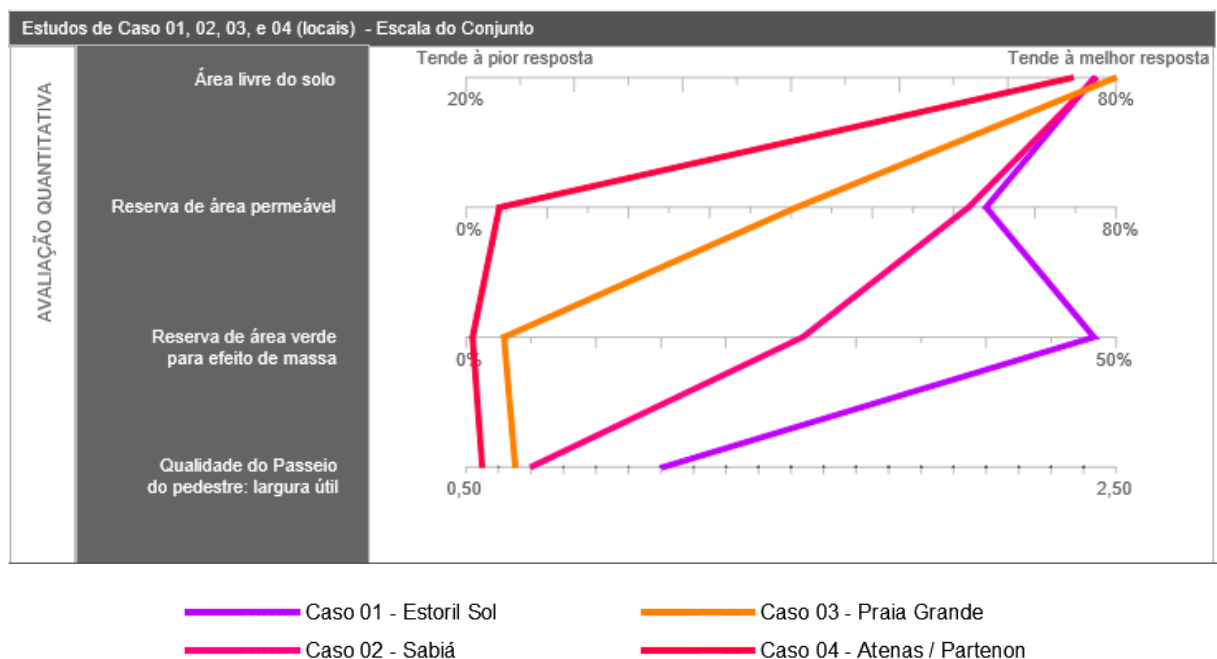
Características da vedação: todos os projetos apresentaram sua vedação dentro dos requisitos da NBR 15220-3, a referência utilizada, tanto na transmitância quanto para o atraso térmico. No entanto, estudos sobre o adequado isolamento da alvenaria estrutural e o rigor do critério da referida norma devem ser aprofundados, especialmente considerando o baixo índice de sacadas destes projetos, o que contribui para a exposição dos planos laterais à radiação solar direta. Vedações que incluam isolantes mais eficientes devem ser consideradas em futuras diretrizes de projeto.

Resultados dos exemplos locais na escala do conjunto:

Área livre do solo: todos os projetos apresentaram índice de área livre próxima a 80%, apresentando diferenças não muito significativas entre si. Portanto, o adensamento excessivo não é um problema nestes projetos. A legislação urbanística prevê, para estas áreas, 70% de área livre. Quanto ao uso dessas áreas livres, este sim, mostrou-se problemático, como relata a continuação da análise.

Reserva de área permeável: item problemático somente no caso 03. Este obteve como resultado 4,11%. O melhor resultado foi do caso 01 (64,17%), em grande parte graças ao cumprimento da faixa *non aedificandi* estabelecida por lei (30m devido à presença de córrego no lote), seguido do caso 02 (57,30%) e do caso 3 (40,68%).

O gráfico 02 a seguir mostra os atributos na escala do conjunto, para os quatro estudos de caso locais.



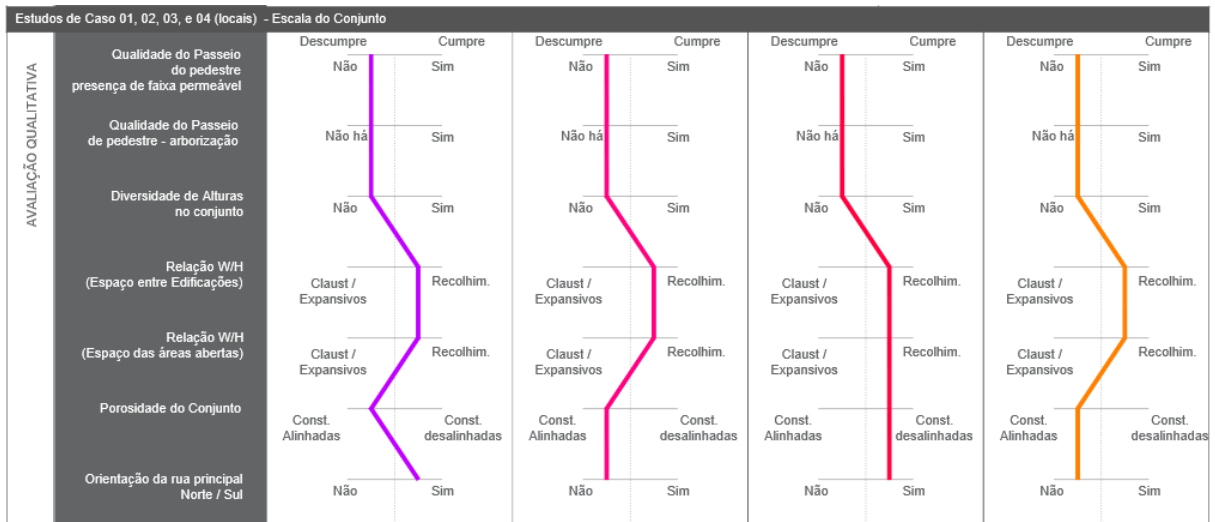


Gráfico 03: aplicação da ferramenta de qualidade bioclimática dos casos locais. Escala do conjunto
Fonte: autor

Reserva de área verde para efeito de massa: item problemático nos casos 02 e 03, que obtiveram como resultado, respectivamente, 2,94% e 0,51%. Tais números demonstram a ausência de áreas verdes densas e de arborização nestes projetos. O caso 01 obteve o melhor resultado no quesito 48,83%, acima do recomendado (30%). O caso 2 aproximou-se do número recomendado pela bibliografia, obtendo 25,59%.

Qualidade do passeio pedonal: item crítico em todos os projetos. A qualidade do passeio pedonal apresentou-se distante das recomendações em todos os casos. Nenhum apresentou área útil suficiente nem faixa de serviço, e nenhum apresenta arborização. A atenção dada ao veículo automotor nestes projetos explica o resultado neste quesito. Os projetos apresentam potencial para melhora neste aspecto, uma vez que apresentam grande porcentagem de área livre. No entanto, a qualificação destes espaços apresenta-se como uma necessidade urgente.

Diversidade de alturas do conjunto: nenhum dos projetos apresenta diversidade de alturas no conjunto.

Relação W/H – entre edificações: o espaço entre edificações nos casos locais é definido por diretrizes urbanísticas que teoricamente levam em consideração a relação W/H, uma vez que a exigência de afastamento entre edifícios é diretamente proporcional ao aumento do gabarito³⁹. Nenhum dos projetos apresenta espaços claustrofóbicos entre os edifícios, segundo a definição apresentada por Romero (2001), que afirma que relações/H entre $\frac{1}{4}$ e

³⁹ A legislação urbanística de São Luís exige afastamento de 5 metros para edifícios até 4 pavimentos (estudos de caso locais). (SEMHUR, 1991)

1/8 geram espaços claustrofóbicos. A relação de maior largura em relação à altura foi a do Caso 01 (0,81), seguido do caso 03 (0,49), do caso 02 (0,40) e do caso 04 (0,35).

Relação W/H – para espaços externos de vivência: todos apresentam espaços de recolhimento. Novamente, deve-se reforçar a necessidade de requalificação e humanização destes espaços, tornando-se áreas próprias para o trajeto de pedestres e não de veículos, pois, do ponto de vista quantitativo (taxa de ocupação e relações W/H) os projetos atendem os requisitos da bibliografia. No entanto, do ponto de vista da qualidade ambiental (humanização dos espaços externos, adequação à vivência e ao pedestre), os projetos apresentam grande distância em relação àqueles requisitos.

Porosidade do conjunto: todos apresentaram construções alinhadas, exceto o caso 3, que apresenta planta de implantação sem alinhamentos rígidos. Devido à grande quantidade de áreas livres, é possível afirmar que arranjos que proporcionassem mais porosidade fossem possíveis nos casos 1, 2 e 3 no desenho de projeto.

4.1.2 – Resultados dos exemplos internacionais

Foram analisados 2 exemplos internacionais, em 15 itens (atributos) na escala da edificação e 11 na escala do conjunto. As respostas aos atributos são variadas, mas pode-se afirmar que os exemplos internacionais atendem aos atributos de projeto diretamente relacionados ao lado bioclimático.

4.1.2.1 – Resultados dos exemplos internacionais: escala da edificação

Fator de forma: os fatores de forma dos exemplos internacionais variaram entre 0,54 a 0,62, apresentando respostas pouco abaixo da mediatriz do gráfico (que propõe a melhor resposta como $S/V = 1,20$). O melhor resultado foi do caso 05 (Dayasari). O caso 06 (Ciudad del Saber) apresentou fator de forma de 0,54. Deve-se lembrar que este é o único caso que apresenta apenas térreo e dois pavimentos, variável que influencia no fator de forma.

Porcentagem de sacada em Ambientes de longa permanência: o caso 05 não apresenta quantidade relevante de sacadas, apresentando 3,02%, locados em uma área comum. O caso 06 apresentou excelente resultado conforme a bibliografia, atingindo os 30% solicitados pela mesma, e dispostos em todos os apartamentos.

Porcentagem Ocupada do térreo: o caso 05 faz uso integral do térreo. O caso 06 apresenta um uso exemplar do térreo, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, pois utiliza 22,05% da área do mesmo para os serviços comuns do edifício.

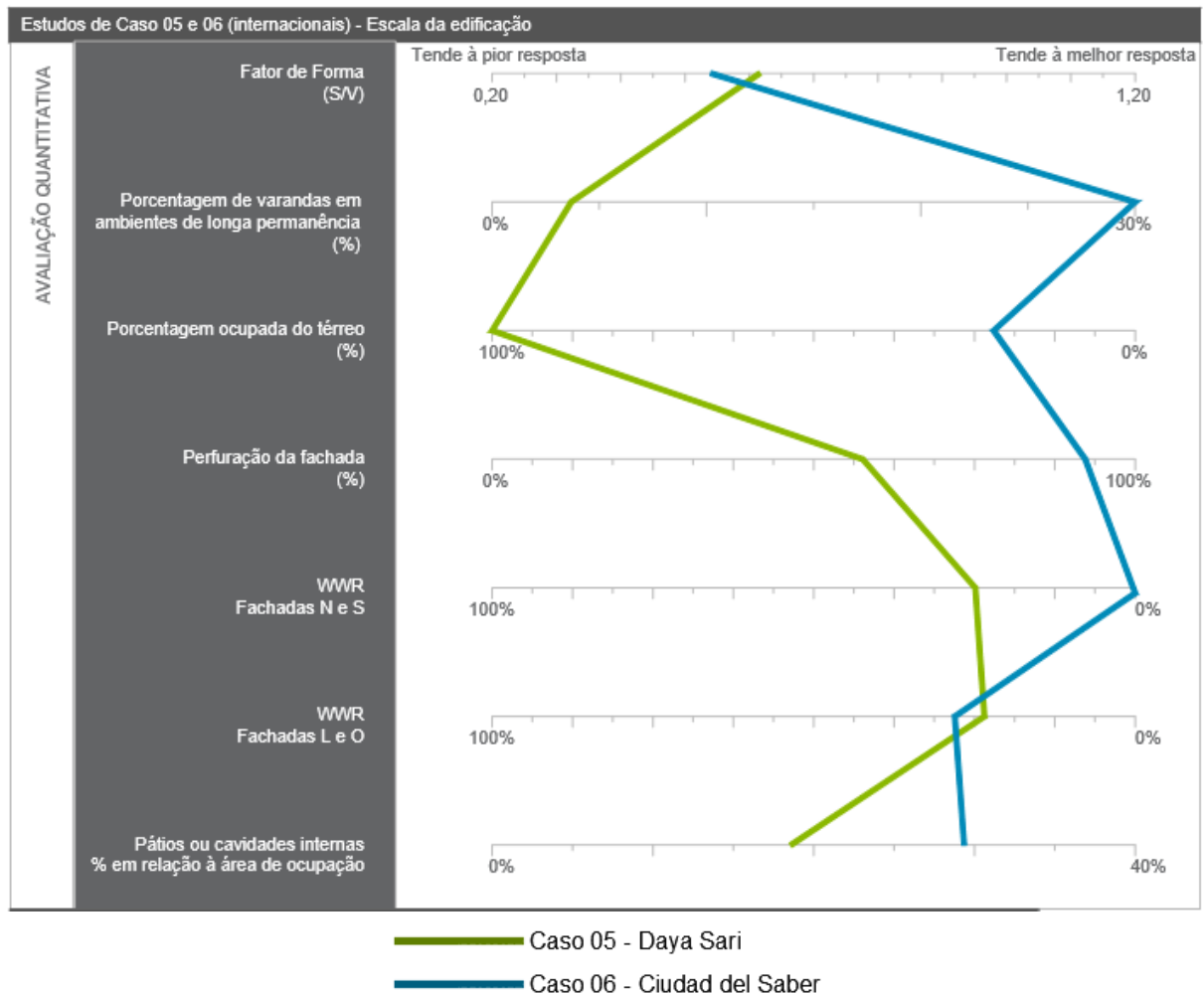


Gráfico 04: aplicação da ferramenta nos exemplos internacionais. Atributos definidos por análise quantitativa. Escala da edificação.
Fonte: autor

Perfuração da fachada: exemplos internacionais analisados apresentaram áreas úteis de ventilação maiores que a mediatriz do gráfico e apresentam os melhores resultados da pesquisa. O caso 5 apresentou 28,82%, e o caso 06 apresentou 46,12%.

WWR: a porcentagem de vidros na fachada foi um dos atributos bem respondidos pelos exemplos internacionais analisados. O caso 05 apresenta números aproximados de WWR para as fachadas Norte / Sul e Leste / Oeste, 24,86% e 23,45%, respectivamente. O caso 06 apresenta-se cumprindo os requisitos da bibliografia, apresentando WWR 0% a Leste / Oeste e 28,05% a Norte e Sul.

Pátios ou cavidades internas: os exemplos internacionais apresentaram resultado acima da mediana da escala. O caso 05 apresentou 23,22%, enquanto o caso 06 apresentou 36,70%.

