

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO DANIEL GUST

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES GEMINADAS
NUM CONTEXTO DE ALTA OCUPAÇÃO EM NOVOS LOTEAMENTOS DE
TOLEDO - PR**

TOLEDO

2022

EDUARDO DANIEL GUST

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES GEMINADAS
NUM CONTEXTO DE ALTA OCUPAÇÃO EM NOVOS LOTEAMENTOS DE
TOLEDO - PR**

**Analysis of the thermal comfort of row houses in a context of high occupancy
in Toledo PR**

Trabalho de conclusão de Curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Silmara Dias Feiber.

TOLEDO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDUARDO DANIEL GUST

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES GEMINADAS
NUM CONTEXTO DE ALTA OCUPAÇÃO EM NOVOS LOTEAMENTOS DE
TOLEDO - PR**

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/11/2022

Silmara Dias Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fúlvio Natércio Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sandra Magda Mattei Cardoso
Mestrado
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz

TOLEDO

2022

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por estar comigo em todos os momentos e me dar forças para superar todos os obstáculos ao longo da graduação.

Aos meus pais Elisabeth e Almiro por toda luta, carinho, cuidado e amor que fez junto esse sonho acontecer.

A minha orientadora Prof. Dra. Silmara Dias Feiber, por toda a orientação, incentivo, apoio incondicional e carinho no decorrer desse trabalho. Sua contribuição para minha formação profissional sempre será lembrada.

Ao Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber e Prof. Dra. Sandra Mattei Cardoso que compõe a banca deste trabalho e foram indispensáveis para torná-lo a melhor versão.

Aos meus amigos e colegas de classe, por todas as memórias construídas, companhia e parceria nos estudos que foram minha força e maior alegria no caminho até aqui.

RESUMO

A alta demanda por projetos de baixo custo e rapidez de execução promovem a prática das propostas de casas geminadas. Esta tipologia de habitação atrai a atenção dos investidores, contudo, em tempos de preocupação ambiental e busca pela qualidade e bem-estar humano é preciso avaliar se as estratégias até então utilizadas nos projetos trazem de fato o conforto adequado aos seus moradores. Apresenta-se nessa pesquisa a avaliação do conforto térmico destas habitações, o estudo será realizado no contexto da cidade de Toledo-PR, local que apresenta alta concentração de unidades similares, em seus loteamentos mais recentes, interferindo de fato na densidade habitacional do município. Utiliza-se para essa avaliação um estudo experimental em uma obra estudo de caso a fim de aferir as temperaturas internas e externas, utilizando de uma placa arduíno, a qual possibilitará o acompanhamento por dez dias. Somada a esta ação realiza-se simulações computacionais, de método prescrito pela ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais: Desempenho, em três habitações, caso apresentem ineficiência propõe-se um projeto de melhorias. Constatou-se que as obras analisadas cumprem com desempenho mínimo proposto pela norma, contudo, o ambiente da sala nas edificações com platibanda apresentou péssimo desempenho no calor, decorrente da falta de sombreamento e pela diferença no material da cobertura.

Palavras-chave: casas geminadas; conforto térmico; arquitetura passiva; planejamento urbano.

ABSTRACT

The high demand for low-cost projects and speed of execution promotes the practice of semi-detached house proposals. This housing typology attracts the attention of investors, however, in times of environmental concern and the search for quality and human well-being, it is necessary to assess whether the strategies used so far in the projects bring adequate comfort to its residents. This research presents the evaluation of the thermal comfort of these dwellings, the study will be conducted in the context of the city of Toledo-PR, a place that has a high concentration of similar units, in its most recent subdivisions, in fact interfering with the housing density of the municipality. An experimental study is used for this evaluation in a case study work to measure the internal and external temperatures, using an Arduino board, which will allow the monitoring for ten days. In addition to this action, computer simulations are conducted, using the method prescribed by ABNT NBR 15575 – Housing Buildings: Performance, in three dwellings, if they present inefficiency, an improvement project is proposed. It was found that the analyzed works comply with the minimum performance proposed by the standard, however, the room environment in the buildings with flatband showed deficient performance in the heat, due to the lack of shading and the difference in the covering material.

