

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

RACHEL KRUL TESSARI

**AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA DE RESIDÊNCIAS HISTÓRICAS
EM CURITIBA**

**CURITIBA
2014**

RACHEL KRUL TESSARI

**AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA DE RESIDÊNCIAS HISTÓRICAS
EM CURITIBA**

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. Eduardo L. Kruger

CURITIBA
2014

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Eduardo L. Kruger, pela oportunidade de realização deste trabalho, meu muito obrigada.

Aos Prof. Historiadores Aimoré Arantes e Cristina Kluppel, pela colaboração no desenvolvimento da área histórica desse trabalho.

Aos meus amigos e colegas da Coordenação do Patrimônio Cultural e do IPPUC, pelo apoio e auxílio em diversas áreas.

A querida amiga Marina Pasetto, pelo imenso auxílio.

A minha família, aos meus amigos e ao meu Rafael, pelo apoio incondicional, compreensão e por tudo o que me ofertaram.

RESUMO

A arquitetura tem o dever de oferecer condições ambientais adequadas para o desenvolvimento das atividades humanas realizadas em espaços internos e externos. A arquitetura bioclimática encontra alternativas para novas construções, mais compatíveis às condições climáticas locais, em novas tecnologias ou no resgate de procedimentos técnicos praticados por populações tradicionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho térmico de residências históricas da cidade de Curitiba/PR. Para a realização da pesquisa, quatro ferramentas recorrentes de análise de desempenho térmico de edificações habitacionais foram aplicadas, gerando uma síntese com as mais significantes estratégias a serem verificadas nos estudos de caso. Para a seleção dos exemplares analisados, escolheram-se residências curitibanas, construídas por imigrantes italianos, entre o final do século XIX e o início do século XX. A conclusão obtida a partir da avaliação dessas residências, pela verificação das estratégias bioclimáticas, foi a confirmação do pressuposto de que as edificações históricas possuem um elevado grau de desempenho térmico, devido ao fato de seus componentes apresentarem boa resposta climática.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática. Desempenho térmico. Arquitetura popular. Residências históricas.

ABSTRACT

Architecture should provide suitable environmental conditions for the development of human activities in indoor and outdoor spaces. Bioclimatic architecture offers alternatives to new buildings, which are more adequate to local climate conditions, through new technologies or taking into account technical procedures from traditional architecture. The objective of this study was to evaluate the thermal performance of historic dwellings in Curitiba/PR. Four different tools were used for the thermal performance analysis of residential buildings, which together integrate a toolkit with the most significant strategies to be verified in the case studies. For the selection of the dwellings, dwellings were chosen, which had been built by Italian immigrants in the late nineteenth to the early twentieth century. Results attest to a high level of thermal performance and climatic adequacy of the historic buildings.

Keywords: Bioclimatic Architecture. Thermal performance. Popular Architecture. Historic Dwellings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Casas Musgum, de terra compactada, nos Camarões	14
Figura 2. Diagrama de Givoni	24
Figura 3. Zoneamento Bioclimático Brasileiro	26
Figura 4. Carta Bioclimática.....	26
Figura 5. Município de Curitiba/PR	29
Figura 6. Carta Bioclimática de Curitiba.....	33
Figura 7. Histograma de Curitiba	34
Figura 8. Zona Bioclimática1	35
Figura 9. Edificação em ruínas	44
Figura 10. Elementos construtivos – casa tipo 1	45
Figura 11. Elementos construtivos – casa tipo 2	45
Figura 12. Foto da residência Strapasson	46
Figura 13. Foto aérea	46
Figura 14. Esquema de ventilação dos pavimentos	47
Figura 15. Esquema de da fachada Norte	48
Figura 16. Características da cobertura	49
Figura 17. Foto da residência Escorsin.....	50
Figura 18. Foto aérea	50
Figura 19. Esquema de ventilação dos pavimentos	51
Figura 20. Esquema de insolação da fachada Oeste.....	52
Figura 21. Foto da Casa dos Contos	54
Figura 22. Foto aérea	54
Figura 23. Esquema de ventilação dos pavimentos	55
Figura 24. Esquema de insolação da fachada	56
Figura 25. Carta Solar de Curitiba – Face Norte	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Normais Climatológicas de Curitiba 1961-1990.....	19
Tabela 2. Quadros 01 a 04 das Tabelas de Mahoney	31
Tabela 3. Quadro 05 das Tabelas de Mahoney.....	32
Tabela 4. Relatório para a cidade de Curitiba	34
Tabela 5. Diretrizes construtivas relativas a aberturas, paredes e cobertura	36
Tabela 6. Aberturas para ventilação	36
Tabela 7. Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar para vedação externa.....	37
Tabela 8. Estratégias de condicionamento térmico passivo	37
Tabela 9. Transmitância térmica das paredes externas.....	38
Tabela 10. Capacidade térmica das paredes externas.....	38
Tabela 11. Área mínima de ventilação	39
Tabela 12. Transmitância térmica das coberturas	39
Tabela 13. Níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica	39
Tabela 14. Lista de recomendações para a cidade de Curitiba.....	40
Tabela 15. Lista das recomendações selecionadas	42
Tabela 16. Ventilação	47
Tabela 17. Características das paredes de alvenaria simples.....	48
Tabela 18. Síntese - Residência Família Strapasson	49
Tabela 19. Ventilação	51
Tabela 20. Características das paredes de alvenaria dupla.....	52
Tabela 21. Características da cobertura.....	53
Tabela 22. Síntese - Residência Família Escorsin.....	53
Tabela 23. Ventilação	56
Tabela 24. Síntese - Residência Família Pianaro – “Casa dos Contos”	58
Tabela 25. Atendimento médio às estratégias pelos três estudos de caso	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Participações dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil.....	17
Gráfico 2. Participações dos eletrodomésticos no consumo residencial na região Sul..	18
Gráfico 3. Posse média de condicionador de ar no Brasil e regiões.....	18
Gráfico 4. Etapas da pesquisa.....	28
Gráfico 5. Porcentagens de conforto, transmitância térmica (U) das paredes e coberturas e recomendações da Norma (ABNT 2002) – Inverno.....	61
Gráfico 6. Porcentagens de conforto, atraso térmico (ϕ) das paredes e coberturas e recomendações da Norma (ABNT 2002) – Inverno.....	61
Gráfico 7. Porcentagens de conforto, atraso térmico (ϕ) das paredes e coberturas e recomendações da Norma (ABNT 2002) – Verão	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 PRESSUPOSTO E DELIMITAÇÃO DO TEMA	11
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 ARQUITETURA HISTÓRICA	13
2.1 ARQUITETURA POPULAR E ERUDITA	13
2.2 ARQUITETURA DO IMIGRANTE EM CURITIBA.....	15
3 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	16
3.1 LOCALIDADE E DADOS CLIMÁTICOS.....	19
4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO	21
4.1 TABELAS DE MAHONEY	22
4.2 DIAGRAMA DE GIVONI.....	23
4.3 ABNT NBR 15220	25
4.4 ABNT NBR 15575	27
5 METODOLOGIA.....	28
5.1 DEFINIÇÃO DOS CASOS.....	29
6 APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO.....	30
6.1 TABELAS DE MAHONEY	30
6.2 DIAGRAMA DE GIVONI.....	33
6.3 ABNT NBR 15220	35
6.4 ABNT NBR 15575	37
6.5 SÍNTESE DOS INSTRUMENTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO	40
7 ESTUDOS DE CASO	43
7.1 A RESIDÊNCIA DO IMIGRANTE ITALIANO	43
7.1.1 Tipologia da casa térrea.....	43
7.1.2 Materiais e sistemas construtivos da casa térrea	44
7.2 AVALIAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS	46
7.2.1 Caso I – Residência Família Strapasson	46
7.2.2 Caso II – Residência Família Escorsin.....	50
7.2.3 Caso III – Residência Família Pianaro ou “Casa dos Contos”	54
7.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	58
8 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A - Memorial de Cálculo do Fator Solar FSo	71
ANEXO A - Levantamento Arquitetônico das residências.....	74

1 INTRODUÇÃO

A arquitetura tem o dever de oferecer, como premissa básica e fundamental, condições ambientais adequadas para as funções e atividades humanas que são realizadas em ambos os espaços internos e externos. Esta aptidão fundamental está ligada à saúde, à produtividade, à resposta às necessidades dos usuários, com os resultantes benefícios econômicos, bem como tem o papel de assegurar o bem-estar, o conforto e a sensação de satisfação dos ocupantes, com as consequentes melhoras sociais e ambientais (Szokolay, 1995 apud EVANS, 2007).

Pode-se afirmar que a sustentabilidade aplicada à construção civil consiste em um dos principais desafios da época atual. Esta atividade consome 50% de todos os recursos mundiais. Dentre eles, destaca-se que: 45% da energia gerada é empregada no aquecimento, iluminação e ventilação dos edifícios e 5% na construção; 40% da água é utilizada para abastecer as instalações sanitárias; 60% da melhor terra cultivável e 70% da madeira mundial são destinadas à construção (Edwards, 2004 apud PEREIRA, 2012).

Depois da Rio 92¹, ficou clara a importância de se buscar o desenvolvimento sustentável para garantir o respeito ao meio ambiente natural, a sobrevivência de comunidades e a equidade econômica, visto que os elementos que compõe a Terra são finitos e que a espécie humana é a única capaz de alterar as características biológicas, físicas e químicas do planeta, devido ao seu acelerado crescimento populacional e ao desenvolvimento de tecnologias (PEREIRA, 2012).

Neste contexto, iniciou-se uma intensa procura pela prática de uma arquitetura sustentável, com materiais renováveis e que se adapte mais harmoniosamente às condições do meio.

A arquitetura bioclimática, reconhecida internacionalmente, procura encontrar alternativas para construções mais adequadas às condições ambientais, apoiadas em dois pilares principais: em novas tecnologias, desenvolvidas a partir do estudo de aspectos relacionados à habitabilidade das edificações, ou no resgate de procedimentos técnicos já praticados pelas populações tradicionais, os quais foram se consolidando no decorrer das gerações, por meio da atividade experimental.

¹ Disponível em: <<http://www.infap.org.br/agenda21.php>>. Acesso em: 15 mar. 2014

1.1 PRESSUPOSTO E DELIMITAÇÃO DO TEMA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, parte-se do pressuposto de que as edificações históricas apresentam um elevado grau de desempenho térmico e, em consequência, um maior conforto interno, pois os elementos que as compõem proporcionam uma melhor resposta climática, em termos de clima local e projeto construtivo. Assim, essas edificações podem ser ditas sustentáveis sob o ponto de vista da eficiência energética e do conforto interno.

Por questões de viabilidade acadêmica, este trabalho teve como foco o universo das residências em alvenaria de tijolos cozidos, construídas pelo imigrante italiano na região dos bairros de Santa Felicidade e São Braz, antiga colônia italiana, hoje já absorvida pela malha urbana da cidade de Curitiba/PR.

O recorte temporal delimita esta pesquisa entre o final do século XIX, a partir de 1870, até o início do século XX, até 1930. Assim será possível analisar a arquitetura residencial produzida pelos primeiros grupos de imigrantes italianos, que ainda não havia sofrido o processo de assimilação da cultura nacional.

1.2 OBJETIVOS

De modo geral, o objetivo da pesquisa é avaliar residências históricas construídas por imigrantes italianos, em termos de desempenho térmico.

De modo específico, busca-se identificar e aplicar ferramentas recorrentes de análise de desempenho térmico de edificações habitacionais, a fim de selecionar estratégias projetuais que permitam julgar as edificações, sem qualquer abordagem subjetiva. Outro objetivo específico é identificar os exemplares da arquitetura tradicional italiana em Curitiba, a serem avaliados, e descrever e analisar os principais elementos, materiais e técnicas construtivas empregadas em sua construção.

1.3 JUSTIFICATIVA

Pode-se dizer que a sustentabilidade aplicada à construção civil consiste em um dos principais desafios da época atual. A Agenda 21 tem como tema fundamental o desenvolvimento sustentável, garantindo o respeito ao meio ambiente natural, a sobrevivência de comunidades, assim como a equidade econômica. Uma pesquisa que vise à análise da prática projetual e construtiva em prol da conscientização de arquitetos

e engenheiros justifica-se pela contribuição que representará para as gerações atual e futura.

O estudo da arquitetura histórica ou vernacular enfatiza o valor patrimonial que essa arquitetura possui e permite a maior consciência da identidade sociocultural do local. Além disso, fornece subsídios para a incorporação de elementos regionais – por pressuposto, sustentáveis – na prática da arquitetura contemporânea, em especial na região de Curitiba e proximidades.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia está organizada em oito capítulos: Introdução (Capítulo 1), Revisão Bibliográfica (Capítulos 2, 3 e 4), Metodologia (Capítulo 5), Avaliação dos Instrumentos de Desempenho Térmico (Capítulo 6), Estudos de caso (Capítulo 7), e Conclusão (Capítulo 8).

O capítulo introdutório faz uma breve contextualização da pesquisa, apresenta e delimita sua problemática, além de definir seus objetivos, justificativa e estrutura. No Capítulo 2, aborda-se a arquitetura histórica, apresentando sua importância para o patrimônio histórico e cultural, suas características e fatores que determinaram suas técnicas e sistemas construtivos. No Capítulo 3, faz-se a conceituação de arquitetura bioclimática, seus elementos e princípios, com foco no consumo energético no Brasil, além da caracterização da região em estudo, destacando seus dados climáticos. No Capítulo 4, são estudados instrumentos de avaliação de desempenho térmico de edificações, sua relevância acadêmica e seu método de aplicação. A revisão bibliográfica faz-se através de uma investigação na literatura e na web, o que permite a fundamentação teórica do trabalho, tanto em termos conceituais como históricos.

No Capítulo 6, os instrumentos estudados no capítulo anterior são desenvolvidos para as condições climáticas da cidade de Curitiba/PR, terminando em um tabela síntese. Os estudos de caso são realizados no Capítulo 7, no qual se faz a seleção de três exemplares de edificações construídas com características tipológicas adequadas ao enfoque desta pesquisa; e se analisa termicamente os critérios propostos. A monografia conclui-se no Capítulo 8, com a exposição de uma revisão geral do conteúdo apresentado, avaliando o cumprimento do pressuposto e objetivos traçados e apontando futuros desdobramentos da pesquisa.

2 ARQUITETURA HISTÓRICA

2.1 ARQUITETURA POPULAR E ERUDITA

A arquitetura popular possui como entendimento não ser aquela pensada por um profissional arquiteto ou engenheiro, mas sim aquela de autoria coletiva, com base nas tradições construtivas e no saber-construir transmitido de geração em geração, aperfeiçoando suas qualidades técnicas, plásticas e funcionais. Segundo Batista (2007), o conhecimento da arquitetura popular, de domínio público, foi o responsável pela diversidade de soluções que configuram as cidades brasileiras, acolhedoras de uma grande heterogeneidade cultural.

As diferenças dos conceitos de arquitetura erudita e popular são definidas por Mazarotto e Batista (2013). O termo erudito, do latim *eruditio*, significa “ação de ensinar, instrução, saber, conhecimento”. Assim, a arquitetura erudita é aquela elaborada por pessoas detentoras de um conhecimento sobre arquitetura e construção, adquirido de forma instruída, acadêmica e formal.

O vocábulo popular, do latim *populáris*, denota “do povo, público, popular”. Então, a arquitetura popular é aquela resultante da cultura de um povo e, por conseguinte, pertencente a ele. Desta forma, são consideradas sinônimas as derivações: arquitetura primitiva, anônima, iletrada, regional, espontânea, tradicional e vernacular.

Neste contexto, o termo vernacular, do latim *vernaculus*, que significa “de escravo nascido na casa do amo, nascido ou produzido no país, nacional, próprio do país”, denomina a arquitetura que representa a técnica construtiva da tradição local ou regional, isto é, a sabedoria popular. Segundo Weimer (2005 apud BATISTA, 2007), por significar “escravo nascido na casa do senhor”, o termo arquitetura vernacular pode apresentar um caráter pejorativo, sendo mais prudente designar a arquitetura não erudita de arquitetura popular.

Sendo assim, a arquitetura popular está intimamente ligada ao meio ambiente onde está inserida, pois devido às limitações econômicas do povo que a constrói, esta arquitetura oferece soluções construtivas elementares, com o emprego de um número reduzido de tipos de materiais. Ainda, possui vínculos com a tradição construtiva, já que pelos elementos e formas, é possível identificar a que grupo de pessoas tais construções pertencem. Portanto, esta arquitetura proporciona resultados criativos com um alto grau de adaptação ao local de implantação (Figura 1).

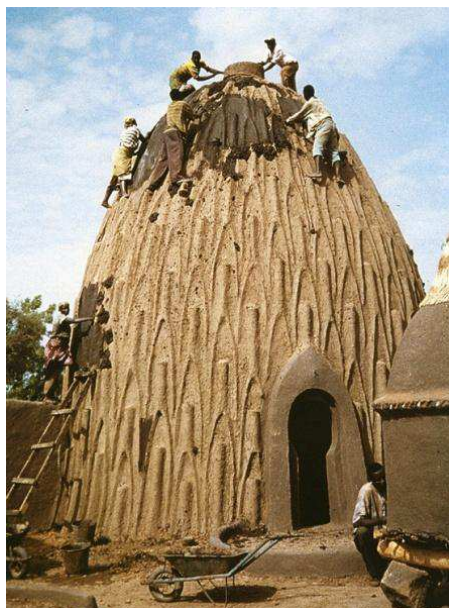


Figura 1. Casas Musgum, de terra compactada, nos Camarões

Fonte: *Cité des science et de l'industrie*, Paris, Archdaily (2014)¹

Os materiais utilizados na construção de edificações populares ou históricos são extraídos dos recursos encontrados no meio ambiente local e aplicados quase que diretamente na obra, sem passar por transformações que alterem suas características mecânicas ou físicas e sem maior dispêndio energético nesse processo. O conhecimento popular é aplicado na extração, para que os materiais possuam maior durabilidade (para a confecção de peças), apresentem um melhor desempenho mecânico, sejam eficientes com relação às questões ambientais (chuvas, ventos e radiação solar) e à proteção contra agentes biológicos. O construtor popular atua em um meio fechado e executa sua obra com um conjunto finito de utensílios e materiais. Desta maneira, sua produção não excede a capacidade de sustentação do meio e não ultrapassa os limites do equilíbrio cultural e ambiental (BATISTA, 2011).

Em resumo, a edificação oriunda da arquitetura popular, apresenta respeito à cultura e sociedade regional, adaptação ao meio local e aos aspectos climáticos, bem como com os materiais construtivos retirados do meio ambiente envolvente. “Em poucas palavras, a agora chamada arquitetura sustentável não é um conceito novo, mas tão somente é uma parte da tradicional arquitetura regional” (RAMIREZ, 2008, p.1-2).

¹ Imagem disponível em: < <http://www.archdaily.com.br/br/01-167330/arquitetura-vernacular-casas-musgum-nos-camaroes>>. Acesso em 5 mar. 2014

2.2 ARQUITETURA DO IMIGRANTE EM CURITIBA

No Estado do Paraná, o desenvolvimento da arquitetura está diretamente relacionado com o fenômeno de imigração que ocorreu nos últimos anos do séc. XIX até a primeira metade do séc. XX. A partir de 1850, D. Pedro II incentivou a imigração para a colonização do território brasileiro ainda inabitado, recebendo populações principalmente de origem européia, que vinham sofrendo com guerras, fome e desemprego. No caso do Paraná, as primeiras famílias italianas, que foram instaladas na região de Morretes, chegaram a Paranaguá em 5 de janeiro de 1878, do navio que partiu de Gênova.

Não se adaptando ao local preestabelecido pelo governo, os italianos se uniram e partiram rumo à capital da Província do Paraná, pois segundo informações dos viajantes que cruzavam o litoral, Curitiba apresentava características ambientais, como clima e solo, semelhantes ao da Europa. Assim, 15 famílias compraram um grande terreno na entrada da cidade, atualmente o bairro de Santa Felicidade, para trabalhar com a agricultura de abastecimento dos centros urbanos (BALHANA, 1958).

A fundação da Colônia de Santa Felicidade aconteceu de forma diferenciada, pois teve uma formação espontânea, a partir da iniciativa dos próprios italianos, sem qualquer auxílio governamental. Devido ao seu isolamento do centro da cidade e às características rurais que prevaleceram até poucas décadas, a arquitetura residencial construída na região seguia o mesmo estilo da região do Vêneto, com referências campestres e vinculadas à produção coletiva.

Com a chegada de imigrantes à região sul do país, houve um expressivo crescimento urbano e o aparecimento de novos ofícios, resultando em novos materiais construtivos, sobretudo, a madeira serrada e o tijolo cozido. Tais materiais se tornaram os mais utilizados nas edificações curitibanas no final do séc. XIX.

O imigrante europeu não encontrou aqui as mesmas matérias-primas para a construção de que dispunha em seu país de origem. Então, para edificar suas casas, procurou adaptar sua técnica construtiva ao que o novo meio oferecia. Segundo Weimer (2005 apud BATISTA, 2007, p.29) “este imigrante agiu de acordo com um repertório que lhes era familiar e tentou reproduzi-lo de acordo com suas possibilidades materiais”. As primeiras residências foram construídas por artesãos ou em mutirão, envolvendo a comunidade, já que muitos imigrantes trouxeram da Itália conhecimento, experiência e habilidade em construção e carpintaria.

3 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A arquitetura, através do projeto bioclimático, oferece conforto térmico da mesma maneira que propicia o encantamento visual e espacial. Todas as diferentes qualidades que o projeto de arquitetura apresenta, como as originalmente propostas por Vitruvius em um dos primeiros tratados sobre arquitetura, que especificava "*utilitas*" (utilidade), "*venustas*" (beleza) e "*firmitas*" (solidez), também podem ser relacionadas com o desenho térmico (EVANS, 2007).

A integração do processo projetual e da construção com as estratégias bioclimáticas e com os recursos naturais objetiva o conforto do usuário, a eficiência energética e sustentabilidade na arquitetura. A importância da aplicação de diretrizes bioclimáticas, com maior precisão nos estágios de esboço do projeto, possibilita a proteção contra os aspectos desfavoráveis e a otimização daqueles que se constituem favoráveis, como no uso correto da forma do edifício, do agrupamento de volumes, da orientação das fachadas, do desenho das aberturas, da seleção de cores ou das características térmicas dos elementos construtivos.

O confronto entre as condições naturais existentes e as condições desejáveis para o alcance do conforto e do bem estar permite o diagnóstico de grande parte dos aspectos desfavoráveis a serem evitados, como por exemplo, o excesso de radiação solar ao meio-dia, no verão. Além disso, a manutenção das variáveis ambientais que favorecem o conforto, assim como a proteção contra as condições adversas do ambiente externo, pode ser alcançada através de dois mecanismos alternativos: o uso de recursos da arquitetura bioclimática ou o condicionamento artificial (EVANS, 2007).

O aproveitamento das condições favoráveis e a proteção climática implicam, entretanto, não só na busca pelo conforto e bem estar, mas também no alcance da sustentabilidade das edificações, através da redução de demanda de energia não renovável e do melhor aproveitamento de energia de fontes naturais, como sol e vento.

A preocupação com a aplicação racional dos recursos naturais na produção e no uso do ambiente construído abrange três aspectos: o consumo de energia, o impacto do próprio ambiente construído bem como sua sustentabilidade. A inserção de técnicas de utilização racional de energia, ainda na fase de projeto, permitirá o uso eficiente da energia e a conseqüente queda do nível de consumo. As medidas a serem aplicadas no setor residencial podem incluir, dependendo do clima local, a incorporação de isolamento térmico, o uso de inércia térmica, o uso de sistemas solares passivos e ativos e a refrigeração e ventilação natural.

A necessidade residencial do uso da eletricidade é derivada da demanda por serviços como aquecimento de água, resfriamento, preparação e armazenamento de alimentos e entretenimento, que são realizados, em sua grande maioria, pelo uso de aparelhos elétricos. Atualmente, a busca pelo conforto térmico é responsável pelo consumo de grande parte da demanda de energia elétrica no setor residencial, visto que os projetos contemporâneos fazem uso de aparelhos de refrigeração artificial em grande escala (PASA et al., 2012).

De acordo com o Balanço Energético Nacional, que contém a contabilidade relativa ao consumo, produção e comercialização da energia do Brasil, cuja matriz de geração elétrica é de origem predominantemente renovável, o consumo final de energia elétrica no país atingiu 498,4 TWh, um acréscimo de 3,8% em comparação com 2011. Desse total, 9,4% foram destinados ao uso residencial, representando um crescimento de 2,1% em relação ao ano anterior.

O panorama da contribuição dos eletrodomésticos no consumo de energia elétrica residencial brasileira foi apresentado em 2007 pela Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (ano base 2005), sob a coordenação da Eletrobrás.

Nesta pesquisa, chuveiros e geladeiras aparecem como responsáveis por 46% do consumo nacional. Quanto ao condicionamento ambiental, os aparelhos de ar condicionado e com ciclo reverso (ar quente ou frio) ocupam a terceira posição, responsáveis por 20% consumo de energia. O Gráfico 1 mostra as participações dos eletrodomésticos mais relevantes para o consumo médio domiciliar em nível nacional.

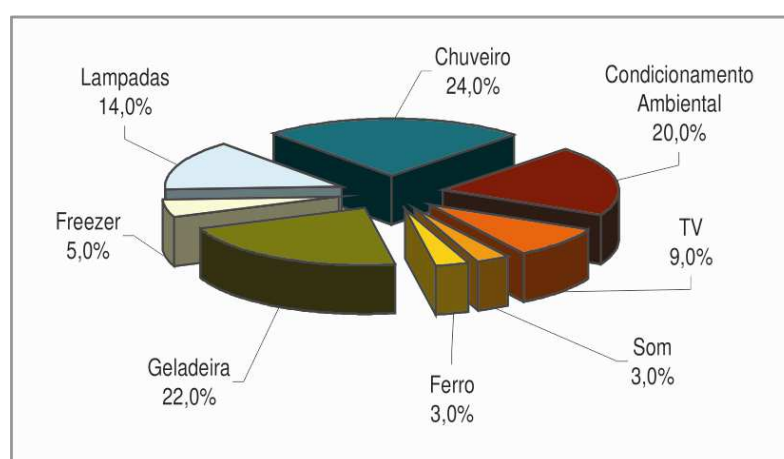


Gráfico 1. Participações dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil

Fonte: Eletrobrás (2007)

Ao analisar o caso específico da região Sul, nota-se que há uma inversão de posições: aparelhos de condicionamento artificial surgem em primeiro lugar, sendo responsáveis por 32% do consumo nesta região (Gráfico 2).