Presença de proteção solar nos planos translúcidos: ambos apresentam proteção solar.

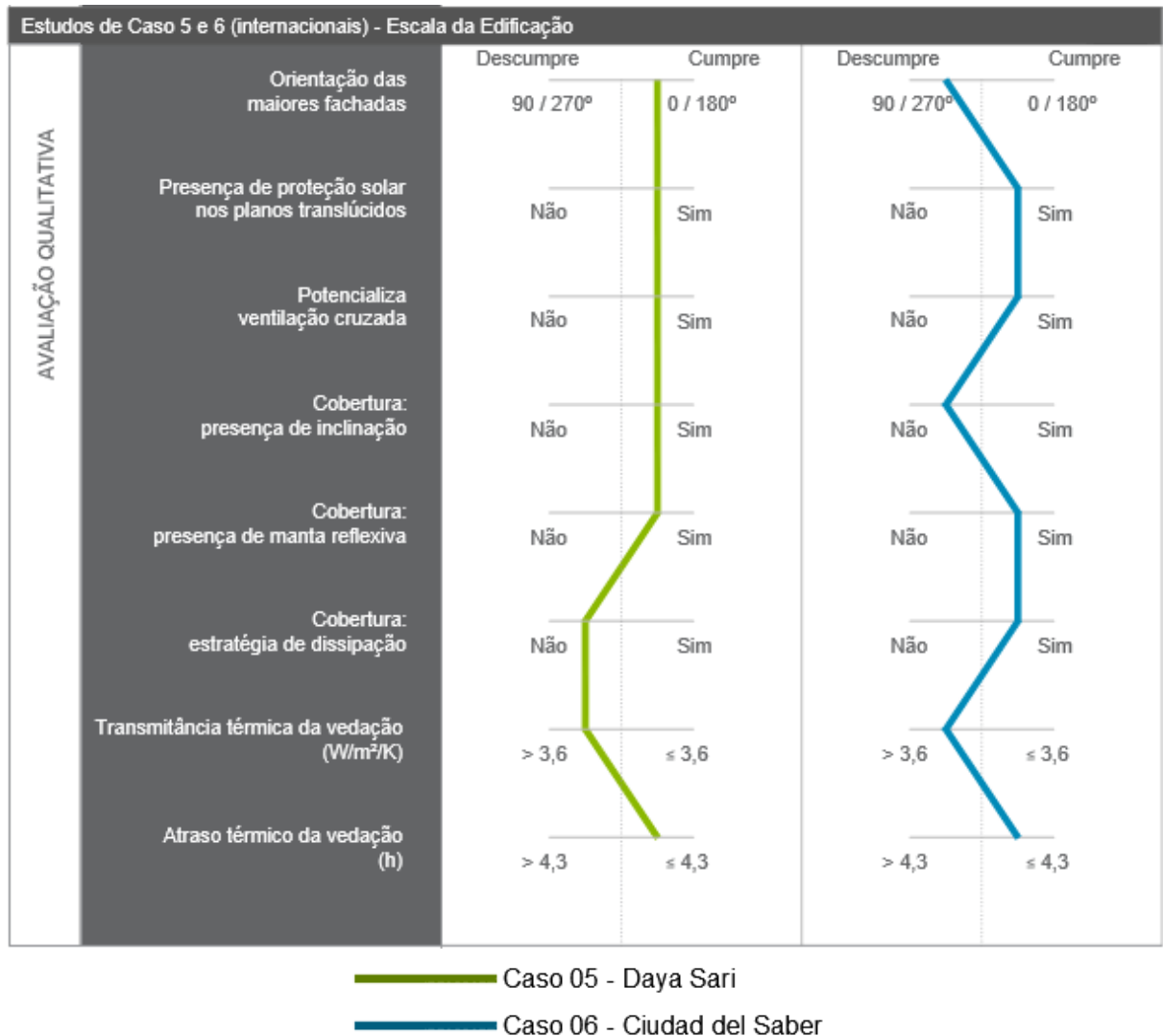


Gráfico 05: aplicação da ferramenta nos exemplos internacionais. Atributos definidos por análise qualitativa. Escala da edificação.
Fonte: autor

Orientação das maiores fachadas: o caso 05 apresenta as maiores fachadas voltadas para Norte e Sul. Isto por si só é suficiente para obter a melhor avaliação neste item, como princípio adotado para menor absorção de carga térmica. No entanto, deve ser observado o fato de que, neste projeto, há também a preocupação qualitativa, pois, todos os apartamentos são voltados para norte e sul. Quanto ao caso 06, a avaliação mostrou-se não aplicável a este tipo de planta, uma vez que as maiores fachadas são formadas por paredes cegas dos apartamentos e circulações.

Potencializa a ventilação cruzada: o caso 5 promove a ventilação cruzada. Devido à circulação centralizada, o caso 6 não apresenta planta que potencialize este tipo de ventilação.

Características da cobertura: a cobertura do caso 05 apresenta laje plana sem estratégia de dissipação. No caso 6, a cobertura, também plana, apresenta estratégia de isolamento, através da pintura branca, e também de dissipação.

Características da vedação: não foi possível avaliar este quesito nos exemplos internacionais.

4.1.2.2 – Resultados dos exemplos internacionais: escala do conjunto

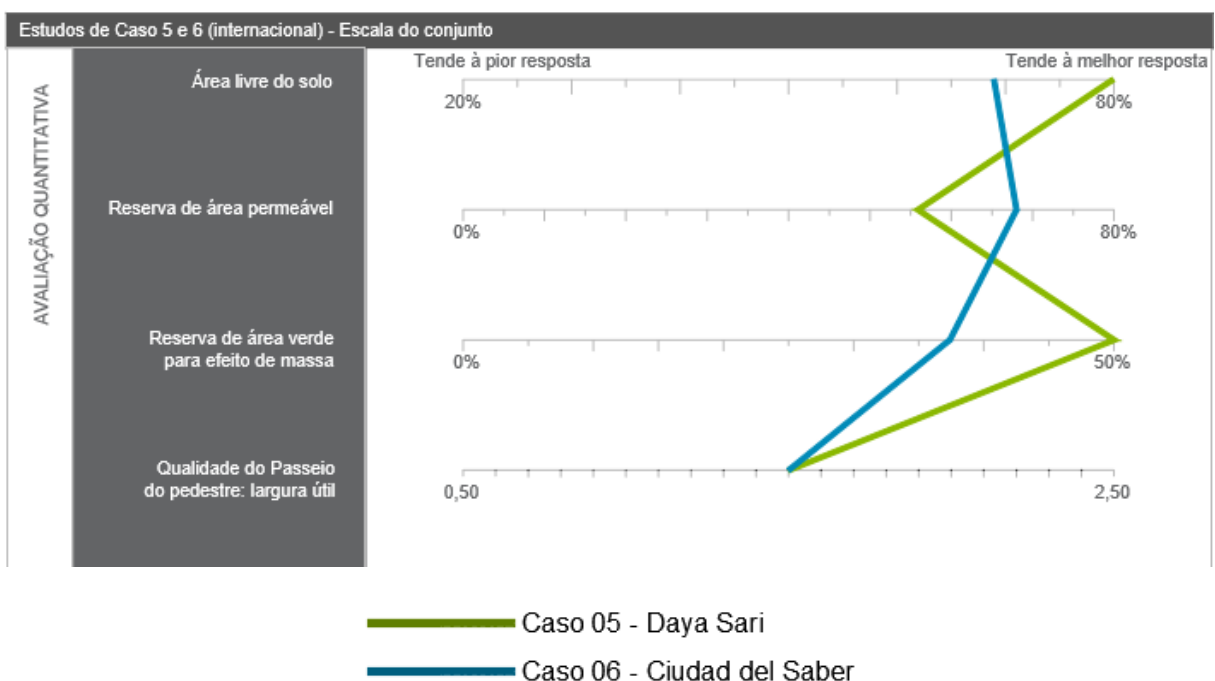
Área livre do solo: todos os projetos apresentaram índices de área livre próximos a 80%, apresentando, da mesma forma que os estudos de caso locais, diferenças não muito significativas entre si. Portanto, o adensamento excessivo não é um problema nestes projetos.

Reserva de área permeável: ambos disponibilizam áreas permeáveis entre 56 e 67%, que são números adequados para a bibliografia.

Reserva de área verde para efeito de massa: ambos apresentaram área verde para efeito de massa acima dos 35%, um número considerado adequado para a bibliografia.

Qualidade do passeio pedonal: item que apresentou variações, embora haja preocupação em criar um contexto adequado ao pedestre. Pode-se dizer que ambos apresentam humanização do passeio pedonal, embora o projeto panamenho (caso 06) tenham optado por dispensar a arborização de sombra na calçada.

Diversidade de alturas do conjunto: nenhum dos projetos apresenta diversidade de alturas.



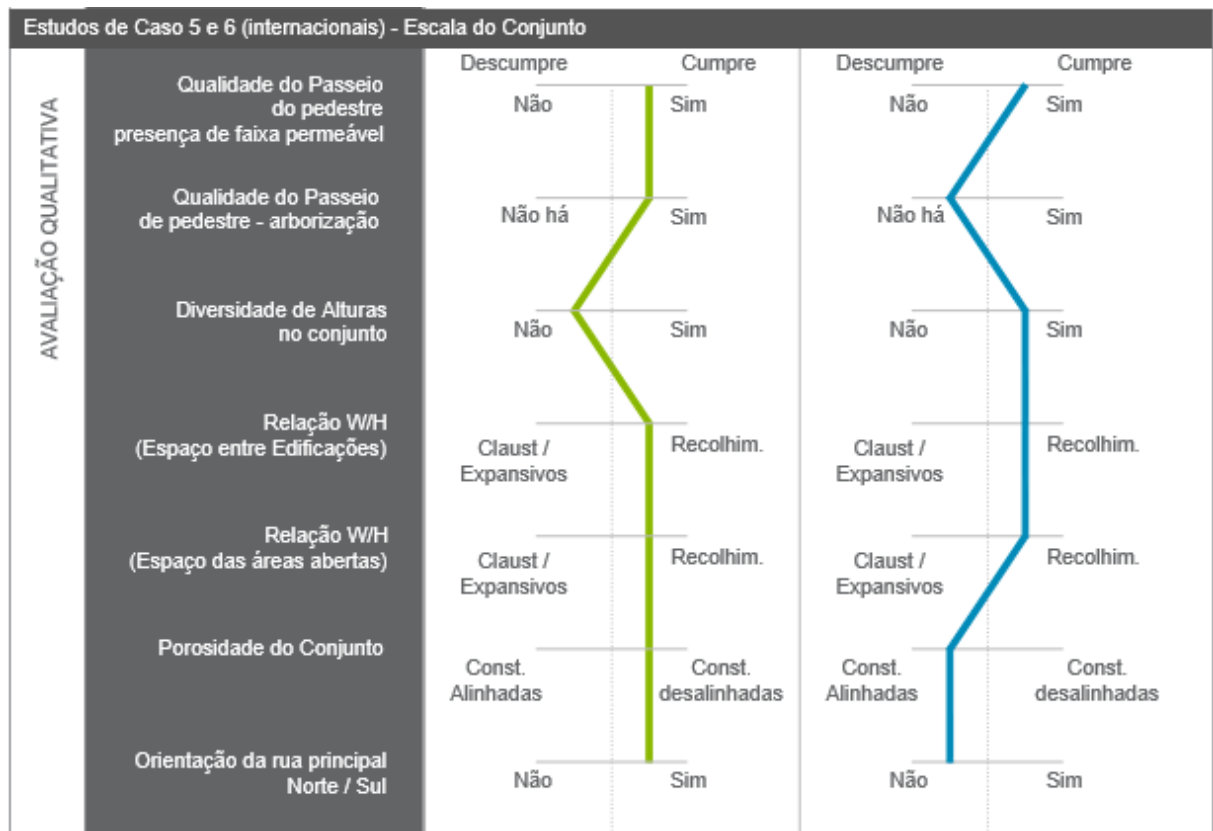


Gráfico 06: aplicação da ferramenta nos exemplos internacionais. Escala do conjunto
Fonte: autor

Relação W/H – entre edificações: Ambos apresentam espaços de recolhimento, entre 1,28 (caso 06) e 1,09 (caso 05).

Relação W/H – para espaços externos de vivência: o caso 06 é particular, pois os próprios pátios criam espaços externos de vivência, portanto, o W/H considerado para o cumprimento deste quesito também foi 1,28. Para o caso 05, foi considerado o maior espaço de vivência do conjunto, cujo resultado foi 2,56. Ambos se apresentam como espaços de recolhimento

Porosidade do Conjunto: o caso 05 apresenta uma implantação sem alinhamento rígido entre construções. Esta análise não é aplicável ao caso 6 pela diferenciação de sua planta, uma vez que os blocos são articulados por uma circulação única, formando um edifício único.

4.1.3 – Comparações entre os exemplos locais e os exemplos internacionais

Foram analisados 4 casos locais e 2 exemplos internacionais, em 15 itens (atributos) na escala da edificação e 11 na escala do conjunto. Os resultados mostram que os exemplos internacionais respondem a mais orientações da bibliografia que os exemplos locais, no entanto, há variação de respostas significativas em relação aos dois projetos. Pode-se afirmar que, nos exemplos internacionais analisados, há preocupação com atributos que denotam

preocupação direta com o bioclimatismo, como a presença de proteção solar, uso de pátios e cavidades inerentes ao partido de projeto e amplas áreas úteis de ventilação.

