

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

JAIENE BORDIN REMOR

**ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE RESIDÊNCIAS CONTEMPORÂNEAS
EM CURITIBA/ PR**

CURITIBA
2016

JAIENE BORDIN REMOR

**ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE RESIDÊNCIAS CONTEMPORÂNEAS
EM CURITIBA/ PR**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo L. Krüger

CURITIBA
2016

JAIENE BORDIN REMOR

**ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE RESIDÊNCIAS CONTEMPORÂNEAS
EM CURITIBA/ PR**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. Eduardo Leite Kruger
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. André Nagalli
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Profª. M. Vânia Deeke
Professora do CECONS, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2016

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que sempre me apoiaram e me incentivaram.

Ao Prof. Eduardo L. Krüger por sua orientação e colaboração no desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao meu companheiro pela paciência e compreensão, sempre me incentivando nos momentos de dificuldade.

Às minhas colegas de especialização pelo companheirismo e paciência nos longos trabalhos durante o curso.

A todos os professores de especialização que ampliaram meus conhecimentos e contribuíram para minha formação.

RESUMO

O crescimento populacional vem causando grandes impactos ambientais e junto vem a preocupação em resolver os problemas ocasionados. Muitas diretrizes vêm sendo tomadas para regulamentar a grande necessidade de novas edificações e o aumento gradativo de consumo de energia. Cada vez mais a atenção se volta para busca de eficiência energética dessas novas edificações. O propósito desse trabalho é analisar a adequação bioclimática de residências contemporâneas em Curitiba/ PR e então, compará-las com residências históricas de origem italiana, construídas por imigrantes estabelecidos na cidade. Para tal será empregada a mesma estratégia de avaliação usada em uma pesquisa anterior onde somente as casas históricas foram levadas em consideração. Esta pesquisa consiste na escolha dos itens mais relevantes de quatro ferramentas muito aplicadas na arquitetura para garantir adequação climática em habitações. As residências escolhidas estão localizadas em condomínios horizontais distintos nos bairros Santa Felicidade e São Braz, onde também se encontram as residências históricas. Apesar de estarem em condomínios diferentes possuem tipologias muito parecidas. Foram projetadas e construídas por uma empresa de grande porte e com muita tradição na cidade. Os projetos datam entre os anos de 2006 e 2016. A conclusão dessa monografia foi a confirmação da hipótese de que apesar do avanço tecnológico no setor construtivo, não houve grandes avanços no quesito adequação climática.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática. Adequação Climática. Eficiência Energética. Residências Contemporâneas.

ABSTRACT

Population growth has been leading to several environmental impacts and with them the pressure on how to solve or mitigate them. Several guidelines have been devised in order to meet the increasing demand in building stock and the need for energy savings, focusing on energy efficiency. The purpose of this study is to evaluate bioclimatic adequacy of contemporary housing in Curitiba/ PR and compare it to that of historic housing, built by Italian immigrants. The same evaluation approach is employed as in a previous study. The study consists of choosing the more relevant evaluation aspects of four different tools aimed at climate responsiveness of the built environment. The evaluated dwellings are located in Santa Felicidade and São Braz, where also the historic dwellings were located. Housing typology does not differ significantly. The contemporary houses have been erected by a major construction firm between 2006 and 2016. Conclusions confirm the hypothesis that although construction technologies have been developed, there were no major advances in climate adequacy.

Keywords: Bioclimatic architecture. Climate Adaptation. Energy Efficiency. Contemporary homes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação Climática – Segundo Köppen.	17
Figura 2: Carta Bioclimática de Curitiba/ PR.....	24
Figura 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.	26
Figura 4: Carta Bioclimática adaptada.	27
Figura 5: Zona Bioclimática 1.....	27
Figura 6: Carta Bioclimática com Normais Climatológicas da Zona 1 (Caxias do Sul/ RS)...	28
Figura 7: Localização do Bairro Santa Felicidade em Curitiba/ PR.	43
Figura 8: Localização do Bairro São Braz em Curitiba/ PR.....	43
Figura 9: Foto da residência Strapasson (Caso I).	46
Figura 10: Foto da residência Escorsin (Caso II).	46
Figura 11: Foto da Casa dos Contos (Caso III).	47
Figura 12: Foto Residência 01 localizada no Condomínio A.....	48
Figura 13: Implantação - Residência 01.	49
Figura 14: Foto Aérea – Residência 01.	49
Figura 15: Ventilação do Pavimento Térreo – Residência 01.	50
Figura 16: Ventilação do Pavimento Superior – Residência 01.....	50
Figura 17: Imagem Residência 02 localizada no Condomínio B.	54
Figura 18: Implantação - Residência 02.	55
Figura 19: Foto Aérea – Residência 02.	55
Figura 20: Ventilação do Pavimento Térreo – Residência 02.	56
Figura 21: Ventilação do Pavimento Superior – Residência 02.....	56
Figura 22: Imagem Residência 03 localizada no Condomínio B.	60
Figura 23: Implantação - Residência 03.	61
Figura 24: Foto Aérea – Residência 03.	61
Figura 25: Ventilação do Pavimento Térreo – Residência 03.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Normais Climatológicas de Curitiba/ PR 1961-1990.....	18
Tabela 2: Estratégias Bioclimáticas para Curitiba/ PR.....	24
Tabela 3: Proporção por Zona Bioclimática para Curitiba/ PR.....	25
Tabela 4: Amplitude Térmica para Curitiba/ PR.....	25
Tabela 5: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.....	38
Tabela 6: Pré-requisitos de absortância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas, conforme NBR 15220 e NBR 15575.....	38
Tabela 7: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento para a Zona Bioclimática 1.....	40
Tabela 8: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento para a Zona Bioclimática 1.....	40
Tabela 9: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração para a Zona Bioclimática 1.....	41
Tabela 10: Aberturas nas Fachadas - Residência 01.	51
Tabela 11: Aberturas nos Cômodos - Residência 01.....	51
Tabela 12: Aberturas nas Fachadas - Residência 02.	57
Tabela 13: Aberturas nos Cômodos - Residência 02.....	57
Tabela 14: Aberturas nas Fachadas - Residência 03.	63
Tabela 15: Aberturas nos Cômodos- Residência 03.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Percentual de ar condicionado em relação ao grau de utilização por tipo de clima	16
Quadro 2: Percentual de ar condicionado em relação ao grau de utilização por tipo de clima.	16
Quadro 3: Percentual de ar condicionado em relação ao grau de utilização por tipo de clima.	16
Quadro 4: Normais, Diagnóstico, Indicadores, Parâmetros do Método.....	21
Quadro 5: Recomendações para o Projeto Arquitetônico	22
Quadro 6: Aberturas para ventilação e sombreamento para Zona Bioclimática 1.....	28
Quadro 7: Tipos de vedações externas para Zona Bioclimática 1.....	28
Quadro 8: Estratégias de condicionamento térmico passivo para Zona Bioclimática 1.	28
Quadro 9: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.....	29
Quadro 10: Aberturas para ventilação.....	29
Quadro 11: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor admissíveis para cada tipo de vedação.	30
Quadro 12: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.	31
Quadro 13: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.....	31
Quadro 14: Transmitância térmica de paredes externas.....	32
Quadro 15: Capacidade térmica de paredes externas.....	32
Quadro 16: Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.	32
Quadro 17: Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica.	33
Quadro 18: Categorias, critérios e classificação.....	34
Quadro 19: Vedações.....	36
Quadro 20: Vedações – Paredes.....	36
Quadro 21: Vedações – Aberturas e Coberturas.	36
Quadro 22: Estratégias.....	37
Quadro 23: Fatores considerados para cálculo da eficiência da envoltória.....	39
Quadro 24: Lista das recomendações selecionadas.....	45
Quadro 25: Atendimento médio às estratégias pelos três estudos de caso.....	47
Quadro 26: Critérios para Implantação.	48
Quadro 27: Critérios para Ventilação.....	50
Quadro 28: Critérios para Aberturas.	51
Quadro 29: Critérios para Paredes Externas.....	52

Quadro 30: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Externas) – Residência 01.	52
Quadro 31: Critérios para Coberturas.....	52
Quadro 32: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Coberturas) – Residência 01.	53
Quadro 33: Critérios para Condicionamento Interno.	53
Quadro 34: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Internas) – Residência 01.	53
Quadro 35: Critérios para Implantação.	54
Quadro 36: Critérios para Ventilação.....	55
Quadro 37: Critérios para Aberturas.	57
Quadro 38: Critérios para Paredes Externas.....	58
Quadro 39: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Externas) – Residência 02.	58
Quadro 40: Critérios para Coberturas.....	58
Quadro 41: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Coberturas) – Residência 02.	59
Quadro 42: Critérios para Condicionamento Interno.	59
Quadro 42: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Internas) – Residência 02.	59
Quadro 43: Critérios para Implantação.	60
Quadro 44: Critérios para Ventilação.....	62
Quadro 45: Critérios para Aberturas.	62
Quadro 46: Critérios para Paredes Externas.....	63
Quadro 47: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Externas) – Residência 03.	63
Quadro 48: Critérios para Coberturas.....	64
Quadro 49: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Coberturas) – Residência 03.	64
Quadro 51: Critérios para Condicionamento Interno.	64
Quadro 50: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Internas) – Residência 03.	65
Quadro 51: Atendimento médio às estratégias pelas três residências estudadas.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil.	13
Gráfico 2: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na Região Sul.	13
Gráfico 3: Domicílios por área construída da amostra.	14
Gráfico 4: Área construída dos domicílios na faixa 1 de consumo (0 - 200 kWh/mês). ¹	14
Gráfico 5: Área construída dos domicílios na faixa 2 de consumo (201 - 300 kWh/mês). ¹	14
Gráfico 6: Área construída dos domicílios na faixa 3 de consumo (> 301 kWh/mês).	15
Gráfico 7: Posse média de condicionador de ar no Brasil e regiões.	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 PREMISSAS E DELIMITAÇÃO DO ASSUNTO.....	11
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 ESTRUTURA.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 DADOS CLIMÁTICOS DE CURITIBA/ PR.....	17
2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA.....	19
2.3 TABELAS DE MAHONEY.....	19
2.4 DIAGRAMA DE GIVONI.....	23
2.5 ABNT NBR 15220.....	25
2.6 ABNT NBR 15575.....	30
2.7 SELO CASA AZUL.....	33
2.8 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDÊNCIAIS – RTQ-R.....	37
3 METODOLOGIA.....	42
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	42
3.2 APLICAÇÃO.....	44
4 ESTUDO DE CASO.....	46
4.1 RESIDÊNCIA 01.....	48
4.2 RESIDÊNCIA 02.....	54
4.3 RESIDÊNCIA 03.....	60
4.4 ANÁLISE RESULTADOS.....	65
5 CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

A primeira definição de arquitetura considera a mesma como um espaço habitável, no qual havia equilíbrio entre estrutura, funcionalidade e estética. Nos dias atuais além dessas premissas, a eficiência energética também foi inserida. O termo arquitetura sustentável surgiu como reconhecimento de que as construções são umas das principais formas de degradação do meio ambiente. (LAMBERTS et al., 2014).

Um edifício é considerado mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia, onde as características desejáveis do clima são aproveitadas e as indesejáveis são evitadas (LAMBERTS et al., 2014).

O conhecimento do clima e conforto tornou possível verificar a importância da bioclimatologia na arquitetura, onde são aplicados elementos arquitetônicos e a tecnologia de forma a aumentar o conforto térmico dos usuários nas edificações (LABEEE, 2016).

Cabe ao arquiteto fazer escolhas que garantam o desempenho energético e térmico das edificações, sempre levando em conta o clima local, aproveitando a iluminação natural e usando o aquecimento e resfriamento passivos dos ambientes, fazendo com que a demanda por energia elétrica diminua (LAMBERTS et al., 2014).

O crescimento populacional vem causando grandes impactos ambientais e junto vem a preocupação em resolver os problemas ocasionados por estes. Muitas diretrizes vêm sendo tomadas para regulamentar a grande necessidade de novas edificações e o aumento de consumo de energia para atender esse aumento de população. (LAMBERTS et al., 2014).

Em 1992 aconteceu a Eco'92 onde foi debatida a possibilidade do desenvolvimento sustentável. A humanidade atenderia suas necessidades atuais, mas também garantiria que as gerações futuras tivessem suas necessidades atendidas. Um dos principais resultados da Eco'92 foi a Agenda 21 na qual diversos países se comprometeram em encontrar soluções para os problemas socioambientais em escala global. A Agenda que dentre os inúmeros assuntos tratados prevê diretrizes para assentamentos humanos mais sustentáveis e a harmonia entre o ambiente construído e o natural. Em 1992 também aconteceu o Protocolo de Kyoto

onde metas foram colocadas para que a emissão de CO² reduzisse 40% em edifícios novos e em 15% em edifícios existentes. (LAMBERTS et al., 2014).

1.1 PREMISSAS E DELIMITAÇÃO DO ASSUNTO

O presente trabalho tem como premissa que as edificações atuais em Curitiba/ PR possuem características que não beneficiam a eficiência energética comprometendo o conforto térmico dos usuários. Além disso, pressupõem-se que as edificações históricas, apesar de haver menor oferta de tecnologia na época em que foram construídas, possuem maior adequação climática se comparadas às residências atuais.

Serão analisados os principais métodos e normas utilizados para adequação climática no Brasil sempre direcionando as diretrizes para a cidade de Curitiba/ PR e posteriormente será realizada uma comparação entre algumas residências históricas e outras atuais localizadas nos bairros Santa Felicidade e São Braz.

A estratégia para essa comparação será a mesma usada em uma pesquisa anterior¹ na qual foram avaliadas somente residências históricas de origem italiana e concluiu-se que estas apresentam um alto nível de adequação climática.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos dessa pesquisa são avaliar a adequação climática de residências contemporâneas em Curitiba/ PR e então compará-las com residências históricas.

1.3 JUSTIFICATIVA

No ano de 2015 o setor residencial foi responsável pelo consumo de aproximadamente 25% de toda a energia elétrica consumida no país. Estima-se que 20% do consumo de energia elétrica nas residências brasileiras destina-se a condicionadores de ar. Na Região Sul esse número aumenta para 32%, pois além de se usar para refrigeração no verão, também se usa no

¹ TESSARI, R. **Avaliação bioclimática de residências históricas em Curitiba**. Curitiba, 2014.

ciclo reverso no inverno (BEN, 2016). Esses dados demonstram a relevância da redução de consumo de energia e a necessidade de melhora do desempenho térmico das residências brasileiras como um todo, pois com a falta de adequação das edificações ao clima local esses números tendem a piorar.

O desempenho térmico além de reduzir o consumo de energia está diretamente ligado a qualidade de vida do usuário, com isso entende-se que uma edificação, onde foram empregadas estratégias bioclimáticas, permite que seus usuários usufruam de boas condições para realizar suas atividades.

Outra questão muito importante, é a possibilidade de se empregar técnicas, conceitos e princípios bioclimáticos e sustentáveis da arquitetura vernacular em edificações contemporâneas buscando alta eficiência energética (LAMBERTS et al., 2014) e trazendo as características e materiais locais à edificação.

1.4 ESTRUTURA

Esse trabalho está dividido em seis capítulos. Na Introdução (Capítulo 1) é feita uma apresentação do tema, delimitação do assunto e objetivos da pesquisa, além da justificativa. Na Revisão Bibliográfica (Capítulo 2) são analisados o consumo energético do Brasil, os dados climáticos da cidade de Curitiba/ PR e as principais normas e métodos aplicados no Brasil para desempenho térmico sempre priorizando as diretrizes para a capital paranaense. Na Metodologia (Capítulo 3) explica-se a localização dos estudos de caso e o método utilizado para avaliação. No Estudo de Caso (Capítulo 4) o desempenho térmico das residências selecionadas é avaliado. Na Conclusão (Capítulo 5) os resultados alcançados são analisados e comparados com outros obtidos em uma pesquisa anterior.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A principal fonte de produção de energia elétrica no Brasil é a hidráulica. No ano de 2015 o consumo de energia elétrica foi de 522,8 TWh, sendo que o consumo residencial representa 131,32 TWh (25,12%) (BEN, 2016).

Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, que tem como ano base 2005, elaborado pela Eletrobrás, os condicionadores de ar são um dos eletrodomésticos mais usados nas residências brasileiras. No Gráfico 1 verifica-se que o condicionamento ambiental corresponde a 20% do consumo de energia.