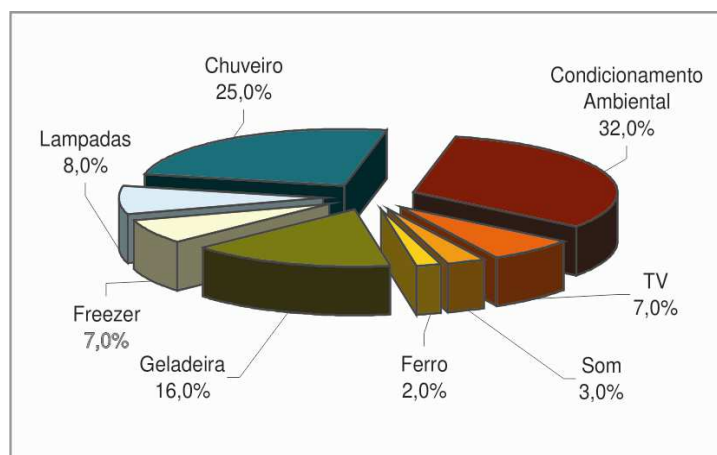


Gráfico 2. Participações dos eletrodomésticos no consumo residencial na região Sul

Fonte: Eletrobrás (2007)

Ainda, segundo a pesquisa da Eletrobrás, a propriedade de aparelhos condicionadores de ar ainda é relativamente pequena. A maior posse do aparelho está nas regiões Norte e Sul e a menor no Sudeste. Nos estados do Norte, os equipamentos são utilizados majoritariamente como ar condicionado. Já no Sul, os aparelhos são, na maioria dos casos, de ciclo reverso, podendo ser utilizados para refrigerar ou aquecer o ambiente (Gráfico 3).

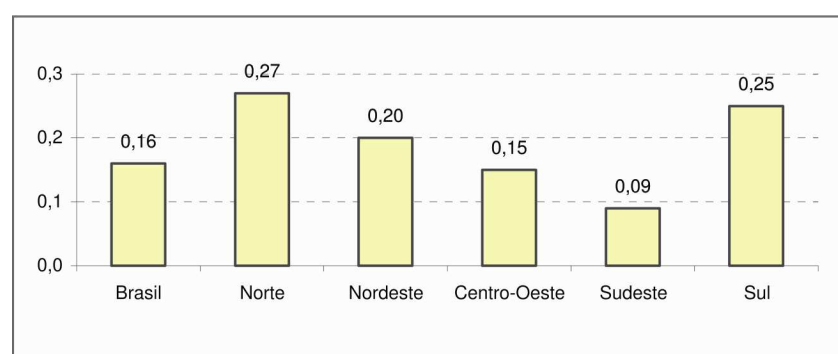


Gráfico 3. Posse média de condicionador de ar no Brasil e regiões

Fonte: Eletrobrás (2007)

Assim, para o real uso de energias renováveis e de condicionamento natural em edifícios há a necessidade de ressaltar o conceito de balanço térmico como um recurso básico de implementação de estratégias bioclimáticas, permitindo um desenvolvimento mais sustentável ao ambiente construído.

3.1 LOCALIDADE E DADOS CLIMÁTICOS

Curitiba é a capital do Estado do Paraná, compondo com Santa Catarina e Rio Grande do Sul a região meridional do Brasil. Está situada geograficamente no Primeiro Planalto, a 917 metros acima do nível do mar, a 49°19'15" de longitude Oeste e 25°25'48" de latitude Sul, abaixo do Trópico de Capricórnio. De acordo com os dados do IBGE (2013)¹ possui aproximadamente 1.848.946 habitantes.

Devido a sua localização, Curitiba apresenta um clima temperado marítimo – Cfb – dentro da classificação climática de Köppen², segundo as cartas climáticas³ do IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. A obtenção dos dados climáticos foi feita através da página eletrônica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As Normais Climatológicas 1961-1990, mostradas na Tabela 1, referem-se à estação número 83842, localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

Tabela 1. Normais Climatológicas de Curitiba 1961-1990.

Estação do ano												
Verão			Outono			Inverno			Primavera			Verão
Temperatura Média Compensada (°C)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
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)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
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)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
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
Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
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)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
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 (m.s⁻¹)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
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)												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Indef.	Indef.	E	Indef.	Calm	Calm	Calm	Indef.	NE	E	NE	NE	Indef.

Fonte: INMET (2014), adaptada pela autora

As Normais Climatológicas são uma série histórica de valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo 30 anos

¹ Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410690&search=||inforgr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em 31 abr. 2014

² Ver KOTTEK et. al (2006)

³ Mapa disponível em:< <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em 9 fev. 2014

consecutivos, que contêm informações sobre: médias mensais de temperatura do ar, médias mensais de umidade relativa do ar, de pressão atmosférica, das horas de insolação e dos índices pluviométricos, além de informações sobre velocidade e direção predominante do vento.

A leitura da tabela acima permite a identificação das temperaturas: máxima média de 20,6°C e mínima média de 12,9°C. Os meses de verão apresentam uma temperatura média de 20,1°C, enquanto os meses de inverno apresentam uma temperatura média de 13,3°C. A temperatura média anual é de 16,8°C e a umidade relativa varia de 79% a 83%. Ainda é possível perceber que o vento, com intensidade anual média de 2,3 m/s, possui características indefinidas.

4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO

A escolha dos instrumentos de suporte de trabalho no campo do conforto térmico deve ser feita de acordo com a etapa construtiva em que serão aplicados, pois cada fase possui características próprias que precisam ser respeitadas. Esses instrumentos são classificados segundo seu objetivo primário: destinados à térmica em nível de anteprojeto (para uso de arquitetos), destinados ao cálculo de carga térmica (para uso de engenheiros mecânicos e instaladores de sistemas artificiais) e destinados à gestão energética (para uso dos administradores prediais).

Além do conhecimento de como traduzir as trocas higrótérmicas para o processo projetual, é necessário compreender o entorno climático do edifício face às necessidades e ações do usuário, a fim de estabelecer quais trocas são mais importantes para o alcance do conforto interno (BARROSO-KRAUSE, 2009).

A avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita na fase de projeto ou após a construção. Com relação às edificações existentes, a avaliação segue medições *in loco* de variáveis representativas do desempenho. Esse procedimento apresenta algumas dificuldades de execução, pois as mensurações precisam ser feitas com equipamentos específicos, em um período com características semelhantes a um dia típico de verão, bem como, de inverno, dependendo tempo e disponibilidade do pesquisador. Já na etapa de projeto, esta avaliação pode buscar o auxílio de simulações computacionais ou a verificação do cumprimento de determinadas diretrizes construtivas.

Neste sentido, existem ferramentas que permitem descobrir facilmente quais as condições climáticas de uma determinada localidade, ao longo do ano, e saber que tipo de estratégias devem ser consideradas na concepção do edifício, como as Tabelas de Mahoney e o Diagrama de Givoni.

Além destas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas disponibiliza através de normas técnicas de desempenho térmico dois instrumentos que estabelecem recomendações e diretrizes construtivas para a adequação climática de habitações: a NBR 15220, de 2003, e a NBR 15575, de 2013.

4.1 TABELAS DE MAHONEY

Em 1969, Carl Mahoney, com o suporte de um grupo de pesquisa do Departamento de Estudos Tropicais e Desenvolvimento, da Associação de Arquitetura de Londres, desenvolveu um método que vem sendo utilizado em vários países como importante ferramenta de auxílio para projetos de residências, escolas e hospitais.

Inicialmente as Tabelas de Mahoney foram desenvolvidas para uma circunstância climática de transição entre o clima equatorial quente e úmido e o clima tropical quente e seco do deserto do Saara. A metodologia, testada em mais de 50 diferentes regiões climáticas, originou a primeira publicação científica das tabelas, em 1971, com exemplos de emprego em climas da América do Sul, África, Ásia e Índia Subcontinental. Na época do desenvolvimento deste método, computadores eram pouco utilizados para simulações térmicas, já que programas de análise de fluxo de calor e de técnicas de arrefecimento passivo eram escassos e complexos (EVANS, 1999).

O conjunto de cinco tabelas fornece um recurso de análise climática que, por meio do uso de dados meteorológicos básicos, gera diretrizes projetuais. O processo de análise é dividido em quatro fases: inserção de dados climáticos, obtenção do diagnóstico do conforto, aquisição de indicadores de estresse bioclimático e extração recomendações para o projeto arquitetônico.

O uso deste método é iniciado com a inserção do conjunto das normais climatológicas do local em estudo na primeira tabela. Para simplificar a análise dos parâmetros de limite de conforto (segunda tabela), são estabelecidas três faixas de temperatura média anual: mais de 20°C; entre 15° e 20°C; e abaixo de 15°C. A umidade relativa média do ar é classificada em quatro grupos (GR): GR-1, de 0 a 30%; GR-2, de 30 a 50%; GR-3, de 50 a 70%; e GR-4, 70 a 100%. A temperatura máxima média do dia e a temperatura mínima média da noite de cada mês são então comparadas com as faixas de conforto para a determinação do diagnóstico do rigor térmico: calor quando superior ao limite de conforto, em conforto quando dentro dos limites e frio quando abaixo do limite inferior de conforto.

Os dados obtidos no diagnóstico em conjunto com as informações do clima local definem os indicadores de estresse bioclimático que, por sua vez, levam às recomendações finais para o projeto arquitetônico. Essas recomendações correspondem às necessidades do processo criativo a cada estágio. Primeiro, são apresentados critérios relacionados ao esboço do projeto, fornecendo informações como forma, orientação e espaçamento entre os edifícios. Em seguida, indicações para os elementos específicos

do projeto são oferecidas: tamanho e posição das aberturas e características térmicas de paredes e telhados (EVANS, 1999).

Cabe ressaltar que, quando se trata de projetos bioclimáticos, deve-se levar em consideração a adaptação natural dos usuários, com base na cultura local, como seu vestuário, costumes alimentares e ritmo das atividades cotidianas.

Em resumo, o processo das Tabelas de Mahoney interliga dados climáticos, análise do estresse térmico e estratégias bioclimáticas para formular recomendações projetuais elementares, relacionadas ao ambiente externo, aberturas e a forma de construção de paredes e coberturas.

4.2 DIAGRAMA DE GIVONI

O diagrama bioclimático de Givoni para edificações, desenvolvido em 1969, é o avanço da Carta de Olgyay, resultado da pesquisa desenvolvida pelo israelense Baruch Givoni.

Esta ferramenta é um instrumento para a escolha das estratégias de conforto higrotérmico mais adequadas a serem aplicadas no desenho arquitetônico passivo, pois identifica zonas de conforto e desconforto e suas respectivas diretrizes bioclimáticas em relação aos valores locais de temperatura e umidade relativa do ar. Os limites de cada zona são definidos pela disponibilidade que os climas têm em oferecer condições para que as estratégias possam corrigir os valores de temperatura ou umidade que se encontram fora da zona de conforto (BARROSO-KRAUSE, 2009).

Graficamente, o Diagrama de Givoni é desenhado sobre a carta psicrométrica convencional, como o gráfico ASHRAE. Em um mesmo gráfico são apresentadas as estratégias projetuais, derivadas dos limites de condições climáticas, que podem proporcionar conforto interior. Os perímetros das zonas demarcadas na carta bioclimática são determinados pela temperatura interna esperada para edificações sem condicionamento artificial de ar, de acordo com o local onde serão construídas. Os limites originais do Diagrama de Givoni possuem como base as pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, Europa e Israel (GIVONI, 1991).

Os livros de Givoni “*Man, climate and architecture*” e “*Passive and low energy cooling of buildings*” apresentam de forma detalhada a metodologia do diagrama. Sendo assim, para o uso desse método, é necessário conhecer algumas condicionantes preestabelecidas na sua elaboração, tais como:

- Usuário: consideram-se pessoas já adaptadas ao clima, em situação de repouso ou em atividade sedentária, com roupas leves, na ordem de no máximo 1clo²;
- Radiação solar direta: considera-se que a insolação direta sobre paredes e janelas já está resolvida no projeto, a não ser que se trate de uma estratégia. Neste caso, a indicação será no sentido do aumento de temperatura interna;
- Limites das estratégias: considera-se que as zonas de conforto do diagrama psicrométrico correspondem a localidades ao nível do mar. Assim, algumas incorreções podem ocorrer no caso de locais em grande altitude.

Com relação ao uso e leitura do diagrama, sua interpretação é bastante simples. Sobre a carta, são traçados polígonos que agrupam valores de temperatura e umidade relativa do ar exterior, que permitem ao corpo humano a manutenção de seu equilíbrio endotérmico sem esforço. O polígono central 1, destacado em azul na Figura 2, representa a zona de conforto. Fora dele, encontram-se condições vinculadas a sensações de desconforto higrotérmico, que podem ser corrigidas ou minoradas com a aplicação de estratégias disponibilizadas nas oito zonas adjacentes, sempre em concordância com as condições climáticas dos sítios.

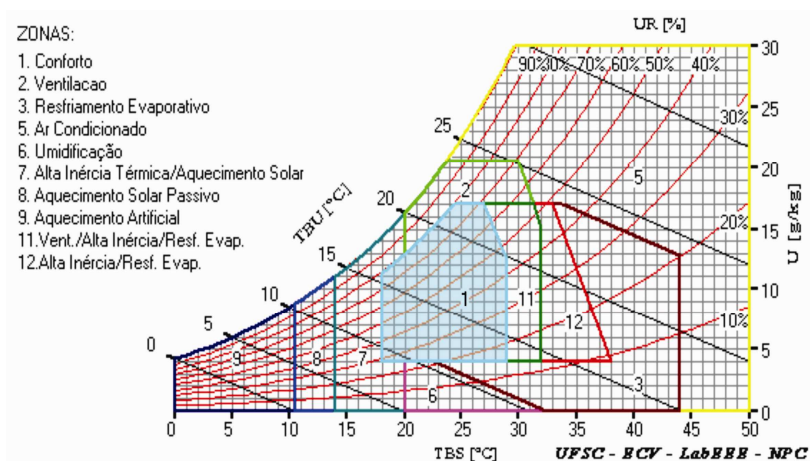


Figura 2. Diagrama de Givoni

Fonte: Software Analysis BIO – LabEEE/UFSC (2014), adaptado pela autora

Na zona 1, cujo limite de umidade relativa está entre 20 e 80% e a temperatura entre 18 e 29°C, há uma grande possibilidade do organismo humano se sentir em conforto térmico. Abaixo do limite inferior de temperatura (18°C), as diretrizes recomendam o aproveitamento da insolação e, para valores superiores a 29°C, o

² clo é o índice de resistência térmica da vestimenta à troca de calor sensível por condução, convecção e radiação entre a pele e a superfície externa da roupa, sendo que 1 clo = 0,155 (m².K)/W. (NBR 15220, 2003).

sombreamento. A ventilação é uma estratégia indicada quando os valores de umidade relativa são superiores ao limite concomitante a altas temperaturas. Assim, ao se marcar no diagrama bioclimático os principais valores de temperatura e umidade de um local, é possível obter um primeiro diagnóstico de seu clima e as melhores estratégias de projeto (BARROSO-KRAUSE, 2009).

Portanto, ao representar os principais valores de temperatura e umidade relativa do ar externo de uma determinada localidade no Diagrama Bioclimático de Givoni, é possível obter um diagnóstico preliminar do clima local e extrair indicações fundamentais sobre as estratégias bioclimáticas a serem aplicadas no desenho arquitetônico.

4.3 ABNT NBR 15220

A Norma Brasileira 15220, sob o título geral "Desempenho térmico de edificações" trata, em sua parte 3, do "Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social".

Esta parte da norma estabelece um zoneamento bioclimático para o país e apresenta diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo aplicáveis na fase de projeto, com base em parâmetros fixados.

Para chegar ao zoneamento bioclimático, o território nacional foi parcelado em 6.500 células caracterizadas por: posição geográfica, média mensal das temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa do ar (RORIZ et al., 1999).

O território foi então dividido em oito zonas relativamente homogêneas (Figura 3) e, para cada uma delas, estabeleceu-se um conjunto de recomendações que aprimoram o desempenho térmico das edificações com base na Carta Bioclimática (Figura 4), um gráfico adaptado daquele sugerido por Givoni. Ainda, foram consideradas características relativas à cultura construtiva típica de cada região brasileira.

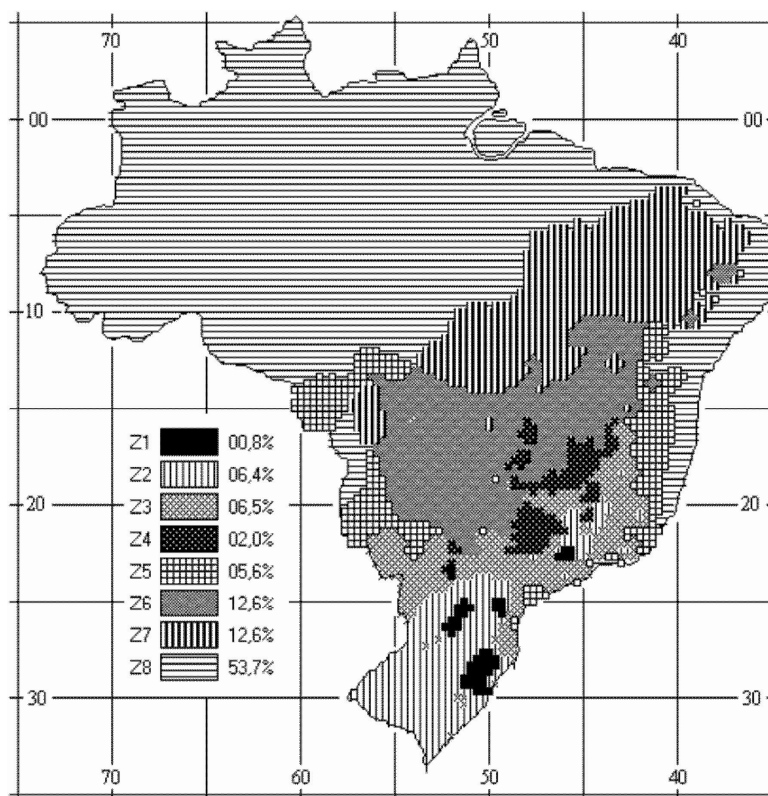
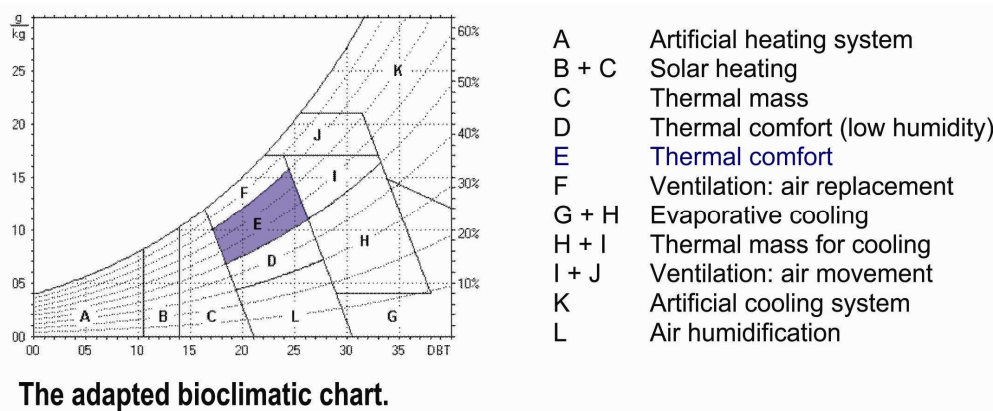


Figura 3. Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2003



The adapted bioclimatic chart.

Figura 4. Carta Bioclimática

Fonte: RORIZ et al., (1999), adaptado pela autora

Para a criação das estratégias de condicionamento térmico passivo de cada zona bioclimática brasileira, foram analisados os seguintes parâmetros e condições de contorno: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; e vedações externas, como o tipo de parede externa e tipo de cobertura (NBR 15220-3, 2003).

4.4 ABNT NBR 15575

A NBR 15575, sob o título geral “Edificações habitacionais – Desempenho” institui parâmetros técnicos para vários requisitos de desempenho e determina as responsabilidades de cada um dos personagens envolvidos neste cenário: projetistas, construtores, fabricantes, administradores prediais e os próprios usuários.

Previsto para entrar em vigor em 2010, o texto original da norma apresentava algumas exigências em dissonância em relação à situação atual do país. Então, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção solicitou à Associação Brasileira de Normas Técnicas a revisão do conjunto normativo, que após dois anos de trabalhos de revisão, entrou oficialmente em vigor, em julho de 2013, conforme consta no guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 (CBIC, 2013).

Assim como todos os métodos apresentados anteriormente, os critérios de desempenho desta norma foram estabelecidos com base em condições naturais de insolação e ventilação, excluindo-se o condicionamento artificial (refrigeração ou calefação).

De acordo com a NBR 15575, a avaliação térmica pode ser efetuada de três diferentes formas: simplificado (normativo), simulação por *software* ou medição *in loco*.

A parte 4 da norma discute os “Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVVIE)”. Além da volumetria e da compartimentação dos espaços internos da edificação, os SVVIE interagem com os demais elementos da construção, recebendo influência como também influenciando o desempenho da edificação habitacional.

Complementarmente, a parte 5 da norma refere-se aos “Sistemas de Coberturas (SC)”. É o elemento mais exposto à radiação direta do sol, intervindo diretamente no conforto térmico dos usuários e no consumo de energia para condicionamento artificial do ar, pela grande transmissão de carga térmica transmitida aos ambientes. As principais condicionantes de projetos de cobertura são o vento, a intensidade de chuvas e a insolação.

5 METODOLOGIA

O presente trabalho propõe refinar os instrumentos disponíveis de análise de desempenho térmico para edifícios residenciais, no intuito de gerar uma síntese com as principais estratégias a serem seguidas para projetos arquitetônicos. Além disso, propõe avaliar as residências históricas da região de Curitiba/PR, para descobrir o grau de desempenho térmico que estas edificações apresentam e extrair as contribuições que podem fornecer para a arquitetura contemporânea.

De acordo com Angelis Neto (2013), o método abordado é o monográfico (ou estudo de caso), pois exemplares da arquitetura do imigrante italiano foram analisados com o objetivo de fazer generalizações a partir de casos representativos investigados em profundidade.

A pesquisa dividiu-se em duas etapas. A primeira desenvolveu quatro instrumentos de análise de desempenho térmico para as condições climáticas da cidade de Curitiba/PR, eleitos por uma revisão bibliográfica. Em seguida, realizou-se uma seleção dentre todas as recomendações apresentadas, chegando a uma tabela-síntese.

Na segunda parte foram selecionadas as residências para o estudo de caso, com a utilização de livros, artigos e dissertações específicas sobre a imigração italiana em Curitiba e através da análise de fontes documentais nos arquivos públicos municipais. Logo após, verificou-se a aplicação dos instrumentos de análise térmica para os casos selecionados, a fim de confirmar o pressuposto de que as edificações históricas apresentam um elevado grau de desempenho térmico (Gráfico 4).

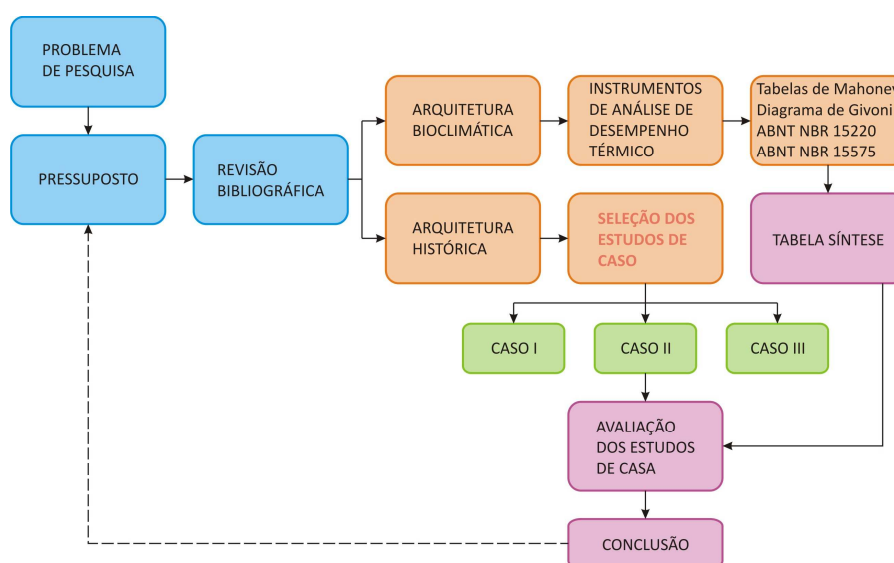


Gráfico 4. Etapas da pesquisa

Fonte: Autora (2014)

5.1 DEFINIÇÃO DOS CASOS

Para a seleção dos casos a serem analisados, escolheu-se residências construídas em alvenaria de tijolos cozidos, por imigrantes italianos na região dos bairros de Santa Felicidade e São Braz, a noroeste da cidade Curitiba/PR (Figura 5).

Foram delimitadas no tempo entre o final do século XIX, a partir da década de 1870, e o início do século XX, final da década de 1930, permitindo a seleção de exemplares construídos pelos primeiros grupos de imigrantes italianos, que ainda não haviam sofrido o processo de assimilação da cultura nacional. De acordo com Mazzarotto e Batista, (2013, p. 232):

Entende-se como casa curitibana a arquitetura vigente na cidade, que sofre influências de diversas correntes arquitetônicas [...] na segunda metade do século XX [...]. Esta construção urbana influencia marcadamente a produção arquitetônica na colônia, causando a ruptura na produção relacionada à imigração. Neste novo modelo, muito pouco se percebe da presença vêneta, porém, mesmo o novo modelo de moradia não causa ruptura com a cultura ancestral.

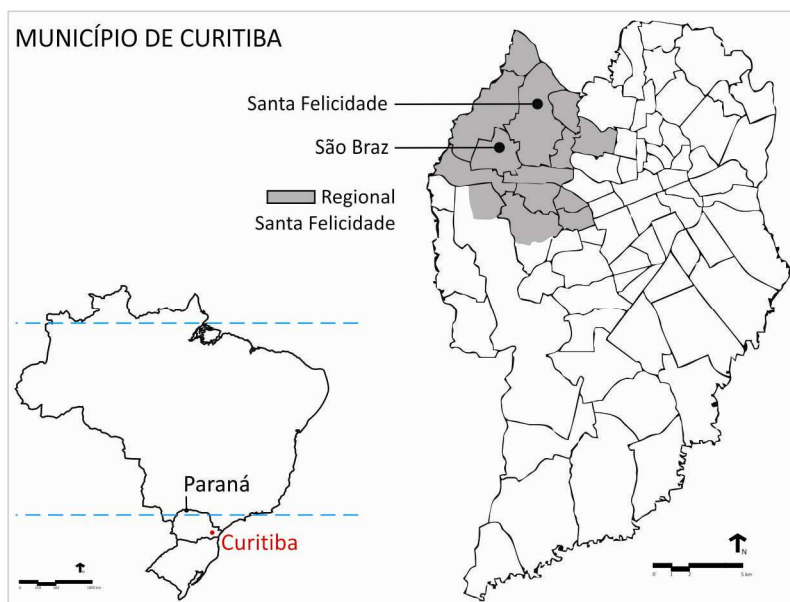


Figura 5. Município de Curitiba/PR

Fonte: Autora (2014)

Além desses fatores, também contribuiu para a escolha dos casos o fato das obras não terem sido projetadas por profissionais eruditos, mas sim serem produto do fazer vernáculo ou regional.