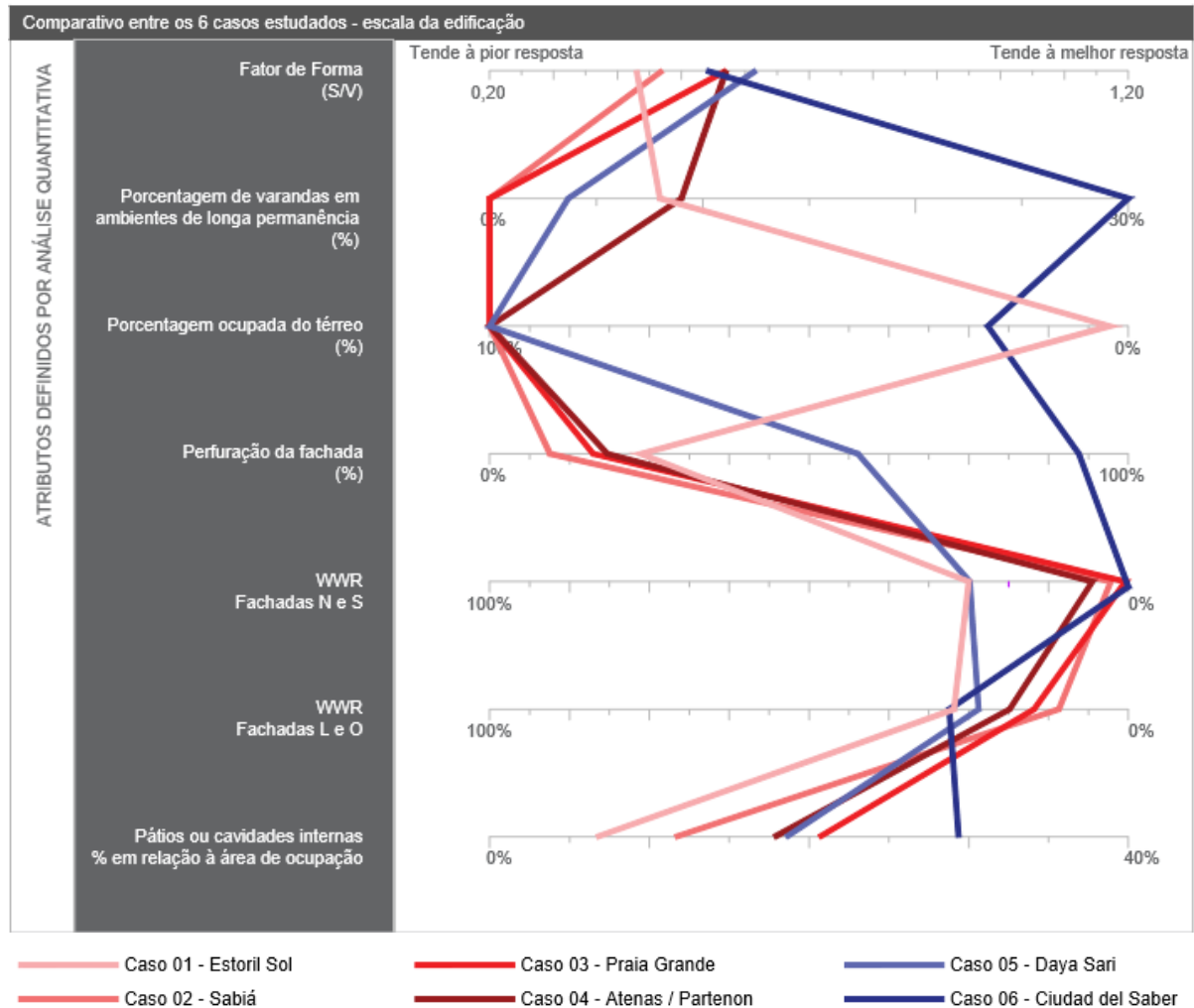
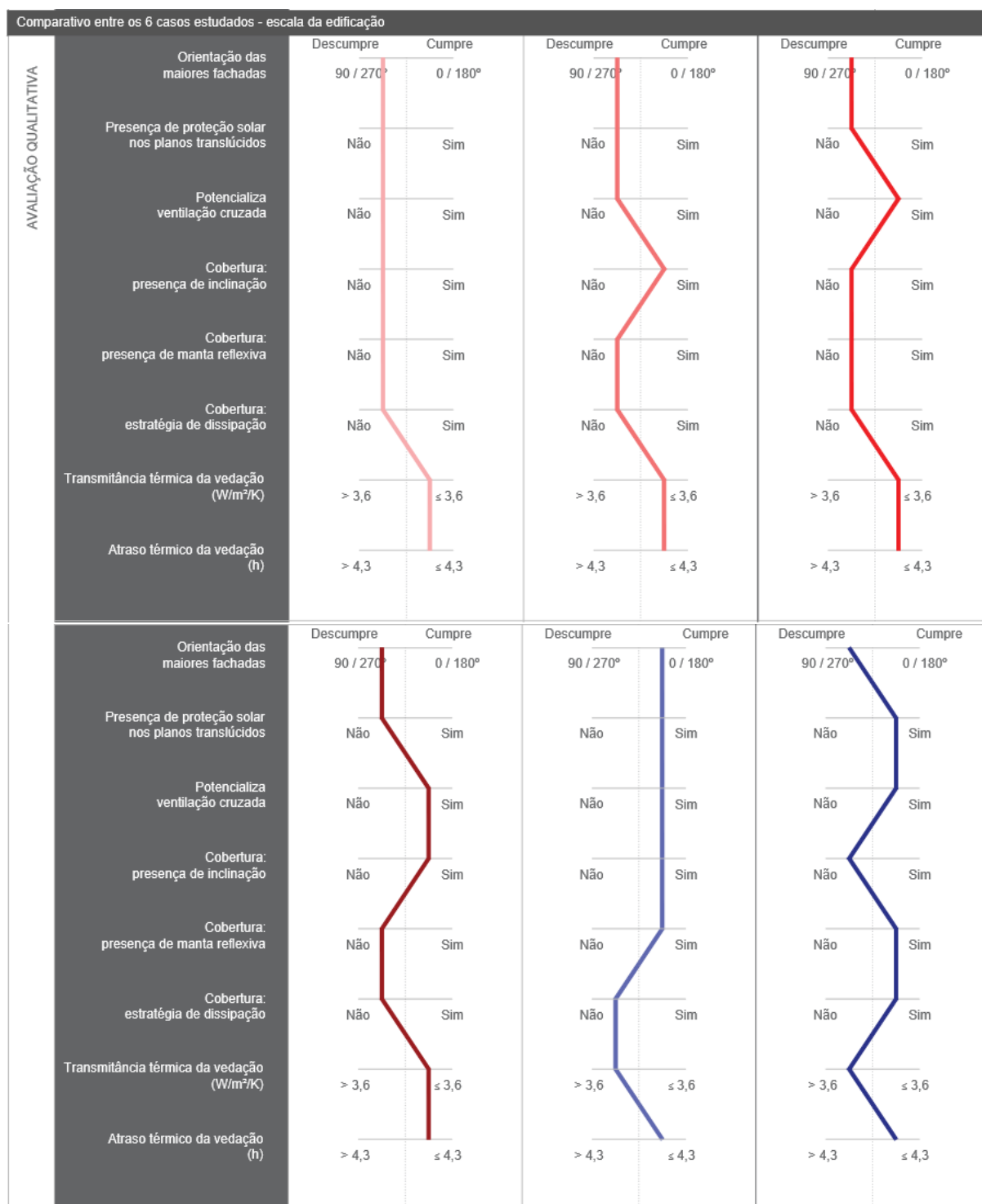


Gráfico 07: aplicação da ferramenta de qualidade bioclimática de todos os estudos de caso. Atributos definidos por análise quantitativa. Escala da edificação.

Fonte: autor

Não obstante, os casos locais obtiveram resultados similares ou melhores que os exemplos internacionais nos seguintes atributos: fator de forma, WWR, e na presença de inclinação da cobertura. A perfuração da fachada dos exemplos internacionais é o único atributo na escala da edificação em que a superioridade dos dois projetos internacionais é bastante clara.



Caso 01 - Estoril Sol

Caso 03 - Praia Grande

Caso 05 - Daya Sari

Caso 02 - Sabiá

Caso 04 - Atenas / Partenon

Caso 06 - Ciudad del Saber

Gráfico 08: aplicação da ferramenta nos 6 estudos de caso. Avaliação qualitativa. Escala da edificação.
Fonte: autor

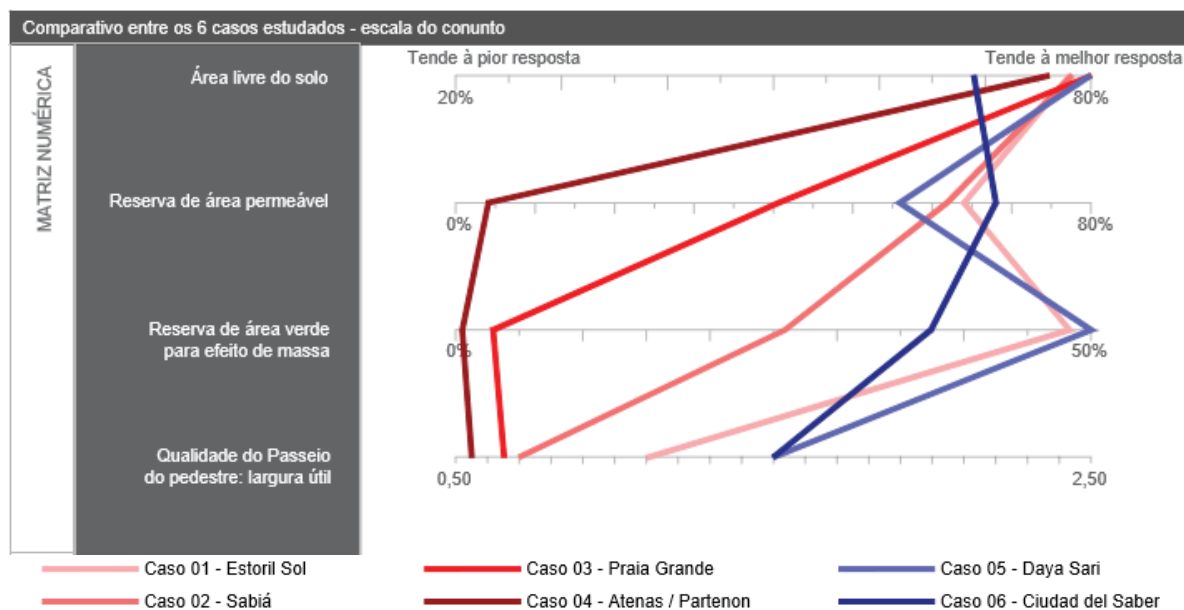
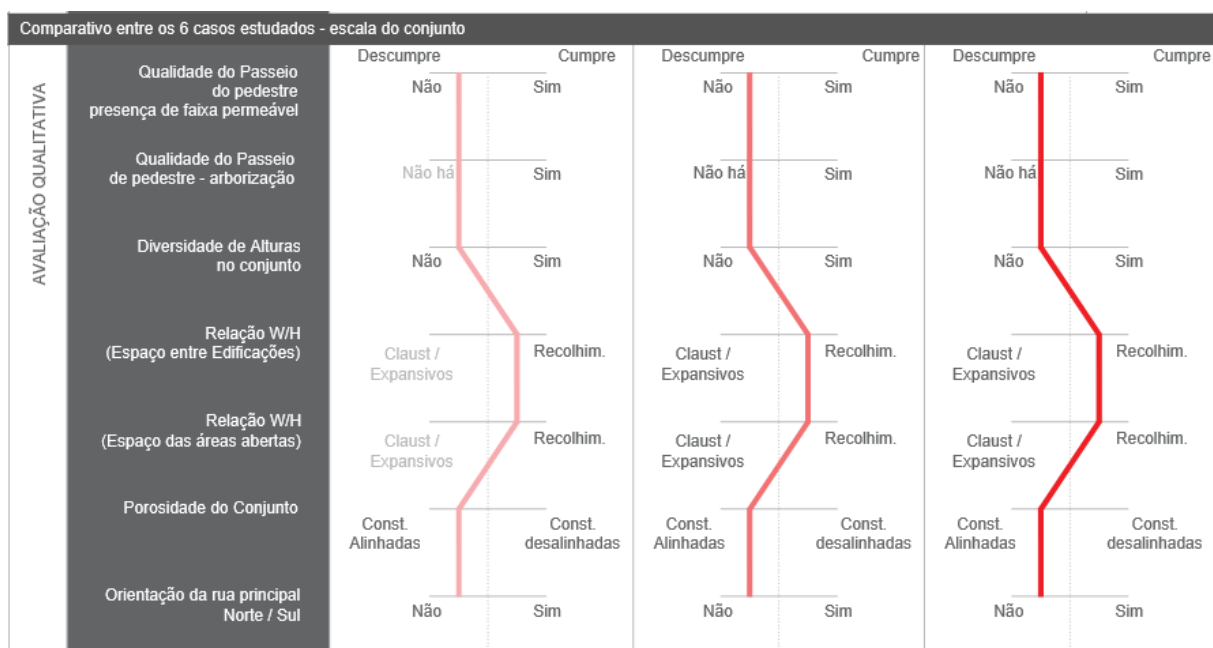


Gráfico 09: aplicação da ferramenta nos 6 estudos de caso. Atributos definidos por análise quantitativa. Escala do conjunto.
Fonte: autor



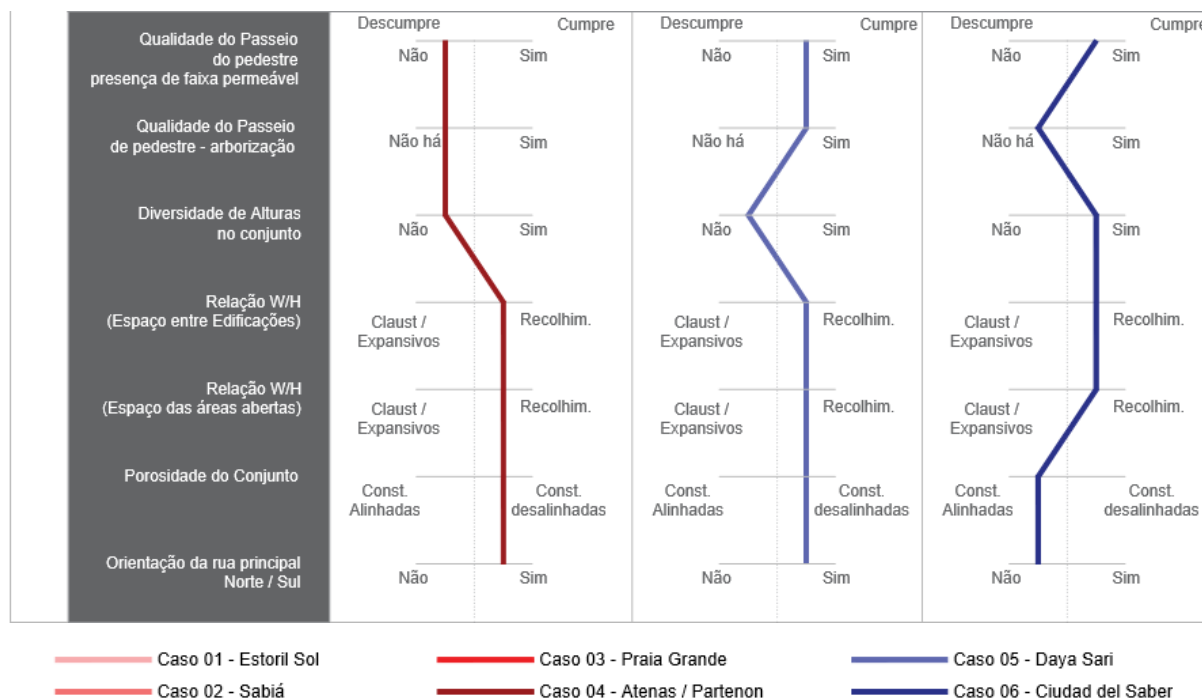


Gráfico 10: aplicação da ferramenta em todos os estudos de caso. Avaliação qualitativa. Escala do conjunto.
Fonte: autor

4.2 DISCUSSÕES SOBRE OS ATRIBUTOS ANALISADOS

No presente tópico, foram elaborados quadros que apresentam discussões sobre os atributos analisados. As discussões abordam: primeiramente, o potencial incremento de custos na aplicação das melhores respostas. Em seguida, a viabilidade de aplicação das melhores respostas em caso de reabilitação dos conjuntos analisados. Por fim, analisou-se o potencial da ferramenta para auxiliar arquitetos projetistas. Tais discussões concluem este trabalho e também consistem em apontamentos para os próximos passos desta pesquisa.