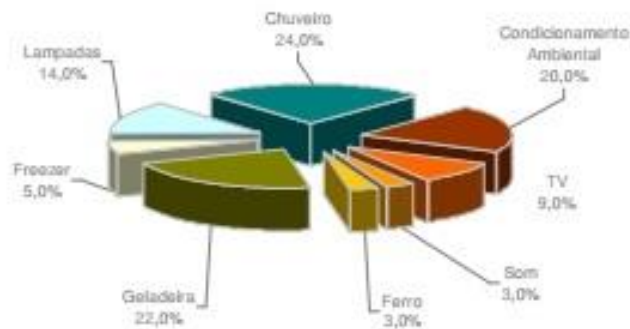


Gráfico 1: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil.
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

O Gráfico 2 mostra o perfil de consumo com eletrodomésticos na Região Sul do Brasil. O condicionamento ambiental aumenta para 32% ficando em primeiro lugar, pois os aparelhos são usados tanto para resfriar como para aquecer. O condicionamento ambiental também aumenta consideravelmente nas Regiões Norte e Nordeste correspondendo a 40% e 27% respectivamente da participação do consumo residencial.

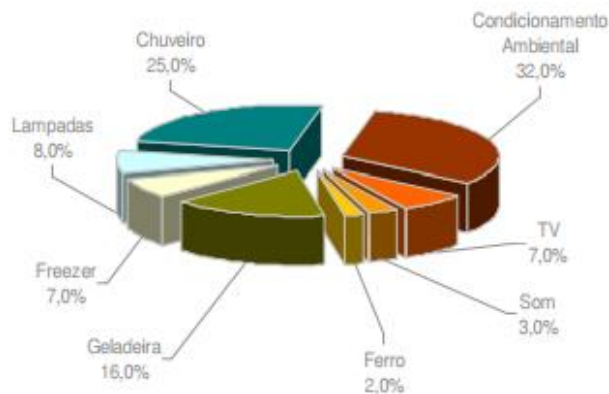


Gráfico 2: Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na Região Sul.
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

Nos gráficos 3, 4, 5 e 6 percebe-se que a relação entre área e consumo de energia estão diretamente ligados. O Gráfico 3 mostra que a maioria das residências possuem entre 51 e 75 m², apenas 4,4% possuem mais de 151m². Os Gráficos 4, 5 e 6 evidenciam o aumento gradativo de consumo conforme o aumento de área das residências.

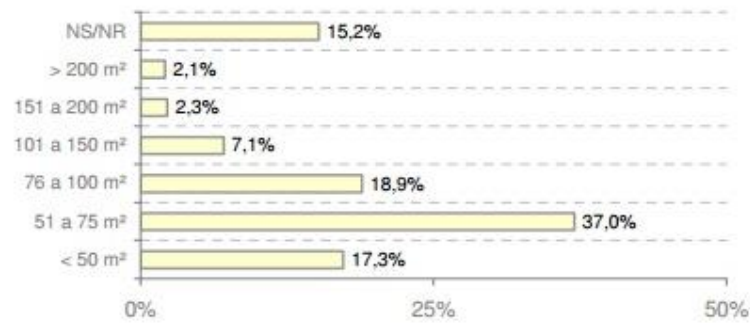


Gráfico 3: Domicílios por área construída da amostra.²
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

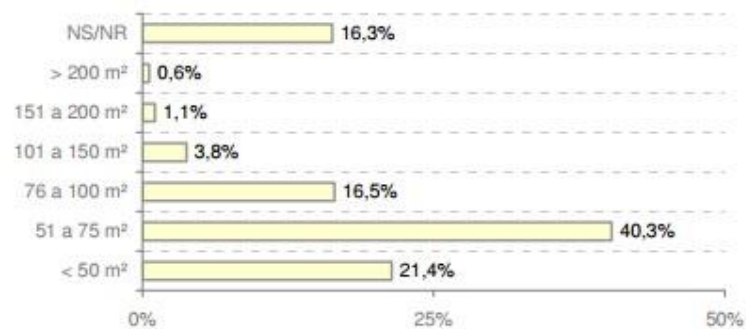


Gráfico 4: Área construída dos domicílios na faixa 1 de consumo (0 - 200 kWh/mês).¹
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

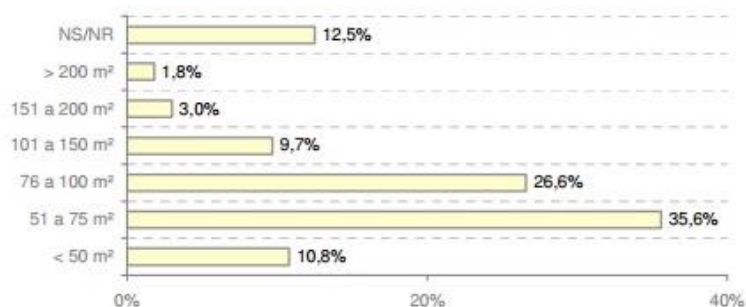


Gráfico 5: Área construída dos domicílios na faixa 2 de consumo (201 - 300 kWh/mês).¹
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

² Não sabem (NS); não responderam (NR).

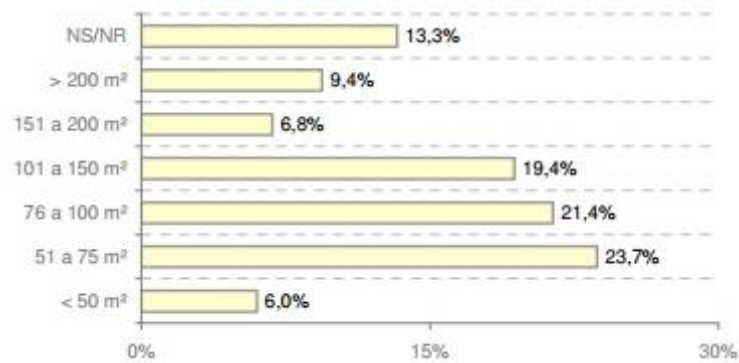


Gráfico 6: Área construída dos domicílios na faixa 3 de consumo (> 301 kWh/mês).³
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

O Gráfico 7 mostra a posse média de condicionadores de ar por domicílio no Brasil e regiões. Nota-se que a Região Sul fica em segundo lugar como a que mais possui condicionadores de ar. Nessa região, os de ciclo reverso são muito comuns, pois possui épocas de calor e frio.



Gráfico 7: Posse média de condicionador de ar no Brasil e regiões.
Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

Ainda na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso foram encontrados em média 0,16 condicionadores de ar por domicílio. No clima frio a pesquisa mostra que 18,4% das pessoas ligam o condicionador de ar quando o clima está frio e 34,3% declararam usar o condicionador de ar mais de quatro vezes por semana quando o clima está quente e 23,1% de uma a três vezes por semana.

³ Não sabem (NS); não responderam (NR).

Quadro 1: Percentual de ar condicionado em relação ao grau de utilização por tipo de clima⁴

			Clima ameno					Total de condicionadores de ar
			Grande - Usa mais de 4 vezes por semana	Média - De 1 a 3 vezes por semana	Regular - De 1 a 3 vezes por mês	Pequena - Menos de 1 vez por mês	Não utiliza/NR	
Classe de consumo (kWh)	0 a 200	Casos	2	1	7	8	106	124
		%	1,6%	,8%	5,6%	6,5%	85,5%	100,0%
	201 a 300	Casos		4	8	5	129	149
		%		2,7%	5,4%	3,4%	86,6%	100,0%
	> 300	Casos	8	14	21	20	345	416
		%	1,9%	3,4%	5,0%	4,8%	82,9%	100,0%
Total	Casos	10	19	36	33	580	689	
	%	1,5%	2,8%	5,2%	4,8%	84,2%	100,0%	

Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

Quadro 2: Percentual de ar condicionado em relação ao grau de utilização por tipo de clima.

			Clima frio					Total de condicionadores de ar
			Grande - Usa mais de 4 vezes por semana	Média - De 1 a 3 vezes por semana	Regular - De 1 a 3 vezes por mês	Pequena - Menos de 1 vez por mês	Não utiliza/NR	
Classe de consumo (kWh)	0 a 200	Casos	3	3	1	8	105	124
		%	2,4%	2,4%	,8%	6,5%	84,7%	100,0%
	201 a 300	Casos	3	1	1	8	125	149
		%	2,0%	,7%	,7%	5,4%	83,9%	100,0%
	> 300	Casos	10	6	12	25	332	416
		%	2,4%	1,4%	2,9%	6,0%	79,8%	100,0%
Total	Casos	16	10	14	41	562	689	
	%	2,3%	1,5%	2,0%	6,0%	81,6%	100,0%	

Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

Quadro 3: Percentual de ar condicionado em relação ao grau de utilização por tipo de clima.

			Clima quente					Total de condicionadores de ar
			Grande - Usa mais de 4 vezes por semana	Média - De 1 a 3 vezes por semana	Regular - De 1 a 3 vezes por mês	Pequena - Menos de 1 vez por mês	Não utiliza/NR	
Classe de consumo (kWh)	0 a 200	Casos	31	31	15	11	32	124
		%	25,0%	25,0%	12,1%	8,9%	25,8%	100,0%
	201 a 300	Casos	61	34	11	5	17	149
		%	40,9%	22,8%	7,4%	3,4%	11,4%	100,0%
	> 300	Casos	144	94	18	23	68	416
		%	34,6%	22,6%	4,3%	5,5%	16,3%	100,0%
Total	Casos	236	159	44	39	117	689	
	%	34,3%	23,1%	6,4%	5,7%	17,0%	100,0%	

Fonte: Eletrobrás; Procel (2007).

⁴ Não responderam (NR).

2.1 DADOS CLIMÁTICOS DE CURITIBA/ PR

O clima de Curitiba segundo a classificação climática de Köppen é o Cfb de finido como “temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida” (IAPAR, 2016).

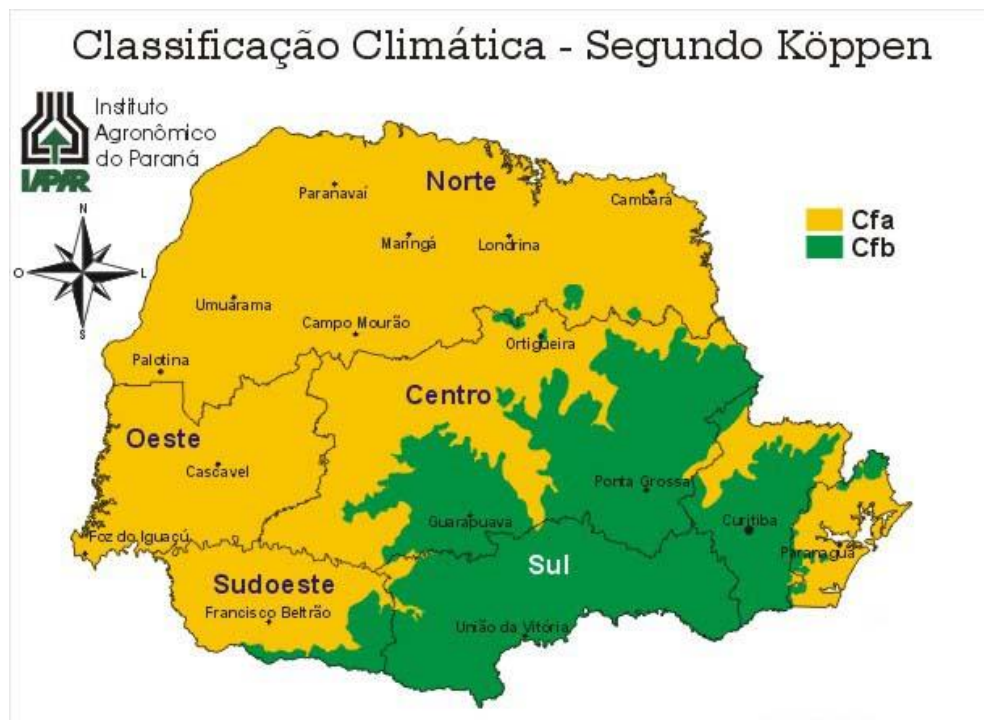


Figura 1: Classificação Climática – Segundo Köppen.
Fonte: IAPAR (2016).

É necessário conhecer as características do clima do local para conceber um projeto eficiente. Com base no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é possível conhecer esses dados através das normais climatológicas. A Organização Meteorológica Mundial (OMN) define Normais Climatológicas como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (OMN apud INMET, 2014). Na Tabela 1 é possível visualizar uma síntese desses dados:

Tabela 1: Normais Climatológicas de Curitiba/ PR 1961-1990.

Normais Climatológicas de Curitiba 1961-1990															
Temperatura Média Compensada (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	20,4	20,6	19,6	17,2	14,5	13,1	12,9	14,1	15,0	16,5	18,2	19,3	16,8
Temperatura Máxima (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	26,6	26,7	25,7	23,1	21,1	19,6	19,4	20,9	21,3	22,6	24,5	25,4	23,1
Temperatura Mínima (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	16,4	16,3	15,4	12,8	10,2	8,4	8,1	9,2	10,8	12,5	14,0	15,4	12,5
Insolação Total (horas)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	184,4	160,8	172,0	164,2	178,3	160,2	173,4	175,4	134,1	155,5	177,0	170,9	2006,2
Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	79,0	80,0	80,0	79,0	82,0	82,7	81,0	79,0	82,0	82,0	80,0	82,0	80,7
Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	171,8	157,6	138,8	94,8	101,0	115,6	98,8	73,4	119,2	133,3	126,9	152,3	1483,4
Intensidade do Vento (ms ⁻¹)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	2,41	2,28	2,14	2,01	1,77	1,98	2,06	2,28	2,48	2,56	2,68	2,64	2,27
Direção Predominante do Vento (pontos cardeais e colaterais)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83842	Curitiba	PR	Indef.	Indef.	E	Indef.	Calmo	Calmo	Calmo	Indef.	NE	E	NE	NE	Indef.

Fonte: dados extraídos de INMET (2016).

Na Tabela 1 observa-se que a temperatura média anual de Curitiba é 16,8°C. A temperatura máxima é de 26,7°C em fevereiro e a temperatura mínima é de 8,1°C em julho. Possui em média 5,5 horas de insolação diária e não possui nenhum mês com umidade relativa do ar média inferior a 79%. A média de precipitação acumulada mensal é de 123,62mm e a direção do vento é considerada indefinida com uma intensidade média anual de 2,27 m/s.

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA

Atualmente existem muitos métodos de avaliação bioclimática de edificações, cabendo ao arquiteto a decisão de qual deles é mais adequado para cada situação. Neste trabalho serão apresentados alguns dos principais usados no Brasil, sempre direcionando as diretrizes para a cidade de Curitiba/ PR. Os métodos escolhidos foram: as Tabelas de Mahoney, o Diagrama de Givoni, a NBR 15220, a NBR 15575, o Selo Casa Azul e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R.

2.3 TABELAS DE MAHONEY

Mahoney juntamente com uma equipe de pesquisa desenvolveu em 1969 um método que tem sido muito usado em vários países até os dias hoje para auxiliar na construção de edificações. Esse consiste em levantar os dados climáticos de determinada região e preencher as respectivas tabelas que irão permitir identificar os principais problemas climáticos existentes e obter as recomendações técnicas para solucioná-los (RORIZ et al., 1999).

É importante lembrar que quando as tabelas de Mahoney foram criadas o uso do computador ainda era muito reduzido, por isso o método possui algumas limitações, tendo a intenção de fornecer orientações iniciais de projeto. Inicialmente foi desenvolvido para edificações escolares, mas as recomendações foram adaptadas para habitações de baixo custo. As vantagens do método são sua facilidade, clareza, dados simplificados e a relação com as etapas do projeto (EVANS, 1999).

As diferenças entre as variáveis climáticas de cada local e as condições necessárias para conforto térmico do usuário vão indicar as iniciativas a serem tomadas no projeto arquitetônico, sempre considerando a adaptação natural dos usuários conforme suas condições culturais. O processo envolve dados climáticos, avaliação de conforto, indicadores de recomendações de estresse e projeto bioclimático. Uma condição muito importante para a arquitetura bioclimática é a possibilidade de usar dados de fácil acesso (EVANS, 1999; EVANS, 2007).

Os recursos da arquitetura bioclimática têm como finalidade de alterar o clima de uma edificação através de estratégias de projeto, as quais incluem forma, proteção solar,

isolamento térmico, ventilação cruzada e inércia térmica. É necessário fazer as escolhas certas de acordo com as características locais. O ideal é que as decisões sejam tomadas na concepção do projeto e não após a edificação estar construída, pois nesse caso é possível que não haja mais solução (EVANS, 1999).