Keywords: row houses; thermal comfort; passive architecture; urban planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Formas mais usuais de implantação de habitações geminadas	18
Figura 2 - Setorização mais usual em casas geminadas térreas	18
Figura 3 - Mecanismos de troca de calor	21
Figura 4 - Zonas bioclimáticas.....	23
Figura 5 - Fatores de influência na densidade urbana	24
Figura 6 - Vantagens e desvantagens da densidade urbana	26
Figura 7 - Melhores posições para ventilação cruzada	29
Figura 8 - Esquemas de ventilação vertical.....	29
Figura 9 - Influência do pé direito na temperatura.....	29
Figura 10 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa	31
Figura 11 – Localização do Município de Toledo	32
Figura 12 - Volumetria e fachada da segunda obra em estudo.....	33
Figura 13 - Volumetria e fachada da terceira obra em estudo.....	34
Figura 14 - Fluxograma do processo de simulação.....	35
Figura 15 - Modelagem das três edificações no Revit.....	35
Figura 16 - Modelagem do modelo de referência após o redimensionamento.....	36
Figura 17 - Delimitação das zonas térmicas no modelo.....	40
Figura 18 - Dados de satélite do loteamento Flora Galante	46
Figura 19 - Vista aérea do Bairro Jardim Coopagro em Toledo - PR	46
Figura 20 - Percentual que cada ambiente da obra 01 atendeu a temperatura ideal	49
Figura 21 - Percentual que cada ambiente da obra 02 atendeu a temperatura ideal	50
Figura 22 - Percentual que cada ambiente da obra 03 atendeu a temperatura ideal	52
Fotografia 1 - Fachada da primeira obra em estudo	32
Fotografia 2 - Placa arduíno Nano V3	43
Fotografia 3 – Posicionamento dos sensores.....	43
Gráfico 1 - Padrões de uso da iluminação artificial	37
Gráfico 2 - Padrões de uso dos equipamentos	38
Gráfico 3 - Padrões de ocupação dos usuários e cargas produzidas	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis envolvidas na sensação de conforto	20
Tabela 2 - Parâmetros de conforto térmico para o inverno e verão	23
Tabela 3 - Propriedades dos materiais do modelo real	39
Tabela 4 - Propriedades dos materiais do modelo de referência	39
Tabela 5 - Intervalos de temperaturas externas de bulbo seco.....	41
Tabela 6 - Faixas de temperaturas operativas para a determinação do PHFTAPP ..	41
Tabela 7 - Critério de avaliação do desempenho térmico da envoltória quanto ao PHFTUH	44
Tabela 8 – Resultados da simulação do modelo real da obra 01	48
Tabela 9 – Resultados da simulação do modelo de referência da obra 01	48
Tabela 10 – Resultados da simulação do modelo real da obra 02.....	49
Tabela 11 – Resultados da simulação do modelo de referência da obra 02	50
Tabela 12 – Resultados da simulação do modelo real da obra 03.....	51
Tabela 13 – Resultados da simulação do modelo de referência da obra 03.....	51
Tabela 14 – Resultados da Unidade Habitacional no Modelo Real.....	52
Tabela 15 – Resultados da Unidade Habitacional no Modelo de Referência.....	53
Tabela 16 – Resultado da eficiência de cada obra analisada	53
Tabela 17 – Dados estatísticos do experimento.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	A habitação geminada	16
2.1.1	Tipos de implantação e setorização	17
2.1.2	Aspectos legais	18
2.2	Conforto térmico	19
2.2.1	Parâmetros de conforto térmico	21
2.3	Planejamento urbano de loteamentos	24
2.3.1	Densidade urbana	25
2.4	Estratégias da arquitetura passiva	27
2.4.1	Recomendações da norma de desempenho	27
2.4.2	Estratégias projetuais: tipologia e implantação	27
2.4.3	Estratégias de ventilação	28
2.4.4	Arborização e pátios internos	30
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3.1	Localização do município	31
3.2	Definição das obras estudo de caso	32
3.2.1	Obra 01 - método computacional e experimento de campo	32
3.2.2	Obra 02 – método computacional.....	33
3.2.3	Obra 03 – método computacional.....	33
3.3	Avaliação do conforto por meio computacional	34
3.3.1	Modelagem.....	35
3.3.2	Simulação.....	37
3.3.3	Cálculo dos parâmetros.....	40
3.4	Experimento em campo	42
3.5	Conclusão sobre a eficiência	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	Impactos perceptíveis na ocupação do Loteamento	45
4.2	Apontamentos e sugestões para legislação local	46