6 APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO

O presente trabalho procura avaliar a resposta climática de habitações históricas de Curitiba, por meio da verificação da aplicação de estratégias bioclimáticas de etapa projetual, quando as decisões mais significativas para o desempenho térmico são tomadas, no tocante à implantação, volumetria, envelope construtivo e organização dos espaços internos. As medições *in loco* foram consideradas inviáveis, pois as mensurações precisariam ser feitas com equipamentos específicos e em períodos predeterminados.

Neste contexto, os quatro instrumentos de apoio às decisões projetuais iniciais apresentados no Capítulo 4 (Tabelas de Mahoney, Diagrama de Givoni, ANBT NBR 15220 parte 3 e ABNT NBR 15575 partes 4 e 5) são desenvolvidos para as condições climáticas e geográficas do município de Curitiba/PR. Os dois primeiros métodos, mais antigos, já estão disponibilizados em versões informatizadas, proporcionando ajustes mais finos.

6.1 TABELAS DE MAHONEY

Para iniciar o uso deste método, inseriu-se no primeiro quadro as temperaturas médias máximas e mínimas (com a aproximação dos valores na casa de 0,5°C), umidade relativa do ar, precipitação, intensidade e direção predominante do vento. Esses dados foram retirados das Normais Climatológicas de 1961/1990 do INMET, para a cidade de Curitiba, apresentados Capítulo 3, item 1. Os dados mensais da direção do vento que se apresentam de forma indefinida, foram substituídos pela direção Leste (E) para efeito de cálculo, com base nas informações da carta climática do IAPAR, na qual consta que os ventos dominantes em Curitiba são Leste e Nordeste¹.

A análise comparativa do primeiro quadro com as zonas de conforto preestabelecidas no quadro 04 determinou o diagnóstico, apresentando situações nas três zonas de conforto: calor em 17% (4/24 das situações dia e noite), conforto em 46% (11/24 das situações dia e noite) e frio em 38% (9/24 das situações dia e noite). Os dados obtidos no quadro 02 somados aos dados de precipitação e umidade relativa do clima local definiram os indicadores de estresse bioclimático (quadro 03).

¹ Mapa disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=598>>. Acesso em 7 fev. 2014

Os quadros 01 a 04 estão são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Quadros 01 a 04 das Tabelas de Mahoney

PLANILHAS DE MAHONEY (ADAPTADAS)																
LOCALIDADE: CURITIBA				LATITUDE: 25°25'				LONGITUDE: 49°19'				ALTITUDE (m): 917				
01. NORMAIS																
Temp. °C	Med. Máx.	26,5	26,5	25,5	23	21	19,5	19,5	21	21,5	22,5	24,5	25,5	MAX. 26,5 MIN. 8	TMA (°C) 17,25 AMA (°C) 18,5	
	Méd. Min.	16,5	16,5	15,5	13	10	8,5	8	9	11	12,5	14	15,4			
	Ampl. (AMM)	10	10	10	10	11	11	11,5	12	10,5	10	10,5	10,1			
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 1483,5		
Chuva (mm)		171,8	157,6	138,8	94,8	101	115,6	98,8	73,4	119,2	133,3	126,9	152,3			
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	NE			
02. DIAGNÓSTICOS																
GRUPO UMIDADE		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
TEMPERATURA (°C)	DIA	MAX.	26,5	26,5	25,5	23	21	19,5	19,5	21	21,5	22,5	24,5	25,5		
		LIM. SUP.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
		LIM. INF.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	NOITE	MIN.	16,5	16,5	15,5	13	10	8,5	8	9	11	12,5	14	15,4		
		LIM. SUP.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
DIAG.	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			
03. INDICADORES																
UMIDADE	U 1	X	X	X										TOTAL U 1	4	
	U 2				X	X			X	X	X	X		TOTAL U 2	6	
	U 3													TOTAL U 3	0	
ARIDEZ	A 1													TOTAL A 1	0	
	A 2													TOTAL A 2	0	
	A 3						X	X						TOTAL A 3	2	
04. PARÂMETROS DO MÉTODO																
GRUPO	FAIXA DE UMIDADE RELATIVA	LIMITES DE CONFORTO						INDICADORES								
		TMA > 20°C		15°C < TMA < 20°C		TMA < 15°C										
		DIA (°C)	NOITE (°C)	DIA (°C)	NOITE (°C)	DIA (°C)	NOITE (°C)	INDIC.	DIA	NOITE	CHUVA	UMID.	AMM			
GR 1	0%	26	17	23	14	21	12	U 1	Q			4				
	30%	34	25	32	23	30	21		Q			2, 3	< 10°C			
GR 2	30%	25	17	22	14	20	12	U 2	C			4				
	50%	31	24	30	22	27	20		U 3		> 200					
GR 3	50%	23	17	21	14	19	12	A 1				< 4	>= 10°C			
	70%	29	23	28	21	26	19		Q			1, 2				
GR 4	70%	22	17	20	14	18	12	A 2	Q	C		1, 2	> 10°C			
	100%	27	21	25	20	24	18		A 3	F						

Fonte: Autora (2014)

Por último, o quadro 05 é o resultado da análise da somatória dos seis indicadores do quadro 03, prescrevendo as recomendações finais para o projeto arquitetônico, destacadas em amarelo, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Quadro 05 das Tabelas de Mahoney

PLANILHAS DE MAHONEY (ADAPTADAS)						
LOCALIDADE: CURITIBA		LATITUDE: 25°25'		LONGITUDE: 49°19'		ALTITUDE (m): 917
TOTAIS DOS INDICADORES						
U1	U2	U3	A1	A2	A3	
4	6	0	0	0	2	
05. RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO ARQUITETÔNICO						
A - IMPLANTAÇÃO						
			0 - 10			1
			11 - 12		5 - 12	2
					0 - 4	2
EDIFÍCIOS ALONGADOS, COM FACHADAS MAIORES VOLTADAS PARA NORTE E SUL, PARA REDUZIR A EXPOSIÇÃO AO SOL.						
EDIFÍCIOS COMPACTOS, COM PÁTIO INTERNO						
B - ESPAÇAMENTOS ENTRE AS EDIFICAÇÕES						
11 - 12						3
AUMENTAR DISTÂNCIAS ENTRE EDIFICAÇÕES PARA MELHOR VENTILAÇÃO						
2 - 10						4
COMO 3, MAS COM POSSIBILIDADE DE CONTROLAR VENTILAÇÃO						
0 - 1						5
APROXIMAR AS EDIFICAÇÕES PARA AUMENTAR A INÉRCIA						
C - VENTILAÇÃO						
3 - 12						6
1 - 2			0 - 5			7
			6 - 12			7
0	2 - 12					8
	0 - 1					8
PARA OBTENÇÃO DE UMA VENTILAÇÃO CRUZADA PERMANENTE, AS HABITAÇÕES DEVEM SER DISPOSTAS EM FILA SIMPLES AO LONGO DO EDIFÍCIO.						
FILA DUPLA DE HABITAÇÕES AO LONGO DO EDIFÍCIO, COM DISPOSITIVOS QUE PERMITAM CONTROLAR A VENTILAÇÃO.						
VENTILAÇÃO MÍNIMA, APENAS PARA RENOVAÇÃO DO AR.						
D - TAMANHO DAS ABERTURAS						
			0 - 1		0	9
					1 - 12	10
			2 - 5			10
			6 - 10			11
					0 - 3	12
			11 - 12		4 - 12	13
40 A 80 % DAS FACHADAS NORTE E SUL (AO NÍVEL DOS CORPOS DAS PESSOAS)						
25 A 40 % DAS FACHADAS NORTE E SUL E/OU LESTE E OESTE QUANDO O PERÍODO FRIO FOR PREDOMINANTE.						
15 A 25 % DAS FACHADAS.						
10 A 20 % DAS FACHADAS, COM CONTROLE DE RADIAÇÃO SOLAR.						
25 A 40 % DAS FACHADAS, PERMITINDO SOL NO PERÍODO FRIO.						
E - POSIÇÃO DAS ABERTURAS						
3-12						14
1 - 2			0 - 5			14
			6 - 12			15
0						15
NAS FACHADAS NORTE E SUL, PERMITINDO VENTILAÇÃO AO NÍVEL DOS CORPOS DOS OCUPANTES.						
COMO 14, MAS COM ABERTURAS NAS PAREDES INTERNAS.						
F - PROTEÇÃO DAS ABERTURAS						
					0 - 2	16
EVITAR RADIAÇÃO SOLAR DIRETA NOS INTERIORES DA EDIFICAÇÃO.						
		2 - 12				17
PROTEGER DA CHUVA, PERMITINDO VENTILAÇÃO.						
G - PAREDES E PISOS						
			0 - 2			18
LEVES, REFLETORAS. $U \leq 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, RETARD. ≤ 3 HORAS, FATOR SOL $\leq 4 \%$						
			3 - 12			19
PESADAS. $U \leq 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, RETARD. ≥ 8 HORAS, FATOR SOL $\leq 4 \%$						
H - COBERTURAS						
10 - 12			0 - 2			20
			3 - 12			21
			0 - 5			21
0 - 9			6 - 12			22
LEVES, ISOLANTES. $U \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, RETARD. ≤ 3 HORAS, FATOR SOL $\leq 3 \%$						
PESADAS. $U \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, RETARD. ≥ 8 HORAS, FATOR SOL $\leq 3 \%$						
I - EXTERIOR DA EDIFICAÇÃO						
				1-12		23
PREVER ESPAÇO AO AR LIVRE PARA DORMIR						
		1-12				24
PROTEGER CONTRA AS CHUVAS						

Fonte: Autora (2014)

6.2 DIAGRAMA DE GIVONI

Para a aplicação deste instrumento, utilizou-se o diagrama e os arquivos climáticos do programa *Analysis BIO*, fruto do trabalho dos pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), disponíveis gratuitamente para *download* no endereço eletrônico do laboratório². Os arquivos climáticos deste *software*, em formato TRY (Test Reference Year), foram compilados ou atualizados em 2005.

Tal programa pode ser utilizado com arquivos climáticos horários, presentes no Ano Climático de Referência (TRY), ou com arquivos resumidos na forma de Normais Climatológicas. Neste trabalho, optou-se pelos arquivos climáticos horários, uma vez que a página do LabEEE disponibiliza os dados da cidade de Curitiba para *download*. O Ano Climático de Referência é obtido pelo tratamento das Normais Climatológicas, eliminando-se os anos que apresentam extremos de temperatura até que reste apenas um – caracterizado como o ano típico.

A partir do *upload* dos arquivos climáticos (TRY) e da alteração do valor da altitude para 917m, o modo de visualização das informações “Ano todo” foi escolhido, permitindo o conhecimento das medidas referentes a cada um dos 365 dias do ano, em suas 24 horas. Assim, o programa gerou a carta bioclimática das horas totais de um ano, conforme a Figura 6.

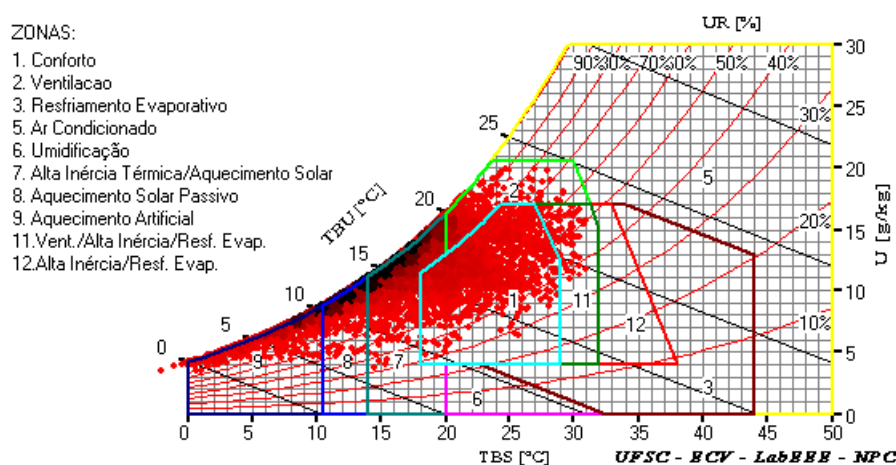


Figura 6. Carta Bioclimática de Curitiba

Fonte: *Software Analysis BIO* – LabEEE/UFSC (2014)

² Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-bio>>. Acesso em 15 fev. 2014

O programa apresenta ainda duas maneiras alternativas de interpretação da Carta Bioclimática: histograma e relatório. Pelo histograma (Figura 7) percebe-se a relação entre temperatura e frequência, ou seja, a porcentagem de ocorrência de cada temperatura na cidade analisada. As colunas em verde correspondem às temperaturas dentro da zona de conforto. Já as em azul mostram as temperaturas em desconforto, para as quais devem ser propostas medidas de correção.

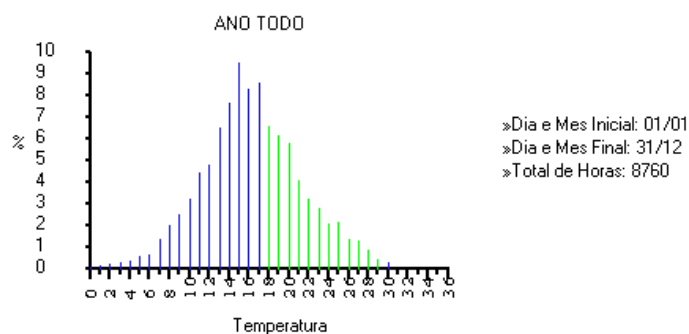


Figura 7. Histograma de Curitiba

Fonte: *Software Analysis BIO* – LabEEE/UFSC (2014)

O relatório fornecido pelo *software* consiste em um resumo de todas as informações contidas na Carta Bioclimática. Essas informações se estruturam em tópicos: porcentagens de horas confortáveis e desconfortáveis; porcentagens de desconforto por frio e/ou por calor; e porcentagens de horas em que é indicada cada estratégia bioclimática, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Relatório para a cidade de Curitiba

ANO TODO		GERAL	
Dia e mês inicial	01/jan	Conforto	20%
Dia e mês final	31/dez	Desconforto	80%
Total de Horas	8760	Frio	73%
Pressão (Kpa)	90.86	Calor	7%
Estratégias Bioclimáticas			
FRIO		CALOR	
	%		%
Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar	42,5	Ventilação	6,89
Aquecimento Solar Passivo	18,9	Alta Inércia para Resfriamento	1
Aquecimento Artificial	11,8	Resfriamento Evaporativo	1
Umidificação	0	Ar Condicionado	0
Proporção por Zona (%)			
Conforto	20	Aquecimento Solar Passivo	18,9
Ventilação	5,86	Aquecimento Artificial	11,8
Resfriamento Evaporativo	0	Ventilação/Alta Inércia/Resfr. Evaporativo	1
Ar Condicionado	0	Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	0
Umidificação	0	Ventilação/Alta Inércia	0
Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar	42,5	Alta Inércia Térmica para Resfriamento	0

Fonte: *Software Analysis BIO* – LabEEE/UFSC (2014), adaptado pela autora.

Desta maneira, o programa possibilitou a rápida percepção das estratégias necessárias para promover o conforto térmico dos usuários na cidade de Curitiba.

6.3 ABNT NBR 15220

A ABNT NBR 15220, em sua parte 3, trata do “Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”. Mesmo sendo as habitações unifamiliares de interesse social o objeto dessa norma, a metodologia oferecida por ela foi utilizada, devido a semelhanças de uso, tipologia e materiais que apresentam em relação às residências estudadas por este trabalho.

A norma fornece, no anexo A, informações sobre o zoneamento bioclimático de 330 cidades. O município de Curitiba está inserido na zona bioclimática 1 (Figura 8). Na carta abaixo, cada linha reta representa todas as horas de um dia médio de um mês. Ao repetir este processo para doze meses, é possível obter a porcentagem de tempo de cada estratégia ao longo do ano. São desconsiderados os pontos contidos na zona de conforto E, além das estratégias com percentuais inferiores a 1%.



Figura 2 - Zona Bioclimática 1

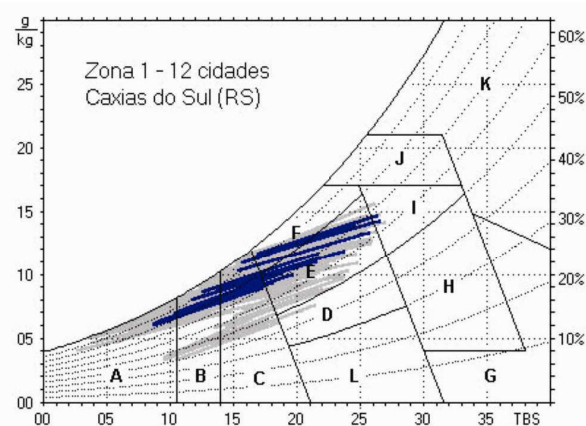


Figura 3 - Carta Bioclimática com as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Caxias do Sul, RS

Figura 8. Zona Bioclimática1

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2003)

Na Tabela 5 encontram-se as diretrizes apresentadas para a zona bioclimática 1. Também é necessário observar dois pontos importantes destacados pela tabela abaixo: as vedações internas devem ser pesadas e o uso de aquecimento artificial é necessário para os períodos frios.

Tabela 5. Diretrizes construtivas relativas a aberturas, paredes e cobertura

Tabela 1 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 1

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

Tabela 2 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 1

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Tabela 3 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 1

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Inverno	<p>B) Aquecimento solar da edificação</p> <p>C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)</p> <p>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).</p>

Fonte: Tabelas 1, 2 e 3 da ABNT NBR 15220-3 (2003)

As diretrizes desta zona são mais bem detalhadas em três setores. O primeiro deles está relacionado à área de abertura para ventilação e sombreamento das janelas dos ambientes de longa permanência, demarcada em azul (Tabela 6).

Tabela 6. Aberturas para ventilação

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

Fonte: Tabela C.1 da ABNT NBR 15220-3 (2003), adaptada pela autora

Já o segundo sugere padrões de transmissão térmica, atraso térmico e fator solar para paredes externas e coberturas, destacadas em azul, e para paredes internas, destacada em laranja (Tabela 7). As Tabelas C.1 e C.2 dessa norma estão relacionadas com o método de Mahoney.

Para as tipologias construtivas mais usuais, o anexo D traz valores de transmitância, capacidade térmica e atraso solar para diversas configurações de paredes e coberturas.

Tabela 7. Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar para vedação externa

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	U ≤ 3,00	φ ≤ 4,3	FS _o ≤ 5,0
	Leve refletora	U ≤ 3,60	φ ≤ 4,3	FS _o ≤ 4,0
	Pesada (interna)	U ≤ 2,20	φ ≥ 6,5	FS _o ≤ 3,5
Coberturas	Leve isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FS _o ≤ 6,5
	Leve refletora	U ≤ 2,30.FT	φ ≤ 3,3	FS _o ≤ 6,5
	Pesada	U ≤ 2,00	φ ≥ 6,5	FS _o ≤ 6,5

NOTAS
1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver 02:135.07-001/2)
2 s aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).
3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.
4 O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Fonte: Tabela C.2 da ABNT NBR 15220-3, 2003, adaptada pela autora

O terceiro setor mostra as estratégias de condicionamento térmico passivo A, B, C e F, que devem ser levadas em conta durante o período de estudo projetual para permitir melhor condição térmica no interior da edificação longo do ano (Tabela 8).

Tabela 8. Estratégias de condicionamento térmico passivo

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.

Fonte: Tabela 25 da ABNT NBR 15220-3, 2003, adaptada pela autora

6.4 ABNT NBR 15575

De acordo com a ABNT NBR 15575, a avaliação térmica pode ser efetuada de três diferentes formas: simplificada (normativa), simulação por *software* ou medição *in loco*. No presente trabalho, será utilizado o procedimento simplificado, que verifica o cumprimento de requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica e capacidade térmica das paredes de fachada e da cobertura.

As estratégias apresentadas nesta norma, que proporcionam um desempenho térmico mínimo, são estabelecidas para cada uma das zonas climáticas definidas na ABNT NBR 15220-3. As paredes das fachadas e a cobertura das edificações devem possuir características que atendam aos critérios registrados nos itens a seguir, considerando-se a zona bioclimática1, na qual se enquadra a cidade de Curitiba.

Com relação aos sistemas de vedação vertical externa (SVVE), o valor máximo admissível para transmitância térmica é apresentado na Tabela 9 e o valor mínimo para capacidade térmica é exibido na Tabela 10, destacados em azul. A avaliação pelo procedimento simplificado prevê o atendimento apenas em nível mínimo. Para a classificação do sistema em níveis superiores (intermediário ou superior), há a necessidade de realizar a simulação computacional ou avaliação detalhada.

Tabela 9. Transmitância térmica das paredes externas

Transmitância Térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
^a α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: Tabela 13 da ABNT NBR 15575-4 (2013), adaptada pela autora

Tabela 10. Capacidade térmica das paredes externas

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

Fonte: Tabela 14 da ABNT NBR 15575-4 (2013), adaptada pela autora

Com relação ao requisito ‘aberturas para ventilação’, é indicado que as habitações possuam aberturas em suas fachadas com as dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna de ambientes de longa permanência, como salas, cozinhas e dormitórios, conforme os valores indicados na Tabela 11.

Tabela 11. Área mínima de ventilação

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL $A \geq 8\%$ 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: Tabela 15 da ABNT NBR 15575-4 (2013), adaptada pela autora

Por último, os sistemas de coberturas (SC) devem apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que permitam um desempenho térmico apropriado para a zona bioclimática 1. O valor máximo admissível para a transmitância térmica, considerando fluxo térmico descendente, está indicado em azul na Tabela 12. O anexo I da NBR 15575-5 contém recomendações relativas a outros níveis de desempenho (Tabela 13).

Tabela 12. Transmitância térmica das coberturas

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: Tabela 3 da ABNT NBR 15575-5 (2013), adaptada pela autora

Tabela 13. Níveis de desempenho 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 ¹⁾		Nível de desempenho
$U \leq 2,3$	$\alpha^{1)} \leq 0,6$	$\alpha^{1)} > 0,6$	$\alpha^{1)} \leq 0,4$	$\alpha^{1)} > 0,4$	M
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FV	$U \leq 1,5$ FV	
$U \leq 1,5$	$\alpha^{1)} \leq 0,6$	$\alpha^{1)} > 0,6$	$\alpha^{1)} \leq 0,4$	$\alpha^{1)} > 0,4$	I
	$U \leq 1,5$	$U \leq 1,0$	$U \leq 1,5$ FV	$U \leq 1,0$ FV	
$U \leq 1,0$	$\alpha^{1)} \leq 0,6$	$\alpha^{1)} > 0,6$	$\alpha^{1)} \leq 0,4$	$\alpha^{1)} > 0,4$	S
	$U \leq 1,0$	$U \leq 0,5$	$U \leq 1,0$ FV	$U \leq 0,5$ FV	
¹⁾ Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro. NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220/2.					

Fonte: Tabela I.4 da ABNT NBR 15575-5 (2013), adaptada pela autora

6.5 SÍNTESE DOS INSTRUMENTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO

A incorporação das Normais Climatológicas da cidade de Curitiba nas Tabelas de Mahoney (TM) e no Diagrama de Givoni (DG) através do *software Analysis BIO*, assim como a leitura detalhada da NBR 15220-3 e NBR 15575-4/5, forneceu um conjunto preliminar de recomendações projetuais, apresentado na Tabela 14.

Tabela 14. Lista de recomendações para a cidade de Curitiba

Nº	Recomendações projetuais	Metodologia
1	IMPLANTAÇÃO	
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol	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
	Ventilação em 5,86% do ano	DG
	Ventilação com alta inércia e resfriamento evaporativo em 1% do ano	DG
	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% < Área < 25% da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)	NBR 15220
	Médias Nível de Desempenho M A ≥ 7% da área do piso, passíveis de serem vedadas durante o inverno	NBR 15575-4
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	
	Leves, refletoras. U ≤ 2,8 w/(m² °C), Atraso Term. ≤ 3 horas, Fator sol ≤ 4 %	TM
	Alta inércia térmica com aquecimento solar em 42,5% do ano	DG
	Leve Transmitância térmica - U (W/m².K) : U ≤ 3,0 Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 4,3 Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 5,0	NBR 15220
	Transmitância térmica - U (W/m².K) : U ≤ 2,5	NBR 15575-4
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m².K) : CT ≥ 130	NBR 15575-4
5	COBERTURAS	
	Leves, isolantes. U ≤ 0,85 w/(m² °C), Atraso Term. ≤ 3 horas, Fator sol ≤ 3 %	TM
	Leve isolada Transmitância térmica - U (W/m².K) : U ≤ 2,0 Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≤ 3,3 Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 6,5	NBR 15220
	Transmitância térmica - U (W/m².K) Nível de Desempenho M U ≤ 2,3 I U ≤ 1,5 S U ≤ 1,0	NBR 15575-5
6	CONDICIONAMENTO INTERNO	
	Aquecimento solar passivo em 18,9% do ano	DG
	Aquecimento artificial em 11,8% do ano	DG
	Aquecimento solar da edificação	NBR 15220
	Uso de aquecimento artificial será necessário	NBR 15220
	Parede Interna Pesada Transmitância térmica - U (W/m².k) : U ≤ 2,2 Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≥ 6,5 Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 3,5	NBR 15220

Fonte: Autora (2014)

Como alguns critérios apresentaram-se de forma repetida e outros demonstraram alguma incompatibilidade, principalmente com relação às características físicas dos materiais de envelope, uma seleção desses itens foi feita a fim de eleger as recomendações mais pertinentes a este trabalho.

No primeiro item **Implantação** nada se alterou, pois somente as TM oferecem estratégias nesta fase. No item **Ventilação**, eliminou-se o critério do DG, pois este apresenta resultados repetidos com as TM e a NBR 15220, que são mais específicos.

Com relação às **Aberturas**, no item 3.1 Tamanho, a recomendação da NBR 15575 foi excluída, pois a área mínima indicada por ela é inferior a estabelecida na NBR 15220. No item 3.2 Posição, manteve-se o existente, já que, mais uma vez, apenas as TM trazem alguma indicação. Por último, no item 3.3 Proteção, houve a junção dos dois métodos, que se demonstraram complementares, pois ao mesmo tempo que as TM indicam que se evite a radiação solar direta no interior da edificação, a NBR 15220 faz um ressalva para permitir a entrada de sol durante o período frio.

Para o item **Paredes Externas**, suprimiu-se a indicação das TM, já que a NBR 15220 disponibiliza as mesmas informações. Com relação à NBR 15575, o valor de capacidade térmica manteve-se, mas eliminou-se a transmitância térmica, já que será utilizado o valor da primeira norma. Tal como anteriormente, no item **Coberturas** a indicação das TM foi desconsiderada. Os valores apresentados pela NBR 15575 serão utilizados apenas para qualificar o desempenho.