Buscando a simplificação da análise de conforto a temperatura média anual foi dividida em mais de 20°C, entre 15°C e 20°C, e abaixo de 15°C. A umidade relativa do ar média foi dividida em HG1, 0-30%, HG2, 30-50%, HG3, 50-70% e HG4, 70-100%. As faixas de conforto foram analisadas separadamente para o dia e a noite, já que existem diferenças entre atividade e roupas em ambos os casos. São considerados três situações de estresse térmico, quando está quente acima dos limites de conforto, conforto quando está dentro dos limites e frio quando está abaixo dos limites. Os dados de estresse térmico e a informação do clima do local definem os indicadores do projeto bioclimático (EVANS, 1999).

As recomendações seguem as fases do projeto. Primeiro para os estágios iniciais, como forma, orientação e espaçamento entre edifícios. Depois tamanho, posições de aberturas e características térmicas de paredes e telhados (EVANS, 1999).

As tabelas de Mahoney foram ajustadas após testes em mais de cinquenta países, com isso veio a primeira publicação do método em 1971, onde duas novas seções foram incluídas, uma análise das tipologias habitacionais conforme seu desempenho ao clima local e recomendações de criação de espaços ao ar livre, que levou a analisar as variações climáticas nas diferentes horas do dia e estações do ano. Observou-se que os recursos bioclimáticos como sombra, brisa, proteção contra o vento, umidificação e sol direto influenciam muito no microclima exterior, como também no interior (EVANS, 1999).

Quadro 4: Normais, Diagnóstico, Indicadores, Parâmetros do Método.

QUADROS DE MAHONEY			
LOCALIDADE CURITIBA	LAT 25°25'	LONG 49°19'	ALT (m) 917

TAB 1 - NORMAIS

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MAX	TMA
TEMP °C	MED MAX	26,5	26,5	25,5	23,0	21,0	19,5	19,5	21,0	21,5	22,5	24,5	25,5	26,5	17,25
	MED MIN	16,5	16,5	15,5	13,0	10,0	8,5	8,0	9,0	11,0	12,5	14,0	15,5	8,0	18,5
	AMPL (AMM)	10,0	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	11,5	12,0	10,5	10,0	10,5	10,0	MIN AMA	
UMID REL (%)		79,0	80,0	80,0	79,0	82,0	82,7	81,0	79,0	82,0	82,0	80,0	82,0	TOTAL	
CHUVA (mm)		171,8	157,6	138,8	94,8	101,0	115,6	98,8	73,4	119,2	133,3	126,9	152,3	1483,5 mm	
VENTO	VEL (m/s)	2,41	2,28	2,14	2,01	1,77	1,98	2,06	2,28	2,48	2,56	2,68	2,64		
	DIREÇÃO	E	E	E	E	E	E	E	E	NE	E	NE	E		

TAB 2 - DIAGNÓSTICO

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
GRUPO UMID		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
TEMPERATURA	DIA	MED MAX	26,5	26,5	25,5	23,0	21,0	19,5	19,5	21,0	21,5	22,5	24,5	25,5
		LIM SUP	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
		LIM INF	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
	NOITE	MED MIN	16,5	16,5	15,5	13,0	10,0	8,5	8,0	9,0	11,0	12,5	14,0	15,5
		LIM SUP	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
		LIM INF	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	20,0
DIAGN	DIA	Q	Q	Q	C	C	F	F	C	C	C	C	Q	
	NOITE	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	

TAB 3 - INDICADORES

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAIS	
UMIDADE	U1	X	X	X									X	4	U1
	U2				X	X			X	X	X	X		6	U2
	U3													0	U3
ARIDEZ	A1													0	A1
	A2													0	A2
	A3						X	X						2	A3

TAB 4 - PARÂMETROS DO MÉTODO

GRUPO UMIDADE	GR	LIMITES DE CONFORTO (°C)					
		TMA >20		TMA 15- 20		TMA <15	
		Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
GR1, quando UR<30%	1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
GR2, quando 30≤UR<50%	2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
GR3, quando 50≤UR<70%	3	23-29	17-23	21-28	14-21	18-26	12-19
GR4, quando UR≥70%	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

TAB 5 - INDICADORES

INDICADORES					
Indic	Dia	Noite	Chuva (mm)	GR	AMM °C
U1	Q			4	
	Q			2,3	< 10
U2	C			4	
U3			> 200		
A1				<4	≥ 10
A2		Q		1,2	
	Q	C		1,2	> 10
A3	F				

Fonte: Roriz (1996), preenchimento dos dados feito pela autora.

Quadro 5: Recomendações para o Projeto Arquitetônico

QUADROS DE MAHONEY	LOCALIDADE CURITIBA
---------------------------	------------------------

TAB 6 - RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO ARQUITETÔNICO

TOTALS DOS INDICADORES					
U1	U2	U3	A1	A2	A3
4	6	0	0	0	2

A. IMPLANTAÇÃO							
			0-10			1	Fachadas maiores voltadas para Norte e Sul, visando menor insolação nas fachadas Leste e Oeste
			11-12		5-12		
			11-12		0-4	2	Edifícios compactos, com pátio interno

B. ESPAÇAMENTOS							
11-12						3	Separação ampla, para melhor ventilação
2-10						4	Como 3, mas c/ proteção contra ventos quentes e/ou frios
0-1						5	Edifícios compactos, com pátio interno

C. VENTILAÇÃO							
3-12						6	Edifícios em fila simples para permitir uma ventilação permanente
1-2			0-5				
1-2			5-12			7	Edifícios em fila dupla com dispositivos para controlar a ventilação
0	2-12						
0	0-1					8	Não é necessário ventilar

D. TAMANHO DAS ABERTURAS							
			0-1		0	9	40 a 80% das fachadas Norte e Sul (ao nível do corpo)
			0-1		1-12	10	25 a 40% das fachadas Noete e Sul e/ou Leste e Oeste quando o frio predominar
			2-5				
			6-10			11	15 a 25% da fachada
			11-12		0-3	12	10 a 20% da fachada (proteção contra o Sol)
			11-12		4-12	13	25 a 40% (permitindo Sol no período frio)

E. POSIÇÃO DAS ABERTURAS							
3-12						14	Nas fachadas Norte e Sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes
1-2			0-5				
1-2			6-12			15	Como 14, mas com aberturas nas paredes internas
0							

F. PROTEÇÃO DAS ABERTURAS							
					0-2	16	Evitar luz solar direta nos interiores
		2-12				17	Proteger da chuva, permitindo ventilação

G. PAREDES E PISOS							
			0-2			18	Leves, refletoras ($K \leq 2,4 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $\varphi \leq 3\text{h}$, $q/I \leq 4\%$)
			3-12			19	Pesadas ($K \leq 1,7 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $\varphi \geq 8\text{h}$, $q/I \leq 4\%$)

H. COBERTURAS							
10-12			0-2			20	Leves, refletoras ($K \leq 0,91 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $\varphi \leq 3\text{h}$, $q/I \leq 4\%$)
10-12			3-12				
0-9			0-5			21	Leves, Isolantes ($K \leq 0,70 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $\varphi \leq 3\text{h}$, $q/I \leq 3\%$)
0-9			6-12				
						22	Pesadas ($K \leq 0,70 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $\varphi \geq 8\text{h}$, $q/I \leq 3\%$)

I. EXTERIOR							
				1-12		23	Prever espaço ao ar livre para dormir
		1-12				24	Prever das chuvas

Fonte: Roriz (1996), preenchimento dos dados feito pela autora.

2.4 DIAGRAMA DE GIVONI

Conforto ambiental é um conjunto de fatores que ocasionam o conforto do usuário naquele local. Se a diferença térmica entre o ambiente e o usuário for inexistente ou estiver dentro de um limite considerado agradável pelo corpo, considera-se que há conforto térmico. Um dos primeiros passos para começar um projeto é estudar o clima e o local para montar um programa de necessidades. Respeitando as características climáticas e as solicitações do usuário o espaço arquitetônico construído será eficiente e garantirá o máximo de conforto (LAMBERTS et al., 2014).

Em alguns casos devido a frequente variabilidade meteorológica, as normais climatológicas não são suficientes para se tomar decisões na concepção de uma edificação. Com isso, a forma mais precisa de se avaliar o clima é através do Ano Climático de Referência, derivada do termo em inglês Test Reference Year (TRY).

O Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), vinculado a Universidade Federal de Santa Catarina fez a leitura dos dados para algumas cidades brasileiras. Essa leitura é feita pelo programa computacional conhecido por Analysis BIO⁵ que interpreta as informações e estrutura os dados climáticos sobre a Carta Bioclimática de Givoni (LAMBERTS et al., 2014).

Nos anos 60 foi criada a Carta Bioclimática de Olgyay na qual são propostas estratégias para que a arquitetura se adapte ao clima do local, levando em conta o conforto do usuário em relação a temperatura, umidade do ar, ventos, radiação solar e resfriamento por evaporação. Posteriormente, ainda nos anos 60, Givoni adequou a Carta Bioclimática de Olgyay sobre a carta psicrométrica e também orientou que as adequações não deveriam ficar apenas externamente como era a de Olgyay, mas também abranger a parte construtiva. Em estudos mais recentes, Givoni explica que o conforto térmico interno da edificação pode variar muito conforme a situação externa e também com as características dos usuários. Normalmente pessoas acostumadas a ambientes não condicionados costumam ter uma tolerância maior a variações de temperaturas e ventos. Givoni criou então uma Carta Bioclimática adaptada aos países em desenvolvimento (LAMBERTS et al., 2014).

⁵ Este programa é disponibilizado gratuitamente no endereço eletrônico <http://www.labeee.ufsc.br>.

A Carta Bioclimática de Givoni (1992) foi adaptada para o Brasil. Esta é dividida em 12 estratégias bioclimáticas.

Na Zona de Conforto é muito provável que usuário se sinta confortável entre as temperaturas de 18°C e 29°C com umidade relativa entre 20% e 80%. Quando a temperatura está próxima a 18°C deve-se evitar vento. Quando está próxima a 29°C deve-se usar da estratégia de sombreamento.

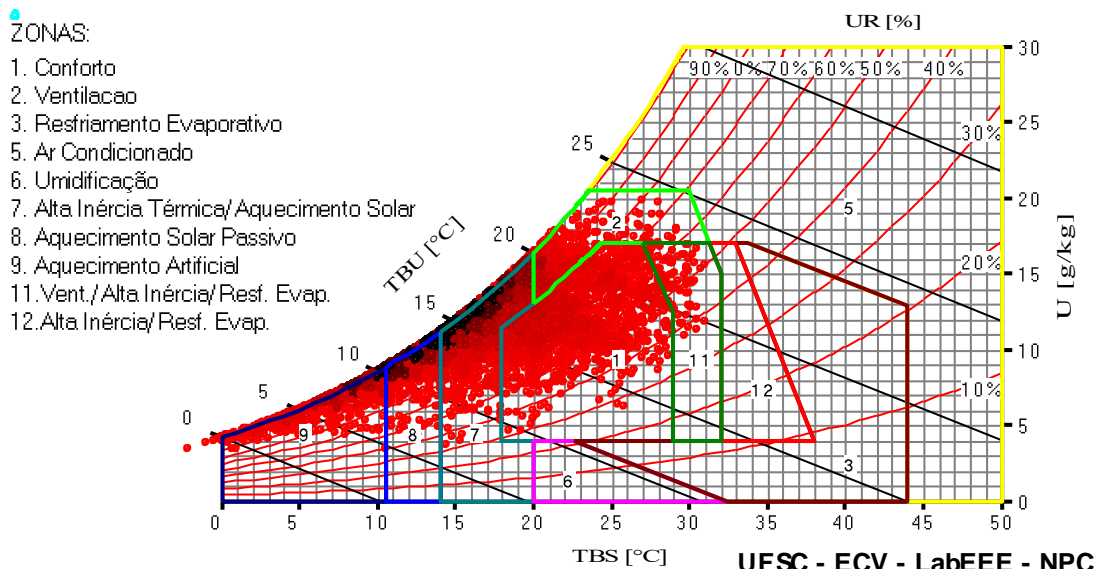


Figura 2: Carta Bioclimática de Curitiba/ PR.

Fonte: Software Analysis BIO, LabEEE/ UFSC (2016).

Nas Tabelas 2 e 3 seguem as indicações de estratégias do programa Analysis BIO para a cidade de Curitiba/ PR:

Tabela 2: Estratégias Bioclimáticas para Curitiba/ PR.

ESTRATÉGIAS		%	
CONFORTO		20,00	
DESCONFORTO	CALOR	VENTILAÇÃO	6,84
		ALTA INÉRCIA PARA RESFRIAMENTO	1,02
		RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	1,02
		AR CONDICIONADO	0,00
		SOMBREAMENTO	23,20
DESCONFORTO	FRIO	ALTA INÉRCIA TERMICA/AQUECIMENTO SOLAR	42,50
		AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO	18,90
		AQUECIMENTO ARTIFICIAL	11,80
		UMIDIFICAÇÃO	0,00

Fonte: dados extraídos do Software Analysis BIO, LabEEE/ UFSC (2016).

Tabela 3: Proporção por Zona Bioclimática para Curitiba/ PR.

ZONAS		%	%	%
CONFORTO				20,00
DESCONFORTO	CALOR	VENTILAÇÃO	5,80	
		VENTILAÇÃO/ ALTA INÉRCIA	0,00	
		VENTILAÇÃO/ALTA INÉRCIA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	1,00	
		ALTA INÉRCIA TÉRMICA P/ RESFRIAMENTO	0,00	6,80
		ALTA INÉRCIA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0,00	
		AR CONDICIONADO	0,00	80,00
		RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0,00	
	FRIO	ALTA INÉRCIA TERMICA/AQUECIMENTO SOLAR	42,50	
		AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO	18,90	73,20
		AQUECIMENTO ARTIFICIAL	11,80	
UMIDIFICAÇÃO		0,00		

Fonte: dados extraídos do Software Analysis BIO, LabEEE/ UFSC (2016).

Tabela 4: Amplitude Térmica para Curitiba/ PR.

AMPLITUDES	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
JANEIRO	14/1 14,00	10,40	10/1 4,80
FEVEREIRO	22/2 13,80	8,90	12/2 3,00
MARÇO	15/3 17,50	9,53	25/3 3,70
ABRIL	19/4 14,50	7,78	3/4 2,00
MAIO	5/5 19,10	10,40	24/5 1,90
JUNHO	10/6 18,10	9,60	24/6 2,00
JULHO	14/7 19,20	11,30	7/7 3,40
AGOSTO	4/8 21,40	11,00	19/8 2,70
SETEMBRO	5/9 24,10	11,00	13/9 2,20
OUTUBRO	14/10 16,20	8,29	29/10 2,60
NOVEMBRO	26/11 14,10	8,20	19/11 2,90
DEZEMBRO	17/12 14,00	9,00	23/12 2,60

Fonte: dados extraídos do Software Analysis BIO, LabEEE/ UFSC (2016).

2.5 ABNT NBR 15220

Em 2005, a Associação de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR 15220 com o título geral “Desempenho térmico de edificações”, indo da parte 1 a 5: 1) “Definições, símbolos e unidades”; 2) “Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações”; 3)

“Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”; 4) “Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida”; 5) “Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico” (NBR 15220-1, 2005).

Na sua parte 3, a Carta Bioclimática de Givoni foi adaptada para o Brasil e com isso, o país foi classificado em oito zonas com características climáticas parecidas e as principais diretrizes bioclimáticas para se atingir o conforto térmico de forma passiva foram determinadas. Em algumas regiões foram usadas as medições das normais climatológicas e em outras foram feitas interpolações estimando dados climáticos (NBR 15220-1, 2005).

Para definição das diretrizes construtivas, os seguintes parâmetros foram levados em consideração (NBR 15220-3, 2005): 1) Dimensões das aberturas para ventilação; 2) Proteção das aberturas; 3) Vedações externas (parede e cobertura); 4) Estratégias de condicionamento térmico passivo.