4.3	Análise dos projetos levantados.....	47
4.4	Resultados da simulação computacional	47
4.4.1	Faixa de temperatura operativa considerada	47
4.4.2	Resultados da Obra 01.....	48
4.4.3	Resultados da Obra 02.....	49
4.4.4	Resultados da Obra 03.....	51
4.4.5	Avaliação da eficiência	52
4.5	Resultados do experimento em campo.....	54
5	CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....		58
APÊNDICE A - Projeto 01.....		61
APÊNDICE B - Projeto 02.....		63
APÊNDICE C - Projeto 03.....		65
APÊNDICE D - Resultados da Experimentação em Campo.....		67

1 INTRODUÇÃO

As casas geminadas, ou também conhecidas como casas em condomínio, constituem-se por uma ou mais unidades habitacionais construídas sobre o mesmo lote e que possuam paredes, planos de cobertura e fundações comuns entre si. (MASTERCLASS, 2022)

Observa-se que nos últimos dois anos houve um aumento pela procura dessas habitações, tal comportamento deve-se principalmente as vantagens financeiras oferecidas nesse modelo construtivo, seu investimento inicial é baixo e o lucro final é de valor considerável, além de que, há o enquadramento nos programas habitacionais de financiamento. (TERRA, 2020)

Desde o seu surgimento a casa geminada foi pensada como um produto de larga escala. Inicialmente aplicada nas vilas operárias do início da industrialização, seu objetivo era puramente aumento de lucros da empresa e não para satisfazer as necessidades de conforto e bem-estar do seu usuário. Percebe-se que este comportamento inicial permanece presente e se repete no atual cenário contemporâneo. (PFEIFER; BRAUNECK, 2007)

A preocupação com a adoção indiscriminada desta tipologia arquitetônica incide na questão do conforto ambiental interno das edificações proporcionado aos seus usuários. Sabe-se que poucas são as estratégias projetuais adotadas para que se possa potencializar o bem-estar humano no uso cotidiano destas edificações. Está problemática torna-se ainda mais preocupante face ao atual aumento nas temperaturas urbanas devido, particularmente, ao denominado aquecimento global.

Segundo relatórios publicados pelo IPCC, a temperatura média global tende a aumentar 0,2°C a cada ano, podendo chegar a um aquecimento de 1,5°C entre 2030 e 2052, além disso, um estudo feito por Grimm (2022) em Guaraqueçaba – PR apontou uma sensação pelos moradores de que invernos e verões estão mais quentes, chuvosos e com mudanças bruscas de temperatura no mesmo dia. (GRIMM, 2022) (IPCC, 2018)

Tal tendência alerta para a necessidade de ampliar as investigações sobre possíveis medidas que possam contribuir para a diminuição da emissão de carbono na atmosfera. Assim, no âmbito da construção civil esta temática traz à tona a necessidade do pensar sustentável na engenharia. De fato, um ambiente bem

projetado é capaz de oferecer economia no gasto energético e interferir diretamente na qualidade de vida de seus usuários.