Por fim, no item **Condicionamento Interno**, eliminaram-se os critérios do DG, pois eles se apresentam de forma repetida com a NBR 15220.

O **item 1** do quadro acima traz como recomendação "Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para Norte e Sul, para reduzir a exposição ao sol". Aqui é necessário complementar a informação, dizendo que é preciso reduzir a exposição nas fachadas Leste e Oeste. É favorável ao conforto térmico que os edifícios sejam alongados no eixo Leste-Oeste, com a maior área de fachada e de aberturas voltadas para o Norte, pois com essa orientação tem-se o máximo de incidência solar no inverno e o mínimo no verão. A fachada Leste tem incidência de sol apenas pela manhã e a Oeste somente à tarde, porém, isso ocorre em todos os dias do ano, inclusive no verão. Portanto, o correto é evitar o posicionamento de aberturas nestas duas últimas fachadas.

A Tabela 15 apresenta a seleção final das recomendações, pelas quais os projetos arquitetônicos das edificações vernaculares serão analisados.

Tabela 15. 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	
Simples	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 3,0$ Leve Atraso térmico - φ (Horas) - $\varphi \leq 4,3$ Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 5,0$	NBR 15220
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m ² .K) : $CT \geq 130$	NBR 15575-4
5	COBERTURAS	
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : $U \leq 2,0$ Leve isolada Atraso térmico - φ (Horas) - $\varphi \leq 3,3$ Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 6,5$	NBR 15220
	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) - $\varphi \geq 6,5$ Fator Solar - FSo (%): $FSo \leq 3,5$	NBR 15220

Fonte: Autora (2014)

7 ESTUDOS DE CASO

Após avaliação dos quatro instrumentos de análise de desempenho térmico, o atendimento, presença ou aplicação das estratégias projetuais fornecidas por eles e selecionadas pela autora, apresentadas no capítulo anterior, são verificadas nos seguintes exemplares, cujos levantamentos arquitetônicos são disponibilizados em anexo.

- Residência Família Strapasson – Santa Felicidade
- Residência Família Escorsin – São Braz
- Residência Família Pianaro – “Casa dos Contos” – Santa Felicidade

A seleção desses exemplares direcionou-se ao período entre o final do século XIX e início do século XX, por constituírem-se nas primeiras habitações construídas pelos recém chegados imigrantes italianos, que ainda não haviam passado pelo processo de assimilação da cultura brasileira.

7.1 A RESIDÊNCIA DO IMIGRANTE ITALIANO

A arquitetura residencial italiana, analisada sob critérios de tipologia de planta, volumetria, ornamentação, e de materiais e detalhes construtivos, apresenta certa homogeneidade, destacando grupos com características mais semelhantes, como a casa tipo sobrado, casa térrea, casa com alpendre e casa eclética. (MAZZAROTTO e BATISTA, 2013). Os casos em estudo são essencialmente de casas térreas.

7.1.1 Tipologia da casa térrea

Estas casas apresentam basicamente uma planta retangular, subdividida em três faixas transversais. Na central localiza-se a escada que dá acesso ao sótão. Na maioria das edificações estudadas, as escadas originais foram substituídas. O acesso se dá por uma porta na elevação principal. A simetria das aberturas na fachada não é rígida como nas tipologias de sobrado.

O sótão aproveitável, resultado da acentuada inclinação do telhado de duas águas, é ventilado por janelas ou por um pequeno óculo sem vedação, localizados nas elevações laterais. O telhado em duas águas, mais usual, termina em beirais bem

reduzidos, levemente projetados e ornamentados com uma cimalha. Algumas habitações apresentam variações de tipologia, como telhado de quatro águas e varanda.

7.1.2 Materiais e sistemas construtivos da casa térrea

A técnica construtiva empregada pelos imigrantes italianos fez surgir casas em alvenaria de tijolos, apoiada em alicerces de pedra, com a cobertura em telha cerâmica (tipo escama e, posteriormente, tipo francesa) e com os demais elementos em madeira, como pisos, escada, esquadrias e telhado. Em terrenos inclinados, o espaço sob o piso do pavimento térreo é maior, sendo aproveitado como porão.

A Figura 9 é uma foto de uma residência com características italianas, localizada na Av. Manoel Ribas, 5502, em ruínas. Pode-se observar que a alvenaria da parede externa é dupla, em tijolos maciços.



Figura 9. Edificação em ruínas

Fonte: Ari, IPPUC (2000), adaptada pela autora

As esquadrias de janelas são em madeira e vidro, em formato retangular. A parte envidraçada era do tipo guilhotina, enquanto o “escuro” poderia ser em tábuas verticais justapostas ou com elementos mais decorativos (almofadas e venezianas), sempre em madeira. De acordo com a época da construção, o escuro era posicionado internamente (nas casas mais antigas) ou externamente. As portas em madeira, normalmente em duas folhas, eram em tábuas com encaixe macho-fêmea ou com almofadas, e algumas vezes apresentam bandeira em vidro.

As Figura 10 e Figura 11, apresentadas na sequência, mostram os principais elementos construtivos de dois tipos de casa térrea em alvenaria dos imigrantes.

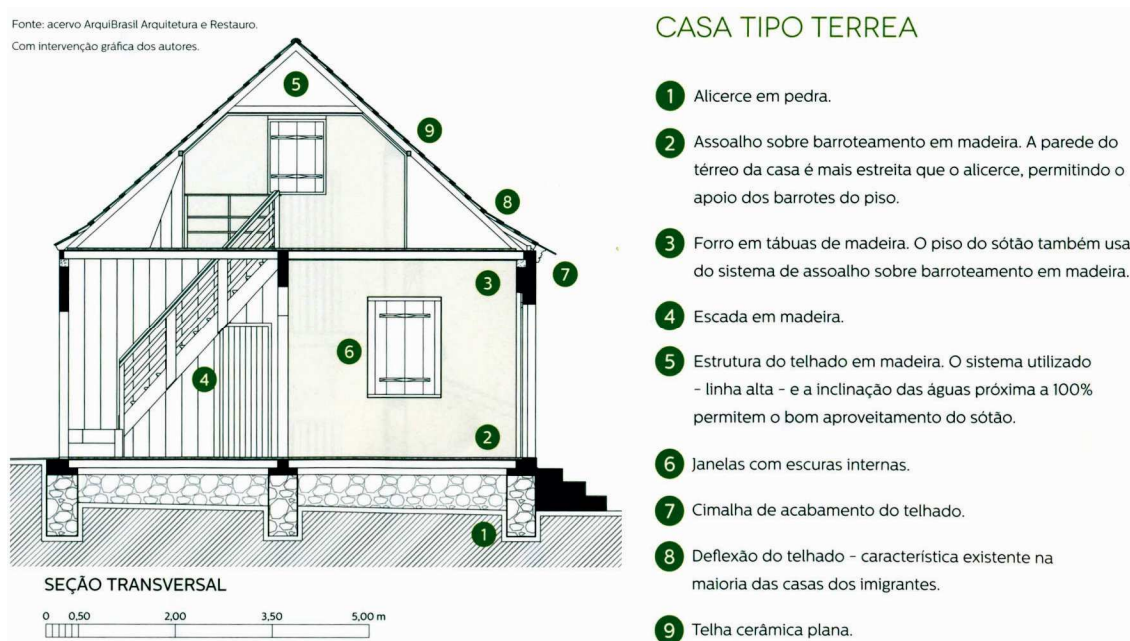


Figura 10. Elementos construtivos – casa tipo 1

Fonte: Mazzarotto e Batista (2013), adaptada pela autora



Figura 11. Elementos construtivos – casa tipo 2

Fonte: Mazzarotto e Batista (2013), adaptada pela autora

7.2 AVALIAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

7.2.1 Caso I – Residência Família Strapasson

A residência, de 1925, está implantada de forma isolada em um terreno de aproximadamente 490 m². A edificação é composta de pavimento térreo e sótão, somando 154 m² construídos (Figura 12).



Figura 12. Foto da residência Strapasson
Fonte: Autora (2014)

1 – IMPLANTAÇÃO: atende. O eixo longitudinal da casa é o Leste-Oeste. Deste modo, as maiores fachadas ficam voltadas para Norte-Sul. Ainda, todas as edificações vizinhas são afastadas da residência, sendo que a mais próxima se localiza aproximadamente a 3,7 m (Figura 13).



Figura 13. Foto aérea
Fonte: Google Earth (2009), adaptada pela autora

2 – VENTILAÇÃO: atende. Apesar dos cômodos estarem dispostos em fila dupla, a ventilação cruzada (direção NE) no pavimento térreo é possível devido à presença de portas transversais às janelas, que fazem a ligação entre os ambientes internos. No sótão, tem-se um único ambiente, com janelas nas fachadas laterais, que permitem a passagem do vento na direção Leste (Figura 14). Assim, todos os espaços internos são passíveis da desumidificação.

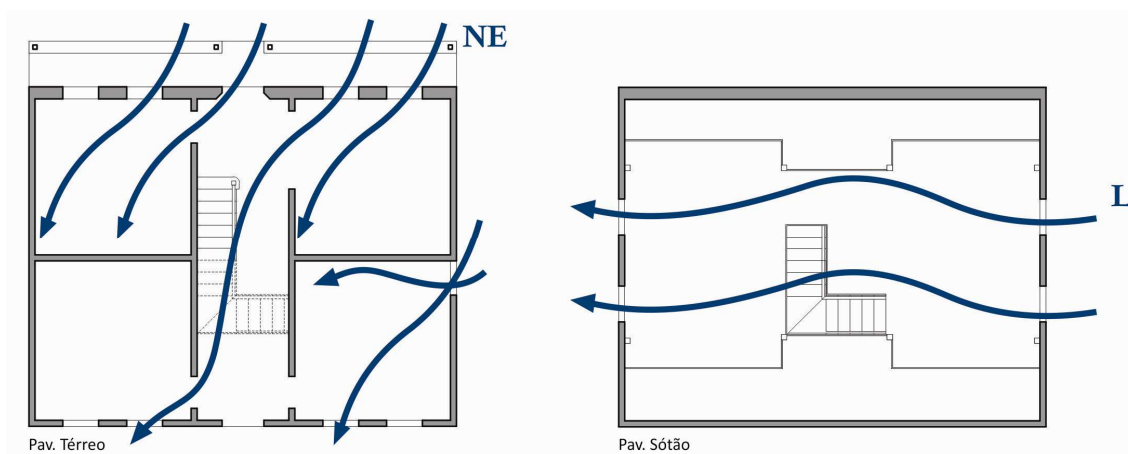


Figura 14. Esquema de ventilação dos pavimentos

Fonte: Autora (2014)

3 – ABERTURAS: atende parcialmente. TAMANHO: nas fachadas Leste-Oeste, as aberturas correspondem a 3% da área da fachada, não obedecendo a diretriz (25 a 40%), assim como a relação entre área de abertura e de piso dos ambientes de longa permanência, que é de 6% (a NBR indica entre 15% e 25%). (Tabela 16). POSIÇÃO: as janelas das fachadas Norte-Sul estão ao nível do corpo dos ocupantes, pois possuem peitoril de 90 cm. PROTEÇÃO: as janelas possuem escuros internos que bloqueiam a radiação solar quando necessário. Mesmo a fachada Norte tendo varanda, a inclinação de 40° do sol de inverno permite sua entrada no período frio (Figura 15).

Tabela 16. Ventilação

ABERTURAS							
FACHADA	ÁREA (m ²)	ABERTURA (m ²)	%	AMBIENTE	ÁREA (m ²)	VENTILAÇÃO	
						ÁREA (m ²)	%
Leste	47,3	2 x 0,54		A	15,68	1,08	7%
		1 x 0,37		B	15,36	1,08	7%
Oeste	47,3	2 x 0,54		C	15,28	1,08	7%
Total	94,6	2,53	3%	D	15,6	1,45	9%
				E	51,48	2,53	5%
				Total	113,4	7,22	6%

Fonte: Autora (2014)

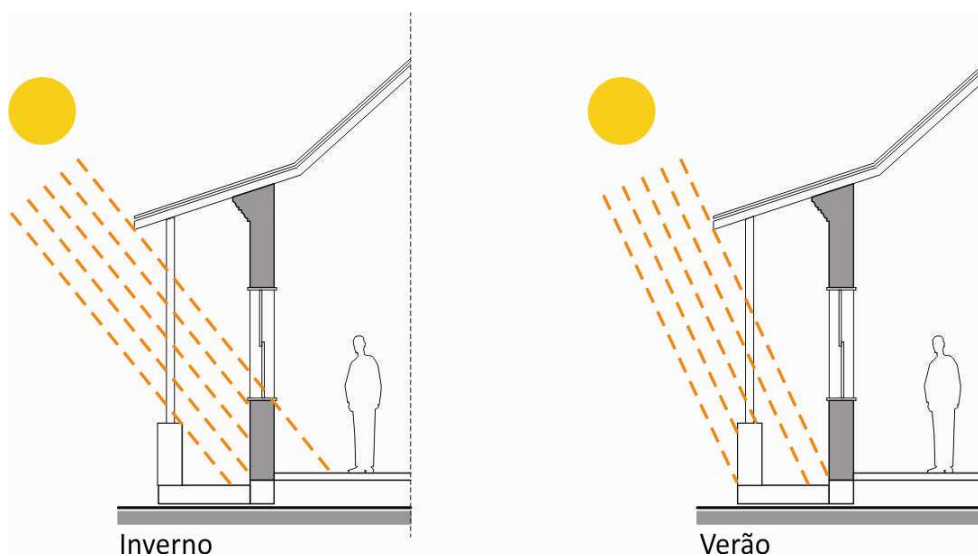
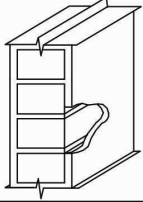


Figura 15. Esquema de da fachada Norte
Fonte: Autora (2014)

4 – PAREDES EXTERNAS: atende. Como três das quatro paredes externas são em alvenaria simples, a avaliação é feita com base nestas. De maneira geral, elas correspondem às estratégias, pois apresentam: transmitância térmica $U=3,13 \text{ W/m}^2\text{K}$; capacidade térmica $C_T=255 \text{ kJ/m}^2\text{K}$; atraso térmico $\phi=3,8 \text{ h}$; e fator solar $FS_o=3,75\%$, dentro do recomendado pelas normas, considerando aproximação dos valores apenas ligeiramente superior ao recomendado (Tabela 17).

Tabela 17. Características das paredes de alvenaria simples

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	Φ [horas]	F _{so} [%]
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8	3,75
NOTA: Memorial de cálculo do Fator Solar apresentado no Apêndice.					

Fonte: Tabela D.3 da ABNT NBR 15220 (2013), adaptada pela autora

5 – COBERTURAS: atende. A cobertura está em acordo com os critérios visto que apresenta: transmitância térmica $U=2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$; atraso térmico $\phi=0,8 \text{ h}$; e fator solar $FS_o=6,4\%$, dentro do prescrito pelas normas, considerando aproximação dos valores (Figura 16).



telha cerâmica

câmara de ar

forro madeira 1cm

Descrição
Forro madeira (1,0cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha cerâmica

U	C _T	α	FCS
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	-[-]	-[-]
2,02	26,4	0,2	1,6
		0,4	3,2
		0,8	6,4

Figura 16. Características da cobertura
Fonte: LabEEE, 2010, adaptada pela autora

6 – CONDICIONAMENTO INTERNO: atende parcialmente. A casa possui aquecimento solar passivo, mas não conta com nenhum mecanismo de aquecimento artificial. Com relação às propriedades das paredes internas, elas não correspondem às estratégias, pois apresentam transmitância térmica $U=3,13 \text{ W/m}^2\text{K}$; atraso térmico $\varphi=3,8 \text{ h}$; e fator solar $FS_o: 3,72\%$, fora do proposto pelas normas. Ver Tabela 17.

Através da verificação das diretrizes propostas por este trabalho, realizou-se uma síntese da avaliação, conforme demonstrado na Tabela 18. Conclui-se que a residência de alvenaria de tijolos, de 1925, atende a 71,4% dos critérios.

Tabela 18. Síntese - Residência Família Strapasson

Nº	Recomendações projetuais	Atende	Não atende
1	IMPLANTAÇÃO		
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	x	
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	x	
2	VENTILAÇÃO		
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	x	
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	x	
3	ABERTURAS		
3.1	Tamanho das aberturas		
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar		x
	Médias: $15\% < \text{Área} < 25\%$ da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)		x
3.2	Posição das aberturas		
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	x	
3.3	Proteção		
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	x	
	Permitir sol durante o período frio	x	
4	PAREDES EXTERNAS		
Simples	Transmitância térmica - U (W/m².K) : $U \leq 3,0$	x	
	Leve Atraso térmico - φ (Horas) - $\varphi \leq 4,3$	x	
	Fator Solar - FS_o (%): $FS_o \leq 5,0$	x	
	Capacidade Térmica - CT (kJ/m².K) : $CT \geq 130$	x	
5	COBERTURAS		
	Transmitância térmica - U (W/m².K) : $U \leq 2,0$	x	
	Leve isolada Atraso térmico - φ (Horas) - $\varphi \leq 3,3$	x	
	Fator Solar - FS_o (%): $FS_o \leq 6,5$	x	
	Transmitância térmica - U (W/m².K) Nível de Desempenho M $U \leq 2,3$ I $U \leq 1,5$ S $U \leq 1,0$	x	
6	CONDICIONAMENTO INTERNO		
	Aquecimento solar da edificação	x	
	Uso de aquecimento artificial será necessário		x
	Parede Transmitância térmica - U (W/m².k) : $U \leq 2,2$		x
	Interna Atraso térmico - φ (Horas) - $\varphi \geq 6,5$		x
	Pesada Fator Solar - FS_o (%): $FS_o \leq 3,5$		x

Fonte: Autora (2014)

7.2.2 Caso II – Residência Família Escorsin

A residência, do início do séc. XX, encontra-se implantada de forma isolada em um terreno de aproximadamente 2 mil m², onde foi construída uma segunda edificação no ano de 2008. A casa é composta de porão (depósito), pavimento térreo e sótão não habitável, somando 218 m² construídos (Figura 17).



Figura 17. Foto da residência Escorsin
Fonte: Autora (2014)

1 – IMPLANTAÇÃO: atende parcialmente. O eixo longitudinal da casa é Norte-Sul. Por este motivo, as maiores fachadas estão voltadas para Leste-Oeste, contrariando as estratégias. Todas as edificações vizinhas distam da residência em no mínimo 15,10 m (Figura 18).

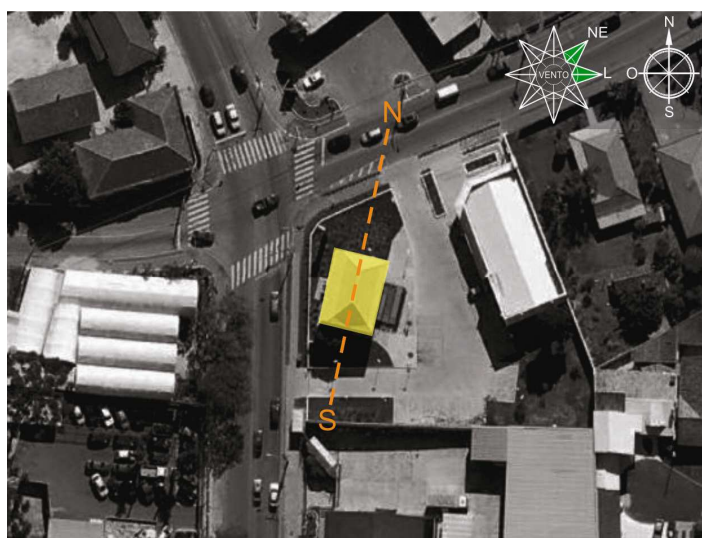


Figura 18. Foto aérea
Fonte: Google Earth (2009), adaptada pela autora

2 – VENTILAÇÃO: atende. Todos os cômodos do porão e do pavimento térreo estão dispostos em fila simples, o que possibilita a ventilação cruzada (Figura 19) e a consequente desumidificação. Como o sótão não possui janelas, não é considerado um ambiente de longa permanência de usuários.

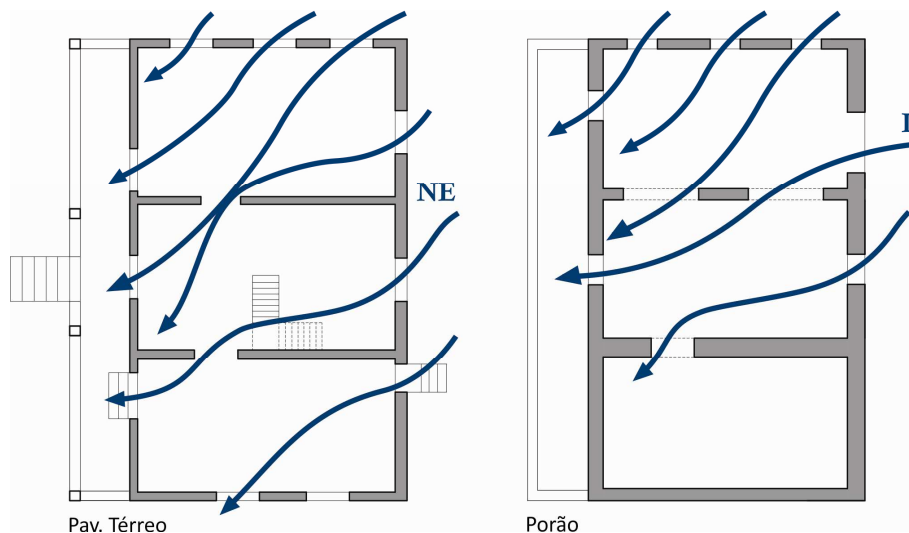


Figura 19. Esquema de ventilação dos pavimentos

Fonte: Autora (2014)

3 – ABERTURAS: atende parcialmente. TAMANHO: nas fachadas Leste-Oeste, as aberturas correspondem a 11% da área da fachada, não atendendo a diretriz. Entretanto, a relação entre área de abertura e de piso do pavimento térreo, único com ambientes de longa permanência, que é de 17%, está dentro dos parâmetros da NBR 15220 (Tabela 19). POSIÇÃO: as janelas das fachadas Norte-Sul situam-se ao nível do corpo dos ocupantes. PROTEÇÃO: todas as janelas do pavimento térreo possuem escuros internos que bloqueiam a radiação solar quando necessário. A fachada Oeste apresenta uma varanda que, devido à inclinação baixa do sol de inverno, permite a entrada da radiação solar no período frio (Figura 20).

Tabela 19. Ventilação

ABERTURAS							
FACHADA	ÁREA (m ²)	ABERTURA (m ²)	%	AMBIENTE	ÁREA (m ²)	VENTILAÇÃO	
						ÁREA (m ²)	%
Leste	62,73	2 x 0,91	9%	A	25,82	4,55	18%
		1 x 0,68		B	25,07	1,82	7%
		1 x 1,49		C	23,05	6,56	28%
		1 x 1,72		Total	73,94	12,93	17%
Oeste	43,55	2 x 0,91	15%				
		2 x 0,68					
		1 x 3,25					
Total	106,28	12,14	11%				

Fonte: Autora (2014)

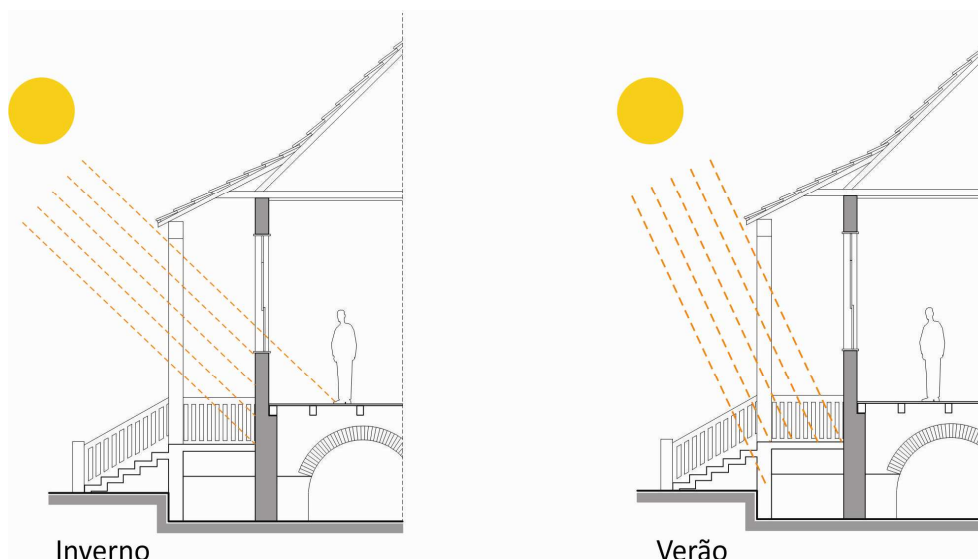
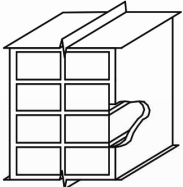


Figura 20. Esquema de insolação da fachada Oeste

Fonte: Autora (2014)

4 – PAREDES EXTERNAS: atende parcialmente. Para efeito de cálculo, foi considerado que as paredes externas são em alvenaria de tijolos duplos, pois a média da espessura dos três pavimentos é igual a 28 cm. Assim, correspondem às estratégias por possuírem: transmitância térmica $U=2,30 \text{ W/m}^2\text{K}$; capacidade térmica $CT=430 \text{ kJ/m}^2\text{k}$; e fator solar FS_o : 1,84%. O atraso térmico $\phi=6,6 \text{ h}$ está fora do recomendado pelas normas (Tabela 20).


Tabela 20. Características das paredes de alvenaria dupla

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	Φ [horas]	F _{so} [%]
	Parede dupla de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	2,30	430	6,6	1,84
NOTA: Memorial de cálculo do Fator Solar apresentado no Apêndice.					

Fonte: Tabela D.3 da ABNT NBR 15220 (2013), adaptada pela autora

5 – COBERTURAS: atende. Quando esta residência passou por uma obra de restauração em 2008, foi adicionada a manta de isolamento térmico à cobertura. Está em acordo com os critérios visto que apresenta: transmitância térmica $U=1,11 \text{ W/m}^2\text{K}$; atraso térmico $\phi=2,0 \text{ h}$; e fator solar $FS_o = 3,55\%$ dentro do determinado pelas normas (Tabela 21).

Tabela 21. Características da cobertura

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	Φ [horas]	Fso [%]
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0	3,55
NOTA: Memorial de cálculo do Fator Solar apresentado no Apêndice.					

Fonte: Tabela D.3 da ABNT NBR 15220 (2013), adaptada pela autora

6 – CONDICIONAMENTO INTERNO: atende parcialmente. A casa tem aquecimento solar passivo, entretanto não dispõe de nenhum recurso de aquecimento artificial. Com relação às propriedades das paredes internas, por serem iguais as da residência analisada anteriormente, não correspondem às estratégias. Ver Tabela 17.