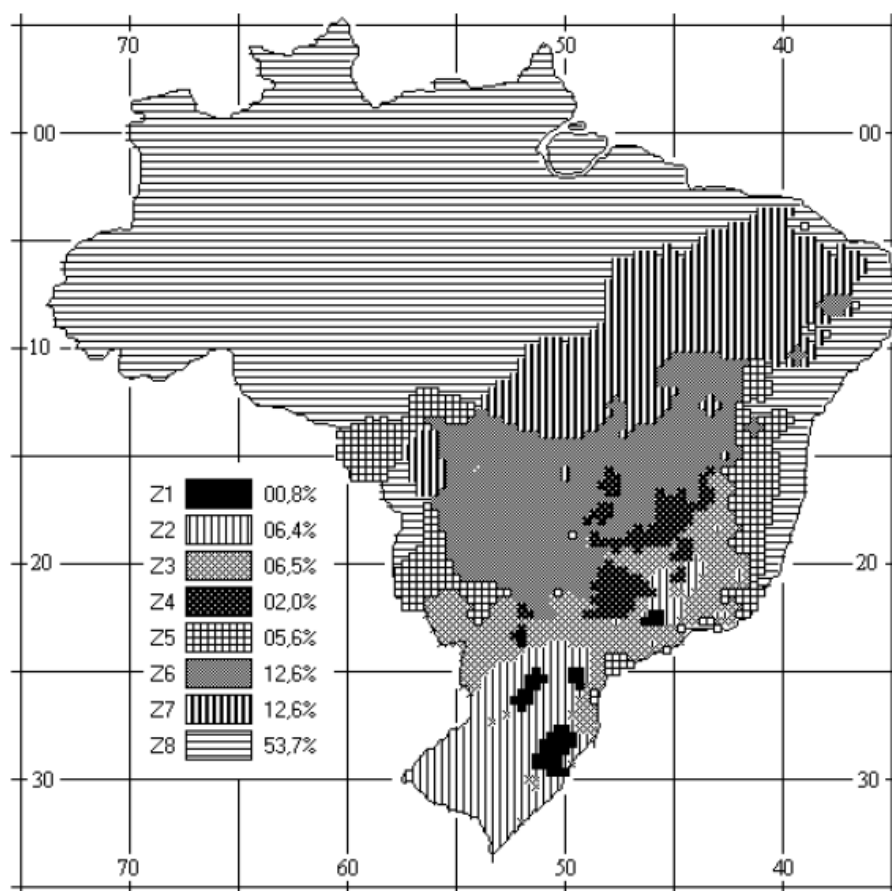


Figura 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

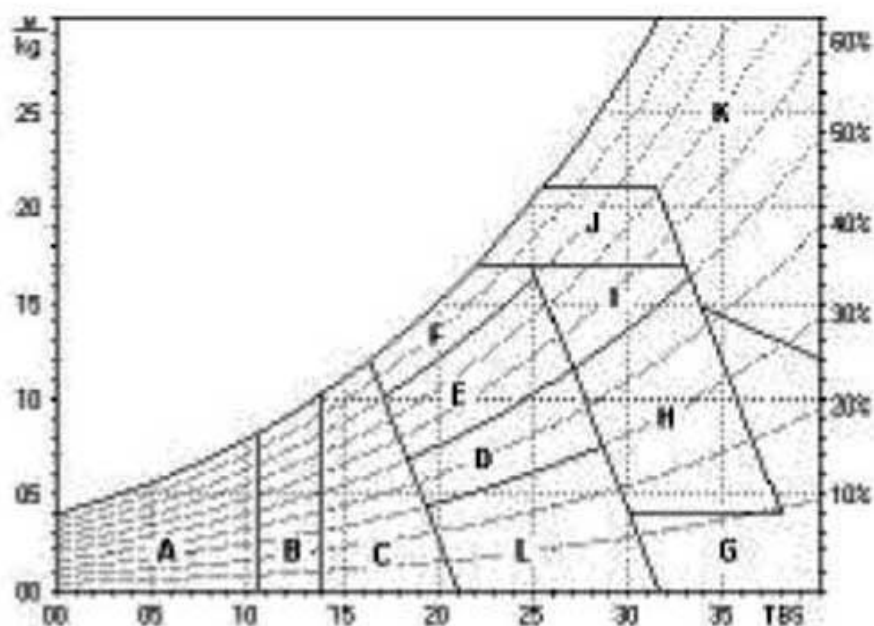


Figura 4: Carta Bioclimática adaptada.
Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

Curitiba faz parte da Zona Bioclimática 1 e as principais diretrizes de projeto para essa zona são janelas de tamanho médio, isolamento da cobertura, paredes e coberturas com inércia térmica leve e por último, aproveitar a insolação no inverno.



Figura 5: Zona Bioclimática 1.
Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

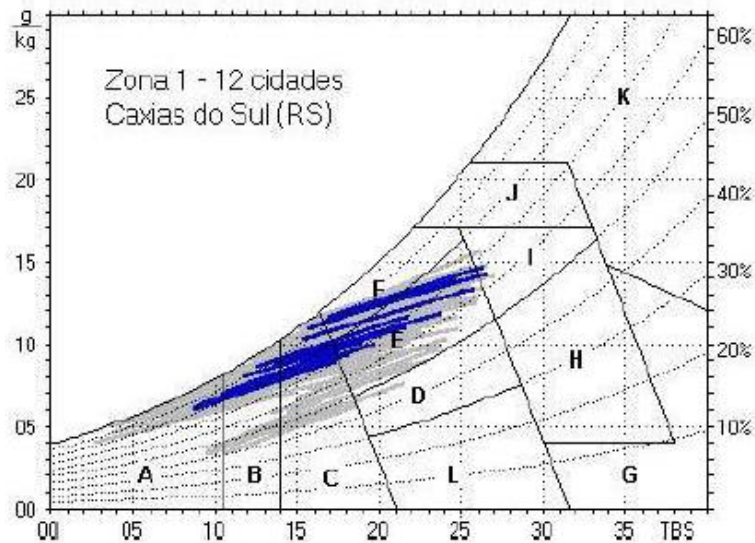


Figura 6: Carta Bioclimática com Normais Climatológicas da Zona 1 (Caxias do Sul/ RS).
 Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

Quadro 6: Aberturas para ventilação e sombreamento para Zona Bioclimática 1.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o período frio

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

Quadro 7: Tipos de vedações externas para Zona Bioclimática 1.

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

Quadro 8: Estratégias de condicionamento térmico passivo para Zona Bioclimática 1.

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015).

No Quadro 9 é possível verificar todas as estratégias para as oito Zonas Bioclimáticas brasileiras. As recomendações para a cidade de Curitiba são A, B, C e D.

Quadro 9: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015), adaptada pela autora.

No Quadro 10 é possível verificar as diretrizes para aberturas. Para a cidade de Curitiba são recomendadas aberturas médias.

Quadro 10: Aberturas para ventilação.

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	10% < A < 15%
Médias	15% < A < 25%
Grandes	A > 40%

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2015), adaptada pela autora.

No Quadro 11 encontram-se as diretrizes recomendadas para paredes externas e coberturas. A norma não oferece uma diretriz construtiva específica para paredes internas, mas nas estratégias de condicionamento térmico passivo a recomendação é vedações internas pesadas (Quadro 8), com isso foi considerado o valor localizado nas recomendações para vedações externas (Quadro 11). Para Curitiba usa-se paredes externas leves e internas pesadas, enquanto a cobertura é leve isolada.

Quadro 11: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor admissíveis para cada tipo de vedação.

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - ϕ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\phi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2005), adaptada pela autora.

2.6 ABNT NBR 15575

Esta norma publicada pela ABNT em 2008, apenas entrou em vigor em 2013, pois precisou ser revisada. Seu título geral é “Edificações Habitacionais – Desempenho” e se divide em seis partes: 1) “Requisitos Gerais”; 2) “Requisitos para os sistemas estruturais”; 3) “Requisitos para os sistemas de pisos”; 4) “Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas”; 5) “Requisitos para os sistemas de coberturas”; 6) “Requisitos para os sistemas hidrossanitários” (NBR 15575-1, 2013).

O seu objetivo é atender as necessidades dos usuários (segurança, habitabilidade e sustentabilidade) em edificações habitacionais e seus sistemas construtivos de forma adequada, priorizando o seu desempenho durante o uso. Para avaliar corretamente sua eficiência foram definidos requisitos qualitativos, critérios quantitativos e métodos de avaliação que englobam análises de projetos, ensaios laboratoriais, protótipos e simulação computacional (NBR 15575-1, 2013).

A Norma de Desempenho integrou várias outras normas existentes de forma coerente, chamando atenção para expectativa de vida útil, desempenho, eficiência, sustentabilidade e manutenção (CAU-BR, 2016).

Considera-se que desempenho deve atingir os requisitos mínimos (M), mas também pode atingir o intermediário (I) ou o superior (S). O Desempenho Térmico pode ser avaliado de forma simplificada (normativo), medições (informativo) ou simulação computacional. Quando o método simplificado tiver um resultado insatisfatório sugere-se o uso da simulação

computacional, sendo que o programa recomendado é o EnergyPlus ou então algum programa validado pela ASHRAE Standard 140/2004. A norma estabelece que as edificações habitacionais necessitam atender as recomendações da NBR 15220-3 para cada Zona Bioclimática (NBR 15575-1, 2013).

No verão a temperatura máxima diária interna deve ser menor ou igual à temperatura máxima diária externa (Quadro 12). Já no inverno a temperatura mínima diária interna deve ser maior ou igual à temperatura mínima diária externa adicionando 3°C (Quadro 13). Relembrando que a cidade de Curitiba está inserida na Zona Bioclimática 1 (NBR 15575-1, 2013).

Quadro 12: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

Nível de desempenho	Critério
	Zonas 1 a 7
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
Ti,max é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; Te,max é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.	

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013), adaptada pela autora.

Quadro 13: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.

Nível de desempenho	Critério
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3o C)$
Ti,min é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; Te,min é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.	

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013), adaptada pela autora.

A parte 4 da NBR 15575 tem como título "Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE". Estes se incorporam com os outros elementos da edificação influenciando diretamente no desempenho da habitação (NBR 15575-4, 2013).

A parte 5 da NBR 15575 tem como título "Requisitos para sistemas de coberturas", abreviado para SC. Estes contribuem para saúde e conforto do usuário e também para proteção da própria edificação, interferindo em outros sistemas. Também é um dos elementos

que mais recebe radiação solar, influenciando diretamente no conforto térmico interno e no consumo de energia, no caso de se utilizar condicionamento artificial de ar (NBR 15575-5, 2013).

As SVVIE foram avaliadas da forma simplificada, procurando alcançar transmitância térmica (Quadro 14) e capacidade térmica (Quadro 15) que possibilite um desempenho térmico mínimo de acordo com a ABNT NBR 15220-3 (NBR 15575-4, 2013).

Quadro 14: Transmitância térmica de paredes externas.

Transmitância Térmica U		
W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α ^a ≤ 0,6	α ^a > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

^a α é absortância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013), adaptada pela autora.

Quadro 15: Capacidade térmica de paredes externas.

Capacidade térmica (CT)	
kJ / m ² .K	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013), adaptada pela autora.

Os ambientes de longa permanência devem ter aberturas com dimensões que proporcionem ventilação interna adequada (Quadro 16).

Quadro 16: Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
	Aberturas médias	Aberturas grandes
Mínimo	A ≥ 7% da área de piso	A ≥ 12 % da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL A ≥ 8 % da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL

Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013), adaptada pela autora.

Os SC também foram avaliados da forma simplificada, procurando atingir transmitância térmica e absorvância à radiação solar (Quadro 17) que permita um desempenho térmico mínimo de acordo com a ABNT NBR 15220-3. (NBR 15575-5, 2013).

Quadro 17: Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica.

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
$U \leq 2,30$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FV	$U \leq 1,5$ FV
α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura. NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.				

Fonte: ABNT NBR 15575-5 (2013), adaptada pela autora.

2.7 SELO CASA AZUL

O Selo Casa Azul foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar e então, publicado pela Caixa Econômica Federal em 2010. A adesão é voluntária, pode ser aplicado em todos os tipos de projetos habitacionais e tem como intenção trazer características sustentáveis para habitações levando em conta a realidade brasileira. É um instrumento de classificação socioambiental e leva em conta a eficiência aplicadas ao uso, ocupação e manutenção (CEF, 2010).

Possui 53 critérios divididos em 6 categorias, podendo atingir três níveis de gradação: Bronze, Prata e Ouro. O guia é dividido em duas partes, sendo que a primeira fala dos impactos socioambientais da construção civil e a segunda parte explica cada critério. As categorias avaliadas nas edificações são qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais. O cumprimento dos critérios além de serem verificados durante o projeto, também são durante vistorias e medições na execução da obra (CEF, 2010).

Quadro 18: Categorias, critérios e classificação.

QUADRO RESUMO – CATEGORIAS, CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO						
CATEGORIAS/CRITÉRIOS		CLASSIFICAÇÃO				
		BRONZE	PRATA	OURO		
1. QUALIDADE URBANA						
1.1	Qualidade do Entorno - Infraestrutura	obrigatório				
1.2	Qualidade do Entorno - Impactos	obrigatório				
1.3	Melhorias no Entorno					
1.4	Recuperação de Áreas Degradadas					
1.5	Reabilitação de Imóveis					
2. PROJETO E CONFORTO						
2.1	Paisagismo	obrigatório				
2.2	Flexibilidade de Projeto					
2.3	Relação com a Vizinhança					
2.4	Solução Alternativa de Transporte					
2.5	Local para Coleta Seletiva	obrigatório				
2.6	Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	obrigatório				
2.7	Desempenho Térmico - Vedações	obrigatório				
2.8	Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	obrigatório				
2.9	Iluminação Natural de Áreas Comuns					
2.10	Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros					
2.11	Adequação às Condições Físicas do Terreno					
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA						
3.1	Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	obrigatório p/ HIS - até 3 s.m.	critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha		
3.2	Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	obrigatório				
3.3	Sistema de Aquecimento Solar					
3.4	Sistemas de Aquecimento à Gás					
3.5	Medição Individualizada - Gás	obrigatório				
3.6	Elevadores Eficientes					
3.7	Eletrodomésticos Eficientes					
3.8	Fontes Alternativas de Energia					
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS						
4.1	Coordenação Modular					
4.2	Qualidade de Materiais e Componentes	obrigatório				
4.3	Componentes Industrializados ou Pré-fabricados					
4.4	Formas e Escoras Reutilizáveis	obrigatório				
4.5	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	obrigatório				
4.6	Concreto com Dosagem Otimizada					
4.7	Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)					
4.8	Pavimentação com RCD					
4.9	Facilidade de Manutenção da Fachada					
4.10	Madeira Plantada ou Certificada					
5. GESTÃO DA ÁGUA						
5.1	Medição Individualizada - Água	obrigatório				
5.2	Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	obrigatório				
5.3	Dispositivos Economizadores - Arejadores					
5.4	Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão					
5.5	Aproveitamento de Águas Pluviais					
5.6	Retenção de Águas Pluviais					
5.7	Infiltração de Águas Pluviais					
5.8	Áreas Permeáveis	obrigatório				
6. PRÁTICAS SOCIAIS						
6.1	Educação para a Gestão de RCD	obrigatório				
6.2	Educação Ambiental dos Empregados	obrigatório				
6.3	Desenvolvimento Pessoal dos Empregados					
6.4	Capacitação Profissional dos Empregados					
6.5	Inclusão de trabalhadores locais					
6.6	Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto					
6.7	Orientação aos Moradores	obrigatório				
6.8	Educação Ambiental dos Moradores					
6.9	Capacitação para Gestão do Empreendimento					
6.10	Ações para Mitigação de Riscos Sociais					
6.11	Ações para a Geração de Emprego e Renda					

Fonte: CEF (2010) adaptada pela autora.

Na “Categoria 2 – Projeto e Conforto”, o guia recomenda que os projetos respeitem as características regionais do local que serão implantados, bem como as necessidades dos usuários. Cada condição climática exige soluções diferentes, por isso é importante levar em conta características climáticas, orientação solar, ventos dominantes, umidade, iluminação natural e entorno para se tirar proveito evitando condicionadores de ar. A edificação deve ter o papel regulador entre externo e interno, possuir estratégias passivas para ter um bom desempenho térmico (CEF, 2010).

O Selo Casa Azul divide o clima em três escalas: macroclima, mesoclima e microclima. O macroclima refere-se a nível regional e a instrução é usar os dados das Normais climatológicas publicadas pelo INMET. Na escala mesoclimática o nível é mais próximo da edificação e sofre influência do relevo, vegetação, cidades, etc. O microclima é aquele que pode ser concebido ou alterado pelo arquiteto (CEF, 2010).

Dentro da Categoria 2 existem dois itens referentes a conforto térmico: “2.7. Desempenho térmico – vedações” e “2.8. Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos”. Esses itens são uma compilação das NBR 15220 e a NBR 15575 para os requisitos das vedações a serem usadas (CEF, 2010).

Alguns critérios do guia foram revisados em 2014 por estarem muito restritivos em comparação a NBR 15575 e ao Procel Edifica Residencial, entre eles estão os itens 2.7. e 2.8 (CEF, 2014).

O item 2.7. é um critério obrigatório e trata das soluções construtivas e materiais utilizados conforme a Zona Bioclimática que a edificação estiver localizada. A orientação é empregar a NBR 15220 e a NBR 15575 para especificar paredes e coberturas adequadas. As exigências relacionadas as paredes internas foram eliminadas e percentuais de ventilação foram reduzidos após a revisão (Tabelas 23, 24, e 25) (CEF, 2010; CEF, 2014).