4.2.1 – Discussão sobre potencial incremento de custo no projeto em cada atributo analisado em caso de reabilitação da HIS multifamiliar na área do Turu

Para prosseguir o raciocínio, deve-se recordar que a aplicação desta ferramenta é direcionada à habitação de interesses social, que pressupõe soluções economicamente viáveis para esta realidade. Portanto, cabe o questionamento: em quais itens há mais potencial incremento no custo caso se opte por uma solução adequada à bibliografia do bioclimatismo? O quadro abaixo disserta sobre a questão:

Discussão sobre potencial incremento de custo no projeto em cada atributo analisado em caso de reabilitação da HIS multifamiliar na área do Turu

	Parâmetro	Há potencial incremento no custo do projeto?	Observações
FORMA	Fator de Forma	Sim	Um bom fator de forma pressupõe formas mais esbeltas. O custo do fator de forma ocorre em três frentes: 1 - potencialmente, as circulações de plantas alongadas são maiores. 2 - o aproveitamento do terreno potencialmente menor e; 3 - maior superfície do envelope externo o que acarreta em custo no acabamento de fachada. A análise mostrou que o fator de forma está diretamente relacionado com a presença de pátios. O projeto de melhor fator de forma (C5) apresenta pátio interno e foi o único que apresentou potencial para ventilação.
	Porcentagem de Sacadas em Planta	Sim	A sacada acrescenta custo na estrutura da edificação, uma vez que exigirá balanços estruturais. Mas este atributo tem influência decisiva no projeto, tendo inclusive relação com outros parâmetros: primeiramente, o fator de forma é influenciado pelas sacadas, bem como a redução de janelas afetadas pela insolação, e a necessidade de proteção solar, uma vez que a própria sacada funciona como proteção solar.
	Orientação	Não	A princípio, a orientação das maiores fachadas para Norte e Sul não interfere no custo. Dependendo da forma do lote, ela pode ou não interferir no coeficiente de aproveitamento, como acontece no projeto do C1.
	Pilotis	Sim	O custo da menor ocupação dos pilotis está relacionado com a não exploração plena do potencial de aproveitamento do terreno, e também com o sistema estrutural do edifício.
	Proteção Solar	Sim	Implica necessariamente em custo adicional. A orientação, a redução do WWR e a presença de sacadas podem reduzir este custo.
INVÓLCRUO	Perfuração da Fachada	Sim	A esquadria de boa qualidade deve oferecer flexibilidade de abertura / fechamento - vedação / permeabilidade, o que certamente aumenta o custo. O uso da esquadria veneziana em madeira, especialmente em tamanhos pode afetar o custo de projeto.
	Material da pele	Sim	O acréscimo de materiais isolantes implica necessariamente em custo para o envelope externo. No entanto, este custo pode ser reduzido na estrutura, uma vez que materiais isolantes pressupõem sistemas mais leves.
	Áreas Envidraçadas (Window Wall Ratio)	Não	A quantidade de áreas envidraçadas apontada nas análises não é alta, e sua redução, inclusive, implica em redução de custos, uma vez que tal material tem custo superior à vedações (convencionais).
	Cobertura	Sim	Implica em aumento de custo e incorporação de vazios à planta para gerar sistema de dissipação da energia térmica (ventilação por densidade).
FORMA	Relação W/H entre edificações	Não	Podem interferir apenas na taxa de aproveitamento do terreno para o construtor
	Relação W/H para áreas externas	Não	
	Porosidade do Conjunto	Não	
TRAÇA	Taxa de Ocupação do Solo	Não	
SUPERFÍCIE	Revestimento do Solo no conjunto	Não	Superfícies impermeáveis, na verdade, encarecem o custo inicial do conjunto.
	Qualidade do Passeio Pedonal: arborização urbana	Sim	Custo irrelevante considerando a importância de melhorar a qualidade ambiental do projeto e transferir a prioridade ao pedestre. Técnicas de <i>traffic calming</i> e conversão de uma porcentagem do estacionamento em áreas humanizadas de tráfego pedonal podem ser obtidas com:

Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	Sim	repaginação de piso, plantio de árvores de copa alta e implementação de equipamentos urbanos.
Qualidade do Passeio Pedonal: faixa de serviço permeável	Não	
Áreas Verdes para efeito de massa	Possivelmente Sim	Preservar as áreas verdes existentes ou plantar espécies nativas.

Quadro 28: Discussão sobre o potencial incremento de custo na melhor resposta a cada atributo no projeto de HIS multifamiliar
Fonte: autor

4.2.2 – Projetos de reabilitação de HIS multifamiliar em contexto quente-úmido não estacionário:

Nesse caso, deve-se considerar, primeiramente, que, nos projetos de reabilitação, os parâmetros fator de forma, sacadas, orientação, pilotis, bem como área livre de solo e relação W/H são de intervenção crítica, uma vez que se tratam de edificações construídas. Parâmetros como proteção solar, WWR, Perfuração (especialmente através da mudança do tipo de esquadria), bem como a reabilitação de calçadas e redistribuição de áreas permeáveis, verdes e pavimentadas são intervenções bem mais viáveis em conjuntos urbanos existentes. Nesse caso, a possibilidade de intervenção deve ser dosada com a influência do parâmetro, e isto deve ser considerado na avaliação de um projeto de intervenção.

Foi elaborado um quadro resumo explicativo sobre a questão:

Discussão sobre a viabilidade na intervenção em cada atributo analisado em caso de reabilitação da HIS multifamiliar na área do Turu			
	Parâmetro	Possibilidade Intervenção	Justificativa / Possíveis soluções
FORMA	Fator de Forma		Grau de interferência alto, pois apresenta relação fundamental com a planta (porcentagem de pátios e cavidades)
	Porcentagem de Sacadas em Planta		Grau de interferência alto, porém, trata-se de uma intervenção possível. Deve-se atentar para dois itens: 1 - estrutura portante, e 2 - alinhamento da construção (afastamentos entre edifícios).
	Orientação		Não há possibilidade de intervenção neste item
	Pilotis		Não há possibilidade de intervenção para os edifícios construídos em alvenaria estrutural. Em edificações com sistemas construtivos mais flexíveis, seria possível, mas não é o caso da HIS multifamiliar de São Luís
	Proteção Solar		Grau de interferência baixo, possível aplicação através da incorporação de brises leves ou proteções com estrutura portante independente.
	Pátios ou cavidades		Não há possibilidade de intervenção neste item.
INVÓLCR	Perfuração da Fachada		O aumento da perfuração da fachada pode ser obtido de duas formas. A primeira: através do tipo das janelas. O padrão recorrente nos apartamentos analisados apresenta janelas em vidro laminado e alumínio, de correr, o que possibilita apenas 50% de área efetiva de ventilação. Aumenta-se a permeabilidade

			à ventilação com outros tipos de abertura, como venezianas e pivotantes. No entanto, o WWR (que é a área de vidro em relação à fachada – correspondendo à potencial área total de abertura) dos apartamentos avaliados apresentou-se também baixo, o que torna insuficiente a troca de janelas, devendo recorrer ao aumento dos vãos de esquadrias.
	Material da pele		Grau de interferência baixo, pode ser resolvido através da adição de isolantes internos – com materiais isolantes econômicos como isopor, cortiça. A pintura externa também deve ser avaliada.
	Áreas Envidraçadas (Window Wall Ratio)		O WWR surge como um parâmetro para evitar o uso excessivo de vidro na fachada, para que o mesmo não ultrapasse os limites. No projeto de HIS, o WWR em si foi um item bem avaliado nos 4 casos locais, pois o acréscimo de vidro na fachada
	Cobertura		Interferência possível, através da troca completa do sistema de cobertura.
FORMA	Relação W/H entre edificações		Itens que devem ser estabelecidos nos desenhos preliminares e tratam-se de intervenções inviáveis, pois exigiriam grande quantidade de demolição.
	Relação W/H para áreas externas		
	Porosidade do Conjunto		
TRAÇAD	Taxa de Ocupação do Solo		
	Orientação da rua principal		
SUPERFÍCIE	Revestimento do Solo no conjunto		Estes parâmetros podem ser modificados com a substituição de materiais de cobertura do solo e redesenho de áreas externas. A grande maioria dos casos apresentou baixa taxa de ocupação e relações W/H adequadas. Portanto, há boa possibilidade de intervenção nestes itens, com o adequado tratamento dos espaços: transformação de áreas externas em espaços humanizados com uso de vegetação de copa alta, superfícies permeáveis e equipamentos coletivos. Deve-se ressaltar que grande parte destes espaços são utilizados para estacionamento – o que deve levar a uma análise também da função do espaço.
	Qualidade do Passeio Pedonal: arborização urbana		
	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil		
	Qualidade do Passeio Pedonal: faixa de serviço permeável		
	Áreas Verdes para efeito de massa		A área verde para efeito de massa pressupõe vegetação densa, concentrada, que contribuiriam para mitigar o efeito da ilha de calor urbana do microclima. Dos exemplos locais analisados, dois obtiveram bons resultados nesse quesito. O C1 - Estoril sol manteve a uma área de leito de rio por motivo de lei. O C2 - Residencial Sabia, manteve e recuperou, através da ação de moradores, algumas árvores do local em uma área concentrada do terreno. Para reabilitação de áreas verdes de efeito de massa, a intervenção seria possível, mas de longo prazo.
Possibilidades de Intervenção / Grau de Interferência			
			Boa possibilidade de Intervenção
			Baixa ou média possibilidade de intervenção
			Inviável intervenção

Quadro 29: Discussão sobre a viabilidade na intervenção em cada atributo analisado em caso de reabilitação da HIS multifamiliar na área do Turu

Fonte: autor

4.3 A FERRAMENTA COMO INSTRUMENTO DE CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO: POSSÍVEIS INTERAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS DO PROJETO BIOCLIMÁTICO

Deve-se atentar para outro aspecto para o qual esta pesquisa também tem a pretensão de contribuir: o levantamento dos atributos de qualidade bioclimática, bem como sua aplicação e discussões sobre como pode-se melhorar (tanto a análise como a avaliação) gera subsídios para a aplicação da ferramenta no contexto do projeto. Ora, foi verificado que as ferramentas de avaliação existentes possuem lacunas – o que é natural visto que cada um possui um objetivo (ver quadro apresentado no capítulo). O indicador aqui desenvolvido tem a capacidade de mostrar como o projeto responde aos requisitos da bibliografia de forma. Ele não tem o objetivo de substituir as simulações energéticas, mas tem potencial para converter-se em uma ferramenta de tomada de decisão útil, especialmente nas fases preliminares de projeto. Para que isto aconteça, são sugeridas algumas adaptações para a próxima pesquisa. Primeiramente, deve-se definir seu papel dentro do contexto do projeto bioclimático, mostrado no diagrama a seguir. O papel da ferramenta, no nível “acessível” ao projetista em que se encontra ao fim desta pesquisa, e com as devidas adaptações, seria até o anteprojeto, onde haveria confirmações via simulações energéticas adequadas à etapa.

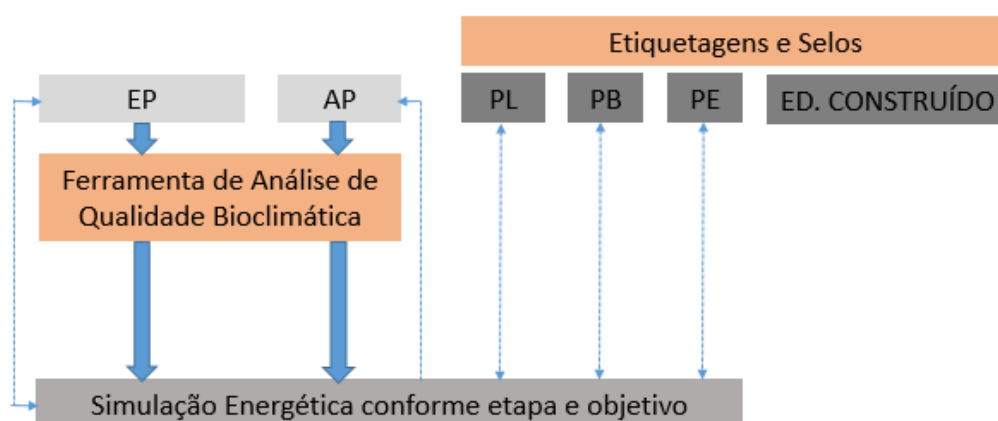


Diagrama 04: Papel da ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática nas etapas do projeto
Fonte: autor

Deve-se também prever interações entre as decisões relativas a cada atributo, admitindo que o bioclimatismo nunca é o único requisito em questão no projeto – é da essência do projeto ter que fazer escolhas, e tais escolhas podem afetar negativamente algum dos atributos bioclimáticos. Esta discussão finaliza com um diagrama que mostra estas possíveis interações entre os atributos do projeto bioclimático. Alguns atributos podem ser considerados complementares, o que pode levar o projetista a pensar em soluções mais econômicas para um ou outro atributo. Orientação e proteção solar, por exemplo, estão relacionados, uma vez que ângulos de proteção diferentes podem gerar brises mais (ou menos) econômicos. As sacadas e a proteção solar também se complementam – a presença da primeira pode dispensar o segundo item, e caso, o projeto não tenha sacadas, a proteção solar pode atenuar essa questão. Outros atributos podem compensar (ou pelo menos reduzir o impacto) a

ausência de outro. O isolamento da vedação, igualmente, pode atenuar problemas de um projeto sem sacadas, ou com orientação problemática.