Pela averiguação das diretrizes propostas, foi possível efetuar uma síntese da avaliação, conforme Tabela 22. Conclui-se a residência de alvenaria de tijolos, do início do séc. XX, atende a 66,7% dos critérios.

Tabela 22. Síntese - Residência Família Escorsin

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

Fonte: Autora (2014)

7.2.3 Caso III – Residência Família Pianaro ou “Casa dos Contos”

A residência, de 1918, localiza-se isoladamente em um terreno de aproximadamente 6,5 mil m², onde, em 2004, foi construído um hotel. A edificação é composta de pavimento térreo e sótão, somando 149,15 m² construídos (Figura 21).



Figura 21. Foto da Casa dos Contos

Fonte: Autora (2014)

1 – IMPLANTAÇÃO: atende parcialmente. O eixo longitudinal da casa é o Noroeste-Sudeste, então as fachadas mais longas ficam voltadas para Nordeste-Sudoeste. O hotel, edificação mais próxima à residência, situa-se a aproximadamente 6,35 m (Figura 22).

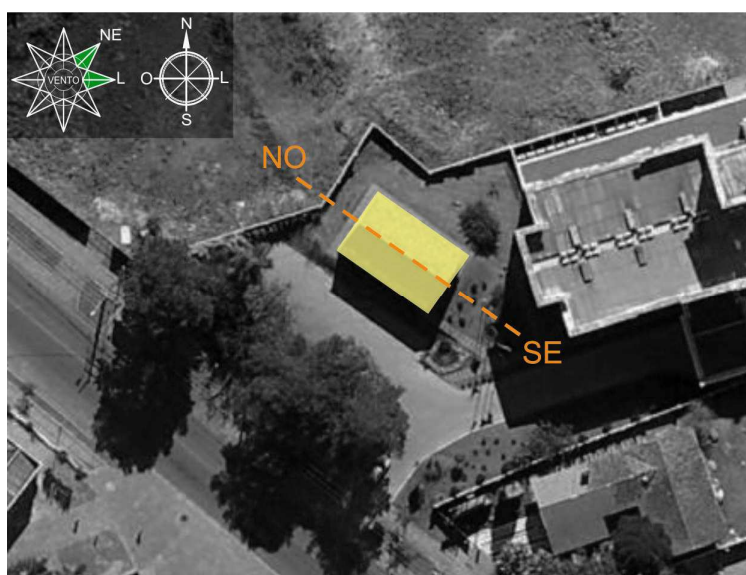


Figura 22. Foto aérea

Fonte: Google Earth (2009), adaptada pela autora

2 – VENTILAÇÃO: Atende. Muito embora os ambientes estejam dispostos em fila dupla, a ventilação cruzada (direção L e NE) ocorre, no pavimento térreo, graças aos grandes vãos internos, sem portas, que fazem a divisão dos cômodos. O sótão, em um ambiente único, é ventilado pela passagem do vento de direção Leste, através das janelas e óculos (em forma de cruz) (Figura 23). Sendo assim, todos os espaços internos são passíveis de desumidificação.

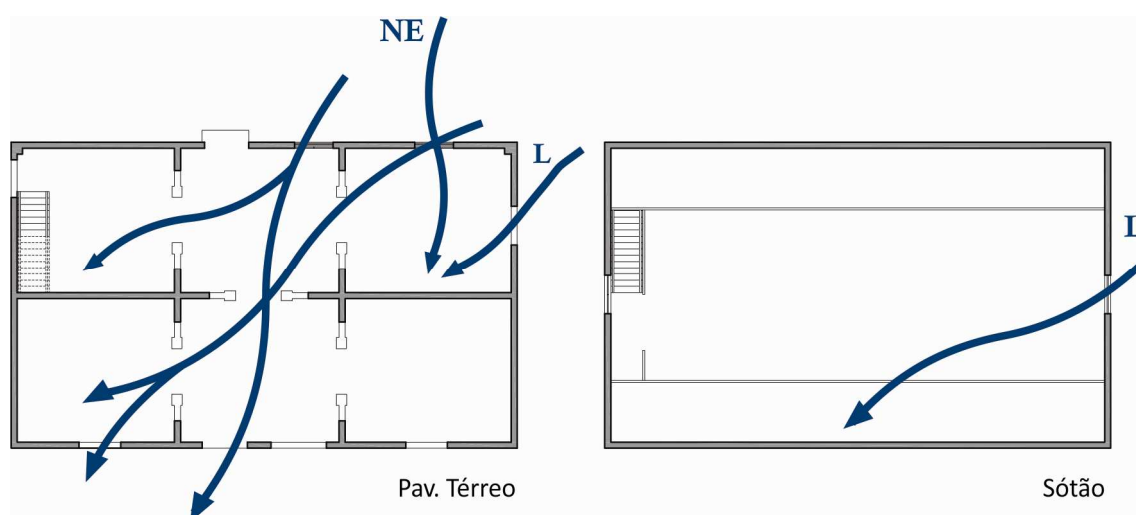


Figura 23. Esquema de ventilação dos pavimentos

Fonte: Autora (2014)

3 – ABERTURAS: atente parcialmente. TAMANHO: Devido à orientação da residência, que não permite uma definição exata de quais fachadas seriam Leste e Oeste, a estratégia estabelecida pelas Tabelas de Mahoney é desconsiderada. Com relação à NBR 15220, a relação entre área de abertura e de piso dos ambientes de longa permanência, de 10%, não atende aos critérios (entre 15% e 25%). Apenas os ambientes que possuem portas atingem tal valor (Tabela 23). POSIÇÃO: as janelas das fachadas Norte-Sul posicionam-se ao nível do corpo dos usuários, visto que o peitoril é de 85 cm. PROTEÇÃO: as janelas contêm escuros internos que bloqueiam a radiação solar nos períodos quentes, e, quando abertos nos períodos frios, permitem a entrada dos raios solares (Figura 24).

Tabela 23. Ventilação

ABERTURAS			
AMBIENTE	ÁREA (m ²)	VENTILAÇÃO	
		ÁREA (m ²)	%
A	14,36	0,75	5%
B	14,44	3,05	21%
C	15,17	1,5	10%
D	14,95	0,81	5%
E	14,2	3,87	27%
F	14,14	0,81	6%
G	51,49	2,88	6%
Total	138,75	13,67	10%

Fonte: Autora (2014)

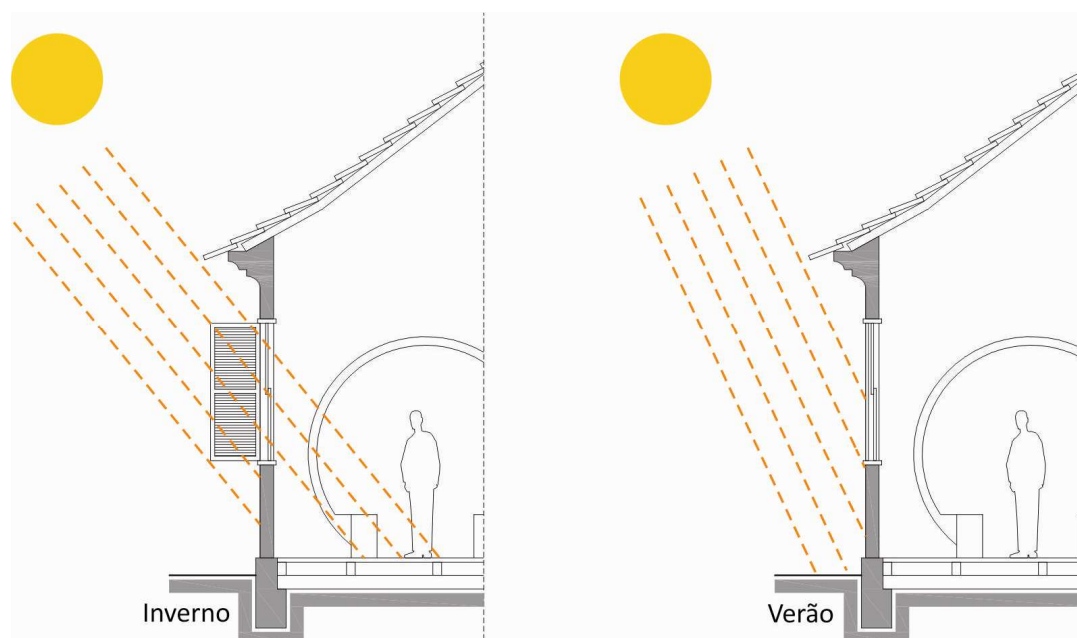
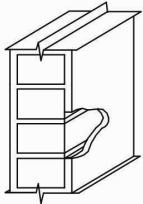


Figura 24. Esquema de insolação da fachada

Fonte: Autora (2014)

4 – PAREDES EXTERNAS: atende. As paredes externas, em alvenaria simples, atendem às estratégias, porque apresentam: transmitância térmica $U=3,13$ W/m²K; capacidade térmica $CT=255$; atraso térmico $\phi=3,8$; e fator solar $FS_o: 3,75$, dentro do estimado pelas normas, considerando aproximação dos valores. Ver Tabela 17 abaixo, idem ao item 7.2.1.

Tabela 17. Características das paredes de alvenaria simples

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	Φ [horas]	Fso [%]
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8	3,75
NOTA: Memorial de cálculo do Fator Solar apresentado no Apêndice.					

Fonte: Tabela D.3 da ABNT NBR 15220 (2013), adaptada pela autora

5 – COBERTURAS: atende. As propriedades desta cobertura se enquadram nos critérios preestabelecidos por apresentarem: transmitância térmica $U=2,02$ W/m²K; atraso térmico $\phi=0,8$; e fator solar $Fso =6,4\%$. Ver Figura 16, idem ao item 7.2.1.



Figura 16. Características da cobertura

Fonte: LabEEE, 2010, adaptada pela autora

6 – CONDICIONAMENTO INTERNO: atende parcialmente. A casa apresenta aquecimento solar passivo, mas nenhum mecanismo de aquecimento artificial foi encontrado. Como as paredes internas desta última edificação são iguais às demais, já foi verificado que as propriedades não correspondem às estratégias. Ver Tabela 17, no item 7.2.1.

A Tabela 24 apresenta a síntese da verificação das estratégias propostas neste estudo. No item 3.1 Aberturas, a estratégia relacionada com as fachadas Leste/Oeste foi desconsiderada, como dito anteriormente. Desta maneira, conclui-se que a residência de alvenaria de tijolos, de 1918, atende a 70% dos critérios.

Tabela 24. Síntese - Residência Família Pianaro – “Casa dos Contos”

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

Fonte: Autora (2014)

7.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Todas as estratégias de projeto, analisadas anteriormente, vistas em conjunto exercem um impacto no desempenho térmico do edifício.

A questão do aquecimento artificial, recomendado por dois instrumentos de avaliação no Capítulo 6 – Diagrama de Givoni e ABNT NBR 152200 – não foi verificada em nenhum dos casos em estudo. Porém, segundo Balhana (1958, p.51),

No interior da cozinha, que é sempre ampla, ocupava lugar de destaque o fogão (focolare) do tipo aberto circundado por um pequeno muro de tijolos que se elevava a 40 ou 50 cms do solo. Este fogão de forma quadrada ou retangular ficava encostado a uma das paredes da cozinha. [...]. A sua fumaça era eliminada mediante uma capa, construída também de tijolos, justaposta à parede, que, paira sobre o fogão a uma altura de 1m e 70 cms a 1m e 90cms do sólo.

Desta forma, é possível dizer que, apesar de não existirem resquícios dos fogões ou coifas, estas residências possuíam, na época de sua construção e primeiros anos de uso, um sistema de aquecimento artificial.

Outro item que não foi constatado em nenhuma das residências estudadas foi a área mínima das aberturas, estabelecido pelas Tabelas de Mahoney e NBR 15220. Isso deve-se ao fato do padrão tipológico das janelas ser uma reprodução das esquadrias das casas italianas.

De acordo com Mazzarotto e Batista (2013), a arquitetura produzida pelos imigrantes italianos, mesmo ressignificada, manteve-se tipicamente vêneta, com características muito similares à arquitetura da província de origem da maior parte dos italianos. A forma de ocupação e de uso dos espaços também é equivalente, mesmo levando-se em consideração as diferenças climáticas entre Curitiba e suas cidades natais. Na arquitetura tradicional vêneta, conforme descrevem Mazzarotto e Batista (2013, p.95),

O padrão adotado para as janelas é relativamente o mesmo em todo Vêneto. As folhas externas são cegas, confeccionadas em duas ou quatro folhas com abertura para área externa. O corpo interno da janela é formado por molduras de madeira e vidro com folhas com abertura tipo guilhotina ou de abrir para o interior do edifício.

Neste mesmo contexto, uma das soluções encontradas pelos imigrantes italianos para evitar a radiação solar direta em ambientes internos, para que não haja um ganho excessivo de calor, foi a construção de varandas.

Segundo Frota e Schiffer (2001), para a proteção do envelope da edificação, seja com o uso elementos construídos ou vegetais, faz-se necessário determinar a posição do sol para o local em estudo e a época do ano que não se quer a entrada dos raios solares. Para tal, o uso das cartas solares permite determinar, graficamente, a trajetória aparente do sol, em função da latitude, da hora e da época do ano.

Para verificar se as varandas apresentadas nos projetos estudados, nos casos I e II, são realmente eficientes, foi gerada uma Carta Solar (Figura 25) genérica para a cidade de Curitiba, latitude $25^{\circ}51'S$, com a fachada (superfície vertical) orientada para o Norte, através da utilização do *software Analysis SOL-AR*. A zona em amarelo representa o sombreamento produzido por um elemento horizontal, que ultrapassa os limites da abertura localizada nessa fachada em aproximadamente 1,5 m, com o ângulo

α igual a 25° . Da leitura deste gráfico é possível constatar que este elemento não barra a entrada dos raios solares nos meses mais frios, mas, a partir da segunda quinzena de setembro até meados de março, é suficiente para impedir a entrada do sol durante o dia.

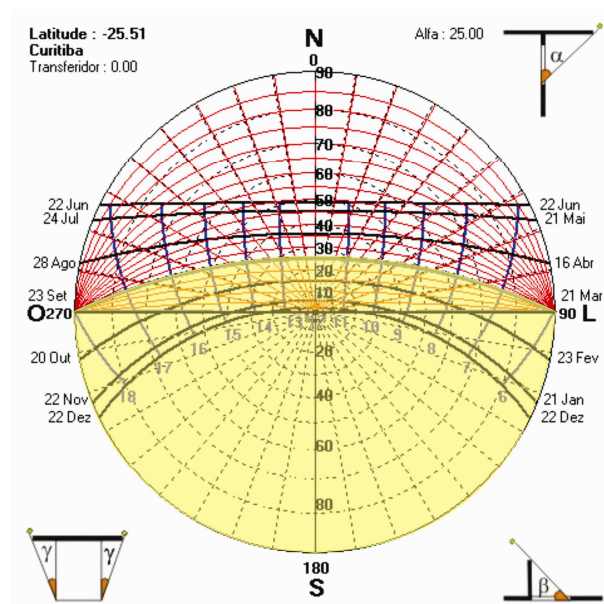


Figura 25. Carta Solar de Curitiba – Face Norte
Fonte: *Software Analysis SOL-AR*¹, LabEeee, 2014

No segundo estudo de caso, a Residência da Família Escorsin, o valor do atraso térmico das paredes externas em alvenaria dupla de tijolos maciços (φ : 6,6h) é maior do que o valor recomendado pela NBR 15220 ($\varphi \leq 4,3h$).

Neste contexto, a dissertação de Dumke (2002) possibilita uma melhor compreensão das características termofísicas dos materiais, visto que estuda a relação existente entre a porcentagem de horas em conforto ou desconforto, por frio ou calor, e o desempenho dos materiais que compõem os sistemas construtivos das habitações de interesse social da Vila Tecnológica de Curitiba, no período de medição.

Foram comparados os valores obtidos para as características termofísicas (transmitância térmica, atraso térmico e fator solar) das residências com os valores estabelecidos pela Norma de Desempenho Térmico para a zona bioclimática 1. Os Gráfico 5Gráfico 7 apresentam os resultados obtidos para o períodos de inverno e verão.

¹ Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>>. Acesso em 22 mar. 2014

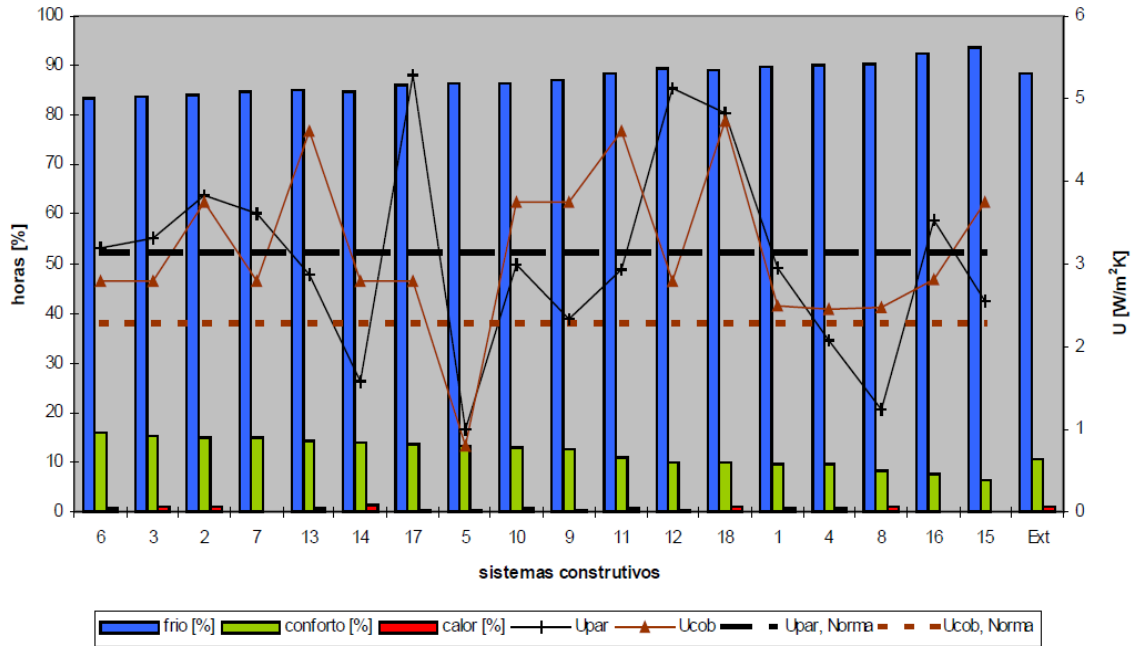


Gráfico 5. Percentagens de conforto, transmitância térmica (U) das paredes e coberturas e recomendações da Norma (ABNT 2002) – Inverno

Fonte: Dumke, 2002

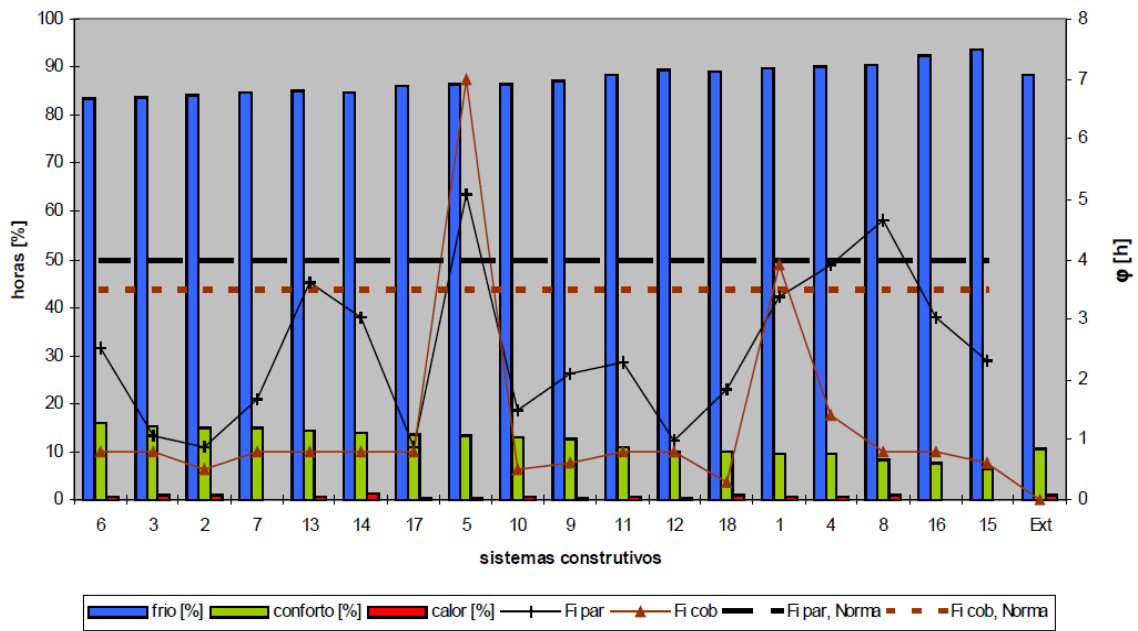


Gráfico 6. Percentagens de conforto, atraso térmico (ϕ) das paredes e coberturas e recomendações da Norma (ABNT 2002) – Inverno

Fonte: Dumke, 2002

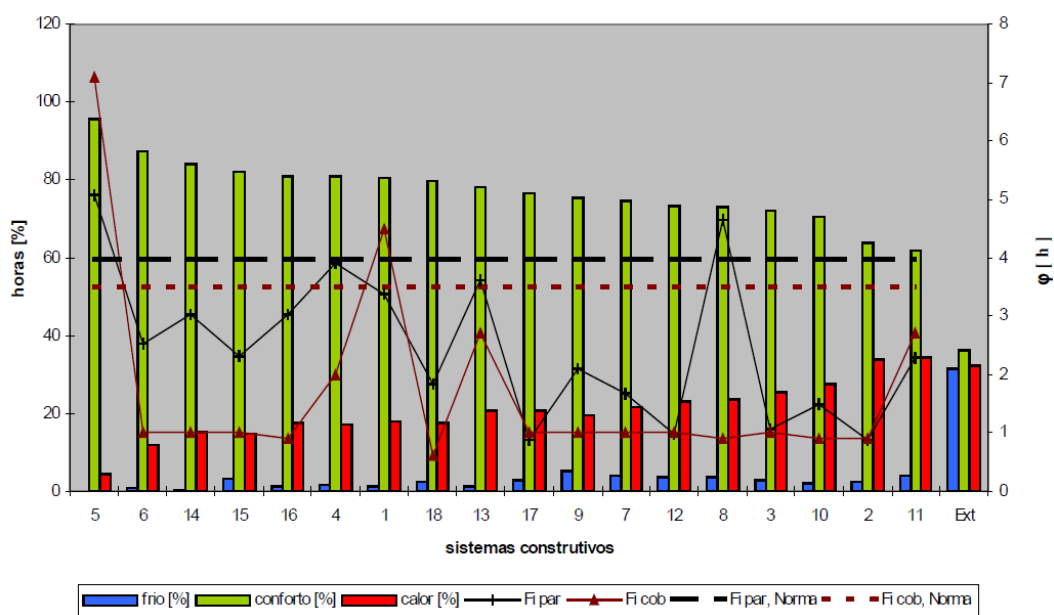


Gráfico 7. Porcentagens de conforto, atraso térmico (ϕ) das paredes e coberturas e recomendações da Norma (ABNT 2002) – Verão

Fonte: Dumke, 2002

Para o inverno, não é possível identificar nos gráficos acima uma relação entre as porcentagens de horas em conforto térmico e as características termofísicas dos materiais. De fato, observa-se que o descumprimento da Norma quanto ao valor do atraso térmico não acarretou necessariamente em desconforto térmico. Dumke (2002) concluiu que, para o inverno, outros fatores podem influenciar no conforto térmico, como área de ventilação, ganho solar através de aberturas, orientação das esquadrias e padrões de uso das habitações. Para o verão, entretanto, é significativo o fato do melhor desempenho corresponder à edificação com o maior valor de atraso térmico (acima dos valores limite recomendados), tanto para paredes externas como para cobertura.

Hoje, a região de Santa Felicidade está em plena expansão imobiliária. Com isso, adições às habitações tradicionais ou novas construções em seus terrenos estão sendo realizadas com pouca consideração à história e ao clima local. Diretrizes, códigos e normas para preservar estas edificações – que são, em sua grande maioria, Unidades de Interesse de Preservação (UIP) protegidas por decreto municipal – podem não terem sido definidas com precisão. Segundo Vissilia (2009), as regulamentações governamentais direcionam-se principalmente à preservação da camada externa do edifício e, portanto, orientam os proprietários a salvaguardar apenas as fachadas, em detrimento das muitas outras qualidades do edifício, tais como os que foram discutidos neste trabalho. Adições e restaurações feitas sem as corretas orientações técnicas podem mudar inteiramente o caráter da edificação.

8 CONCLUSÃO

A arquitetura bioclimática tem na base de seu conceito a formulação de edificações mais adequadas às condições ambientais, alcançadas através da implementação de novas tecnologias ou pela recuperação de metodologias de construção praticadas pelas populações tradicionais, adquiridas geração após geração.

A avaliação das residências dos imigrantes italianos de Santa Felicidade, selecionadas como estudos de caso, pela verificação de estratégias projetuais bioclimáticas, atendeu ao pressuposto de que as edificações históricas apresentam um elevado grau de desempenho térmico, devido ao fato de que seus componentes proporcionam uma boa resposta climática.

Tal resultado foi possível graças ao desenvolvimento dos quatro instrumentos de análise de desempenho térmico – Tabelas de Mahoney, Diagrama de Givoni, ABNT NBR 15220 e 15575 – para as condições climáticas de Curitiba/PR, o que permitiu uma seleção final dentre todas as recomendações apresentadas. Tal refinamento serviu como base para a avaliação das residências históricas, escolhidas por apresentarem homogeneidade de tipologia de planta, volumetria, ornamentação e de materiais e detalhes construtivos.

A maior dificuldade encontrada para a realização do trabalho se deu no momento da seleção dos casos de estudo, pois inúmeros exemplares da arquitetura do imigrante italiano sofrem adições em seu corpo principal, sem qualquer consideração à história e ao clima local.

Portanto, pode-se dizer que a arquitetura popular de Santa Felicidade, legado dos primeiros imigrantes italianos de Curitiba, possui um elevado grau de desempenho térmico, posto que as três residências atenderam a, em média, 70% das estratégias determinadas para o desempenho térmico (Tabela 25). Os critérios que levam a esta conclusão são:

- Implantação: as edificações mantêm distância entre si;
- Ventilação: os cômodos obtêm ventilação cruzada e conseqüente desumidificação;
- Posição das Aberturas: é ao nível dos corpos dos ocupantes;
- Proteção das Aberturas: evitam a radiação solar direta no interior da edificação ao mesmo tempo em que permitem sol durante o período frio;
- Paredes Externas: são leves e as características térmicas dos materiais atendem às normas;

- Coberturas: são leves e isoladas, e as características térmicas dos materiais atendem às normas, e segundo os valores de transmitância térmica apresentadas, foram qualificadas com um nível de desempenho intermediário; e
- Condicionamento Interno: devido à forma de implantação, apresenta aquecimento solar passivo.