O item 2.8. trata da implantação da edificação conforme a orientação do sol e os ventos predominantes. Recomenda-se usar a NBR 15220 e também cita a Carta de Givoni, fazendo comparação entre as Cartas Bioclimáticas de cada uma delas. Após a revisão, as estratégias de conforto retiradas da NBR 15220 deixaram de ser obrigatórias. Na Zona Bioclimática 1 ainda é obrigatório atender a orientação solar adequada, não podendo ter cômodos de longa permanência voltados para o Sul (Tabela 26) (CEF, 2010; CEF, 2014).

No guia são fornecidos a localização das principais cidades em cada Zona Bioclimáticas, assim como na NBR 15220, e tabelas com a compilação entre a NBR 15220 e a NBR 15575. Nos Quadros 19 e 20 seguem os critérios a serem cumpridos para a Zona Bioclimática 1, onde Curitiba está localizada. A diretriz de Capacidade Térmica para Paredes Internas foi eliminada após a revisão.

Quadro 19: Vedações.

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	PAREDES EXTERNAS		PAREDES INTERNAS	COBERTURA
	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U)	CAPACIDADE TÉRMICA (CT)	CAPACIDADE TÉRMICA (CT)	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U)
1	$U \leq 2,5$	$CT \geq 130$	$CT \geq 130$ (eliminada após revisão)	$U \leq 2,30$

Fonte: CEF (2010), adaptada pela autora.

Quadro 20: Vedações – Paredes.

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	PAREDES EXTERNAS	PAREDES INTERNAS
	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U) + CAPACIDADE TÉRMICA (CT)	CAPACIDADE TÉRMICA (CT)
1	Paredes que atendam aos critérios do Quadro 19 para qualquer cor.	Paredes que atendam aos critérios do Quadro 19 para qualquer cor. (eliminada após revisão)

Fonte: CEF (2010), adaptada pela autora.

Na Quadro 21 é possível observar que a áreas das aberturas era anteriormente especificada conforme o cômodo, após a revisão todas reduziram para o mesmo valor. As outras especificações foram mantidas.

Quadro 21: Vedações – Aberturas e Coberturas.

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ABERTURAS				SOMBREAMENTO	COBERTURA
	VENTILAÇÃO			ILUMINAÇÃO		
	SALAS	DORMITÓRIOS	COZINHAS			
1	Abertura $A \geq 10\%$ após revisão alterada para: Abertura $A \geq 7\%$	Abertura $A \geq 8\%$ após revisão alterada para: Abertura $A \geq 7\%$	Abertura Média $A \geq 8\%$ após revisão alterada para: Abertura $A \geq 7\%$	Abertura $A \geq 16\%$ após revisão alterada para: Abertura $A \geq 7\%$	Obrigatório proteção nos dormitórios, com dispositivo de controle que permita insolação no inverno e abertura total da área para iluminação	Coberturas que atendam aos critérios do Quadro 19 para qualquer cor.
					Obrigatório proteção nos dormitórios e recomendável nas salas quando adotada porcentagem de ventilação somente por área de janela e vidro. Os dispositivos de proteção/ sombreamento devem permitir abertura total da área para iluminação.	Coberturas que atendam aos critérios do Quadro 19 com cores claras (absortância < 0.6) (branca, amarela, verde claro e cinza claro) ou Coberturas que atendam aos critérios do Quadro 19 com cores escuras (absortância > 0.6) com isolante térmico.

Fonte: CEF (2010), adaptada pela autora.

As estratégias a serem adotadas encontram-se descritas no Quadro 22.

Quadro 22: Estratégias.

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIAS	
1	INVERNO	B) AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO – a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir a insolação dos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios).
		C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido. Obs.: o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.

Fonte: CEF (2010), adaptada pela autora.

2.8 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS – RTQ-R

O RTQ-R foi publicado em 2010 pelo INMETRO e foi atualizado em 2012, esse determina requisitos técnicos e métodos de classificação residencial, busca criar um método de etiquetagem conforme os níveis de eficiência energética residencial. As edificações devem atender as normas da ABNT (INMETRO, 2012).

As classificações se dividem em Unidades Habitacionais Autônomas (UH), Edificações Unifamiliares, Edificações Multifamiliares e Áreas de Uso Comum de edificações Multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais. Quando houver mais de uma unidade habitacional é obrigatório que a medição de eletricidade e água seja individualizadas (INMETRO, 2012).

As casas selecionadas se enquadram no item Edificações Multifamiliares, onde é realizado uma média da classificação de cada unidade habitacional autônoma. A envoltória, sistema de aquecimento de água e algumas bonificações são avaliados (INMETRO, 2012; OLIVEIRA, 2015).

Na Tabela 5 é possível visualizar os níveis de classificação e as pontuações. É feito um cálculo onde são considerados equivalentes numéricos para os níveis de eficiência para cada requisito.

Tabela 5: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.

NÍVEL DE EFICIÊNCIA	EqNum	PONTUAÇÃO (PT)
A	5	$PT \geq 4,5$
B	4	$3,5 \leq PT < 4,5$
C	3	$2,5 \leq PT < 3,5$
D	2	$1,5 \leq PT < 2,5$
E	1	$PT < 1,5$

Fonte: INMETRO (2012), adaptada pela autora.

O cálculo é:

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1-a) \times EqNumAA] + \text{Bonificações}$$

PT_{UH} : pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma; a : coeficiente adotado de acordo com a localização da edificação; $EqNumEnv$: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente, $EqNumAA$: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água; Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação (INMETRO, 2012).

Para transmitância térmica, capacidade térmica e absorptância em ambientes de permanência prolongada são usadas as Zonas Bioclimáticas, conforme a NBR 15220 e a NBR 15575. Se esse pré-requisito não for atendido o nível máximo atingido é o C. Na Tabela 6 é possível visualizar os pré-requisitos para a Zona Bioclimática 1 (INMETRO, 2012).

Tabela 6: Pré-requisitos de absorptância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas, conforme NBR 15220 e NBR 15575.

ZONA BIOCLIMÁTICA	COMPONENTE	ABSORPTÂNCIA SOLAR (ADIMENSIONAL)	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA [W/(m ² K)]	CAPACIDADE TÉRMICA [kJ/(m ² K)]
ZB 1	PAREDE	SEM EXIGÊNCIA	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	COBERTURA	SEM EXIGÊNCIA	$U \leq 2,30$	SEM EXIGÊNCIA

Fonte: INMETRO (2012), adaptada pela autora.

Para ventilação em ambientes de permanência prolongada é usado o percentual da área do piso, conforme a NBR 15575. Se esse pré-requisito não for atendido o nível máximo atingido é o C. Para a Zona Bioclimática 1 é usado o percentual de 8% da área do piso e não é exigido ventilação cruzada. As cidades dessa Zona que possuem médias mensais das

temperaturas mínimas abaixo de 20°C, deve ter a possibilidade de fechamento das aberturas nos períodos mais frios (INMETRO, 2012).

Para avaliar a eficiência da envoltória em habitações com ventilação natural pelo método prescritivo é necessário avaliar uma série de fatores. Nesse método são determinados equivalentes numéricos para o desempenho térmico estabelecidos por equações. São considerados os ambientes de longa permanência conforme a Zona Bioclimática na qual a edificação está localizada (NBR 15220) (INMETRO, 2012; OLIVEIRA, 2015).

A avaliação do nível de eficiência da envoltória de habitações condicionadas artificialmente é de caráter informativo, mas deve ser calculada para todas as edificações. Nesse item são considerados apenas os dormitórios (INMETRO, 2012; OLIVEIRA, 2015).

No Quadro 23 seguem os fatores avaliados. Aqueles destacados em cinza são os usados para a Zona Bioclimática 1:

Quadro 23: Fatores considerados para cálculo da eficiência da envoltória.

Abl	existência de abertura voltada para o Leste	binária
AbN	existência de abertura voltada para o Norte	binária
AbO	existência de abertura voltada para o Oeste	binária
AbS	existência de abertura voltada para o Sul	binária
AAbL	área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Leste	m ²
AAbN	área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Norte	m ²
AAbO	área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Oeste	m ²
AAbS	área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Sul	m ²
APambL	área de parede externa do ambiente voltada para o Leste	m ²
APambN	área de parede externa do ambiente voltada para o Norte	m ²
APambO	área de parede externa do ambiente voltada para o Oeste	m ²
APambS	área de parede externa do ambiente voltada para o Sul	m ²
ApartInt	área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas	m ²
AUamb	área útil do ambiente analisado	m ²
acob	absortância da superfície externa da cobertura	adimensional
apar	absortância da superfície externa das paredes externas	adimensional
Caltura	coeficiente de altura, calculado pela razão entre o pé-direito e a área útil do ambiente	adimensional
cob	define se o ambiente possui fechamento superior voltado para o exterior (cobertura)	adimensional
CTalta	define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta (>250) considerando a média ponderada das CTs das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas	kJ/(m ² K)
Ctbaixa	define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica baixa (<50), considerando a média ponderada das CTs das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas	kJ/(m ² K)
CTcob	capacidade térmica da cobertura considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente	kJ/(m ² K)
CTpar	média ponderada da capacidade térmica das paredes externas e internas do ambiente pelas respectivas áreas	kJ/(m ² K)
Fvent	fator dado entre a relação da abertura para ventilação e a abertura do vão	adimensional
isol	variável que representa a existência de isolamento nas paredes externas e coberturas	binária
PambL	existência de parede externa do ambiente voltada para o Leste	binária
PambN	existência de parede externa do ambiente voltada para o Norte	binária
PambO	existência de parede externa do ambiente voltada para o Oeste	binária

Quadro 23: Fatores considerados para cálculo da eficiência da envoltória (continuação).

PambS	existência de parede externa do ambiente voltada para o Sul	binária
PD	pé-direito do ambiente analisado	m ²
pil	define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis	binária
solo	define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terrapleno)	binária
SomAparext	somatório das áreas de parede externa do ambiente	m ²
Ucob	transmitância térmica da cobertura, considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente	W/(m ² K)
Upar	transmitância térmica da parede, considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente	W/(m ² K)
Uvid	transmitância térmica do vidro	W/(m ² K)
vid	indica a existência de vidro duplo no ambiente	binária
Somb	define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas	adimensional
GHR	Indicador de graus-hora para resfriamento é a diferença entre a temperatura operativa horária (valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média do ambiente) e a temperatura de base de referência de 26°C.	°C.h
CA	Consumo relativo para aquecimento é o consumo anual de energia por metro quadrado necessário para aquecimento do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 22°C.	kWh/m ² .ano
CR	Consumo relativo para refrigeração é o consumo anual de energia por metro quadrado necessário para refrigeração do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 24°C.	kWh/m ² .ano

Fonte: INMETRO (2012), adaptada pela autora.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento da Zona Bioclimática 1 são:

Tabela 7: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento para a Zona Bioclimática 1.

EFICIÊNCIA	EqNumEnvAmbResfr	CONDIÇÃO
A	1	GHR ≤ 143
B	2	143 < GHR ≤ 287
C	3	287 < GHR ≤ 430
D	4	430 < GHR ≤ 574
E	5	GHR > 574

Fonte: INMETRO (2012), adaptada pela autora.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para aquecimento da Zona Bioclimática 1 são:

Tabela 8: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento para a Zona Bioclimática 1.

EFICIÊNCIA	EqNumEnvAmbA	CONDIÇÃO (kWh/m ² .ano)
A	1	CA ≤ 16,700
B	2	16,700 < CA ≤ 33,400
C	3	33,400 < CA ≤ 50,099
D	4	50,099 < CA ≤ 66,799
E	5	CA > 66,799

Fonte: INMETRO (2012), adaptada pela autora.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente artificialmente condicionado para refrigeração da Zona Bioclimática 1 são:

Tabela 9: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração para a Zona Bioclimática 1.

EFICIÊNCIA	EqNumEnvAmbRefrig	CONDIÇÃO (kWh/m ² .ano)
A	1	$CR \leq 0,713$
B	2	$0,713 < CR \leq 1,426$
C	3	$1,426 < CR \leq 2,138$
D	4	$2,138 < CR \leq 2,851$
E	5	$CR > 2,851$

Fonte: INMETRO (2012), adaptada pela autora.

Também é possível calcular o desempenho da envoltória pelo método de simulação computacional. É necessário modelar a edificação e realizar simulações nas condições de ventilação natural e na de condicionamento artificial. Os pré-requisitos de ventilação e iluminação natural devem ser atendidos (INMETRO, 2012).

O programa usado para simulação computacional deve estar de acordo ASHRAE Standard 140/ 2004. Devem ser utilizados os arquivos climáticos fornecidos pela Etiquetagem de Edifícios do Procel Info em formato TRY e TMY ou pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, considerando a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada (NBR15220) (INMETRO, 2012).

Existem as bonificações que podem aumentar pontos na classificação geral. Para ventilação natural as habitações até dois pavimentos que comprovarem 20% de porosidade em pelo menos duas fachadas diferentes que contenham dispositivos para controle de incidência de sol ganham bonificação (INMETRO, 2012).

O guia também fornece um método para calcular o dimensionamento de dispositivos para proteção solar para cômodos de permanência prolongada através de cartas solares (INMETRO, 2012).

3 METODOLOGIA

O método desse trabalho é o estudo de caso de três residências contemporâneas localizadas em Curitiba/PR, projetadas por uma empresa de grande porte na cidade, principalmente nos bairros onde os exemplares estão localizados, Santa Felicidade e São Braz.

Através de uma avaliação de desempenho térmico dessas residências será possível ter noções de como as novas edificações podem ter menor gasto energético e maior conforto térmico para o usuário.

A pesquisa divide-se em etapas. A primeira é a revisão bibliográfica aonde os principais métodos e normas aplicadas no Brasil foram analisados direcionando as diretrizes para Curitiba/ PR. A segunda é a análise de três residências atuais localizadas na capital paranaense através de uma estratégia de avaliação de desempenho térmico usado com edificações históricas em outra pesquisa⁶. E a terceira é a comparação do resultado da avaliação das residências históricas do trabalho anterior com o resultado da avaliação das residências atuais do presente trabalho.

3.1 LOCALIZAÇÃO

Curitiba está a 917 m de altitude, é a capital do Paraná. Segundo o site do IBGE tem estimativa de alcançar uma população de 1.893.997 habitantes em 2016. Santa Felicidade é uma regional da cidade formada por 12 bairros, entre eles o bairro Santa Felicidade e o bairro São Braz.

O bairro de Santa Felicidade originou-se em 1878 com imigração italiana e se estendeu em várias regiões vizinhas. Sua principal economia era a agrícola e a criação de animais. A produção era levada até a “cidade” através da Avenida Manoel Ribas. É um bairro que foi incorporado a malha urbana de Curitiba, mas mantendo sua essência da antiga colônia italiana. É um bairro que possui uma densidade demográfica mais baixa que a média e uma proporção maior de pessoas morando em casas do que a média de Curitiba (IPPUC, 2015).

⁶TESSARI, R. *Avaliação bioclimática de residências históricas em Curitiba*. Curitiba, 2014.

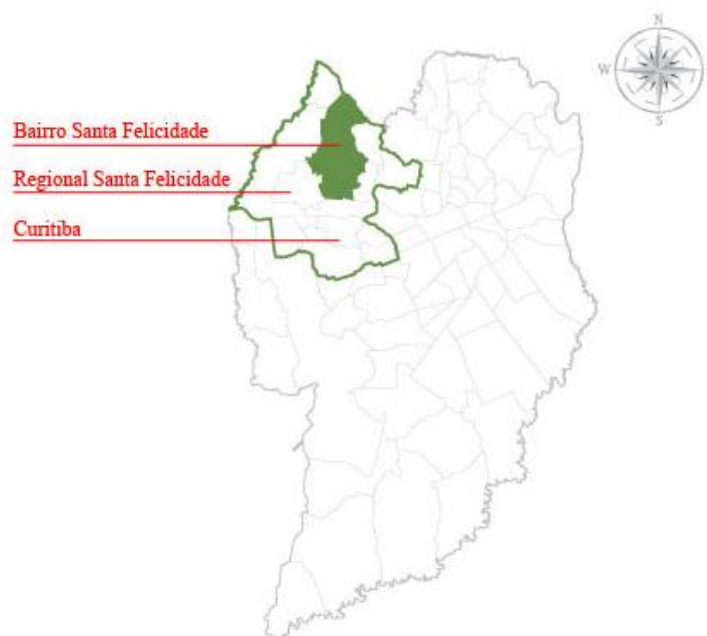


Figura 7: Localização do Bairro Santa Felicidade em Curitiba/ PR.
Fonte: IPPUC (2015), adaptada pela autora.