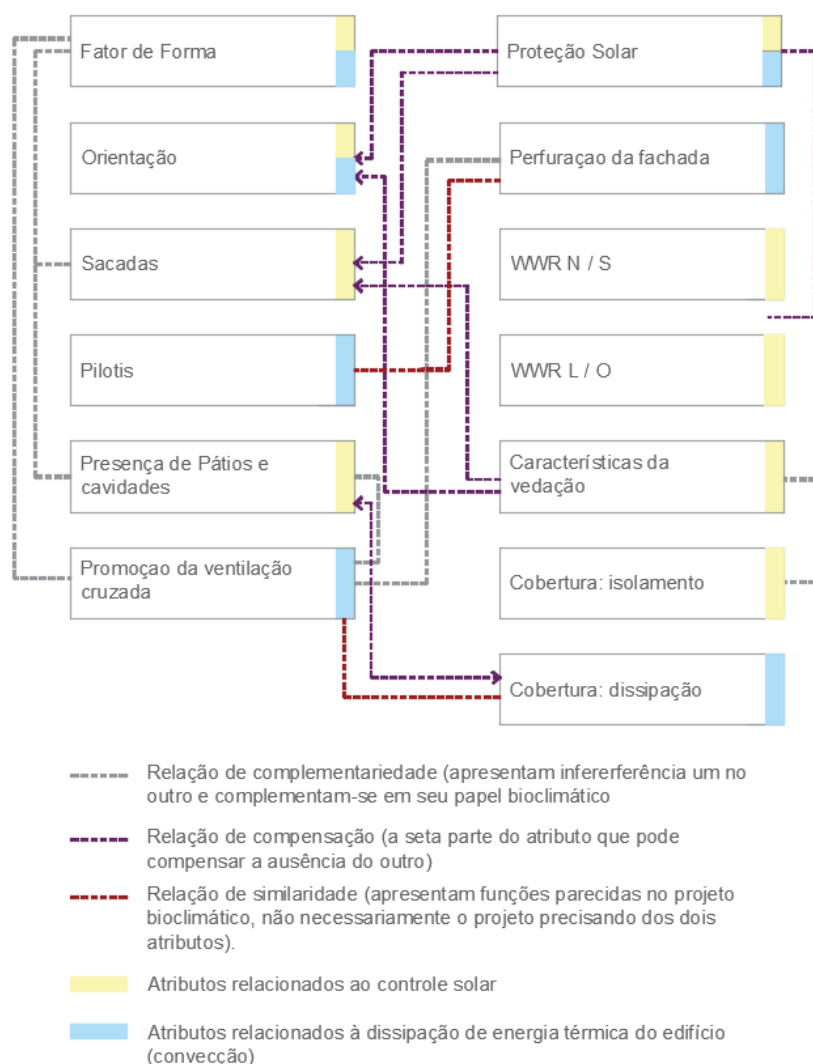


Diagrama 05: possíveis interações entre os tributos na escala da edificação
Fonte: autor

Destaca-se aqui, algumas sugestões de aprofundamentos de atributos e suas interações que podem ser aprofundados em pesquisas futuras:

- A necessidade de respostas mais precisas do ponto de vista regional. Estudos mais profundos devem ser feitos sobre a orientação, por exemplo. O critério da carga térmica da edificação tem forte apelo nas zonas de baixas latitudes, mas deve-se considerar, também, que a frequência da ventilação leste pode ter grande contribuição na redução da mesma carga térmica. A pesquisa sobre o tema carece, também, de simulações de sombra mais precisa, bem como maior entendimento de como os diferentes desenhos da trajetória solar afetam o conforto térmico da edificação – precisando, a partir daí, a necessidade de brises ou sacadas.

- Verificar a real eficiência das vedações laterais e coberturas tidas como leves / refletoras pela NBR 15220-3, no contexto específico da cidade de São Luís. Simulações de Percentual de Horas de conforto, por exemplo;
- Explorar possibilidades de um traçado de calçada de mais qualidade e adaptado ao comportamento local de insolação.
- Explorar desenho de esquadrrias que tenham comportamento mais eficiente do ponto de vista térmico.

É fortemente sugerido, para os aprofundamentos sugeridos, o uso de ferramentas de análise e simulação de diferentes cenários projetuais, contribuindo para reforçar, desta forma, a base de dados para a melhor compreensão de cada atributo e as melhores respostas para o mesmo.

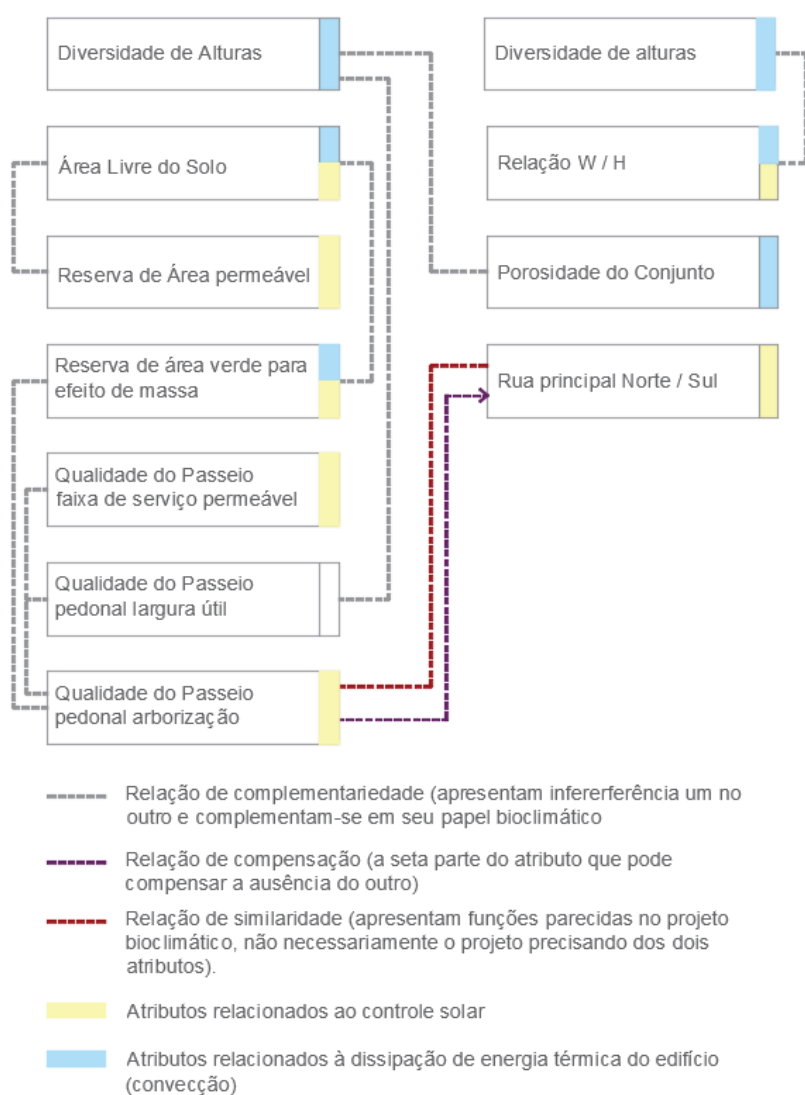


Diagrama 06: interações entre os tributos na escala do conjunto

Fonte: autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi elaborada com a motivação inicial de compreender e melhorar a questão bioclimática de conjuntos de Habitação de Interesse Social Multifamiliares em São Luís. Aquilo que se converteu como o objetivo geral da pesquisa, isto é, a *elaboração de uma ferramenta de análise e avaliação da qualidade bioclimática de projetos de habitação de interesse social multifamiliares no clima quente úmido em baixas latitudes*, ainda que em nível *sintético*, foi cumprido, e seus resultados servem para uma compreensão inicial do problema de projeto bioclimático nos estudos de caso, que, por ser representativo da HIS Multifamiliar da cidade, contribui para um melhor diagnóstico bioclimático dos mesmos. Como é de conhecimento dos pares que lerão e avaliarão este trabalho, está na essência da pesquisa a incompletude, a possibilidade de ser melhorada e aprofundada. A incompletude desta pesquisa e suas lacunas deixam potenciais trabalhos de continuação que serão indicados em seguida. Antes de abordar possíveis continuidades, porém, será descrito aquilo que a pesquisa cumpriu, através da revisão de seus objetivos específicos:

Elencar os atributos de um projeto bioclimático para o contexto da HIS multifamiliar no quente-úmido em São Luís:

No decorrer da pesquisa, foram consultadas fontes bibliográficas, nacionais e internacionais, que permitiram discorrer sobre os principais atributos de um projeto bioclimático. Foram elencados e organizados estes atributos, organização esta que foi direcionada ao contexto específico da pesquisa. Cada atributo foi explicitado separadamente no referencial teórico e, na fase de análise, foram testadas ferramentas de análise acessíveis, em ambiente familiar ao arquiteto e urbanista (no próprio ambiente de projeto). A organização dos atributos teve Romero (2001) como ponto de partida, e sua seleção teve a contribuição de outros autores. Pode-se afirmar que esta seleção contribui para avaliar a aproximação das decisões de projeto com as solicitações da bibliografia.

Evidentemente, algumas lacunas devem ser preenchidas nas próximas pesquisas. A interdependência entre os atributos de projeto deve ser mais aprofundada, caso se queira utilizar a ferramenta como referência para instrumentos de certificação. A simulação energética certamente ocupará um papel importante nesta fase da pesquisa, permitindo avaliar comparativamente cenários diversos, verificando como as diferentes respostas de projeto influenciam nas variáveis climáticas e como estas interagem entre si, verificando inclusive compensações para decisões projetuais inevitáveis. Por exemplo, se em determinado cenário projetual for inevitável a decisão por orientar as maiores fachadas a leste e oeste, que outros atributos podem compensar tal decisão? São diversas as combinações

entre respostas projetuais, e, uma das próximas etapas da pesquisa é justamente um maior aprofundamento de cada atributo de projeto, bem como suas interações.

Situar o projeto recorrente de HIS multifamiliar de São Luís junto a parâmetros de qualidade bioclimática da bibliografia;

A pesquisa cumpriu o objetivo de situar os projetos junto a parâmetros bioclimáticos da bibliografia. Este objetivo contribui para o conhecimento sobre as lacunas dos projetos analisados, que, sendo projetos representativos da HIS multifamiliar em São Luís – MA, constituem-se em casos de estudo cujas análises podem subsidiar projetos de reabilitação, através de uma caracterização mais precisa deste tipo de projeto em nível local.

Conclui-se que primeiramente, há similaridade de respostas nos seguintes itens: WWR, atraso e transmitância na vedação e presença de inclinação da cobertura, nos quais os projetos locais respondem bem aos requisitos da bibliografia. Na escala do conjunto Todos os projetos também respondem às solicitações da bibliografia nas taxas de área livre e as relações W / H. Nos itens perfuração da fachada, presença de isolamento e estratégia de dissipação da cobertura, presença de proteção solar (escala da edificação); bem como na orientação, diversidade de alturas e todos os itens do passeio pedonal, os projetos locais apresentaram indicativos baixos para a bibliografia. Nos demais itens, há alguma variação de respostas entre os mesmos – por exemplo, os projetos do MCMV (Estoril Sol e Atenas) apresentam sacadas e os demais (programa PAR) não.

Analisar comparativamente o projeto recorrente de HIS multifamiliar de São Luís junto a projetos internacionais;

A pesquisa cumpriu o objetivo, situando 4 estudos de casos a exemplos internacionais. Conclui-se que os exemplos internacionais contribuíram com respostas diferenciadas em itens críticos e cuja resposta, nos casos locais, foi padronizada em resultados abaixo da mediana da escala usada na ferramenta, ou seja, tendendo para as piores respostas. Determinados atributos dos projetos internacionais são respostas diretas aos requisitos bioclimáticos, e demonstram preocupação bioclimática similar à bibliografia. Como exemplo, a área de sacadas do Ciudad del Saber (C6), bem como seus pilotis, pátios. O uso do pátio interno como estratégia de ventilação cruzada no caso 5 e a presença de proteções solares nos dois casos também foram respostas diferenciadas. Destaca-se uma estratégia bioclimática fundamental no quente-úmido, a ventilação, que foi ponto crítico em todos os projetos locais e apresentou-se próximo ou dentro dos requisitos apontados pela bibliografia nos exemplos internacionais avaliados.

Explorar ferramentas qualitativas e quantitativas de análise bioclimática.

Explorou-se, na pesquisa, ferramentas de análise da qualidade bioclimática do projeto, quantitativas e qualitativas para gerar uma ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática, uma vez que, em vários casos, a resposta adequada no projeto bioclimático envolve números, como o fator de forma, a área útil de ventilação, taxas de ocupação e áreas verdes, entre outros. Dois exemplos ilustram a necessidade de complementar e a aprofundar a relação entre os dois tipos de análise. Um dos atributos quantitativos avaliados é a área semiaberta do térreo (pilotis), que foi avaliado apenas de forma quantitativa na escala da edificação. Os casos 1 e 6 apresentaram melhor resultado, embora o caso 1 tenha apresentado uma porcentagem de ocupação menor. Seu uso, que não foi avaliado, é qualitativamente superior no caso 06 em relação ao caso 01 (uma vez que o caso 06 usa os pilotis para serviços comuns para os moradores e o caso 01 o utiliza para garagem).

Outra questão, na escala do conjunto, são os bons resultados dos projetos locais nos índices de aproveitamento do solo e relações W / H . Mas a humanização destes espaços (uma vez que o uso da rua é essencialmente veicular), como revela o atributo *Qualidade do passeio pedonal*, é precária, com pouca ou nenhuma arborização integrada ao traçado da rua. Portanto, por um lado, na análise quantitativa, mostra-se o potencial de reabilitação dessas áreas, uma vez que cumprem quesitos de área livre e possuem boas relações W/H , mas a análise qualitativa (qualidade do passeio pedonal, áreas verdes), em geral mostra a necessidade de maior qualificação destes espaços.

Portanto, à análise de atributos bioclimáticos que envolve forma, invólucro, (na edificação), e ainda traçado, superfície e entorno) no conjunto, deve ser incorporada também a avaliação da qualidade, especialmente no que se refere à humanização dos espaços externos.

Epílogo

Através da ferramenta de análise e avaliação de qualidade bioclimática para HIS multifamiliar em São Luís, produziu-se, ainda que de forma sintética, resultados que geram discussões que podem encaminhar para duas possíveis contribuições principais desta pesquisa.

A primeira contribuição é no uso da ferramenta para a requalificação dos projetos existentes, que, como já exaustivamente discutido, apresentaram distância das recomendações da bibliografia em aspectos nevrálgicos, ou seja, justamente aqueles que representam decisões que denotam preocupação com o bioclimatismo do projeto. Aspectos como orientação, fundamentais na fase inicial de projeto, são desconsiderados, o que se constitui em um problema mais grave quando se observa que a causa do não cumprimento do atributo não é custo, mas falta de apreço pelo aspecto bioclimático do projeto, uma vez os altos índices de áreas livres do projeto levam a entender que a configuração do conjunto poderia ser

organizada de outra forma. Portanto, a falta de direcionamento bioclimático do projeto faz com que os bons resultados em alguns atributos, como WWR, Áreas livres e relações W/H pareçam aleatórios e gerados por qualquer coisa, menos pela preocupação com bioclimatismo. Pode-se afirmar que os projetos locais analisados não seguem as orientações da bibliografia nos aspectos mais irreversíveis na escala da edificação, especialmente quando situados junto aos exemplos internacionais analisados. No entanto, os resultados da avaliação mostra que há algumas possibilidades de requalificação, especialmente no que se refere à humanização na escala do conjunto, requalificação esta que se faz necessária muito mais do ponto de vista qualitativo que quantitativo.

A segunda possível contribuição que pode-se obter a partir dos resultados desta pesquisa é em relação a projeto de novos edifícios do gênero. Embora tenha diminuído, o déficit habitacional continua, e novas ideias para a produção de projetos melhores no futuro são certamente bem-vindas. Esta segunda contribuição pode dividir-se em duas frentes: primeiramente, a contribuição para o estabelecimento de diretrizes locais mais precisas para o projeto bioclimático. Para obter este resultado, deve-se aprofundar mais a ferramenta, buscando tornar mais eficiente a análise, bem como aprofundar alguns atributos que carecem de uma abordagem mais regional – especialmente aqueles que sofrem clara interferência da ventilação – cuja velocidade e frequência são específicos da região. A contribuição de pesquisas que explorem mais profundamente cada atributo analisado, sugerindo-se aqui

A outra frente seria o uso da ferramenta para novos projetos, o que pode ser obtido reorganizando e utilizando a métrica apresentada no presente capítulo como uma forma dinâmica de comparar soluções e ajudar na tomada de decisão, incluindo aí aplicações que tornem acessíveis os conceitos de bioclimatismo ao ensino e aos escritórios de arquitetura.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220-3. *Desempenho Térmico de Edificações*. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6023: Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro: 2002a. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: *Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Desempenho*. Rio de Janeiro, 2010.