Tabela 25. Atendimento médio às estratégias pelos três estudos de caso

Nº	Recomendações projetuais	CASO I	CASO II	CASO III
1	IMPLANTAÇÃO			
	Edifícios alongados, com as fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol em leste e oeste	x		
	Distância entre as edificações, mas com possibilidade de controlar a ventilação	x	x	x
2	VENTILAÇÃO			
	Os cômodos devem ser dispostos em fila simples ao longo do edifício para obter ventilação cruzada	x	x	x
	Desumidificação através da ventilação do ambientes	x	x	x
3	ABERTURAS			
3.1	Tamanho das aberturas			
	25% a 40% da área das fachadas Leste/Oeste quando o frio predominar			Desconsid.
	Médias: $15\% < \text{Área} < 25\%$ da área do piso (cozinha, dormitórios, sala de estar)		x	
3.2	Posição das aberturas			
	Ao nível dos corpos dos ocupantes, nas fachadas Norte/Sul	x	x	x
3.3	x			
	Evitar radiação solar direta no interior da edificação	x	x	x
	Permitir sol durante o período frio	x	x	x
4	PAREDES EXTERNAS			
Simples	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 3,0	x	x	x
	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
5	COBERTURAS			
	Transmitância térmica - U (W/m ² .K) : U ≤ 2,0	x	x	x
	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)			
	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
	Uso de aquecimento artificial será necessário			
	Parede Transm. térmica - U (W/m ² .k) : U ≤ 2,2			
	Interna Atraso térmico - φ (Horas) - φ ≥ 6,5			
	Pesada Fator Solar - FSo (%): FSo ≤ 3,5			
	% ATENDIMENTO	71,40%	66,70%	66,70%

Fonte: Autora (2014)

A avaliação desta tipologia de habitação histórica específica e sua resposta ao clima, permite que as estratégias que obtiveram um resultado positivo possam ser replicadas em novas edificações na área estudada, a fim de otimizar a relação entre o local, a construção e o clima.

As práticas arquitetônicas atuais podem incorporar o explorado por este trabalho: diretrizes que fornecem recomendações sobre a orientação e disposição dos edifícios, o tamanho e posição das aberturas e as características de paredes e telhados para o local determinado pelo projeto. O aprendizado inerente à arquitetura regional

pode servir de apoio para o estudo de projetos sustentáveis em resposta ao clima, ao uso de energia e a noções de qualidade ambiental.

Nesta monografia foram analisadas obras de valor cultural, com caráter residencial, no bairro de Santa Felicidade. Tal proposta tipológica foi uma forma classificatória de facilitar o estudo acadêmico, mas não contemplou todas as residências merecedoras de um estudo mais aprofundado. Este trabalho apresenta subsídios para a continuação dessa pesquisa, utilizando o mesmo enfoque de desempenho térmico, porém com a ampliação dos estudos de caso para edificações mais contemporâneas da região, como aquelas erguidas pelas grandes construtoras em condomínios horizontais.

REFERÊNCIAS

Agenda 21. Disponível em <<http://www.infap.org.br/agenda21.php>> Acesso em: 15 mar. 2014.

ANGELIS NETO, G. **Fundamentos de metodologia da pesquisa aplicada à área tecnológica**. Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD, 2013. 149 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**. Desempenho Térmico em Edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-4**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-5**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 14724**. Informação e Documentação - Trabalhos Acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

BALHAMA, A. **Santa Felicidade: um processo de assimilação**. Curitiba: Tipografia João Haupt & CIA, 1958.

BARROSO-KRAUSE, C. Conforto Térmico. In: _____. **Sustentabilidade e Eficiência Energética**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

BATISTA, F. **A tecnologia construtiva em madeira na região de Curitiba**: da casa tradicional à contemporânea. 2007. 181 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

_____. **A casa de madeira: um saber popular**. Curitiba: Instituto Arquibrasil. 2011, 102 p.

_____; MAZZAROTTO, A. **Arquitetura Italiana em Curitiba**. Curitiba: Instituto Arquibrasil. 2013, 206 p.

DUMKE, E. M. S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social**. 2002. 231 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

CITÉ DES SCIENCE ET DE L'INDUSTRIE. **Casa Musgum**. Disponível em: Vitruvius <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.095/150>>. Acesso em: 02 ago. 2011>

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. p. 135 - 151.

EDWARDS, B. **Guía básica de la sustentabilidad**. Barcelona: Gustavo Gili, 2004.

Eletrobrás; Procel. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de consumo - ano base 2005. In: _____. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobrás - DAAP, 2007.

Empresa de Pesquisa Energética; Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional** - ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013.

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. 1 - 21.

_____. From meteorological data to bioclimatic design: 30 years of the Mahoney tables. **Anais eletrônicos**: PLEA Conference, 1999.

FROTA, A. **Manual de conforto térmico**. Arquitetura/Urbanismo. Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Shiffer, 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, 18, 1992, p. 11 - 23.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projetos e avaliação energética de edificações para 14 cidades Brasileiras**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Mapa da Classificação Climática segundo Köppen**. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em 9 fev. 2014.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Mapa da Direção Predominante do Vento**. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=598>>. Acesso em 9 fev. 2014.

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=|infogr%El%ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em 31 abr. 2014.

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: 01 fev. 2014.

IPPUC. Reviver Curitiba. **A Casa Culpi**. Curitiba: IPPUC, 1985.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Metereologische Zeitschrift**. Berlin: vol. 15, n. 3, p. 259-263, jun. 2006.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **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 15 fev. 2014.

_____. **Analysis SOL-AR**: software para obtenção de carta solar. Florianópolis. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>>. Acesso em 22 mar. 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**, São Paulo: PW Editores. 1997.

_____; MARINOSKI, D. L.; TRIANA, M. A.; VERSAGE, R.; SORGATO, M. J.; MORISHITA, C. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (v.4)**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC). 2010. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/catalogo_caixa_v4.PDF>. Acesso em: 25 mar. 2014.

PASA, C.; PASA, L.; SILVA JUNIOR, A.; SOUZA, S. Avaliação da eficiência energética em edificações e sua relação com os materiais construtivos empregados. **Revista Produção Online**. Florianópolis, v. 12, jan./mar. 2012. Disponível em: <http://projetos.unioeste.br/pos/media/File/energia_agricultura/Avaliacao_da_eficiencia_energetica_em_edificacoes_e_sua_relacao_com_os_materiais.pdf>. Acesso em 22 mar. 2014

PEREIRA, C. M. B. **Arquitetura neovernacular em Curitiba**: prospecção de suas contribuições para a sustentabilidade em três estudos de caso. 2012. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

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: 25 fev. 2014.

RAMÍREZ, A. Arquitetura regional e sustentável. **Arquitextos**. São Paulo, ano 08, n. 095.04. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.095/150>>. Acesso em: 02 ago. 2011

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

Disponível em: < <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:150198> >. Acesso em: 14 jan. 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DA CULTURA. **Um pouco de História**. Disponível em: <<http://www.cultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1>>. Acesso em: 01 mar. 2014.

SZOKOLAY, S.V. Bioclimatic design: strategy to details. 1995, p. 71-83. In: SATTLER, M.A.; COSTA SILVA, H. **Anais do III Encontro Nacional y I Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Porto Alegre: ANTAC, 1995.

VISSILIA, A. Evaluation of a sustainable Greek vernacular settlement and its landscape: architectural typology and building physics. **Building and Environment**. Amsterdã, ed. 6, v. 44, p. 1095 - 1106, jun. 2009.

APÊNDICE A - Memorial de Cálculo do Fator Solar FSo

MEMORIAL DE CÁLCULO DO FATOR SOLAR

A ABNT NBR 15220 apresenta na parte 2 métodos de cálculo de fator solar de elementos e componentes de edificações. Fator solar de elementos opacos, FS_o , é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo.

O fator solar de elementos opacos é dado pela expressão:

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

Onde

FS_o é o fator solar de elementos opacos em percentagem;

U é a transmitância térmica do componente;

α é a absorptância à radiação solar – em função da cor, dada pela tabela B.2;

R_{se} é a resistência superficial externa, dada pela tabela A.1.

Como R_{se} é admitido constante e igual a 0,04, a expressão é reescrita na forma:

$$FS_o = 4 \times U \times \alpha$$

Caso I – Residência da Família Strapasson

Para o caso das paredes externas, tem-se:

U :3,13, dado pela tabela D.3;

α :0,3, dada pela tabela B.2, que corresponde a pintura na cor amarela.

Assim.

$$FS_o = 4 \times U \times \alpha$$

$$FS_o = 4 \times 3,13 \times 0,3$$

$$FS_o = \mathbf{3,75\%}$$

Caso II – Residência da Família Escorsin

Para o caso das paredes externas, tem-se:

U :2,30, dado pela tabela D.3;

α :0,2, dada pela tabela B.2, que corresponde a pintura na cor branca.

Assim.

$$FS_o = 4 \times U \times \alpha$$

$$FS_o = 4 \times 2,30 \times 0,2$$

$$FS_o = \mathbf{1,84\%}$$

Para o caso da cobertura, tem-se:

U:1,11, dado pela tabela D.3;

α :0,8, dada pela tabela B.2, que corresponde a telha de barro.

Assim.

$$FS_o = 4 \times U \times a$$

$$FS_o = 4 \times 1,11 \times 0,8$$

$$FS_o = \mathbf{3,55\%}$$

Caso I – Residência da Família Pianaro – “Casa dos Contos”

Para o caso das paredes externas, tem-se:

U:3,13, dado pela tabela D.3;

α :0,3, dada pela tabela B.2, que corresponde a pintura na cor amarela.

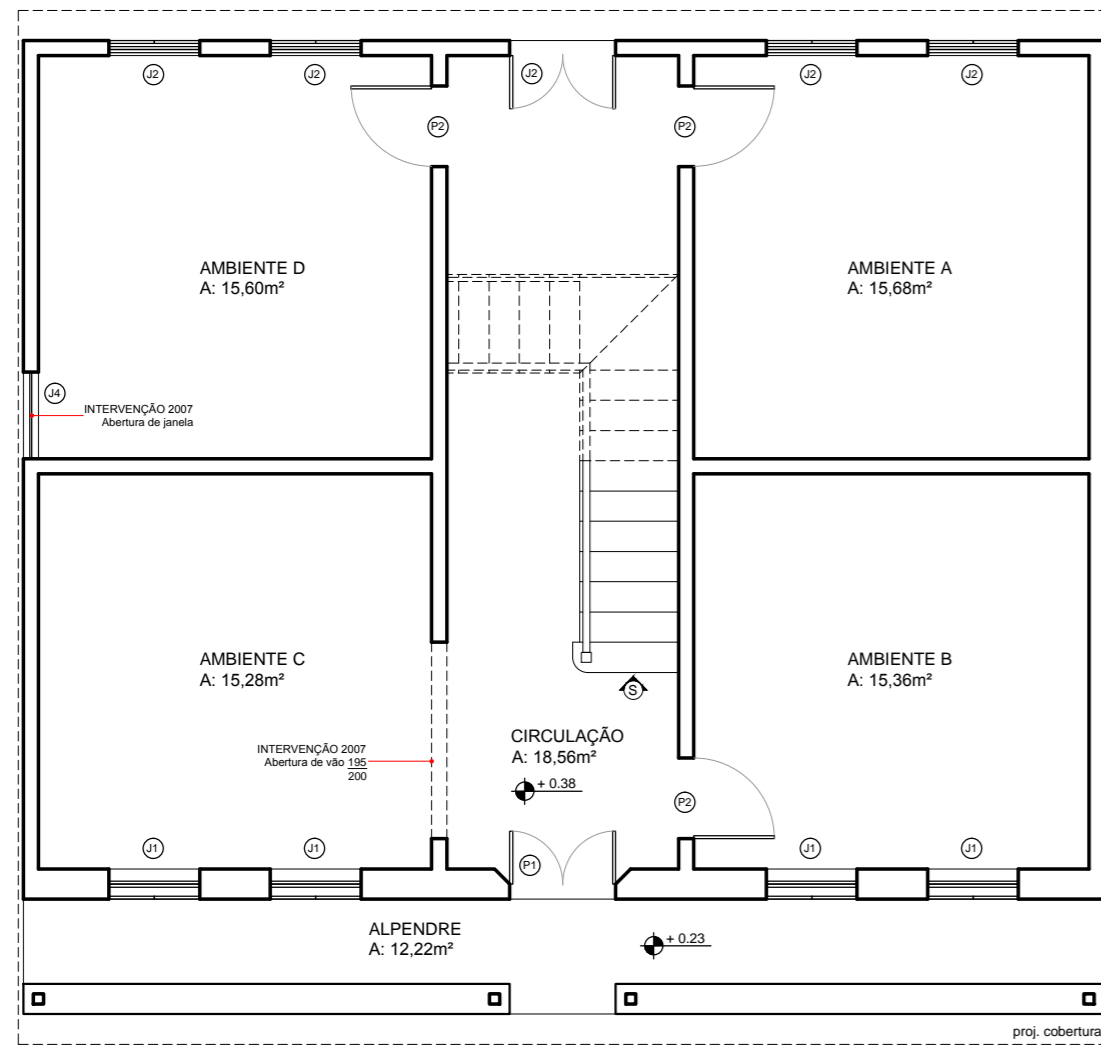
Assim.

$$FS_o = 4 \times U \times a$$

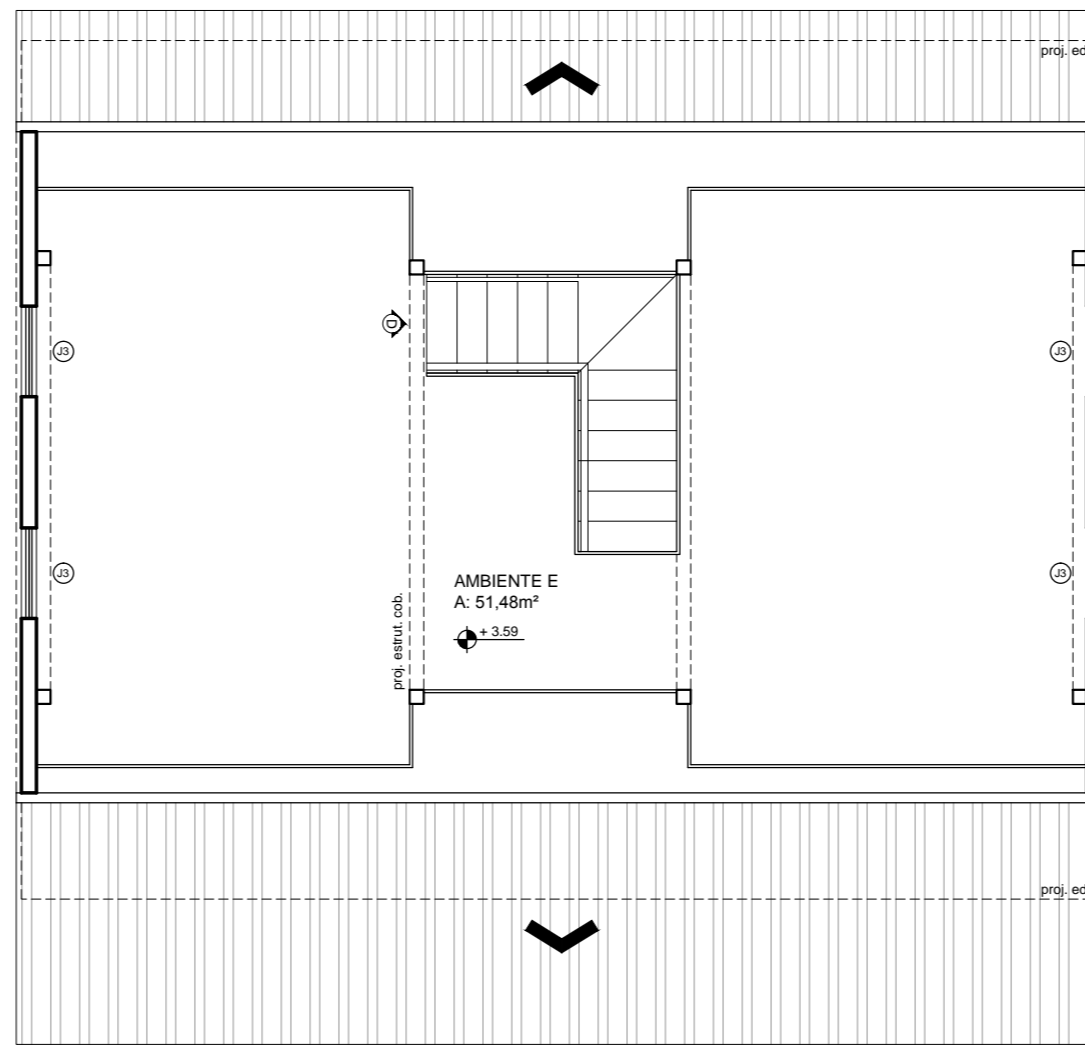
$$FS_o = 4 \times 3,13 \times 0,3$$

$$FS_o = \mathbf{3,75\%}$$

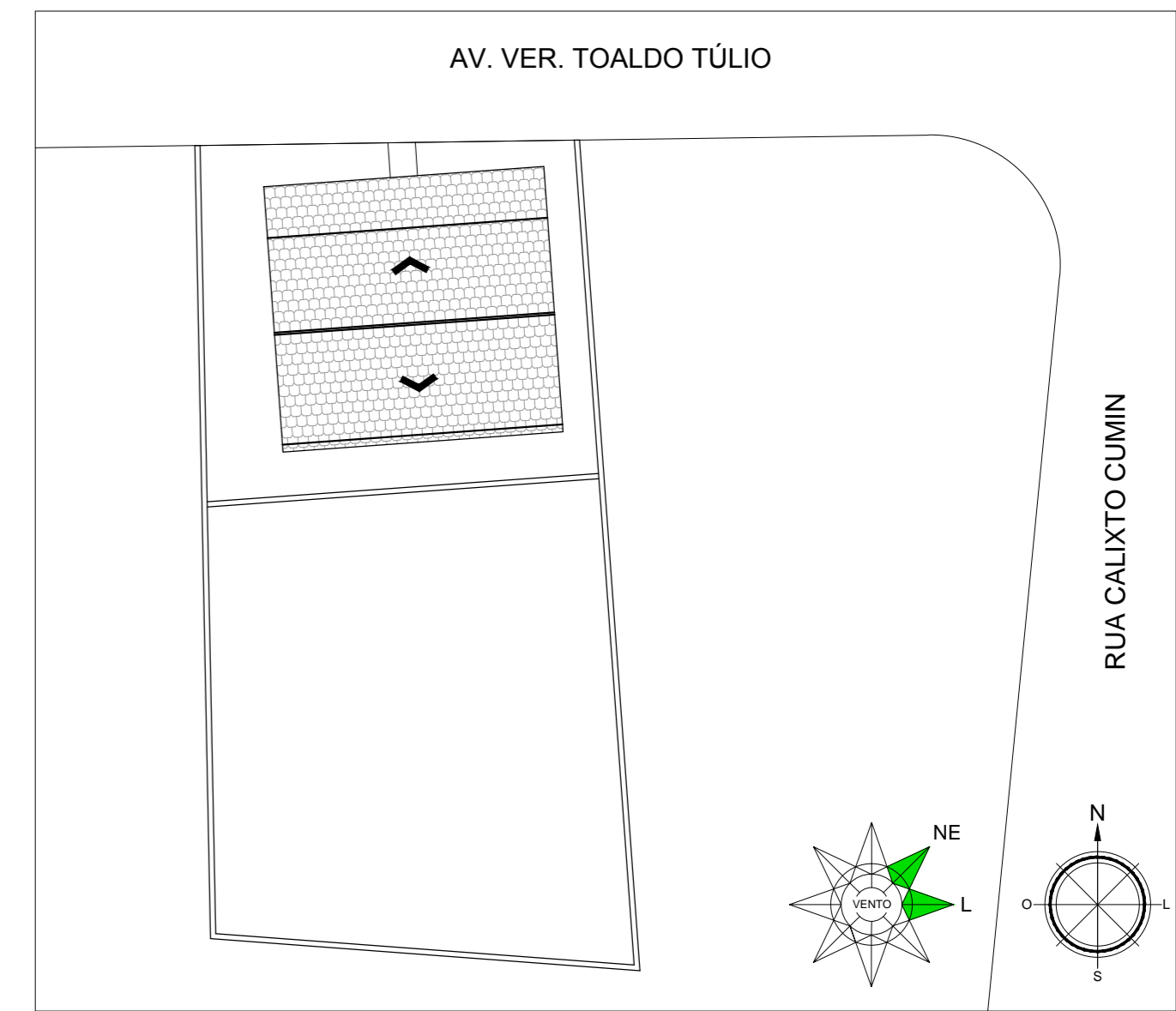
ANEXO A - Levantamento Arquitetônico das residências



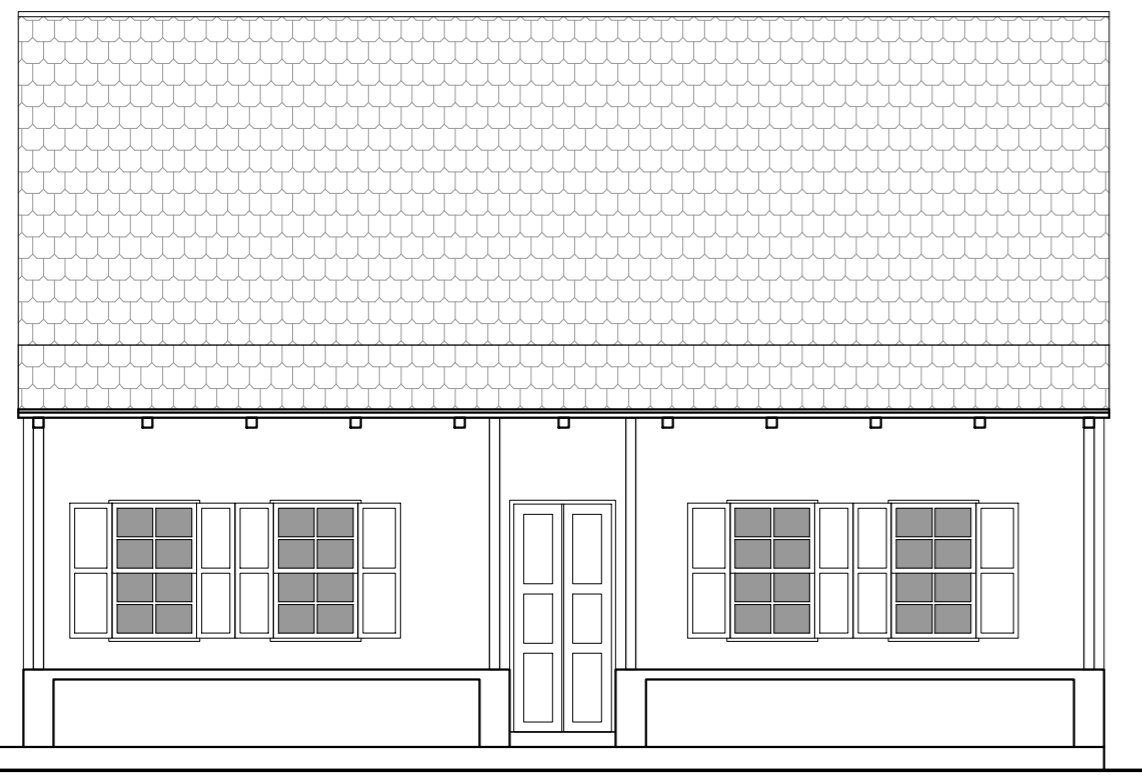
PLANTA BAIXA - TÉRREO
 ESC: 1:75
 A: 103,55m²



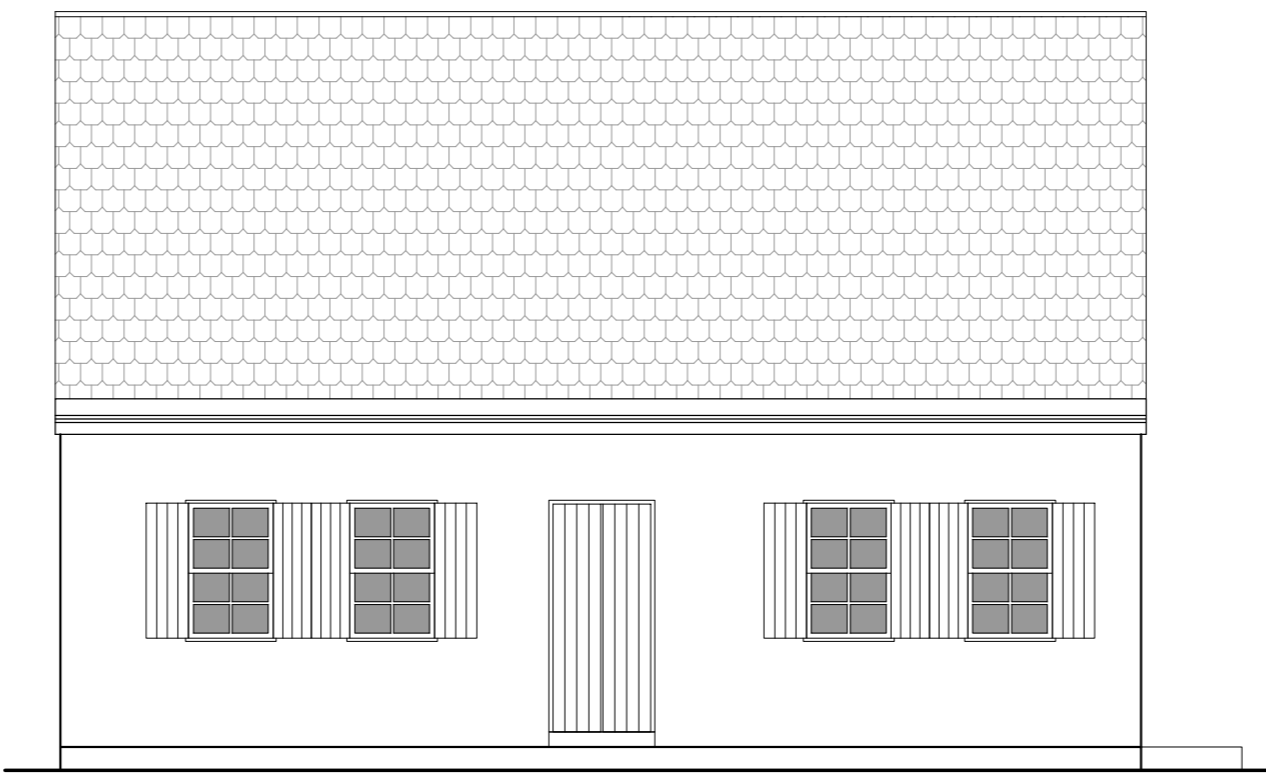
PLANTA BAIXA - SOTÃO
 ESC: 1:75
 A: 51,48m²