O bairro São Braz é localizado ao Noroeste de Curitiba a cerca de 10 km do centro, é um dos bairros mais antigos da cidade. Possuía uma vida rural até os anos 70, quando as chácaras locais começaram a ser loteadas e o bairro passou a ser integrar à malha urbana. É um bairro que possui uma densidade demográfica maior que a média e uma proporção maior de pessoas morando em casas do que a média da cidade (IPPUC, 2016).

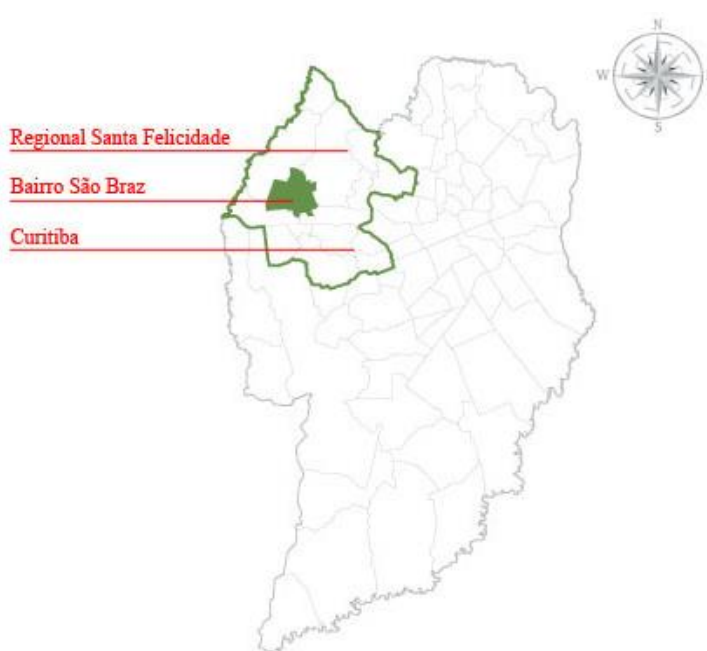


Figura 8: Localização do Bairro São Braz em Curitiba/ PR.
Fonte: IPPUC (2015), adaptada pela autora.

Os estudos de caso foram renomeados para preservar a identidade da empresa escolhida. Eles são a Residência 01, a Residência 02 e a Residência 03, sendo que a primeira se localiza no Condomínio A e as duas últimas no Condomínio B.

O Condomínio A tem 26 unidades, possui em torno de 10 anos e já está consolidado. Fica localizado na Rua Carlos Benato, no bairro São Braz. O Condomínio B tem 64 unidades, com aproximadamente três anos, tem conceito de clube residencial. Ainda possui muitos terrenos vazios, mas a maioria dos projetos residenciais já estão prontos esperando para serem executados. As casas têm entre 180 m² e 250 m².

Os projetos e execução dos condomínios e residências foram feitos por uma empresa familiar sólida que possui mais de 50 anos de mercado. No início da sua história construía casas de madeira, depois se modernizou e se especializou em condomínios residenciais. Atualmente, possui mais de 40 condomínios construídos e trabalha principalmente com casas em condomínios, apartamentos e terrenos. Contribuiu consideravelmente para o desenvolvimento do bairro Santa Felicidade e região (informação verbal)⁷.

3.2 APLICAÇÃO

O método usado para avaliação bioclimática das residências foi uma síntese de estratégias projetuais conforme Tessari (2014) onde as Tabelas de Mahoney, Diagrama de Givoni, NBR 15220 e NBR 15575 foram consideradas.

Alguns critérios se repetem entre os métodos e normas, por isso foram selecionados os mais pertinentes.

⁷ Dados obtidos na própria empresa em maio de 2016.

Quadro 24: Lista das recomendações selecionadas.

Nº	Recomendações projetuais	Metodologia
1	IMPLANTAÇÃO	
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	TM
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	TM
2	VENTILAÇÃO	
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	TM
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	NBR 15220
3	ABERTURAS	
3.1	Tamanho das aberturas	
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar	TM
	Médias: $15\% < \text{Área} < 25\%$ da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)	NBR 15220
3.2	Posição das aberturas	
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	TM
3.3	Proteção	
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	TM
	Permitir sol durante o período frio	NBR 15220
4	PAREDES EXTERNAS	
	Leve	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 3,0$
		Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \leq 4,3$
		Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 5,0$
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : $CT \geq 130$	
	NBR 15575-4	
5	COBERTURAS	
	Leve isolada	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 2,0$
		Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \leq 3,3$
		Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 6,5$
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K)	
	Nível de Desempenho	
	M	$U \leq 2,3$
	I	$U \leq 1,5$
	S	$U \leq 1,0$
	NBR 15575-5	
6	CONDICIONAMENTO INTERNO	
	Aquecimento solar da edificação	NBR 15220
	Uso de aquecimento artificial será necessário	NBR 15220
	Parede Interna Pesada	Transmitância térmica - U (W/m ² .k) : $U \leq 2,2$
		Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \geq 6,5$
		Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 3,5$
	NBR 15220	

Fonte: TESSARI (2014).

4 ESTUDO DE CASO

No trabalho realizado por Tessari (2014) foram analisadas três residências do início do século XX de origem italiana. O Caso I é a Residência Família Strapasson, localizada no bairro Santa Felicidade, o Caso II é a Residência Família Escorsin, localizada no bairro São Braz e o Caso III é a Residência Família Pianaro conhecida como “Casa dos Contos”, também localizada no bairro Santa Felicidade (TESSARI, 2014).



Figura 9: Foto da residência Strapasson (Caso I).
Fonte: TESSARI (2014).



Figura 10: Foto da residência Escorsin (Caso II).
Fonte: TESSARI (2014).



Figura 11: Foto da Casa dos Contos (Caso III).
Fonte: TESSARI (2014).

Os resultados obtidos seguem no Quadro 25:

Quadro 25: Atendimento médio às estratégias pelos três estudos de caso.

Nº	Recomendações projetuais	Caso I	Caso II	Caso III	Metodologia
1	IMPLANTAÇÃO				
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	X			TM
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	X	X	X	TM
2	VENTILAÇÃO				
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	X	X	X	TM
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	X	X	X	NBR 15220
3	ABERTURAS				
3.1	Tamanho das aberturas				
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar			Desconsid.	TM
	Médias: 15% < Área < 25% da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)		X		NBR 15220
3.2	Posição das aberturas				
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	X	X	X	TM
3.3	Proteção				
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	X	X	X	TM
	Permitir sol durante o período frio	X	X	X	NBR 15220
4	PAREDES EXTERNAS				
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 3,0	X	X	X	NBR 15220
Leve	Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 4,3	X		X	
	Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 5,0	X	X	X	
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : CT ≥ 130	X	X	X	NBR 15575-4
5	COBERTURAS				
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 2,0	X	X	X	NBR 15220
Leve isolada	Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 3,3	X	X	X	
	Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 6,5	X	X	X	
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K)				NBR 15575-5
	Nível de Desempenho				
M	U ≤ 2,3	X		X	
I	U ≤ 1,5		X		
S	U ≤ 1,0				
6	CONDICIONAMENTO INTERNO				
	Aquecimento solar da edificação	X	X	X	NBR 15220
	Uso de aquecimento artificial será necessário				NBR 15220
	Transmitância térmica - U (W/m ² .k) : U ≤ 2,2				NBR 15220
Parede Interna	Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≥ 6,5				
Pesada	Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 3,5				
RESULTADOS		71%	67%	67%	

Fonte: TESSARI (2014).

As três residências contemporâneas analisadas estão localizadas em Curitiba/PR e foram projetadas por uma empresa de grande porte na cidade.

4.1 RESIDÊNCIA 01

A Residência 01 está localizada no Condomínio Residencial A já citado acima e seu projeto é de 2006. A área do terreno é de 645,00 m², a residência possui pavimento térreo com 224,00 m² e pavimento superior com 158,92 m² totalizando 382,92 m².



Figura 12: Foto Residência 01 localizada no Condomínio A.
Fonte: autora (2016).

1) IMPLANTAÇÃO: Atende parcialmente. O maior eixo da residência é o Norte-Sul, por isso as maiores fachadas estão voltadas para Leste-Oeste. Há vizinhos dos dois lados da edificação. Apesar de uma parte da residência estar muito próxima à vizinha não há comprometimento, pois, sua maior parte está a aproximadamente 4,00m de distância.

Quadro 26: Critérios para Implantação.

1	IMPLANTAÇÃO	
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	TM
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	TM

Fonte: a autora.

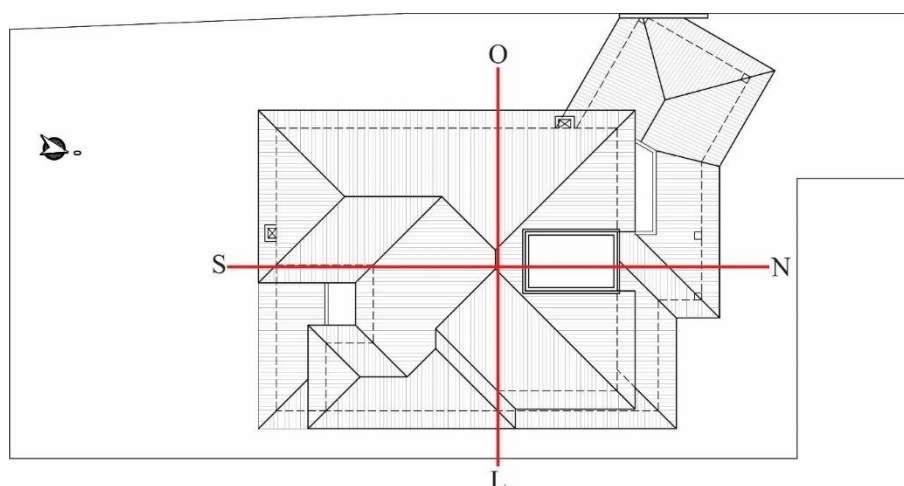


Figura 13: Implantação - Residência 01.
Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.

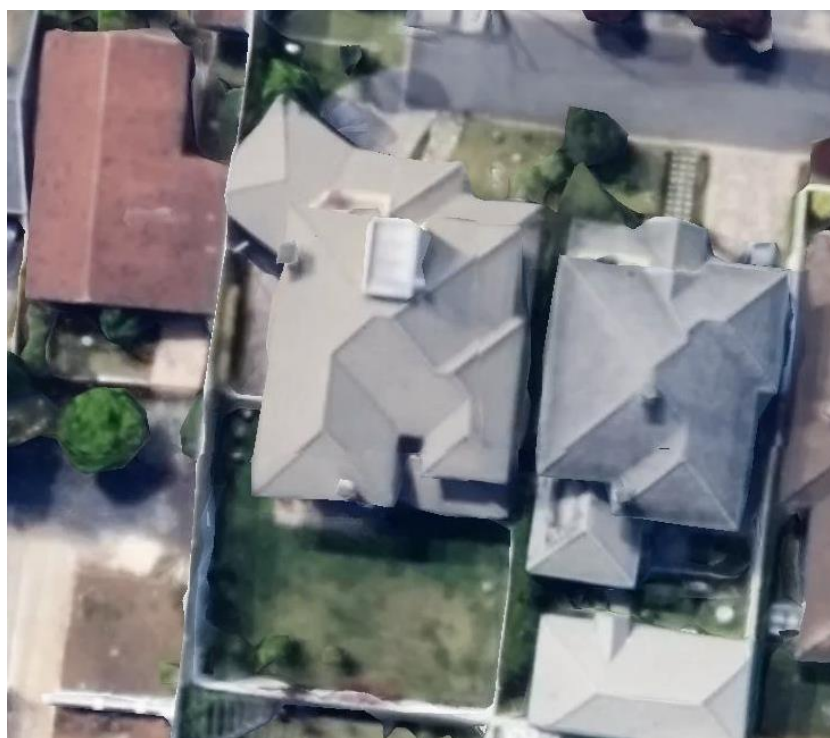


Figura 14: Foto Aérea – Residência 01.
Fonte: Google Earth (2016).

2) VENTILAÇÃO: Atende. O pavimento térreo e o superior os cômodos não estão em fila simples, mas a ventilação cruzada e a desumidificação são possíveis.

Quadro 27: Critérios para Ventilação.

2	VENTILAÇÃO	
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	TM
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	NBR 15220

Fonte: a autora.

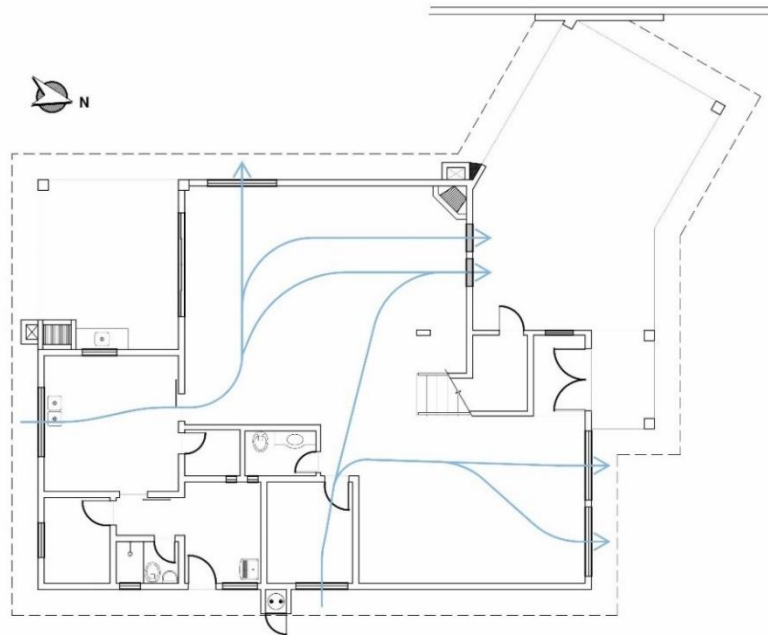


Figura 15: Ventilação do Pavimento Térreo – Residência 01.
Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.

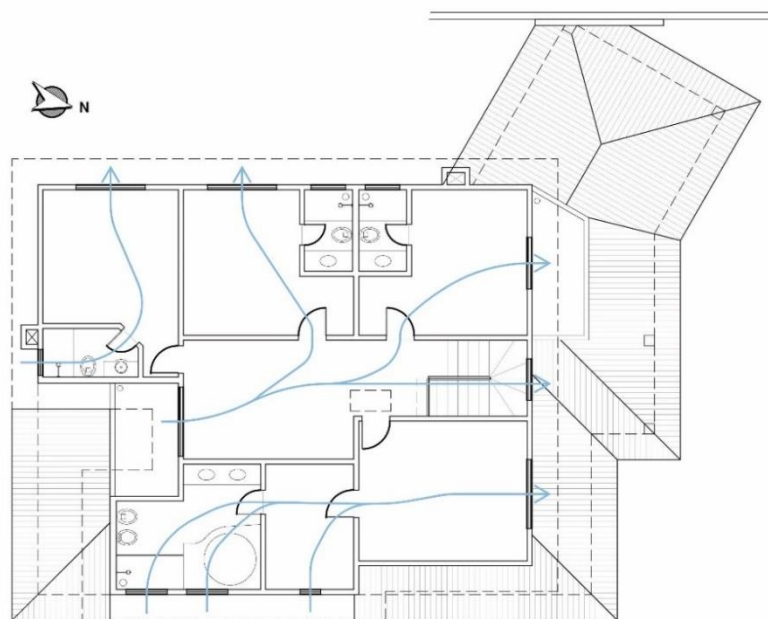


Figura 16: Ventilação do Pavimento Superior – Residência 01.
Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.

3) ABERTURAS: Atende parcialmente. Tanto na fachada Leste como na fachada Oeste a relação da área das aberturas com a área da fachada ficou bem abaixo do recomendado. Na relação da área das aberturas com a área dos ambientes, essa diretriz não foi atendida nas Suíte 2, 3 e 4, mas os cômodos restantes ficaram dentro do recomendado, sendo que na média essa diretriz foi atendida. As aberturas estão localizadas ao nível do ocupante e as janelas possuem persianas externas e internas.

Quadro 28: Critérios para Aberturas.

3	ABERTURAS	
3.1	Tamanho das aberturas	
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar	TM
	Médias: 15% < Área < 25% da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)	NBR 15220
3.2	Posição das aberturas	
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	TM
3.3	Proteção	
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	TM
	Permitir sol durante o período frio	NBR 15220

Fonte: a autora.

Tabela 10: Aberturas nas Fachadas - Residência 01.

FACHADA	ÁREA (m²)	ABERTURA (m²)	%
LESTE	91,36	4,84	5,30%
OESTE	91,36	11,00	12,04%
TOTAL	182,72	15,84	8,67%

Fonte: a autora (2016).

Tabela 11: Aberturas nos Cômodos - Residência 01.