AHMAD, Sabarinah Sh; HYDE, Richard. Kuala Lumpur: a Hot Umid climate. In: HYDE, Richard. *Bioclimatic housing. Innovative design for warm climates*. Londres, GBR. EarthScan, 2008.

ANDRADE, Liza Maria Souza de. *Princípios de Sustentabilidade para reabilitação ambiental de assentamentos urbanos*. Brasília: Curso de Pós Graduação Lato-Sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística, UNB, 2008.

BARBOSA, G. S. ROSSI, A. M. DRACH, P. R. A. *Análise de Projeto Urbano a partir de parâmetros urbanos sustentáveis: alteração morfológica de Copacabana e algumas de suas consequências climáticas (1930-1950-2010)*. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 6, n. 3, p. 275-287, set./dez. 2014

BAY, Joo-Hwa et. al. Socio-environmental dimensions in tropical semi-open spaces of high-rise housing in Singapore. In: BAY, Joo-Hwa; ONG; Boom Lay. *Tropical sustainable architecture: social and environmental dimensions*. Oxford, GBR. Elsevier, Architectural Press, 2006. 292 páginas.

BOGO, Amilcar et al. *Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando conforto térmico*. Núcleo de pesquisa em construção. Departamento de Engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1994.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO. Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010.

BONDUKI, Nabil. *Origens da Habitação Social no Brasil: arquitetura Moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria*. São Paulo: Editora Estação Liberdade, 2004. 342 p.

BORBA, Ana Clara Salvador. *Admirável Bairro Planejado. Indicadores de Qualidade Bioclimática para loteamentos*. Dissertação de Mestrado. Recife, Pernambuco, 2014.

BOURNET et al. *Produção habitacional e processos recentes de Urbanização e Metropolização na Ilha do Maranhão*. V Jornada Internacional de Políticas públicas, São Luís-MA, 2011.

BURGUIÈRE, Elza. GHILARDI, Flávio Henrique. HUGUENIN, João Paulo Oliveira. KOKUDAI, Sandra, DA SILVA, Valério. *Produção Social Da Moradia No Brasil: Panorama Recente e Trilha Para Práticas Autogestionárias*. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2016.

CARLO; Joyce Correna. LAMBERTS, Roberto. *Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

CORBELLA, Oscar. CORNER, Viviane. *Manual de arquitetura bioclimática tropical*. Rio de Janeiro: Revan, 2011.

CORBELLA, Oscar e YANNAS, Simos. *Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos*. Rio de Janeiro: Editora Martins Fontes, 2003. 287 p.

CHRONIS, Angelus et al. *A parametric approach to the bioclimatic design of large scale projects: The case of a student housing complex*. Ed. Elsevier, Automation in Construction, nº 22, p. 24–35. 2012.

Dos SANTOS, Joaquim César Pizzutti et al. *Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira*. Revista Matéria. ISSN 1517-7076 artigo 11671, p.1030-1047, 2015.

DUARTE, Denise. SERRA, Geraldo. *Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental*. Correlações e proposta de um indicador. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 17-30, abr./jun. 2003.

DUARTE, Denise; GONÇALVES, Joana. BODE, Klauss. *O clima urbano e o ambiente construído*. In: GONÇALVES, Joana. BODE, Klauss. *Edifício Ambiental*. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 2015.

EDWARDS, Brian. *O Guia Básico para Sustentabilidade*. Barcelona: Editoria Gustavo Gili, 2008.

FARR, Douglas. *Urbanismo Sustentável: Desenho urbano com a Natureza*. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2013.

FERREIRA, D. G.; FERREIRA, C. M. O.; ASSIS, E. S. *Classificação de rugosidade em tecido urbano*. Parte II: aplicação em caso de estudo - cidade de Belo Horizonte, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém. Anais... Belém, 2010. 5p.

FROTA, Anésia. SCHIFFER, Sueli. *Manual de Conforto Térmico*. 5ª edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GERHARDT, Tatiana Engel. SILVEIRA, Denise Tolfo. *Métodos de Pesquisa*. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, 2009.

GIVONI, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Madison: Universidade de Visconsin, 1969.

GIORDANO, Dominique E. KRÜGER, Eduardo *Potencial de redução da temperatura de superfície pelo aumento do albedo nas diversas regiões brasileiras*. Paranoá, nº 11, p. 13 a 21, Brasília, 2013.

GONÇALVES, Joana. BODE, Klauss. *Edifício Ambiental*. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 2015.

GOUVÊA, Luiz Alberto de Campos. *Cidade vida: curso de desenho ambiental urbano*. São Paulo: Nobel, 2008.

HYDE, Richard. *Bioclimatic housing. Innovative design for warm climates*. Londres, GBR. EarthScan, 2008.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. *Eficiência energética na arquitetura*. [3.ed.]. Rio de Janeiro: Ed. Procel / Eletrobrás, 2014.

LENGEN, Johan van. *Manual do Arquiteto descalço*. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto. Rio de Janeiro: Tibá, 2004

LIMA, Carlos L. A. *Teoria de erros, medidas e gráficos*. Instituto de Ciências Exatas. Departamento de Física. Universidade Federal de Juiz de Fora, 03/2010. Disponível em: http://www.fisica.ufjf.br/~cralima/index_arquivos/Erros/erros.pdf

LIMA, Pollyana Priscila de Souza. *Aspectos Bioclimáticos na arquitetura moderna de João Pessoa - Análise aplicada em obras produzidas entre as décadas 1950 –1980*. Qualificação

de dissertação de Mestrado (Arquitetura e Urbanismo). João Pessoa-PB: PPGAU-UFPB, 2014.

LIMA, Eliana Costa. LEDER, Solange Maria. *Conforto ambiental e eficiência energética na reciclagem de edifícios para habitação de interesse social*. Pesquisa em Arquitetura e Construção, vol3, n2. Unicamp, 2012.

LIMA, Valéria. AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. *A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades*. Revista Formação, nº13, p. 139 – 165, 2006.

MASCARÓ, Jean Luís. *Loteamentos Urbanos*. 2ª Edição. Barcelona: Masquato Editora, 2006.

MONTEIRO, Leonardo marques et al.; GONÇALVES, Joana. BODE, Klauss. *Arquitetura da adaptação*. In: GONÇALVES, Joana. BODE, Klauss. Edifício Ambiental. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Manual de Aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade – RTQ-C e Regulamento de Avaliação da Conformidade – RAC-C*. Brasília, 2010.

NOME, Carlos Alejandro. A. QUEIROZ, Natália. *Performance do edifício: Produtos e processos para integração do projeto arquitetônico*. Congresso de La Sociedad Iberoamericana de Grafica Digital - SIGraDI, 2013

NIMER, Edmon. *Climatologia do Brasil*. 2ª Edição. Fundação instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 1989.

OLGYAY, Victor. *Arquitectura y Clima*. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. 1ª Edição. 6ª Tirada. Princeton University, 1963. Ed. Gustavo Gili, SL, Barcelona, 1998.

OLIVEIRA, Alexandre Gomes de. *Proposta de método para avaliação do desempenho térmico de residências unifamiliares em clima quente e úmido*. Dissertação de mestrado. Natal-RN: UFRN, 2006.

ONU. (1971). *Climate and House Design – Vol. I: Design of Low-Cost Housing and Community Facilities*. Department of Economic and Social Affairs. New York

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

_____. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, Coleção Arquitetura e Urbanismo, 2001.

_____. *Arquitetura do Lugar*. Uma visão bioclimática da Sustentabilidade em Brasília. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.

_____. *Frentes do Urbano para construção de sustentabilidade Intra-urbana*. Brasília: Paranoá - Cadernos e Arquitetura e Urbanismo, 2005.

_____. *Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística*. Brasília, FAU-UNB, 2009. 802 p.

SANTOS, J. C. P. dos. KOTHE, K. K.; MOHAMAD, G. VAGHETTI, M. A. O. RIZZATTI, E. *Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira*. Revista Matéria, ISSN 1517-7076 artigo 11671, pp.1030-1047, 2015.

SATTLER, Miguel Aloísio. *Habitações de Baixo Custo mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis*. Coleção Habitare / FINEP. Porto Alegre, 2007. 488 p

SERRA, Geraldo G. *Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo – guia prático para o trabalho de pesquisadores de pós-graduação*. São Paulo: Ed. Mandarim, 2006.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre. *Cidades Sustentáveis: uma nova condição urbana*. Estudos de Caso: Cuiabá-MT. Tese de Doutorado (Arquitetura e Urbanismo) Brasília-DF: PPG-FAU-UnB, 2001.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre et al. *A construção de indicadores para avaliação da qualidade do espaço urbano de Brasília - DF*. Paranoá. nº. 5, Brasília, p. 15 a 25, 2010.

SILVEIRA, Ana Lúcia Ribeiro Camilo da. *Parâmetros Bioclimáticos para Avaliação de Conjuntos Habitacionais na Região Tropical Subúmida do Brasil*. Tese de Doutorado. UnB. Brasília, 2007.

TEIXEIRA, Dimas Barbosa et al. *Síndrome dos Edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais: revisão de literatura*. Trabalho apresentado no 8º Congresso de Defesa do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 2005.

WILEY, Jonh. *Solar Energy at Urban Scale*. Roboken, New Jersey, EUA: Ed. Benoit Beckers, 2012.

WEB:

Archdaily Brasil: Clássicos da Arquitetura - Parque Eduardo Guinle. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-14549/classicos-da-arquitetura-parque-eduardo-guinle-lucio-costa>> Acesso em 30/12/2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 20/11/2015

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <www.ipea.gov.br> Acesso em 20/06/2015.

Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br> Acesso em 20/06/2015.

PROCEL <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>

PROCEL <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={E85A0ACC-8C62-465D-9EBD-47FF3BAECD4E}>>

PROCEL <http://www.portalr3e.com.br/sou-projetista-etiquetagem>

Laboratório de Eficiência Energética de Edificações – UFSC
<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/ArtigoENCAC99.pdf>

Laboratório de Eficiência Energética de Edificações – UFSC
<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem>

CAU-BR <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>

ANEXOS

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE - C1 - ESTORIL SOL - ESCALA EDIFICAÇÃO		
FATOR DE FORMA		
SUPERFÍCIE TOTAL (m²)		2648,25
SUPERFÍCIE FACE INFERIOR		539,83
VOLUME DO EDIFÍCIO (m³)		4908,61
FATOR DE FORMA (S/V)		0,429535041
WWR - N / S		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	278,52	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	23,32	8,37%
WWR / L / O		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	490,52	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	222,47	45,35%
PERFURAÇÃO		
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO		240,46
50% PARA JANELA DE CORRER		120,23
ÁREAS DE VAZADOS		9,37
TOTAL DE ÁREA PERFURADA		129,6
ÁREA TOTAL DE PISO PARA CÁLCULO		1619,49
PORCENTAGEM DE PERFURAÇÃO EM RELAÇÃO À FACHADA		8,00%
ÁREA DE SACADAS		
ÁREA SOCIAL E ÍNTIMA	355,45	100,00%
ÁREA TOTAL DE SACADAS	26,73	7,52%
PORCENTAGEM DE PÁTIOS / CAVIDADES		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
CONTORNO DO EDIFÍCIO	578,78	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	29,68	5,13%

Anexo 01: planilha resumo da análise – C1 – edificação
 Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE GRÁFICA - ESCALA DO CONJUNTO - C1 - ESTORIL SOL		
COBERTURA DO SOLO - GERAL		
	Nº QUADRÍCULAS	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSE	4422	44,22
GRAMA	3144	31,44
ED. TERREO	311	3,11
ED. TERREO + 1	0	0
ED. TERREO + 2	0	0
ED. TERREO + 3	889	8,89
CONCRETO	165	1,65
ASFALTO	959	9,59
TERRA	110	1,1
CALÇAMENTO	0	0
	10000	100
PARA ÁREA DE 200 X 200m		
TAXA DE OCUPAÇÃO		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
ÁREA DE LOTE	9800,01	100%
ÁREA EDIFICADA	2159,32	22,03%
ÁREA LIVRE	7640,69	77,97%
COBERTURA DO SOLO NAS ÁREAS LIVRES - ÁREAS VERDES x PAVIMENTADAS		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSE	3730,96	48,83%
GRAMA	1171,87	15,34%
ÁREA PAVIMENTADA	2695,97	35,28%
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL DO LOTE		64,17%
RELAÇÃO W/H ENTRE EDIFICAÇÕES		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		10,14
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,55
RELAÇÃO W/H		0,807968127
RELAÇÃO W/H CONJUNTO		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		20,57
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,55
RELAÇÃO W/H		1,639043825
OBS: CONSIDERADOS OS CENÁRIOS DE MENOR LARGURA		
ÁREA VERDE APARA EFEITO DE MASSA		
PORCENTAGEM DE A. VERDE PARA EFEITO DE MASSA		48,83%
CONSIDERADAS AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DENSE EM 200X200		

Anexo 02: planilha resumo da análise – C1 – conjunto
Fonte: autor

FICHA RESUMO DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS			
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO			
CARACTERÍSTICAS GERAIS			
INFORMAÇÕES GERAIS	CONJUNTO / CONDOMÍNIO	Condomínio Estoril Sol	LATITUDE: 2°28'00" SUL
	LOCAL:	São Luís, MA	ALTITUDE (em metros): 33
	DESCRIÇÃO DO APARTAMENTO	2 Q, 1 S, C, 2 WC	ÁREA APARTAMENTO: 56,50m²
	Nº APTOS POR PAVIMENTO:	8	NÚMEROS DE PAVIMENTOS: 4
	PARTIDO ARQUITETÔNICO	Bloco Linear, circulação central longitudinal, apartamentos espelhados ocupando as duas fachadas maiores.	
	DIMENSIONAMENTO E ÁREAS		
	DIMENSÕES DO VOLUME(metros)	41,52 X 14,24 X 12,55	ÁREA DO LOTE 9800,01
	VOLUME (m³)	4908,61	ÁREA DO BLOCO EM PLANTA 539,83m²
	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
	PAREDES		
	U PAREDE (W/m²/k)	2,88	ATRASSO TÉRMICO (HORAS) 4,19
	DESCRIÇÃO	Alvenaria estrutural 14X19X29 com reboco nas duas faces e pintura acrílica na cor branco	
	ESQUADRIAS		
	TIPO	VIDRO E ALUMÍNIO LAMINADO	TIPO DE ABERTUR / ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO CORRER / 50%
	PELÍCULA REFLETORA	NÃO	VIDRO ESPECIAL NÃO
INDICADOR DE QUALIDADE BIOCLIMÁTICA			
C1 ESTORIL SOL			
	Edificação	Conjunto	
	Fator de forma	0,43	Diversidade de alturas Não
	Orientação	Maiores fachadas a L / O	Relação W/H entre edificações 0,81
	Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	7,52%	Relação W/H para áreas externas de vivência 1,63
	Área edificada do térreo	94%	Porosidade do Conjunto Alinhamento rígido
	Presença de Pátios ou cavidades	6,73%	Área Livre do Solo 0,78
	Promoção de ventilação cruzada	Não	Orientação da rua principal do lote N / S
	Proteção Solar dos planos translúcidos	Não	Áreas permeáveis do conjunto 64,17%
	Perfuração das fachadas	8,00%	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana Não
	WWR N e S	8,37%	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil 1,15
	WWR L e O	27,33%	
	Transmitância Térmica da vedação	2,88	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável Não
	Atraso Térmico da vedação	2,70	
	Cobertura: inclinação / colchão	Não	
	Cobertura: manta	Não	Áreas verdes para efeito de massa 48,83%
	Cobertura: estratégia de dissipação	Não	