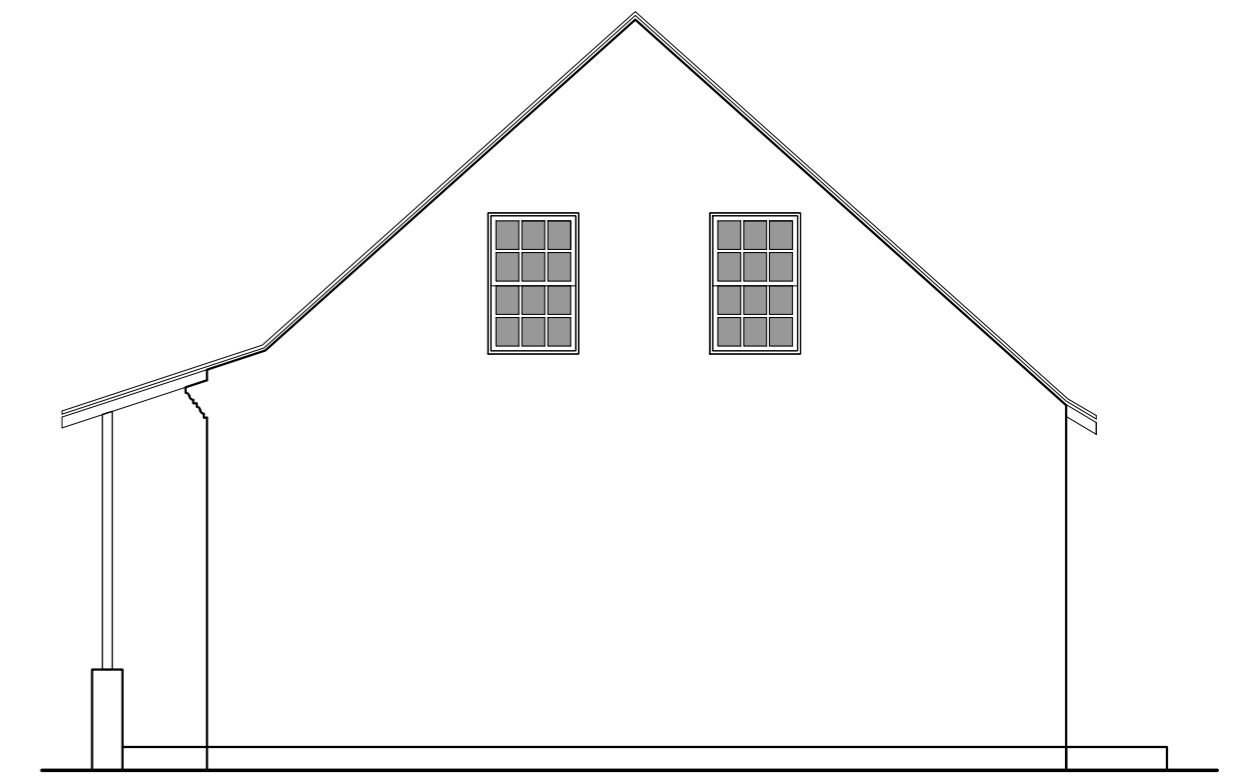
IMPLANTAÇÃO
 ESC: 1:250



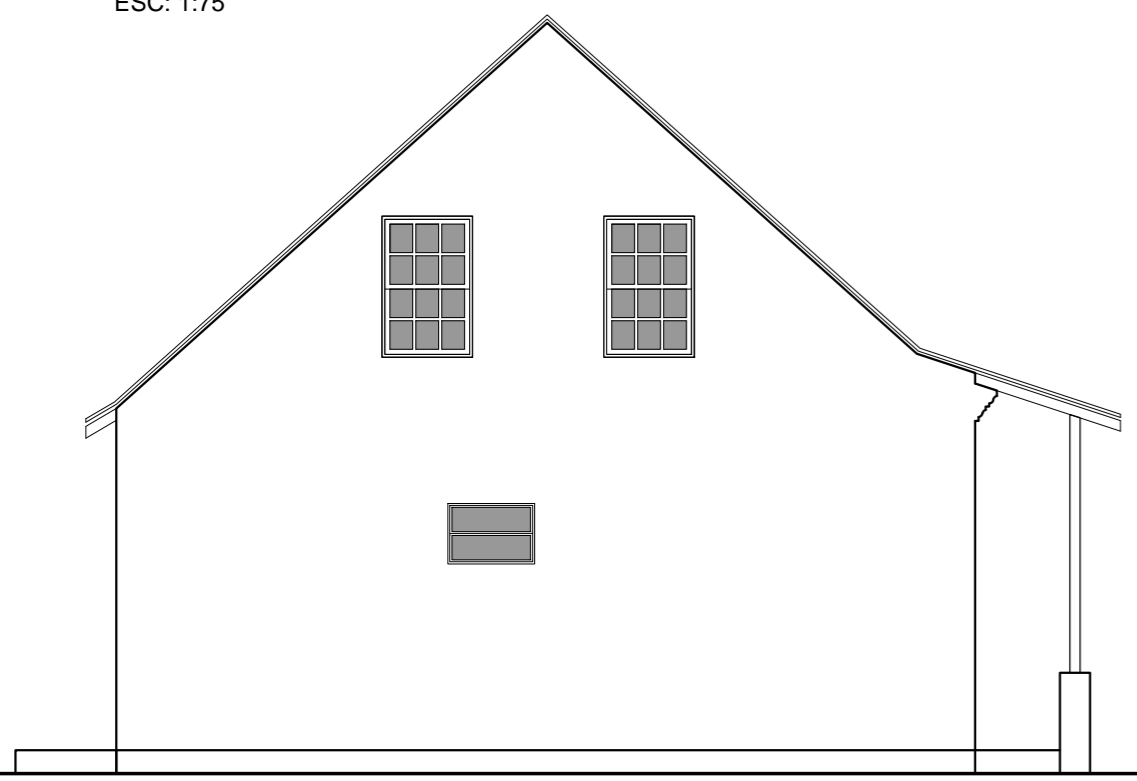
ELEVAÇÃO FRONTAL
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO POSTERIOR
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA
 ESC: 1:75

TABELA DE ESQUARIAS							
JANELAS							
CÓD.	DIMENSÕES	PEITORIL	MATERIAL	TIPO	QUANT.	SITUAÇÃO	VÃO LIVRE (m²)
J1	90x140	90	MADEIRA	Guilhotina c/ Escuro 2 fl. abrir tipo almofada	04	ORIGINAL	0,54
J2	90x140	90	MADEIRA	Guilhotina c/ Escuro 2 fl. abrir tipo ripada	04	ORIGINAL	0,54
J3	90x140	55	MADEIRA	Guilhotina	04	ORIGINAL	0,54
J4	86x60	170	FERRO	Basculante	01	INTERVENÇÃO	0,37
PORTAS							
CÓD.	DIMENSÕES	USO	MATERIAL	TIPO	QUANT.	SITUAÇÃO	VÃO LIVRE (m²)
P1	105x230	EXTERNO	MADEIRA	2 fl. abrir tipo almofada	01	ORIGINAL	2,26
P2	80x200	INTERNO	MADEIRA	1 fl. abrir	03	ORIGINAL	---
P3	105x230	EXTERNO	MADEIRA	2 fl. abrir tipo ripada	01	ORIGINAL	2,26

PROJETO
RESIDÊNCIA FAMÍLIA STRAPASSON

ENDEREÇO
 AV. VEREADOR TOALDO TULIO, 227 - SANTA FELICIDADE

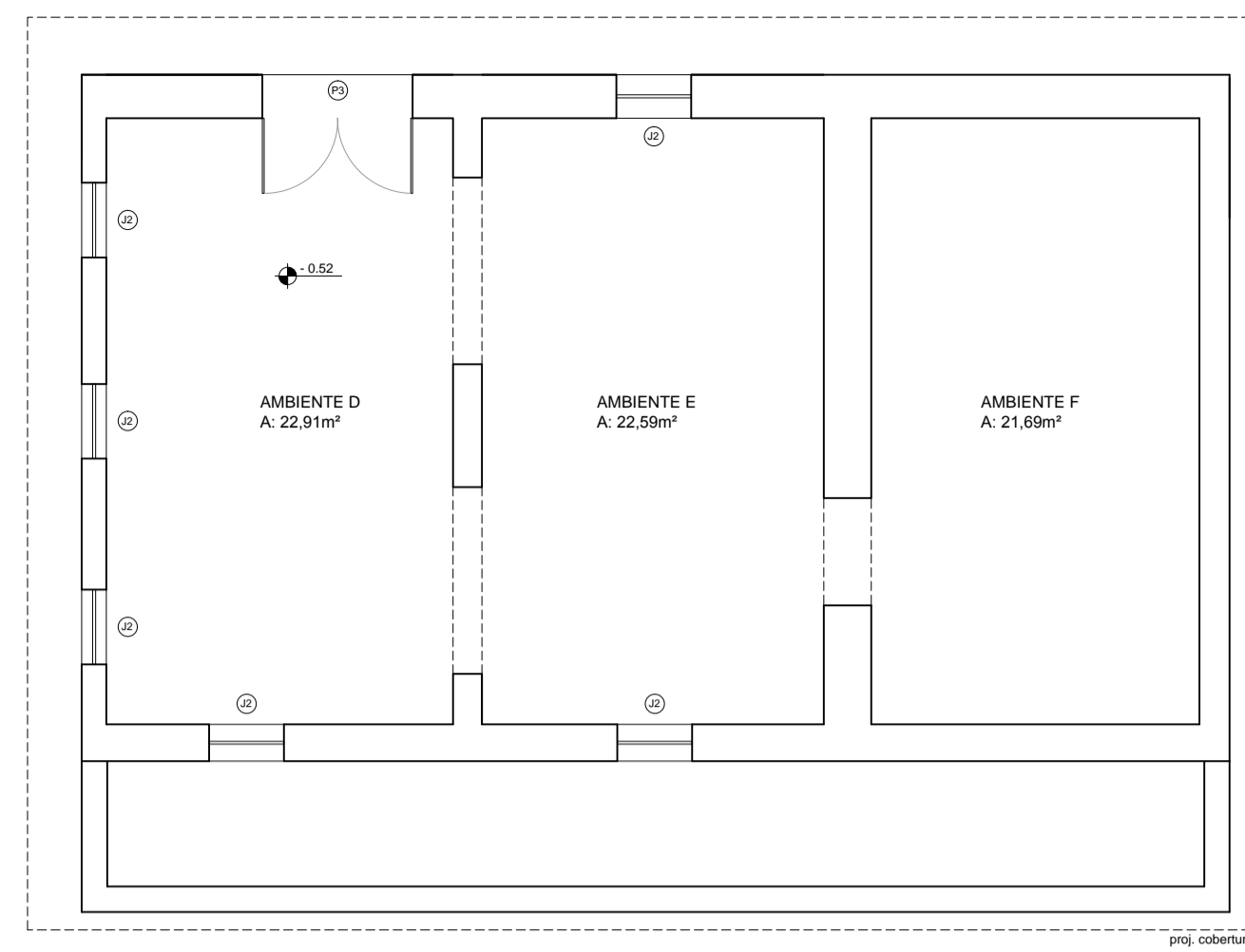
ÁREA TERRENO 490,35m²	ÁREA CONSTRUÍDA 154,03m²	Nº DE PAVIMENTOS TÉRREO E SÓTÃO	EIXO DE ORIENTAÇÃO LESTE - OESTE
--------------------------	-----------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

AUTOR DO LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO
KAREN SANTOS FERREIRA
 FÁBIO RUIZ & KAREN FERREIRA arquitetura

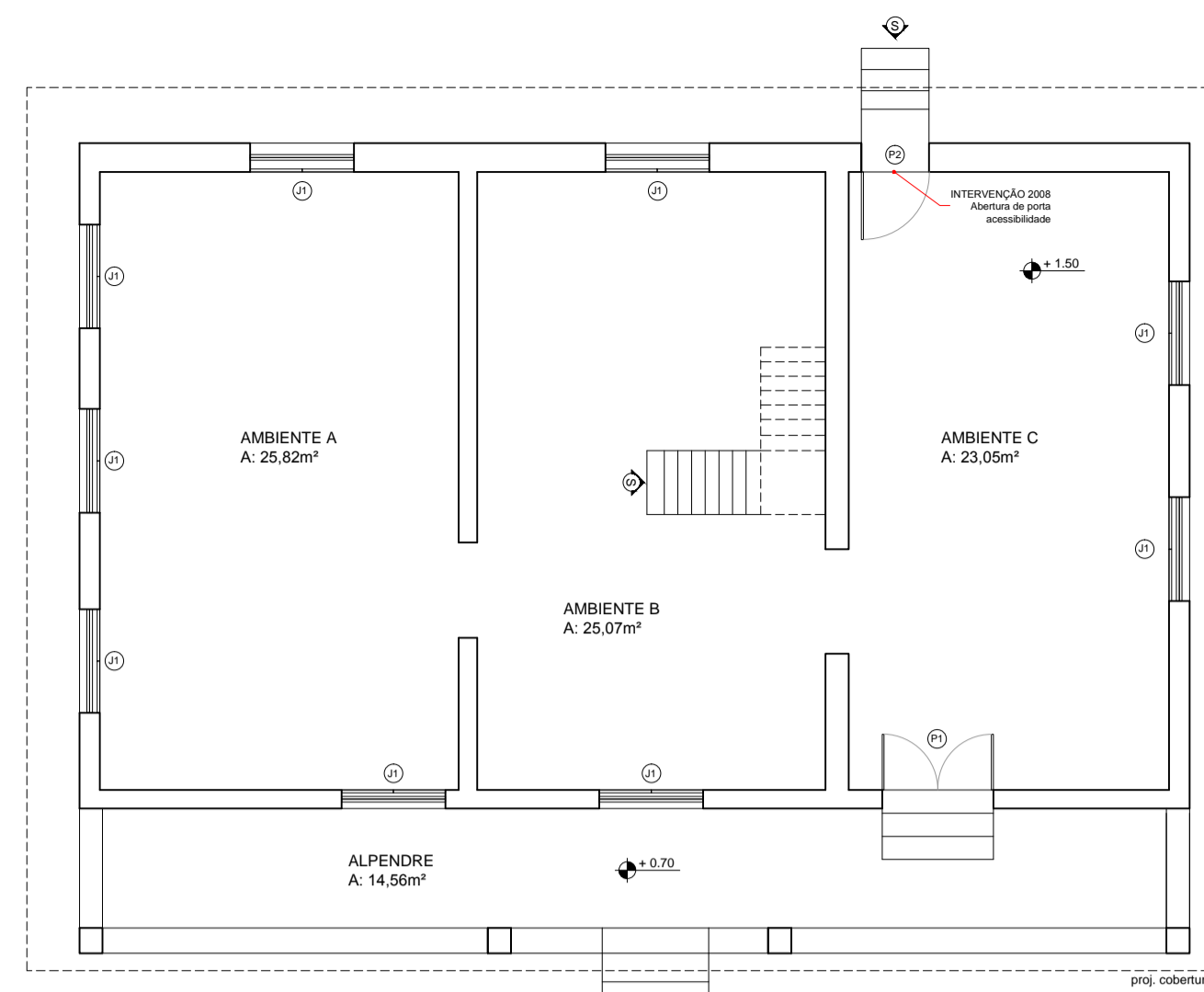
REFERÊNCIA
IMPLANTAÇÃO, PLANTAS TÉRREO E SÓTÃO, ELEVAÇÕES

DATA MAI/2007	ESCALA INDICADA	FONTE IPPUC 2014	DESENHO RACHEL
------------------	--------------------	---------------------	-------------------

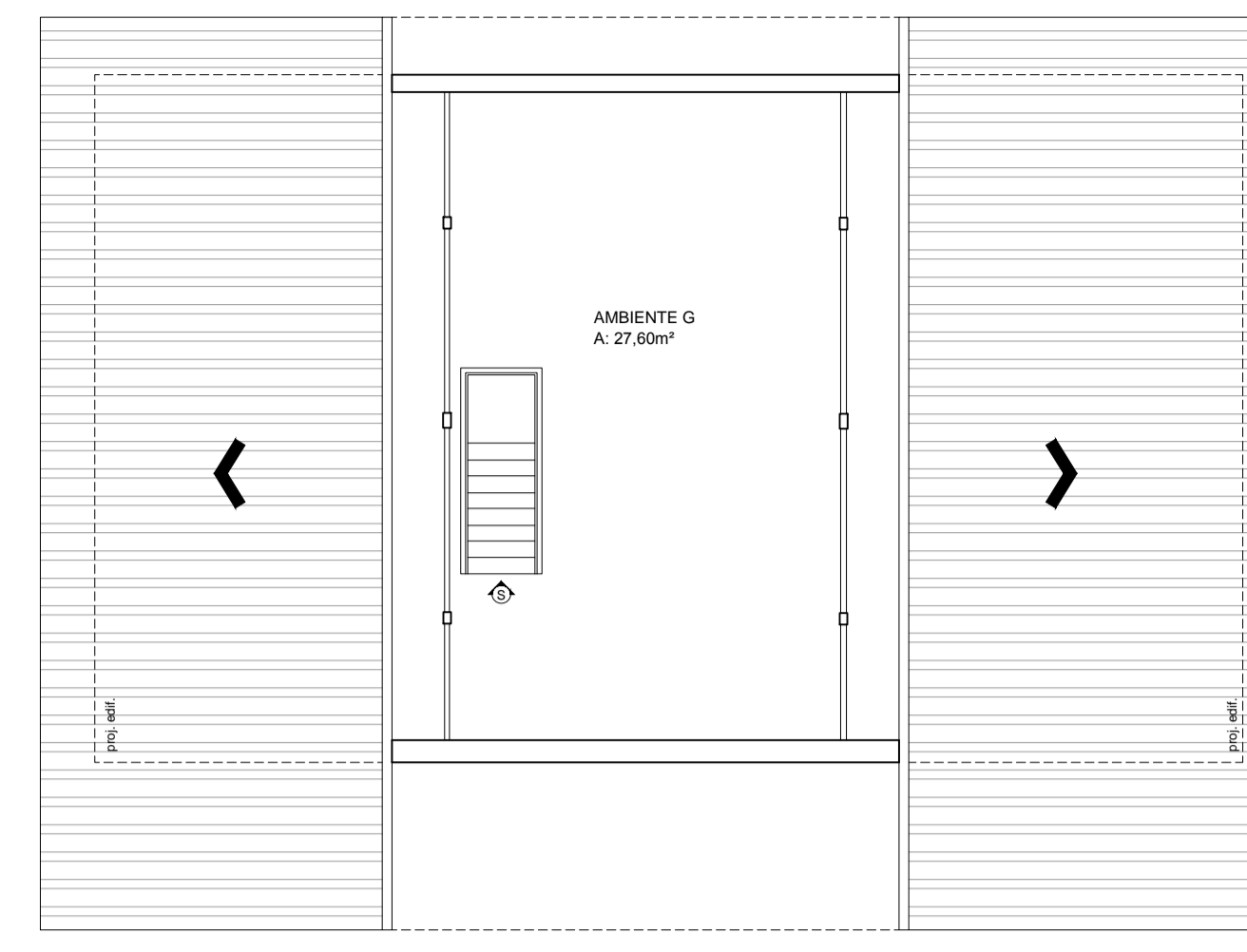
PRANCHA
01
01



PLANTA BAIXA - PORÃO
 ESC: 1:75
 A: 85,85m²



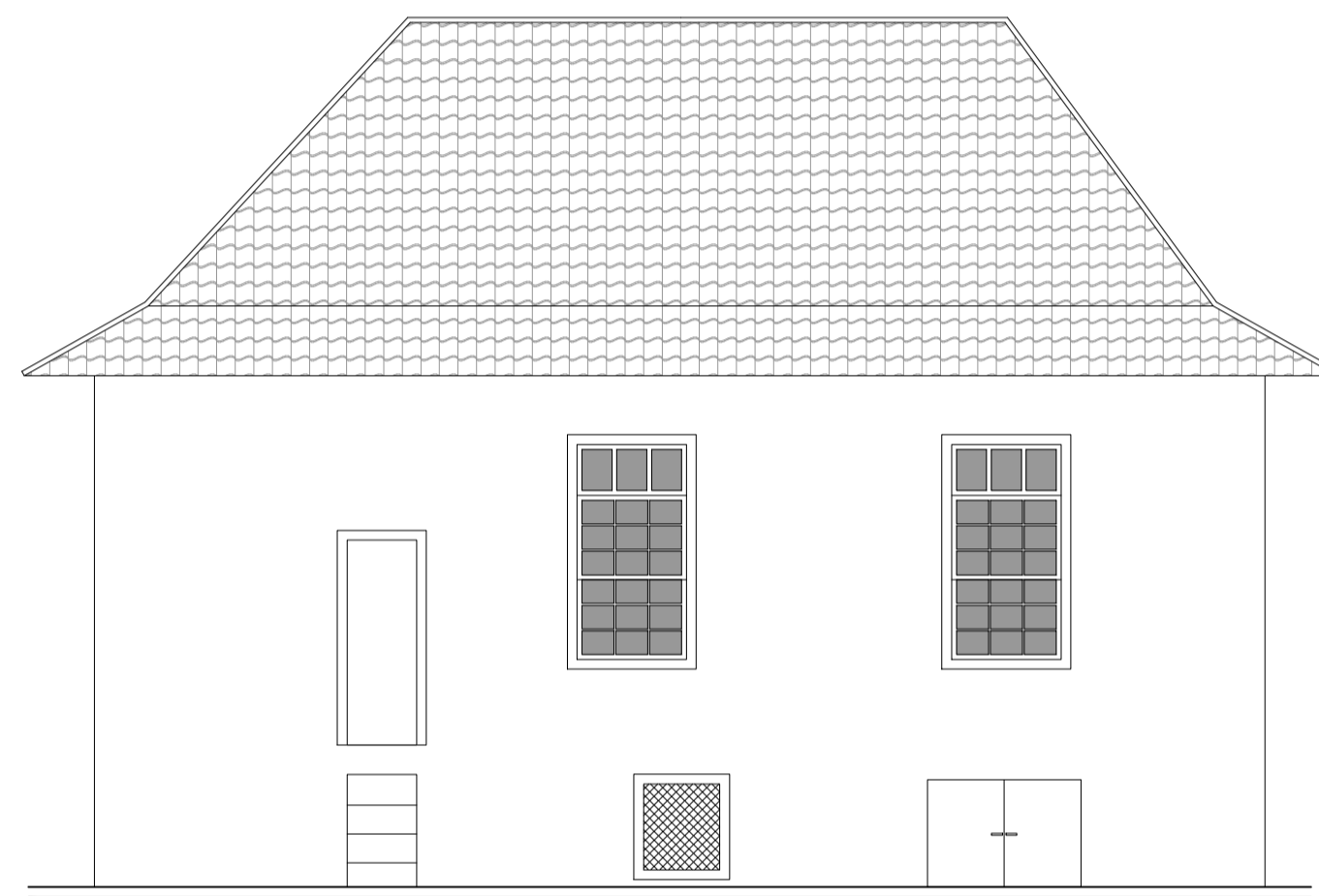
PLANTA BAIXA - TÉRREO
 ESC: 1:75
 A: 104,73m²



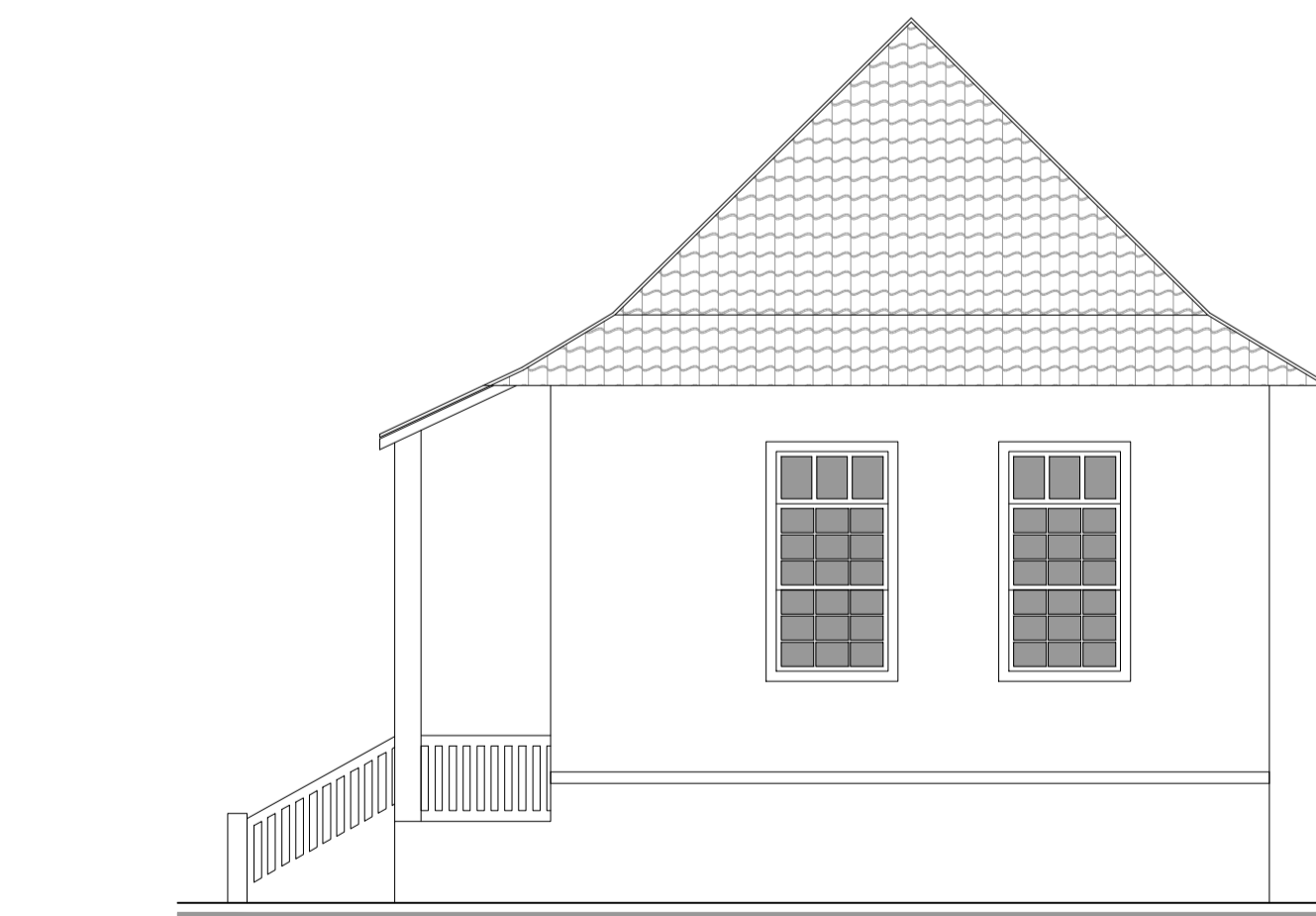
PLANTA BAIXA - SOTÃO
 ESC: 1:75
 A: 27,60m²