AMBIENTE	ÁREA (m²)	VENILAÇÃO	
		ÁREA (m²)	%
SALA	86,67	16,40	18,92%
COZINHA	15,21	3,00	19,72%
SUÍTE 1	16,68	3,30	19,78%
SUÍTE 2	16,83	2,40	14,26%
SUÍTE 3	16,95	2,40	14,16%
SUÍTE 4	19,67	2,40	12,20%
TOTAL	172,01	29,90	17,38%

Fonte: a autora (2016).

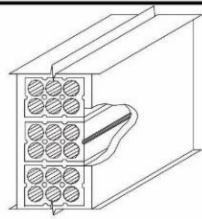
4) PAREDES EXTERNAS: Atende parcialmente. A transmitância e a capacidade térmica atenderam as diretrizes já o atraso térmico e o fator solar ficaram acima do recomendado.

Quadro 29: Critérios para Paredes Externas.

4	PAREDES EXTERNAS		
	Leve	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 3,0	NBR 15220
		Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 4,3	
		Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 5,0	
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : CT ≥ 130		NBR 15575-4

Fonte: a autora.

Quadro 30: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Externas) – Residência 01.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8	6,6

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005). O valor de absorvância (α) para cálculo do Fator solar (Fso) foi retirado da Portaria INMETRO n° 50/2013 para a pintura cor cinza.

Fonte: NBR 15220 (2005); Portaria INMETRO n° 50/2013, adaptada pela autora.


5) COBERTURAS: Atende parcialmente. O atraso térmico ficou acima do recomendado, mas a transmitância térmica e o fator solar atenderam a diretriz.

Quadro 31: Critérios para Coberturas.

5	COBERTURAS		
	Leve isolada	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 2,0	NBR 15220
		Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 3,3	
		Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 6,5	
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K)		NBR 15575-5
	Nível de Desempenho		
	M	U ≤ 2,3	
	I	U ≤ 1,5	
	S	U ≤ 1,0	

Fonte: a autora (2016).

Quadro 32: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Coberturas) – Residência 01.

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]	Fso [%]
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,92	113	3,6	6,14

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005).

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.

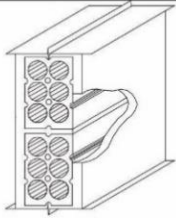
6) CONDICIONAMENTO INTERNO: Atende parcialmente. A casa não possui sistema de aquecimento artificial, mas dispõe de aquecimento solar passivo. A transmitância térmica ficou acima, o atraso térmico obteve um valor muito abaixo do recomendado e o fator solar atendeu a recomendação da diretriz.

Quadro 33: Critérios para Condicionamento Interno.

6			CONDICIONAMENTO INTERNO		
	Aquecimento solar da edificação		NBR 15220		
	Uso de aquecimento artificial será necessário		NBR 15220		
	Parede Interna Pesada	Transmitância térmica - U (W/m ² .k) : U ≤ 2,2	NBR 15220		
		Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≥ 6,5			
		Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 3,5			

Fonte: a autora (2016).

Quadro 34: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Internas) – Residência 01.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7	1,82

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005) para paredes com pintura branca.

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.

4.2 RESIDÊNCIA 02

A Residência 02 está localizada no Condomínio Residencial B também já citado. Seu projeto tem data de 2013 e ainda não foi executado. A área do terreno é de aproximadamente 310,00 m², a residência possui pavimento térreo com 136,43 m² e pavimento superior com 92,95 m².



Figura 17: Imagem Residência 02 localizada no Condomínio B.
Fonte: a própria construtora (2016).

1) **IMPLANTAÇÃO:** Atende parcialmente. Quase não há diferença entre eixo Leste-Oeste e o Norte-Sul. A Residência 02 ainda não foi construída, assim como um dos lotes vizinhos. Se forem consideradas apenas as residências existentes, elas estão afastadas aproximadamente 7,00m.

Quadro 35: Critérios para Implantação.

1	IMPLANTAÇÃO	
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	TM
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	TM

Fonte: a autora.

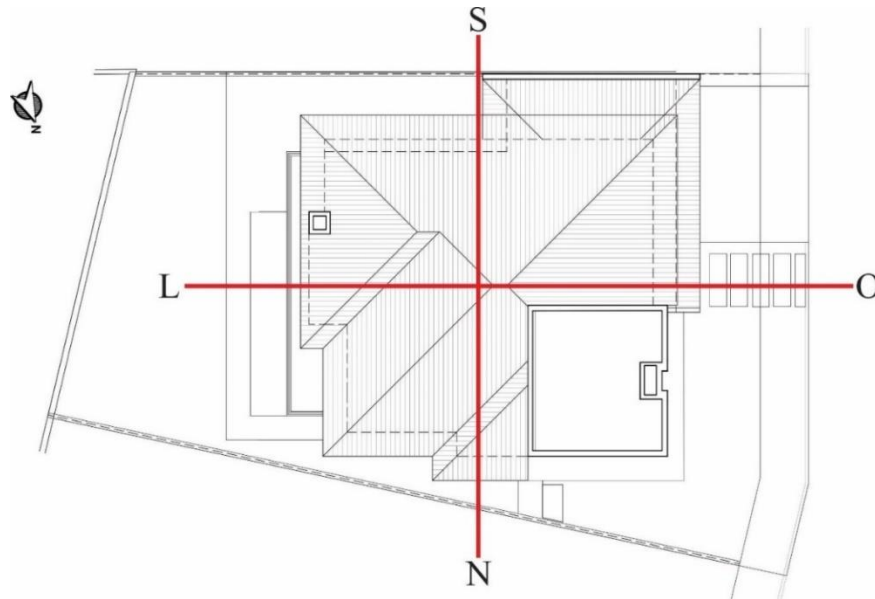


Figura 18: Implantação - Residência 02.
Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.



Figura 19: Foto Aérea – Residência 02.
Fonte: Google Earth (2016), adaptada pela autora.

2) VENTILAÇÃO: Não atende. No pavimento térreo algumas esquadrias são fixas, por isso não há ventilação em todo o pavimento. No pavimento superior os cômodos não estão em fila simples, mas a ventilação cruzada e a desumidificação são possíveis.

Quadro 36: Critérios para Ventilação.

2	VENTILAÇÃO	
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	TM
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	NBR 15220

Fonte: a autora.

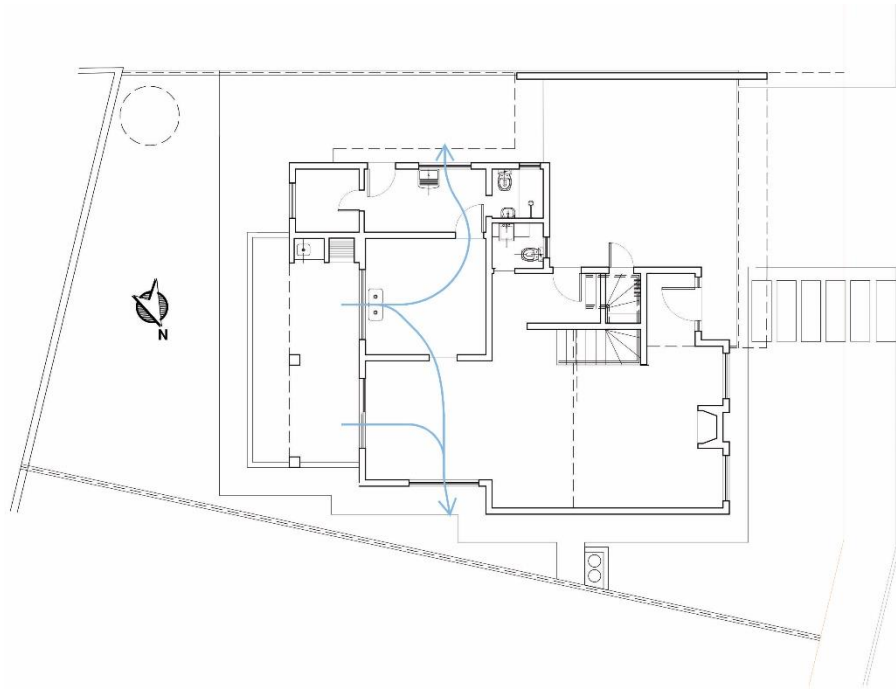


Figura 20: Ventilação do Pavimento Térreo – Residência 02.
Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.

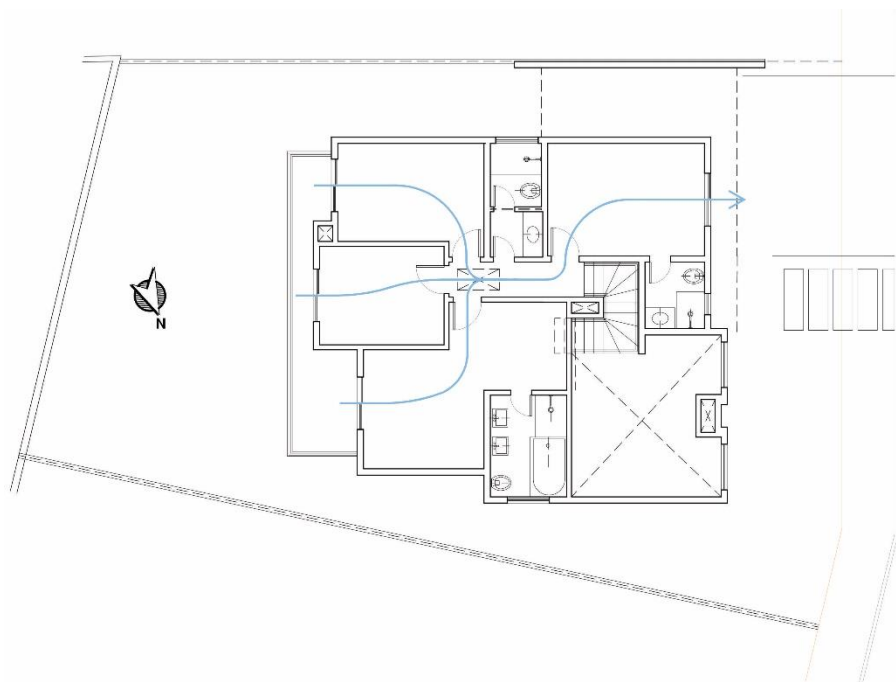


Figura 21: Ventilação do Pavimento Superior – Residência 02.
Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.

3) ABERTURAS: Atende parcialmente. Na fachada Leste a relação da área das aberturas com a área da fachada ficou dentro do recomendado, já a fachada Oeste ficou muito abaixo. Na relação da área das aberturas com a área dos ambientes, essa diretriz não foi

atendida na Sala, Suíte 2, Dormitório 1 e 2, a Cozinha e a Suíte 1 ficaram dentro do recomendado, sendo que na média essa diretriz foi atendida. As aberturas estão localizadas ao nível do ocupante e as janelas possuem persianas externas e internas.

Quadro 37: Critérios para Aberturas.

3	ABERTURAS	
3.1	Tamanho das aberturas	
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar	TM
	Médias: 15% < Área < 25% da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)	NBR 15220
3.2	Posição das aberturas	
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	TM
3.3	Proteção	
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	TM
	Permitir sol durante o período frio	NBR 15220

Fonte: a autora.

Tabela 12: Aberturas nas Fachadas - Residência 02.

FACHADA	ÁREA (m²)	ABERTURA (m²)	%
LESTE	55,36	17,30	31,25%
OESTE	47,56	2,52	5,30%
TOTAL	102,92	19,82	19,26%

Fonte: a autora (2016).

Tabela 13: Aberturas nos Cômodos - Residência 02.

AMBIENTE	ÁREA (m²)	VENTILAÇÃO	
		ÁREA (m²)	%
SALA	49,13	6,80	13,84%
COZINHA	11,40	2,00	17,54%
SUÍTE 1	19,00	3,30	17,37%
SUÍTE 2	14,28	1,80	12,61%
DORMITÓRIO 1	10,00	3,30	33,00%
DORMITÓRIO 2	12,15	3,30	27,16%
TOTAL	115,96	20,50	17,68%

Fonte: a autora (2016).

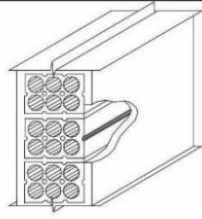
4) PAREDES EXTERNAS: Atende parcialmente. A transmitância térmica, a capacidade térmica e o fator solar atenderam as diretrizes já o atraso térmico ficou acima do recomendado.

Quadro 38: Critérios para Paredes Externas.

4		PAREDES EXTERNAS	
	Leve	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 3,0$	NBR 15220
		Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \leq 4,3$	
		Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 5,0$	
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : $CT \geq 130$		NBR 15575-4

Fonte: a autora.

Quadro 39: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Externas) – Residência 02.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	ϕ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8	2,3

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005). O valor de absorvância (α) para cálculo do Fator solar (Fso) foi retirado conforme NBR 15220 (2005) para a pintura cor amarela.

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.


5) COBERTURAS: Atende parcialmente. O atraso térmico ficou acima do recomendado, mas a transmitância térmica e o fator solar atenderam a diretriz.

Quadro 40: Critérios para Coberturas.

5		COBERTURAS	
	Leve isolada	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 2,0$	NBR 15220
		Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \leq 3,3$	
		Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 6,5$	
Transmitância térmica - U (W/m ² .K)			
Nível de Desempenho			
	M	$U \leq 2,3$	NBR 15575-5
	I	$U \leq 1,5$	
	S	$U \leq 1,0$	

Fonte: a autora (2016).

Quadro 41: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Coberturas) – Residência 02.

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]	Fso [%]
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{T(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6	6,18

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005).

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.

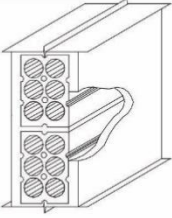
6) CONDICIONAMENTO INTERNO: Atende parcialmente. A casa não possui sistema de aquecimento artificial, mas dispõe de aquecimento solar passivo. A transmitância térmica ficou acima, o atraso térmico obteve um valor muito abaixo do recomendado e o fator solar atendeu a recomendação da diretriz.

Quadro 42: Critérios para Condicionamento Interno.

6			CONDICIONAMENTO INTERNO		
	Aquecimento solar da edificação		NBR 15220		
	Uso de aquecimento artificial será necessário		NBR 15220		
	Parede Interna Pesada	Transmitância térmica - U (W/m ² .k) : U ≤ 2,2	NBR 15220		
		Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≥ 6,5			
		Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 3,5			

Fonte: a autora (2016).

Quadro 43: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Internas) – Residência 02.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7	1,82

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005) para paredes com pintura branca.

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.

4.3 RESIDÊNCIA 03

A Residência 03 também está localizada no Condomínio Residencial B. Seu projeto tem data de 2016 e ainda não foi executado. A área do terreno é de aproximadamente 370,00 m², a residência é térrea com 181,13 m².



Figura 22: Imagem Residência 03 localizada no Condomínio B.
Fonte: a própria construtora (2016).

1) **IMPLANTAÇÃO:** Atende. O maior eixo da residência é o Leste-Oeste, por isso as maiores fachadas estão voltadas para Norte-Sul. A Residência 03 ainda não foi construída, assim como seus lotes vizinhos, mas a distância dela até o muro é de no mínimo 2,50m, com exceção da garagem que não compromete o resultado.

Quadro 44: Critérios para Implantação.

1	IMPLANTAÇÃO	
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	TM
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	TM

Fonte: a autora.

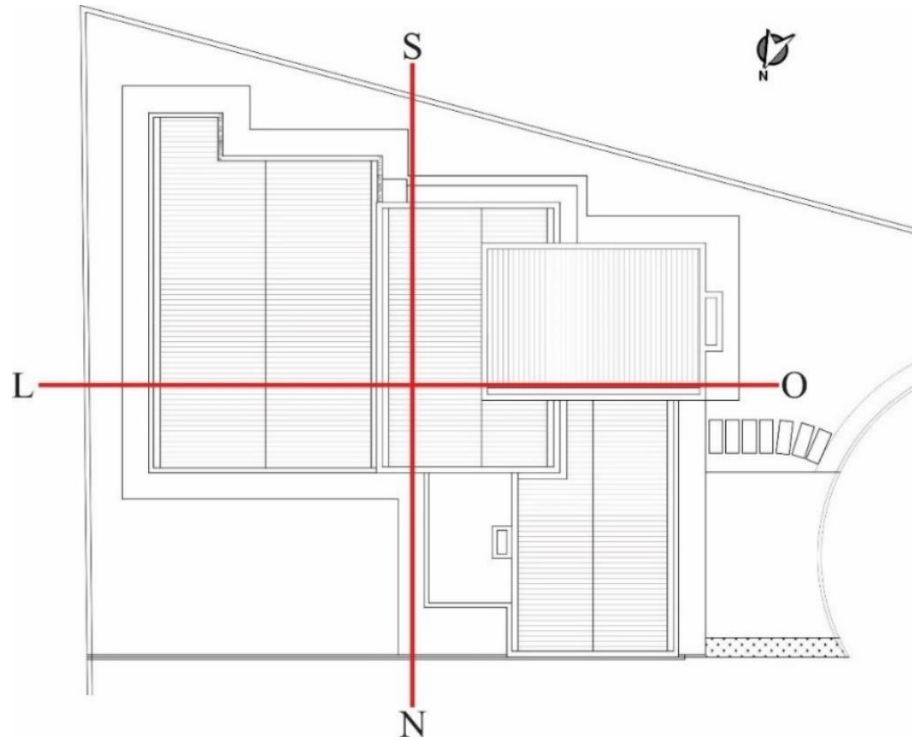


Figura 23: Implantação - Residência 03.
 Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.