Anexo 03: ficha resumo de análise bioclimática – C1

Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE C2 - SABIÁ - ESCALA EDIFICAÇÃO		
FATOR DE FORMA		
SUPERFÍCIE TOTAL (m²)		1580,11
SUPERFÍCIE FACE INFERIOR		225,27
VOLUME DO EDIFÍCIO (m³)		2860,2
FATOR DE FORMA (S/V)		0,473687155
WWR N/S		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	337,02	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	9,6	2,85%
WWR L/O		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	452,58	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	49,28	10,89%
PERFURAÇÃO		
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO		54,08
50% PARA JANELA DE CORRER		27,04
ÁREAS DE VAZADOS		15,36
TOTAL DE ÁREA PERFURADA		42,4
ÁREA DE PISO PARA CÁLCULO*		901,08
PORCENTAGEM DE PERFURAÇÃO EM RELAÇÃO Á FACHADA		4,71%
*ÁREA DE PISO X QUANTIDADE DE PAVIMENTOS TIPO		
ÁREA DE SACADAS		
ÁREA SOCIAL E ÍNTIMA	1	100,00%
ÁREA TOTAL DE SACADAS	0	0,00%
PORCENTAGEM DE PÁTIOS / CAVIDADES		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
CONTORNO DO EDIFÍCIO	255,25	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	29,68	11,63%

Anexo 04: planilha resumo da análise – C2 – edificação
Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE CONJUNTO - C2 - SABIA		
COBERTURA DO SOLO - GERAL		
	Nº QUADRÍCULAS	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	2559	25,59
GRAMA	2499	24,99
ED. TERREO	740	7,4
ED. TERREO + 1	447	4,47
ED. TERREO + 2	0	0
ED. TERREO + 3	1184	11,84
CONCRETO	449	4,49
ASFALTO	1171	11,71
TERRA	951	9,51
CALÇAMENTO	0	0
TOTAL	10000	100
PARA ÁREA DE 200 X 200m		
TAXA DE OCUPAÇÃO		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
ÁREA DE LOTE	13675	100%
ÁREA EDIFICADA	3150	23,03%
ÁREA LIVRE	10525	76,97%
COBERTURA DO SOLO NO LOTE - ÁREAS VERDES x PAVIMENTADAS		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	2404,01	17,58%
GRAMA	5432,42	39,73%
ÁREA EDIFICADA	3150	23,03%
ÁREA PAVIMENTADA	2688,57	19,66%
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL		57,30%
RELAÇÃO W/H ENTRE EDIFICAÇÕES		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		5
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,3
RELAÇÃO W/H		0,406504065
RELAÇÃO W/H CONJUNTO		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		20,21
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,3
RELAÇÃO W/H		1,643089431
OBS: CONSIDERADOS OS CENÁRIOS DE MENOR LARGURA		
ÁREA VERDE PARA EFEITO DE MASSA		
PORCENTAGEM DE A. VERDE PARA EFEITO DE MASSA		25,59%
CONSIDERADAS AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DENSA EM 200X200		

FICHA RESUMO DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS			
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO			
DADOS GERAIS			
INFORMAÇÕES GERAIS	CONJUNTO / CONDOMÍNIO	Residencial Sabia	LATITUDE: 2°28'º SUL
	LOCAL:	São Luís, MA	ALTITUDE (em metros): 53
	DESCRIÇÃO DO APARTAMENTO	2 Q, 1 S, C, 1 W	ÁREA APARTAMENTO: 29m²
	Nº DE APTOS / PAVIMENTO:	4	NÚMEROS DE PAVIMENTOS: 4
	PARTIDO ARQUITETÔNICO	BLOCO ISOLADO	
	DIMENSIONAMENTO E ÁREAS		
	DIMENSÕES DO VOLUME(metros)	13,75 X 18,00 X 12,55	ÁREA DO LOTE 13675
	VOLUME (m³)	2860,2	ÁREA DO BLOCO EM PLANTA 225,27
	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
	PAREDES		
	U PAREDE (W/m²K)	2,88	ATRASSO TÉRMICO (HORAS) 4,19
	DESCRIÇÃO	Alvenaria estrutural 14X19X29 com reboco nas duas faces e pintura acrílica na cor branco	
	U COBERTURA (W/m²/K)	1,09	ATRASSO TÉRMICO (HORAS) 2,6
	ESQUADRIAS		
	TIPO	TRANSLÚCIDO COMUM	TIPO DE ABERTUR / ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO CORRER / 50%
	PELÍCULA REFLETORA	NÃO	VIDRO ESPECIAL NÃO
INDICADOR DE QUALIDADE BIOCLIMÁTICA			
C2 SABIA			
Edificação		Conjunto	
Fator de forma	0,47	Diversidade de alturas	Não
Orientação	Maiores fachadas a L / O	Relação W/H entre edificações	0,40
Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	0%	Relação W/H para áreas externas de vivência	1,64
Área edificada do térreo	0%	Porosidade do Conjunto	Alinhamento rígido
Presença de Pátios ou cavidades	11,63%	Área Livre do Solo	76,97%
Promoção de ventilação cruzada	Não	Orientação da rua principal do lote	L / O
Proteção Solar dos planos translúcidos	Não	Áreas permeáveis do conjunto	57,30%
Perfuração das fachadas	4,71%	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana	Não
WWR N e S	2,85%	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	0,85
WWR L e O	10,89%		
Transmitância Térmica da vedação	2,88	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável	Não
Atraso Térmico da vedação	2,7		
Cobertura: inclinação / colchão	Sim	Áreas verdes para efeito de massa	25,59%
Cobertura: manta	Não		
Cobertura: estratégia de dissipação	Não		

Anexo 06: ficha resumo de análise bioclimática – C2

Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE C3 - IPÊS - ESCALA EDIFICAÇÃO		
FATOR DE FORMA		
SUPERFÍCIE TOTAL (m²)		1700,96
SUPERFÍCIE FACE INFERIOR		203,04
VOLUME DO EDIFÍCIO (m³)		2610,71
FATOR DE FORMA (S/V)		0,573759629
WWR N/S		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	395,3	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	1,92	0,49%
WWR L/O		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	471,68	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	70,08	14,86%
PERFURAÇÃO		
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO		73,92
50% PARA JANELA DE CORRER		36,96
ÁREAS DE VAZADOS		28,8
TOTAL DE ÁREA PERFURADA		65,76
ÁREA DE PISO PARA CÁLCULO		812,16
PORCENTAGEM DE PERFURAÇÃO EM RELAÇÃO Á FACHADA		8,10%
PORCENTAGEM DE PÁTIOS / CAVIDADES		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
CONTORNO DO EDIFÍCIO	251,12	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	51,85	20,65%

Anexo 07: planilha resumo da análise – C3 – edificação
 Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE GRÁFICA - ESCALA DO CONJUNTO - C3 - IPÊS		
COBERTURA DO SOLO - GERAL		
	Nº QUADRÍCULAS	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	294	2,94
GRAMA	1371	13,71
ED. TERREO	1549	15,49
ED. TERREO + 1	72	0,72
ED. TERREO + 2	59	0,59
ED. TERREO + 3	2652	26,52
CONCRETO	675	6,75
ASFALTO	3124	31,24
TERRA	204	2,04
CALÇAMENTO	0	0
	10000	100
PARA ÁREA DE 200 X 200 m		
TAXA DE OCUPAÇÃO		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
ÁREA DE LOTE	10132,75	100%
ÁREA EDIFICADA	2034	20,07%
ÁREA LIVRE	8098,75	79,93%
COBERTURA DO SOLO NO LOTE: ÁREAS PERMEÁVEIS x PAVIMENTADAS		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	140	1,38%
GRAMA / TERRA	3982,01	39,30%
ÁREA EDIFICADA	2034	20,07%
ÁREA PAVIMENTADA	3976,74	39,25%
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL		40,68%
RELAÇÃO W/H ENTRE EDIFICAÇÕES		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		7,18
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		14,6
RELAÇÃO W/H		0,491780822
RELAÇÃO W/H CONJUNTO		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		24,2
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		14,6
RELAÇÃO W/H		1,657534247
OBS: CONSIDERADOS OS CENÁRIOS DE MENOR LARGURA		
ÁREA VERDE APARA EFEITO DE MASSA		
PORCENTAGEM DE A. VERDE PARA EFEITO DE MASSA		2,94%
CONSIDERADAS AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DENSA EM 200X200		

Anexo 08: planilha resumo da análise – C3 – conjunto
Fonte: autor

FICHA RESUMO DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS				
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO				
INFORMAÇÕES GERAIS	DADOS GERAIS			
	CONJUNTO / CONDOMÍNIO	Residencial Praia Grande	LATITUDE:	2°28''º SUL
	LOCAL:	São Luís, MA	ALTITUDE (em metros):	49
	DESCRIÇÃO DO APARTAMENTO	2 Q, 1 S, C, 1 W	ÁREA APARTAMENTO:	29m²
	Nº DE APTOS / PAVIMENTO:	4	NÚMEROS DE PAVIMENTOS:	4
	PARTIDO ARQUITETÔNICO	BLOCO ISOLADO		
	DIMENSIONAMENTO E ÁREAS			
	DIMENSÕES DO VOLUME(metros)	13,75 X 18,00 X 12,55	ÁREA DO LOTE	13675
	VOLUME (m³)	2860,2	ÁREA DO BLOCO EM PLANTA	225,27
	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS			
	PAREDES			
	U PAREDE (W/m²/k)	2,88	ATRASO TÉRMICO (HORAS)	4,19
	DESCRIÇÃO	Alvenaria estrutural 14X19X29 com reboco nas duas faces e pintura acrílica na cor branco		
	VIDRO			
	TIPO	TRANSLÚCIDO COMUM	ESPESSURA (em mm)	6
	PELÍCULA REFLETORA	NÃO	VIDRO ESPECIAL	NÃO
INDICADOR DE QUALIDADE BIOCLIMÁTICA				
C3 PRAIA GRANDE				
Edificação		Conjunto		
Fator de forma	0,57	Diversidade de alturas	Não	
Orientação	Maiores fachadas a L / O	Relação W/H entre edificações	0,49	
Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	0%	Relação W/H para áreas externas de vivência	1,65	
Área edificada do térreo	0%	Porosidade do Conjunto	Sem alinhamento rígido	
Presença de Pátios ou cavidades	20,65%	Área Livre do Solo	79,93%	
Promoção de ventilação cruzada	Sim	Orientação da rua principal do lote	N / S	
Proteção Solar dos planos translúcidos	Não	Áreas permeáveis do conjunto	40,68%	
Perfuração das fachadas	8,10%	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana	Não	
WWR N e S	0,48%	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	0,65	
WWR L e O	14,76%			
Transmitância Térmica da vedação	2,88	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável	Não	
Atraso Térmico da vedação	2,7			
Cobertura: inclinação / colchão	Não	Áreas verdes para efeito de massa	2,94%	
Cobertura: manta	Não			
Cobertura: estratégia de dissinação	Não			

Anexo 09: ficha resumo de análise bioclimática – C3

Fonte: autor

PLANILHA RESUMO - ANALISE C4 - ATENAS / PARTENON - EDIFICAÇÃO		
FATOR DE FORMA		
SUPERFÍCIE TOTAL (m²)		3439,91
SUPERFÍCIE FACE INFERIOR		402,79
VOLUME DO EDIFÍCIO (m³)		5332,48
FATOR DE FORMA (S/V)		0,569551128
WWR N/S		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	407,74	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	23,04	5,65%
WWR L/O		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	854,52	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	158,99	18,61%
PERFURAÇÃO		
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO		161,28
50% PARA JANELA DE CORRER		80,64
ÁREAS DE VAZADOS		67,82
TOTAL DE ÁREA PERFURADA		148,46
ÁREA DE PISO PARA CÁLCULO (X4)		1611,16
PORCENTAGEM DE PERFURAÇÃO EM RELAÇÃO À FACHADA		9,21%
PILOTIS		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA DE PROJEÇÃO	402,79	100,00%
ÁREA CONST.TÉRREO	402,79	100,00%
ÁREA DE SACADAS		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA SOCIAL / ÍNTIMA	256,76	100,00%
ÁREA DE SACADAS	22,39	8,72%
PORCENTAGEM DE PÁTIOS / CAVIDADES		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
CONTORNO DO EDIFÍCIO	489,58	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	87,3	17,83%

Anexo 10: planilha resumo da análise – C4 – edificação
Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE - C4 - ATENAS / PARTENON - CONJUNTO		
COBERTURA DO SOLO - GERAL		
	Nº QUADRÍCULAS	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	51	0,51
GRAMA	2023	20,23
ED. TERREO	116	1,16
ED. TERREO + 1	319	3,19
ED. TERREO + 2	16	0,16
ED. TERREO + 3	2992	29,92
CONCRETO	650	6,5
ASFALTO	3678	36,78
TERRA	155	1,55
CALÇAMENTO	0	0
	10000	100
PARA ÁREA DE 200 X 200 m		
TAXA DE OCUPAÇÃO		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
ÁREA DE LOTE	16033	100%
ÁREA EDIFICADA	4057,93	25,31%
ÁREA LIVRE	11975,07	74,69%
COBERTURA DO SOLO NO LOTE: ÁREAS PERMEÁVEIS x PAVIMENTADAS		
TIPO	ÁREA	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	0	0,00%
GRAMA / TERRA	658,59	4,11%
ÁREA EDIFICADA	4057,93	25,31%
ÁREA PAVIMENTADA	11278,28	70,34%
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL		4,11%
RELAÇÃO W/H ENTRE EDIFICAÇÕES		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		4,5
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,8
RELAÇÃO W/H		0,3515625
RELAÇÃO W/H CONJUNTO		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		36,6
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,8
RELAÇÃO W/H		2,859375
OBS: CONSIDERADOS OS CENÁRIOS DE MENOR LARGURA		
ÁREA VERDE APARA EFEITO DE MASSA		
PORCENTAGEM DE A. VERDE PARA EFEITO DE MASSA		0,51%
CONSIDERADAS AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DENSA EM 200X200		