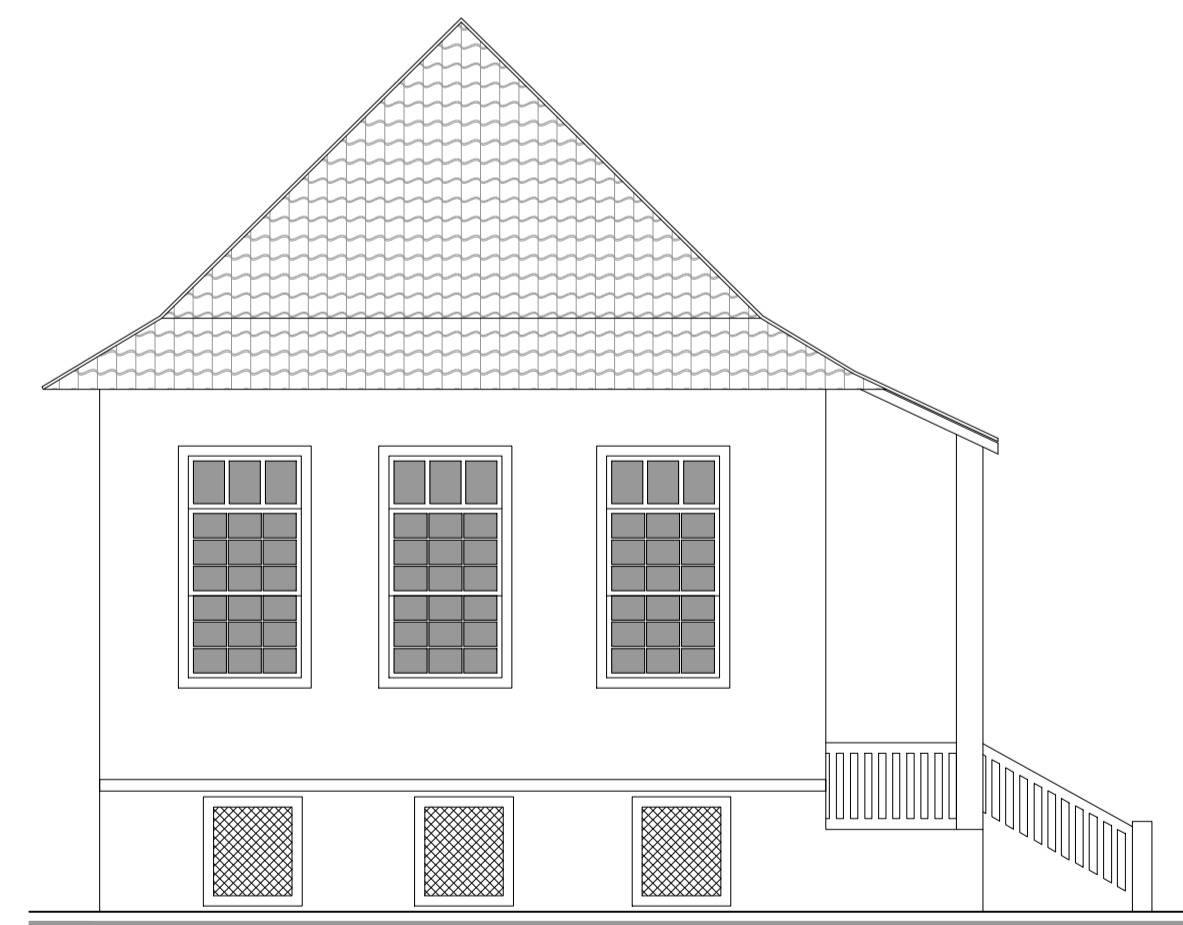
ELEVAÇÃO FRONTAL
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO POSTERIOR
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA
 ESC: 1:75



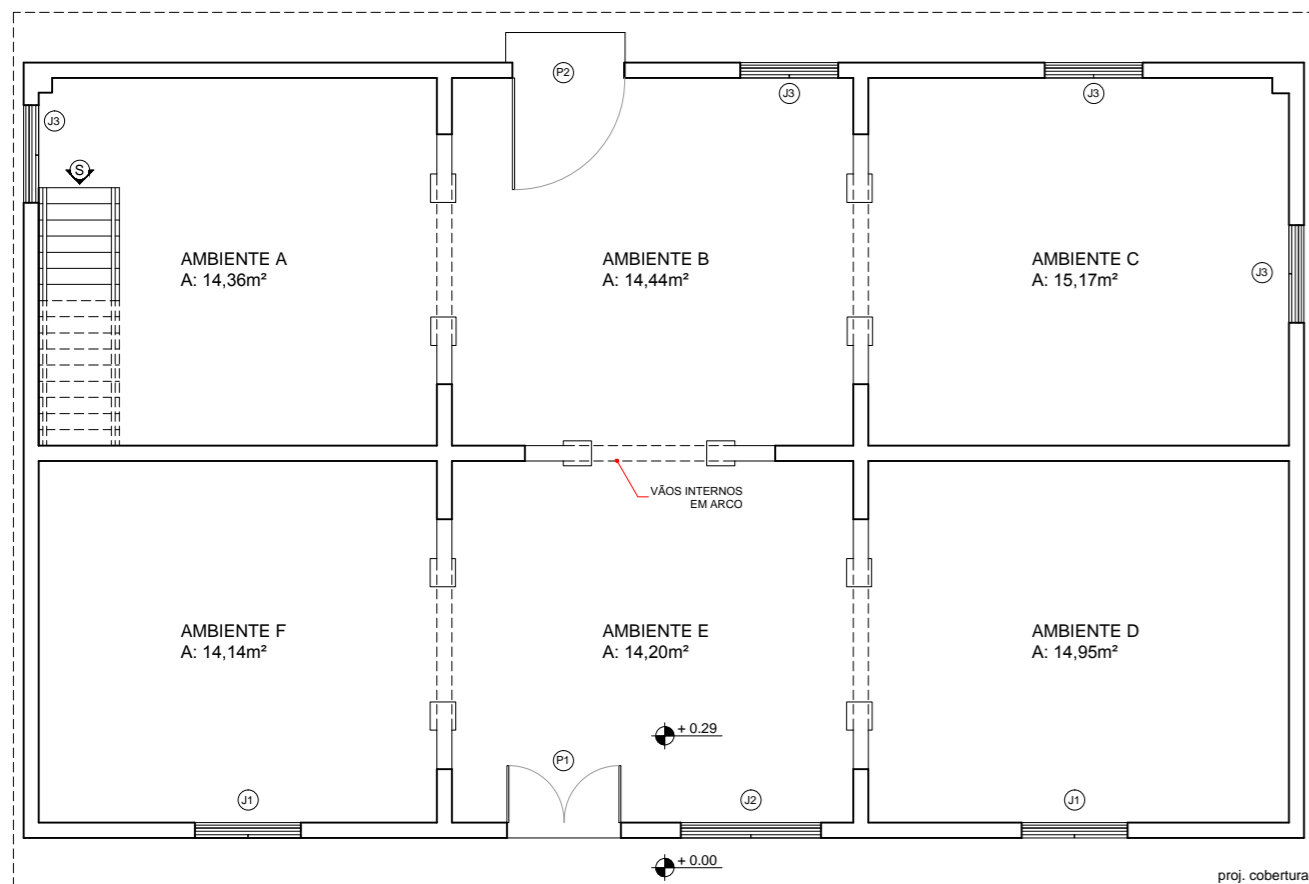
ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA
 ESC: 1:75



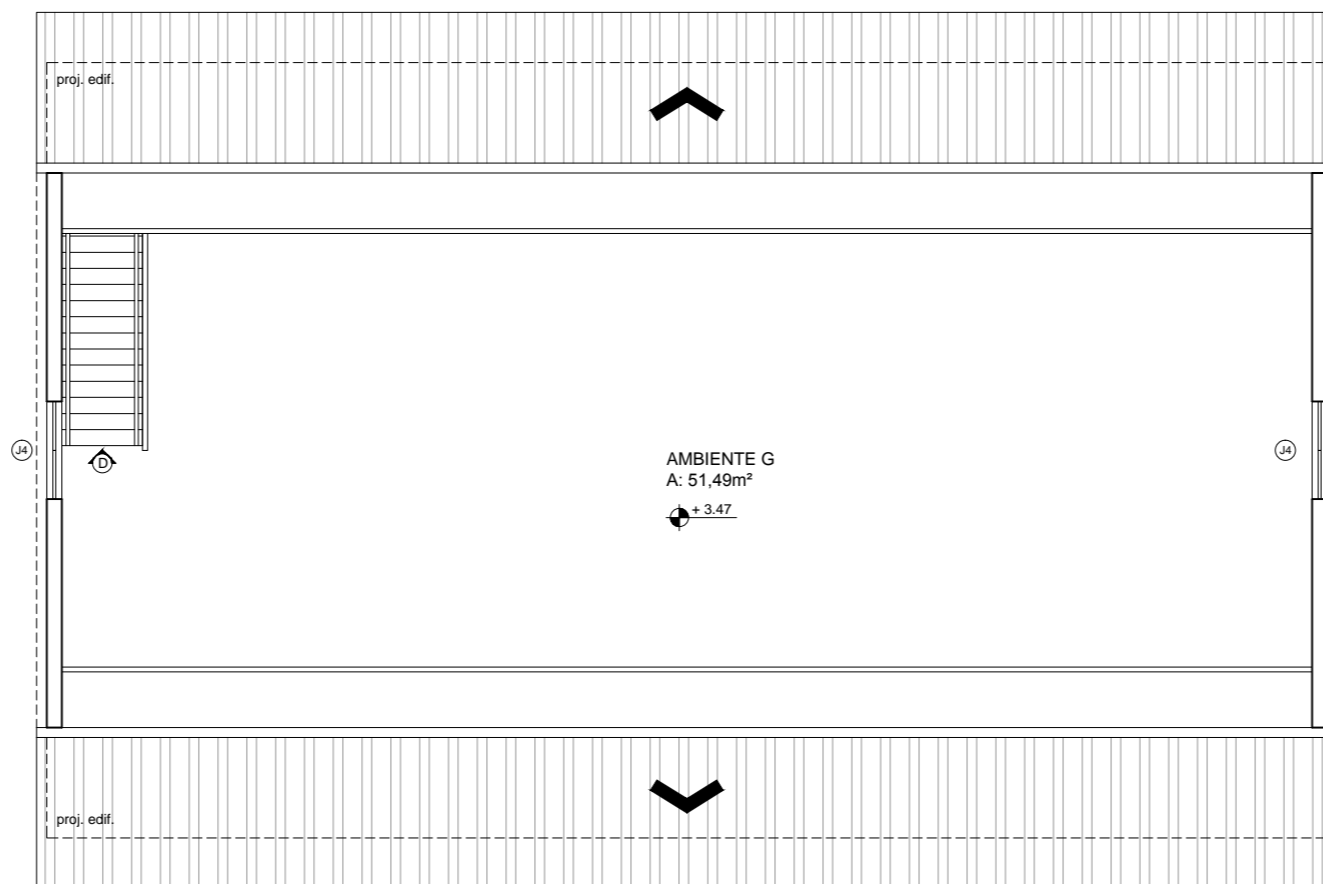
IMPLANTAÇÃO
 ESC: 1:250

TABELA DE ESQUARIAS							
JANELAS							
CÓD.	DIMENSÕES	PEITORIL	MATERIAL	TIPO	QUANT.	SITUAÇÃO	VÃO LIVRE (m²)
J1	112x220	94	MADEIRA	Guilhotina c/ Escuro 2 fl. abrir tipo ripada	09	ORIGINAL	0,91
J2	78x88	77	MADEIRA E TELA METÁLICA	Fixa	06	ORIGINAL	0,68
PORTAS							
CÓD.	DIMENSÕES	USO	MATERIAL	TIPO	QUANT.	SITUAÇÃO	VÃO LIVRE (m²)
P1	122x319	EXTERNO	MADEIRA	2 fl. abrir tipo almofada	01	ORIGINAL	3,25
P2	71x210	EXTERNO	MADEIRA	1 fl. abrir	01	ORIGINAL	1,49
P3	157x110	EXTERNO	MADEIRA	2 fl. abrir	01	ORIGINAL	1,72

PROJETO RESIDÊNCIA FAMÍLIA ESCORSIN			
ENDEREÇO AV. VEREADOR TOALDO TÚLIO, 3335 - SÃO BRAZ			
ÁREA TERRENO 2.037,00m²	ÁREA CONSTRUÍDA 218,18m²	Nº DE PAVIMENTOS PORÃO, TÉRREO E SOTÃO	EIXO DE ORIENTAÇÃO NORTE - SUL
AUTOR DO LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO ELISA ARZUA Eliza Arzua Arquitetura			PRANCHA 01
REFERÊNCIA IMPLANTAÇÃO, PLANTAS PORÃO, TÉRREO E SOTÃO, ELEVAÇÕES			
DATA NOV/2007	ESCALA INDICADA	FONTE IPPUIC 2014	DESENHO RACHEL



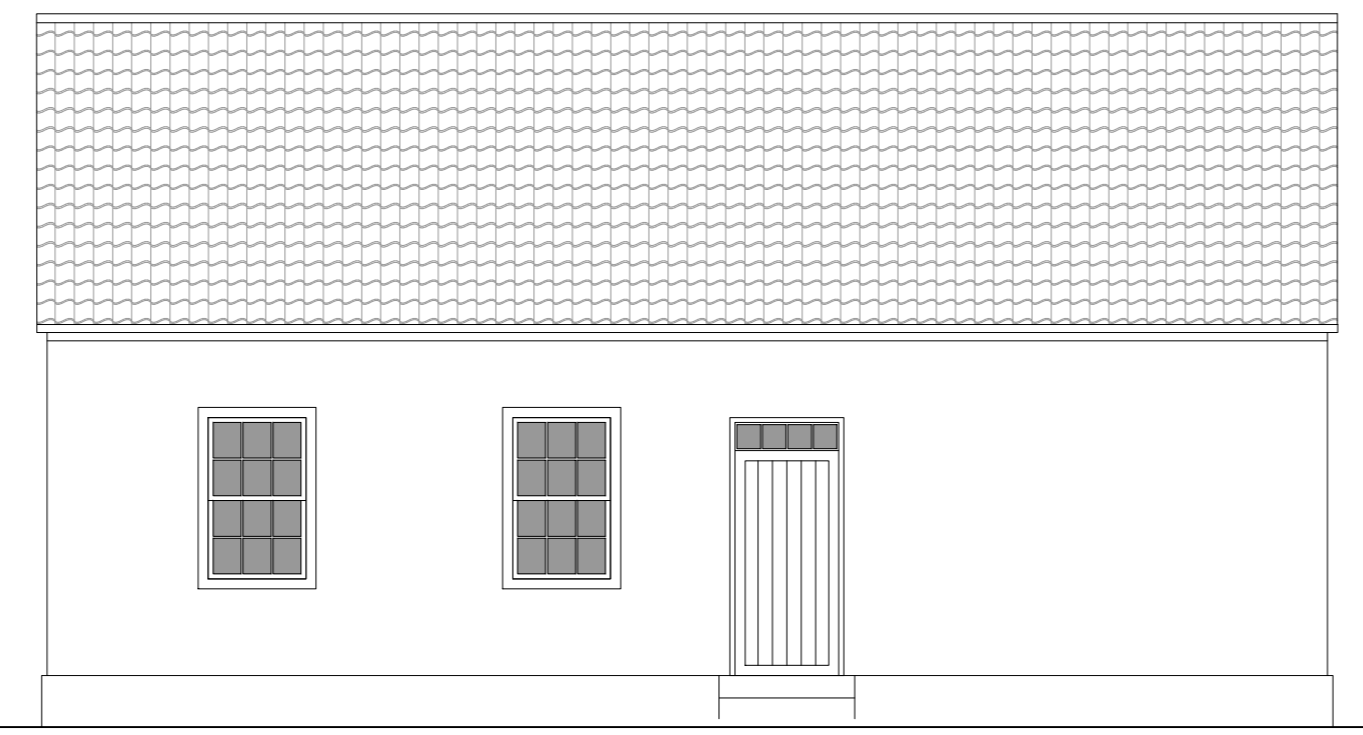
PLANTA BAIXA - TÉRREO
 ESC: 1:75
 A: 97,66m²



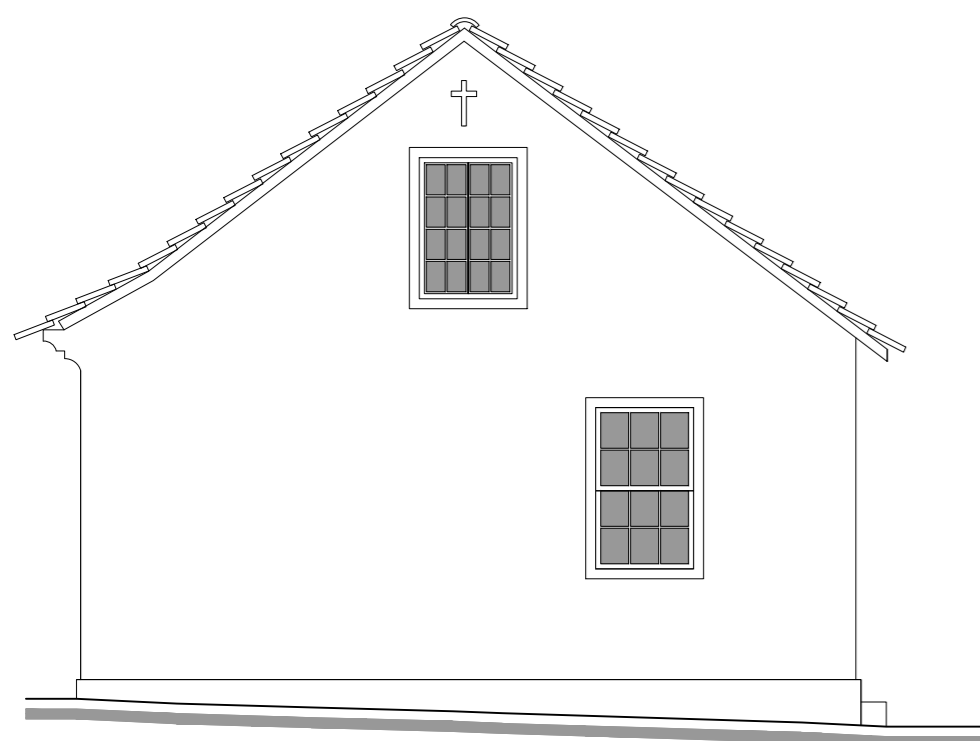
PLANTA BAIXA - SOTÃO
 ESC: 1:75
 A: 51,49m²



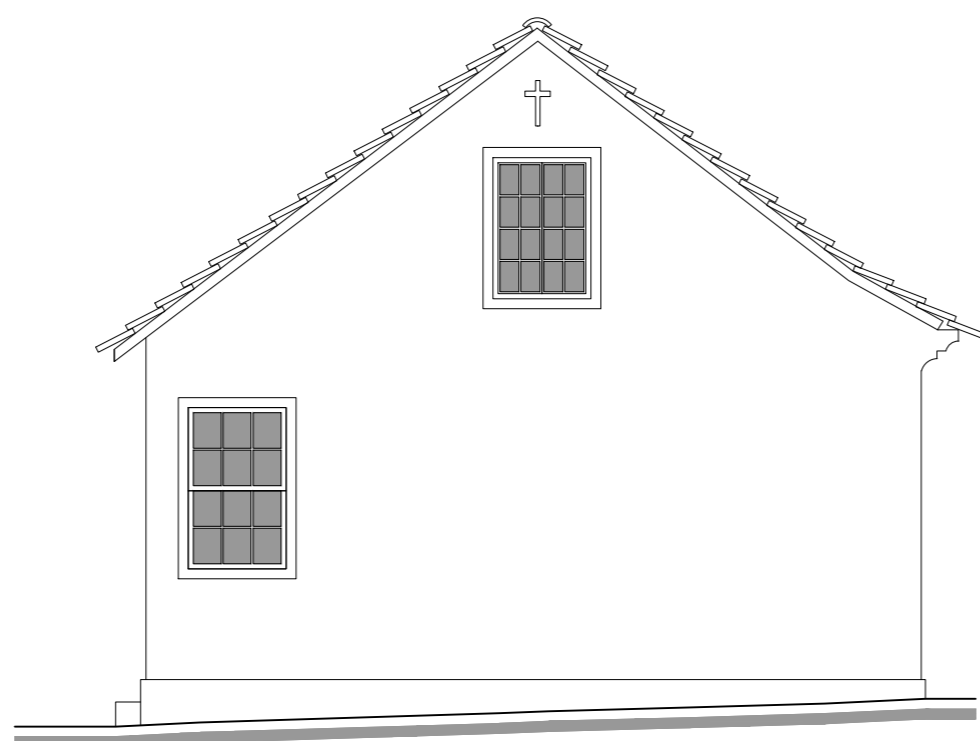
ELEVAÇÃO FRONTAL
 ESC: 1:75



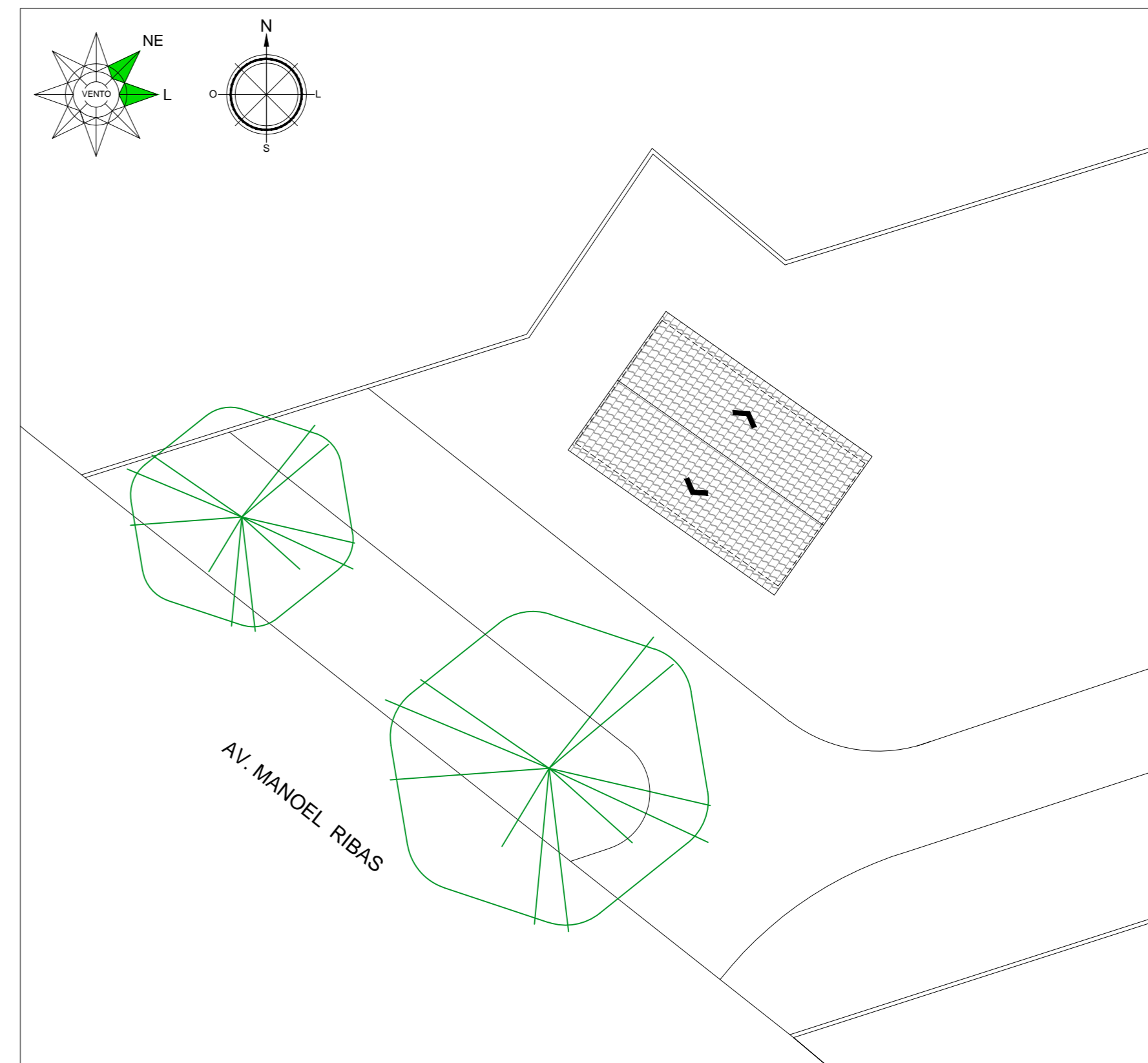
ELEVAÇÃO POSTERIOR
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA
 ESC: 1:75



ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA
 ESC: 1:75



IMPLANTAÇÃO
 ESC: 1:250

TABELA DE ESQUARIAS							
JANELAS							
CÓD.	DIMENSÕES	PEITORIL	MATERIAL	TIPO	QUANT.	SITUAÇÃO	VÃO LIVRE (m²)
J1	115x170	85	MADEIRA	Guilhotina c/ Escuro ext. 2 fl. abrir tipo veneziana	02	INTERVENÇÃO	0,81
J2	149x140	85	MADEIRA	Guilhotina c/ Escuro ext. 2 fl. abrir tipo veneziana	01	INTERVENÇÃO	1,06
J3	97x160	85	MADEIRA	Guilhotina c/ Escuro int. 2 fl. abrir tipo almofada	04	ORIGINAL	0,75
J4	97x140	60	MADEIRA	2 fl. abrir c/ vidro, c/ Escuro int. 2 fl. abrir tipo almof.	02	INTERVENÇÃO	1,13
PORTAS							
CÓD.	DIMENSÕES	USO	MATERIAL	TIPO	QUANT.	SITUAÇÃO	VÃO LIVRE (m²)
P1	123x254	EXTERNO	MADEIRA	2 fl. abrir tipo almofada	01	ORIGINAL	2,81
P2	113x256	EXTERNO	MADEIRA	1 fl. abrir tipo ripada com bandeira	01	ORIGINAL	2,30

PROJETO RESIDÊNCIA "CASA DOS CONTOS"			
ENDEREÇO AV. MANOEL RIBAS, 5480 - SANTA FELICIDADE			
ÁREA TERRENO 6.535,00m ²	ÁREA CONSTRUÍDA 149,15m ²	Nº DE PAVIMENTOS TÉRREO E SOTÃO	EIXO DE ORIENTAÇÃO NOROESTE-SUDESTE
AUTOR DO PROJETO BACOCCHINI & SABRINA SLOMPO ARQUITETOS ASSOCIADOS			
REFERÊNCIA IMPLANTAÇÃO, PLANTAS TÉRREO E SOTÃO, ELEVAÇÕES			
DATA DEZ/2000	ESCALA INDICADA	FONTE IPPUC 2014	DESENHO RACHEL