Figura 24: Foto Aérea – Residência 03.
 Fonte: Google Earth (2016), adaptada pela autora.

2) VENTILAÇÃO: Atende. Apesar das aberturas não estarem voltadas para a direção dos ventos predominantes, os cômodos estão dispostos em fila, permitindo a ventilação cruzada e a desumidificação dos ambientes.

Quadro 45: Critérios para Ventilação.

2	VENTILAÇÃO	
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	TM
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	NBR 15220

Fonte: a autora.

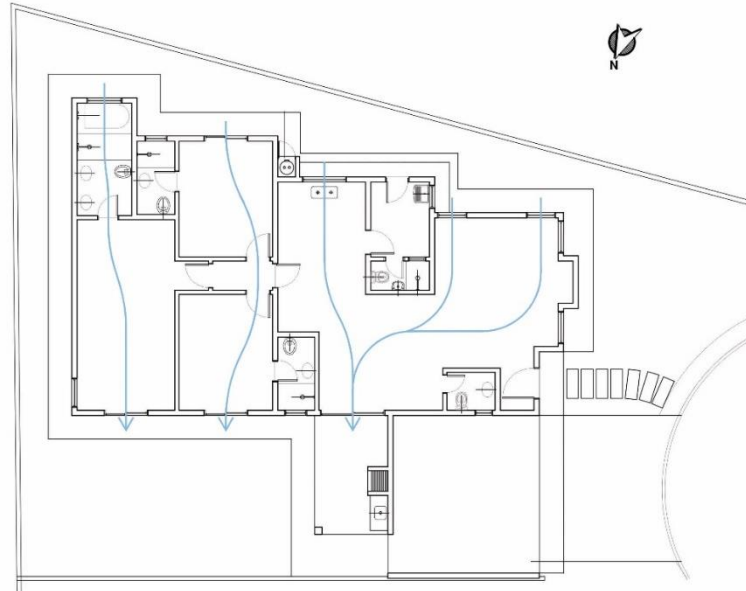


Figura 25: Ventilação do Pavimento Térreo – Residência 03.

Fonte: a própria construtora (2016), adaptada pela autora.

3) **ABERTURAS:** Atende parcialmente. Na fachada Leste e Oeste a relação da área das aberturas com a área da fachada ficou muito abaixo. Na relação da área das aberturas com a área dos ambientes, essa diretriz não foi atendida na Cozinha, já os outros cômodos ficaram dentro do recomendado, sendo que na média essa diretriz foi atendida. As aberturas estão localizadas ao nível do ocupante e as janelas possuem persianas externas e internas.

Quadro 46: Critérios para Aberturas.

3	ABERTURAS	
3.1	Tamanho das aberturas	
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar	TM
	Médias: $15\% < \text{Área} < 25\%$ da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)	NBR 15220
3.2	Posição das aberturas	
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	TM
3.3	Proteção	
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	TM
	Permitir sol durante o período frio	NBR 15220

Fonte: a autora.

Tabela 14: Aberturas nas Fachadas - Residência 03.

FACHADA	ÁREA (m ²)	ABERTURA (m ²)	%
LESTE	40,20	2,10	5,22%
OESTE	47,69	0,88	1,85%
TOTAL	87,89	2,98	3,39%

Fonte: a autora (2016).

Tabela 15: Aberturas nos Cômodos- Residência 03.

AMBIENTE	ÁREA (m ²)	VENTILAÇÃO	
		ÁREA (m ²)	%
SALA	41,67	9,66	23,18%
COZINHA	11,67	1,65	14,14%
SUÍTE 1	12,68	3,45	27,21%
SUÍTE 2	12,68	3,45	27,21%
SUÍTE 3	21,98	3,30	15,01%
TOTAL	100,68	21,51	21,36%

Fonte: a autora (2016).

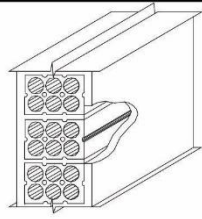
4) PAREDES EXTERNAS: Atende parcialmente. A transmitância térmica, a capacidade térmica e o fator solar atenderam as diretrizes já o atraso térmico ficou acima do recomendado.

Quadro 47: Critérios para Paredes Externas.

4	PAREDES EXTERNAS		
Leve	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 3,0		NBR 15220
	Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 4,3		
	Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 5,0		
Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : CT ≥ 130			NBR 15575-4

Fonte: a autora.

Quadro 48: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Externas) – Residência 03.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8	2,78

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005). O valor de absorvância (α) para cálculo do Fator solar (Fso) foi retirado da Portaria INMETRO n° 50/2013 para a pintura cor branco gelo.

Fonte: NBR 15220 (2005); Portaria INMETRO n° 50/2013, adaptada pela autora.


5) COBERTURAS: Atende parcialmente. O atraso térmico ficou acima do recomendado, mas a transmitância térmica e o fator solar atenderam a diretriz.

Quadro 49: Critérios para Coberturas.

5		COBERTURAS	
	Leve isolada	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 2,0$	NBR 15220
		Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \leq 3,3$	
		Fator Solar - FSo (%) : $FSo \leq 6,5$	
Transmitância térmica - U (W/m ² .K)			
Nível de Desempenho			
M		$U \leq 2,3$	NBR 15575-5
I		$U \leq 1,5$	
S		$U \leq 1,0$	

Fonte: a autora (2016).

Quadro 50: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Coberturas) – Residência 03.

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	ϕ [horas]	Fso [%]
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm $R_{U(laje)} = 0,0900$ (m ² .K/W) $C_{T(laje)} = 95$ kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6	6,18

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2005).

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.

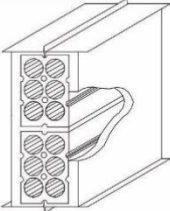
6) CONDICIONAMENTO INTERNO: Atende parcialmente. A casa não possui sistema de aquecimento artificial, mas dispõe de aquecimento solar passivo. A transmitância térmica ficou acima, o atraso térmico obteve um valor muito abaixo do recomendado e o fator solar atendeu a recomendação da diretriz.

Quadro 51: Critérios para Condicionamento Interno.

6		CONDICIONAMENTO INTERNO	
Aquecimento solar da edificação			NBR 15220
Uso de aquecimento artificial será necessário			NBR 15220
Parede Interna Pesada	Transmitância térmica - U (W/m ² .k) : $U \leq 2,2$		NBR 15220
	Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \geq 6,5$		
	Fator Solar - FSo (%) : $FSo \leq 3,5$		

Fonte: a autora (2016).

Quadro 52: Transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (Paredes Internas) – Residência 03.

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	Φ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7	1,82

Nota: Fator solar (Fso) calculado conforme NBR 15220 (2006) para paredes com pintura branca.

Fonte: NBR 15220 (2005), adaptada pela autora.

4.4 ANÁLISE RESULTADOS

No Quadro 33, podem ser visualizados os resultados da avaliação para as três residências contemporâneas escolhidas, onde foi usada uma seleção de diretrizes entre as Tabelas de Mahoney, Diagrama de Givoni, NBR 15220 e NBR 15575.

Quadro 53: Atendimento médio às estratégias pelas três residências estudadas.

Nº	Recomendações projetuais	Residência 01	Residência 02	Residência 03	Metodologia
1	IMPLANTAÇÃO				
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para			X	TM
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	X	X	X	TM
2	VENTILAÇÃO				
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter	X		X	TM
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	X		X	NBR 15220
3	ABERTURAS				
3.1	Tamanho das aberturas				
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar				TM
	Médias: 15% < Área < 25% da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)	X	X	X	NBR 15220
3.2	Posição das aberturas				
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	X	X	X	TM
3.3	Proteção				
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	X	X	X	TM
	Permitir sol durante o período frio	X	X	X	NBR 15220
4	PAREDES EXTERNAS				
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 3,0	X	X	X	NBR 15220
Leve	Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 4,3				
	Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 5,0		X	X	
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : CT ≥ 130	X	X	X	NBR 15575-4
5	COBERTURAS				
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 2,0	X	X	X	NBR 15220
Leve isolada	Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 3,3				
	Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 6,5	X	X	X	
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K)				NBR 15575-5
	Nível de Desempenho				
M	U ≤ 2,3	X	X	X	
I	U ≤ 1,5				
S	U ≤ 1,0				

Quadro 54: Atendimento médio às estratégias pelas três residências estudadas (continuação).

Nº	Recomendações projetuais	Residência 01	Residência 02	Residência 03	Metodologia
6	CONDICIONAMENTO INTERNO				
	Aquecimento solar da edificação	X	X	X	NBR 15220
	Uso de aquecimento artificial será necessário				NBR 15220
Parede Interna Pesada	Transmitância térmica - U ($W/m^2.k$): $U \leq 2,2$				NBR 15220
	Atraso térmico - ϕ (Horas) - $\phi \geq 6,5$				
	Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 3,5$	X	X	X	
RESULTADOS		64%	59%	73%	

Fonte: a autora (2016).

Na implantação as residências contemporâneas e históricas tiveram resultados muito próximos. Uma das residências contemporâneas não atendeu nenhuma diretriz relacionada a ventilação, enquanto as três residências históricas atenderam todas.

Na relação das aberturas pela área das fachadas e pela área dos ambientes, as residências históricas não tiveram bons resultados e em uma delas um dos itens foi desconsiderado pela autora, já nas residências contemporâneas somente a relação da abertura com a área dos ambientes foi positiva. Na posição e proteção das aberturas tanto as históricas bem como as contemporâneas tiveram bons resultados.

Quanto ao desempenho das paredes externas e coberturas as residências históricas atenderam mais diretrizes do que as contemporâneas. Já no condicionamento interno tanto as residências históricas como contemporâneas não tiveram resultados satisfatórios, sendo que estas últimas foram um pouco melhores quando se refere às paredes internas.

5 CONCLUSÃO

Levando em conta o resultado das residências históricas, uma com 71% de atendimento das diretrizes e duas com 67%, e os resultados das residências contemporâneas, 64%, 59% e 73% respectivamente, conclui-se que mesmo considerando as tecnologias construtivas e as ferramentas projetuais (incluindo recursos computacionais) disponíveis atualmente, não se avançou no quesito adequação climática em relação às construções vernaculares, mais baseadas no empirismo.

Na atualidade muitas vezes a estética é prioridade, deixando a funcionalidade em segundo plano, com isso confirma-se o pressuposto de que muitas vezes as escolhas projetuais das residências contemporâneas não trazem o devido conforto térmico aos seus usuários.

Outra questão muito relevante é que não existe a cultura da população investir em tecnologia que traga um melhor desempenho nas edificações, mesmo que isso traga maior conforto e menos gastos no futuro. Muitas vezes é levado em consideração apenas o custo imediato da implantação da tecnologia e não na economia ao longo da vida útil da edificação.

Para realização desse trabalho foram encontradas algumas dificuldades, como conseguir coletar informações com a empresa que projeta e executa as edificações, bem como o acesso em um dos condomínios selecionados.

Existem diversos outros métodos que podem ser utilizados tanto para avaliação bioclimática de uma edificação assim como para tomada de decisões ainda na fase de projeto, algumas delas até citadas nesse trabalho. Cabe ao arquiteto escolher aquela mais adequada para cada situação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**. Desempenho Térmico em Edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**. Desempenho Térmico em Edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**. Desempenho Térmico em Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2005.

BOGO, A. et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE. Florianópolis, 2011. Disponível em:

<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf>. Acesso em: 12 set. 2016.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. **Selo Casa Azul**: Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. **Mudanças Selo Casa Azul**. 2014. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_azul/Mudancas_Selo_Casa_Azul.pdf>. Acesso em 26 set. 2016.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - CBCS. JOHN, M. et al. **Sustainable Social Housing Initiative - SUSHI**: Mapeamento dos principais interessados e dos processos que afetam a seleção de soluções (tecnologias e materiais) para projetos de habitação social. Brasília: United Nations Environment Programme - UNEP, 2010

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL – CAU/BR. **Guia para Arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575**. ASBEA;

CAU/BR. Disponível em:

<http://www.caubr.gov.br/wpcontent/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>. Acesso em: 11 set. 2016.

Desempenho de edificações habitacionais: **guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

Eletrobrás; Procel. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de consumo – ano base 2005.

Classe residencial. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobrás - DAAG, 2007. Disponível em

<<http://www.procel.gov.br/main.asp?View={4A5E324F-A3B0-482A-B1CD-F75A2A150480}>>. Acesso em: 03 set. 2016.

Empresa de Pesquisa Energética; Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2016 (BEN)** - ano base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em:

<<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 03 set. 2016.

EVANS, J. **From meteorological data to bioclimatic design**: 30 years of the Mahoney tables. Faculty of Architecture, Design & Urbanism, University of Buenos Aires. PLEA Conference, 1999.

EVANS, J. **The comfort triangles**: A new tool for Bioclimatic Design. 2007. 315 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - London Architectural Association School of Architecture, Londres. 2007. p. 66.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria nº 50**. Rio de Janeiro, 2013.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais** – RTQ-R. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná**. Classificação Climática. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 07 set. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados gerais do município de Curitiba**. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410690&search=||info%EF5es-completas>>. Acesso em: 07 set. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Vamos conhecer o Brasil**. Nosso território. Relevo e clima. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/relevo-e-clima.html>>. Acesso em: 07 set. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA – IPPUC. **Nosso Bairro: Santa Felicidade**. Curitiba: IPPUC, 2015. Disponível em:

<<http://www.ippuc.org.br/nossobairro/anexos/63-Santa%20Felicidade.pdf>>. Acesso em 08 set. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA – IPPUC. **Nosso Bairro: São Braz**. Curitiba: IPPUC, 2015. Disponível em:

<<http://www.ippuc.org.br/nossobairro/anexos/60-S%C3%A3o%20Braz.pdf>>. Acesso em 08 set. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 07 set. 2016.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE.

Analysis Bio: software para auxílio no processo de adequação de edificações ao clima local.

Florianópolis. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-bio>>. Acesso em 5 set. 2016.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE.

Analysis SOL-AR: software para obtenção de carta solar. Florianópolis. Disponível em:
<<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>>. Acesso em 05 set. 2016.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE.

Bioclimatologia. Disponível em:
<<http://www.labeee.ufsc.br/linhasdepesquisa/bioclimatologia>>. Acesso em: 08 set. 2016.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico de Edificações.** LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE. Florianópolis, 2016. Disponível em:
<<http://www.labeee.ufsc.br/ensino/graduacao/ecv5161>>. Acesso em: 22 set. 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3º edição. Rio de Janeiro: Eletrobrás; Procel, 2014.

LAMBERTS, R. et al. **Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área.** LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE. Florianópolis. Disponível em:
<<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/sustentabilidade-edificacoescontexto%20internacional-referencias-brasileiras.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016.

MAZZAROTTO, A. **Arquitetura Italiana em Curitiba.** Curitiba: Instituto Arquibrasil. 2013.

MORISHITA, C. et al. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (v.5).** LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE. Florianópolis, 2011. Disponível em:
<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/catalogo_propriedades_termicas_parede_e_cobertura_out2011_2.pdf>. Acesso em: 05 out. 2016.

NAVARRO, F. **Arquitetura e clima na Bolívia: uma proposta de zoneamento bioclimático.** Campinas, 2007.

OLIVEIRA, R. **Classificação do desempenho térmico da envoltória de habitação popular em concreto armado.** Belo Horizonte, 2015.

PORTAL DA PREFEITURA DE CURITIBA. **Perfil de Curitiba**. Disponível em:

<<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>. Acesso em: 07 set. 2016.

RORIZ, M. **Conforto Térmico em Edificações: um Modelo Matemático e uma Aplicação**. São Paulo, 1996.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Bioclimatic zoning of Brazil: a proposal based on the Givoni and Mahoney methods. PLEA Conference, 1999.

TESSARI, R. **Avaliação bioclimática de residências históricas em Curitiba**. 2014. 77 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.