Anexo 11: planilha resumo da análise – C4 – conjunto
Fonte: autor

FICHA RESUMO DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS			
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO			
DADOS GERAIS			
INFORMAÇÕES GERAIS	CONJUNTO / CONDOMÍNIO	Residencial Atenas	LATITUDE: 2°28''o SUL
	LOCAL:	São Luís, MA	ALTITUDE (em metros): 47
	DESCRIÇÃO DO APARTAMENTO	2 Q, 1 S, C, 1 W, 1 VAR	ÁREA APARTAMENTO: 29m²
	Nº DE APTOS / PAVIMENTO:	8	NÚMEROS DE PAVIMENTOS: 4
	PARTIDO ARQUITETÔNICO / Nº BLOCOS:	BLOCO RETANGULAR COM POÇO DE VENTILAÇÃO INTERNO / 8 BLOCOS	
	DIMENSIONAMENTO E ÁREAS		
	DIMENSÕES DO VOLUME(metros)	33,40 X 14,65 X 12,80	ÁREA DO LOTE (m²) 16033
	VOLUME (m³)	5332,48	ÁREA DO BLOCO EM PLANTA 402,79
	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
	PAREDES		
	U PAREDE (W/m²/k)	2,88	ATRASSO TÉRMICO (HORAS) 4,19
	DESCRIÇÃO	Alvenaria estrutural 14X19X29 com reboco nas duas faces e pintura acrílica na cor branco	
	U COBERTURA (W/m²/K)	1,09	ATRASSO TÉRMICO (HORAS) 2,6
	VIDRO		
TIPO	TRANSLÚCIDO COMUM	ESPESSURA (em mm) 6	
PELÍCULA REFLETORA	NÃO	VIDRO ESPECIAL NÃO	
	INDICADOR DE QUALIDADE BIOCLIMÁTICA		
	C4 ATENAS / PARTENON		
	Edificação	Conjunto	
	Fator de forma	0,57	Diversidade de alturas Não
	Orientação	Maiores fachadas a L / O	Relação W/H entre edificações 0,35
	Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	9%	Relação W/H para áreas externas de vivência 2,85
	Área edificada do térreo	0%	Porosidade do Conjunto Alinhamento rígido
	Presença de Pátios ou cavidades	17,83%	Área Livre do Solo 74,69%
	Promoção de ventilação cruzada	Sim	Orientação da rua principal do lote L / O
	Proteção Solar dos planos translúcidos	Não	Áreas permeáveis do conjunto 4,11%
	Perfuração das fachadas	9,21%	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana Não
	WWR N e S	5,65%	
	WWR L e O	18,61%	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil 0,55
	Transmitância Térmica da vedação	2,88	
	Atraso Térmico da vedação	2,7	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável Não
	Cobertura: inclinação	Sim	
	Cobertura: manta	Não	Áreas verdes para efeito de massa 0,51%
	Cobertura: estratégia de dissinacão	Não	

Anexo 12: ficha resumo de análise bioclimática – C4
Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE - C5 - DAYA SARI - ESCALA DA EDIFICAÇÃO		
FATOR DE FORMA		
SUPERFÍCIE TOTAL (m²)		5889,71
SUPERFÍCIE FACE INFERIOR		724,43
VOLUME DO EDIFÍCIO (m³)		8328,84
FATOR DE FORMA (S/V)		0,620167995
WWR N/S		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	855,8	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	212,76	24,86%
WWR L/O		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	742,18	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	174,07	23,45%
PERFURAÇÃO		
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO		174,07
50% DE ÁREA EFETIVA P/ JANELA DE CORRER		87,035
ÁREAS DE VAZADOS + JANELAS PIVOTANTES		741,74
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO - BASCULANTE		48,93
13% DE ÁREA EFETIVA P/ JANELA DE CORRER		6,3609
TOTAL DE ÁREA PERFURADA		835,1359
ÁREA DE PISO P/ CALCULO (x4)		2897,72
PORCENTAGEM DE PERFURAÇÃO EM RELAÇÃO Á FACHADA		28,82%
PILOTIS		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA DE PROJEÇÃO	724,43	100,00%
ÁREA CONST.TÉRREO	724,43	100,00%
ÁREA DE SACADAS		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA SOCIAL / ÍNTIMA	441,21	100,00%
ÁREA DE SACADAS	13,33	3,02%
PORCENTAGEM DE PÁTIOS / CAVIDADES		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
CONTORNO DO EDIFÍCIO	983,92	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	228,43	23,22%

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE - C5 - DAYA SARI - CONJUNTO		
COBERTURA DO SOLO - GERAL		
	Nº QUADRÍCULAS	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	3495	34,95
GRAMA	2094	20,94
ED. TERREO	214	2,14
ED. TERREO + 1	440	4,4
ED. TERREO + 2	0	0
ED. TERREO + 3	1349	13,49
CONCRETO	1123	11,23
ASFALTO	1260	12,6
TERRA	25	0,25
CALÇAMENTO	0	0
	10000	100
PARA ÁREA DE 200 X 200 m		
TAXA DE OCUPAÇÃO		
TIPO	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA DE ANÁLISE	40000	100%
ÁREA EDIFICADA	8012	20,03%
ÁREA LIVRE	31988	79,97%
COBERTURA DO SOLO: ÁREAS PERMEÁVEIS x PAVIMENTADAS		
TIPO	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	13980	34,95%
GRAMA / TERRA	8376	20,94%
ÁREA EDIFICADA	8012	20,03%
ÁREA PAVIMENTADA	9632	24,08%
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL		55,89%
RELAÇÃO W/H ENTRE EDIFICAÇÕES		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		14,08
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,85
RELAÇÃO W/H		1,095719844
RELAÇÃO W/H CONJUNTO		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		33
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,85
RELAÇÃO W/H		2,568093385
OBS: CONSIDERADOS OS CENÁRIOS DE MENOR LARGURA		
ÁREA VERDE APARA EFEITO DE MASSA		
PORCENTAGEM DE A. VERDE PARA EFEITO DE MASSA		34,95%
CONSIDERADAS AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DENSA EM 200X200		

Anexo 14: planilha resumo da análise – C5 – conjunto
Fonte: autor

FICHA RESUMO DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS				
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO				
INFORMAÇÕES GERAIS	DADOS GERAIS			
	CONJUNTO / CONDOMÍNIO	Estudantil	LATITUDE:	3°09' NORTE
	LOCAL:	Kuala Lumpur, MLS	ALTITUDE (em metros):	35
	DESCRIÇÃO DO APARTAMENTO	1Q, 1 WC, COZ SERV COLETIVA	ÁREA APARTAMENTO:	26m²
	Nº DE APTOS / PAVIMENTO:	18	NÚMEROS DE PAVIMENTOS:	TÉRREO + 2
	PARTIDO ARQUITETÔNICO	RETANGULAR COM PÁTIO INTERNO RETANGULAR		
	DIMENSIONAMENTO E ÁREAS			
	DIMENSÕES DO VOLUME(metros)	33,30 X 27,90 X 12,85	ÁREA DO CONJUNTO ANALISADO	200X200m (40000m²)
	VOLUME (m³)	8328,84	ÁREA DO BLOCO EM PLANTA	724,43
	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS			
	PAREDES			
	U PAREDE (W/m²/k)	2,88	ATRASSO TÉRMICO (HORAS)	4,19
	DESCRIÇÃO	Bloco cerâmico com reboco nas duas faces e pintura acrílica na cor branco		
	VIDRO			
	TIPO	TRANSLÚCIDO COMUM	ABERTURA	BASCULANTE E FIXA
	PELÍCULA REFLETORA	NÃO	VIDRO ESPECIAL	NÃO
INDICADOR DE QUALIDADE BIOCLIMÁTICA				
C5 DAYASARI				
Edificação		Conjunto		
Fator de forma	0,62	Diversidade de alturas	Não	
Orientação	Maiores fachadas a N / S	Relação W/H entre edificações	1,09	
Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	3,02%	Relação W/H para áreas externas de vivência	2,56	
Área edificada do térreo	0%	Porosidade do Conjunto	Sem alinhamento rígido	
Presença de Pátios ou cavidades	23,22%	Área Livre do Solo	79,97%	
Promoção de ventilação cruzada	Sim	Orientação da rua principal do lote	N / O	
Proteção Solar dos planos translúcidos	Sim	Áreas permeáveis do conjunto	55,89%	
Perfuração das fachadas	28,82%	Qualidade do passeio pedonal: arborização urbana	Sim	
WWR N e S	24,86%			
WWR L e O	23,45%	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil	1,5	
Transmitância Térmica da vedação	Não disponível			
Atrasso Térmico da vedação	Não disponível	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável	Sim	
Cobertura: inclinação	Sim			
Cobertura: manta	Não	Áreas verdes para efeito de massa	34,95%	
Cobertura: estratégia de dissipação	Não			

Anexo 15: ficha resumo de análise bioclimática – C5
Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE - C6 - CIUDAD DEL SABER - EDIFICAÇÃO		
FATOR DE FORMA		
SUPERFÍCIE TOTAL (m²)		9769,87
SUPERFÍCIE FACE INFERIOR		1924,7
VOLUME DO EDIFÍCIO (m³)		14481,95
FATOR DE FORMA (S/V)		0,541720556
WWR		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	4302,03	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	1147,28	26,67%
WWR		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA TOTAL DE FACHADA	511,28	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	143,41	28,05%
PERFURAÇÃO		
ÁREA DE JANELAS DE VIDRO		1147,28
50% PARA JANELA DE CORRER		573,64
ÁREAS DE VAZADOS		1201,65
TOTAL DE ÁREA PERFURADA		1775,29
ÁREA DE PISO PARA CÁLCULO		3849,4
PORCENTAGEM DE PERFURAÇÃO EM RELAÇÃO À FACHADA		46,12%
PILOTIS		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA DE PROJEÇÃO	1924,7	100,00%
ÁREA CONST.TÉRREO	428,676	22,27%
ÁREA DE SACADAS		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA SOCIAL / ÍNTIMA	200,64	100,00%
ÁREA DE SACADAS	61,26	30,53%
PORCENTAGEM DE PÁTIOS / CAVIDADES		
	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
CONTORNO DO EDIFÍCIO	3025,23	100%
ÁREA TOTAL DE VIDRO	1110,31	36,70%

Anexo 16: planilha resumo da análise – C6 – edificação
Fonte: autor

PLANILHA-RESUMO - ANÁLISE - C5 - DAYA SARI - CONJUNTO		
COBERTURA DO SOLO - GERAL		
	Nº QUADRÍCULAS	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	3495	34,95
GRAMA	2094	20,94
ED. TERREO	214	2,14
ED. TERREO + 1	440	4,4
ED. TERREO + 2	0	0
ED. TERREO + 3	1349	13,49
CONCRETO	1123	11,23
ASFALTO	1260	12,6
TERRA	25	0,25
CALÇAMENTO	0	0
	10000	100
PARA ÁREA DE 200 X 200 m		
TAXA DE OCUPAÇÃO		
TIPO	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
ÁREA DE ANÁLISE	40000	100%
ÁREA EDIFICADA	8012	20,03%
ÁREA LIVRE	31988	79,97%
COBERTURA DO SOLO: ÁREAS PERMEÁVEIS x PAVIMENTADAS		
TIPO	ÁREA (m²)	PORCENTAGEM
VEGETAÇÃO DENSA	13980	34,95%
GRAMA / TERRA	8376	20,94%
ÁREA EDIFICADA	8012	20,03%
ÁREA PAVIMENTADA	9632	24,08%
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL		55,89%
RELAÇÃO W/H ENTRE EDIFICAÇÕES		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		14,08
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,85
RELAÇÃO W/H		1,095719844
RELAÇÃO W/H CONJUNTO		
W (LARGURA DO CÂNION, em metros)		33
H (ALTURA DO EDIFÍCIO, em metros)		12,85
RELAÇÃO W/H		2,568093385
OBS: CONSIDERADOS OS CENÁRIOS DE MENOR LARGURA		
ÁREA VERDE APARA EFEITO DE MASSA		
PORCENTAGEM DE A. VERDE PARA EFEITO DE MASSA		34,95%
CONSIDERADAS AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DENSA EM 200X200		

Anexo 17: planilha resumo da análise – C6 – conjunto
Fonte: autor

FICHA RESUMO DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE PROJETOS			
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO			
DADOS GERAIS			
INFORMAÇÕES GERAIS	CONJUNTO / CONDOMÍNIO	Ciudad del Saber	LATITUDE: 8°59'50" N
	LOCAL:	Panamá, PNM	ALTITUDE (em metros): 29
	DESCRIÇÃO DO APARTAMENTO	1 Q, 1 WC, Coz. Serv. Comuns	ÁREA APARTAMENTO: 25,87m²
	Nº DE APTOS / PAVIMENTO:	12	NÚMEROS DE PAVIMENTOS: PILOTIS + 2 PAV. TIPO
	PARTIDO ARQUITETÔNICO	BLOCO LINEAR DE CIRCULAÇÃO GERAL COM 4 BLOCOS DE APARTAMENTOS EM PENTE	
	DIMENSIONAMENTO E ÁREAS		
	DIMENSÕES DO VOLUME(metros)	29,20 X 107,35 X 22,03	ÁREA DO LOTE CONSIDERAR 40000m²
	VOLUME (m³)	14481,95	ÁREA DO BLOCO EM PLANTA 1924,7
	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
	PAREDES		
	U PAREDE (W/m²/k)	4,4	ATRASSO TÉRMICO (HORAS) 2,7
	DESCRIÇÃO	Concreto armado 100mm acabamento externo cor branco	
	VIDRO		
	TIPO	TRANSLÚCIDO COMUM	TIPO DA ESQUADRIA CORRER
	PELÍCULA REFLETORA	NÃO	VIDRO ESPECIAL NÃO
INDICADOR DE QUALIDADE BIOCLIMÁTICA			
C6 CIUDAD DEL SABER			
	Edificação		Conjunto
	Fator de forma	0,54	Diversidade de alturas Não
	Orientação	Maiores fachadas a L / O	Relação W/H entre edificações 1,28
	Porcentagem de Sacadas para ambientes de longa permanência	30%	Relação W/H para áreas externas de vivência Não se aplica
	Área edificada do térreo	22%	Porosidade do Conjunto Não se aplica
	Presença de Pátios ou cavidades	36,70%	Área Livre do Solo 68,93%
	Promoção de ventilação cruzada	Não	Orientação da rua principal do lote L / O
	Proteção Solar dos planos translúcidos	Sim	Áreas permeáveis do conjunto 68,93%
	Perfuração das fachadas	46,12%	Qualidade do passeio pedonal: arborização Não
	WWR N e S	0	Qualidade do Passeio Pedonal: largura útil 1,5
	WWR L e O	28,05%	
	Transmitância Térmica da vedação	4,4	
	Atrasso Térmico da vedação	3,3	Qualidade do passeio pedonal: presença de faixa permeável Sim
	Cobertura: inclinação	Não	Áreas verdes para efeito de massa 37,39%
	Cobertura: manta	Não	
	Cobertura: estratégia de dissinacão	Sim	

Anexo 18: ficha resumo de análise bioclimática – C6

Fonte: autor