Segundo Santos (2021), o ambiente é determinante para a saúde e consolidação do bem-estar humano. Este pensamento confirma-se por meio dos períodos de crise sanitária ocorridos nos últimos anos. Ao passo que a população desenvolveu o comportamento do “ficar em casa” destacou ainda mais a problemática de vivenciar ambientes internos mal projetados, com altas temperaturas e que não oferecem o conforto ambiental interno adequado, fato que interfere diretamente na produtividade e saúde do seu morador. (SANTOS, 2021)

Pfeifer (2007) complementa ainda que o ato de construir é interferir no ambiente ecológico, este naturalmente em equilíbrio. Dessa forma, construir deve objetivar a criação de um novo ponto de equilíbrio, ou seja, o entorno e as práticas sustentáveis devem ser englobadas no desenvolvimento da proposta de projeto. (PFEIFER; BRAUNECK, 2007)

Contudo, com a criação de uma residência visada na produção em massa, tais habitações possuem em sua maioria a mesma configuração de planta, implantação e volumetria. Não há um pensar sustentável ou um planejamento para a realidade específica de cada lote. A inovação passou a ser técnica e mecânica e os projetos sem autenticidade, desvinculados de seu lugar. (PFEIFER; BRAUNECK, 2007) Além disso, existe uma lacuna na legislação municipal e na normativa brasileira acerca dessa tipologia arquitetônica, o que se confirma em estudos de Terra (2020) e Moreira (2018). (MOREIRA, 2018) (TERRA, 2020)

Pesquisas como de Arantes (2013), Soares (2016) e Ferreira (2012) apresentam resultados para avaliação do conforto térmico em habitações populares, contudo, a verificação para o caso de unidades geminadas é escassa. Observa-se ainda que a falta de uma legislação mais restritiva pode abrir brechas para aprovação indiscriminada dessas obras, além de que, o déficit no planejamento urbano leva a ocupação exagerada do solo com quadras inteiras lotadas de residências similares. (SOARES; ADAMS; ULLMANN, 2016) (FERREIRA; FERREIRA, 2012) (ARANTES, 2013)

Diante disso, essa pesquisa tem por objetivo avaliar o conforto térmico de três habitações geminadas por meio da simulação computacional e do acompanhamento das temperaturas internas e externas de uma edificação. Após esta etapa de

verificação, caso encontre-se situações de desconforto interno, irá se complementar o estudo com uma proposta de adequação seguida de uma nova simulação computacional prescrita também pela ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais - Desempenho. (ABNT 15750, 2021)

O estudo será realizado para a realidade da cidade de Toledo - PR, local escolhido pela alta concentração e tendência construtiva dessas residências. As análises feitas servirão de conscientização e subsídio para empresas que trabalham nesse ramo, podendo servir também, como instrumento para possíveis revisões ou novas legislações locais do município.

Para o desenvolvimento desta proposta de pesquisa, apresenta-se primeiramente a fundamentação teórica que servirá de base para compreensão da temática adotada. Posteriormente, apresenta-se a metodologia que trata do processo de desenvolvimento do estudo experimental e das simulações computacionais das obras estudo de caso. Discute-se ao final os resultados obtidos no experimento e nas simulações computacionais.

1.1 Justificativa

Levando em consideração o atual cenário de alta busca por habitações que oferecem o mínimo de conforto aos seus usuários, o interesse em realizar esse estudo surgiu mediante a alta concentração e demanda de residências geminadas na cidade de Toledo – PR. Por meio de dados do geoportal do município estima-se que em loteamentos executados a partir de 2016, como por exemplo a quadra nº 37 do loteamento Flora Galante, a porcentagem dessas residências chega a representar 92,86% do total das habitações construídas.

Contudo, poucos estudos estão disponíveis para de fato avaliar a eficiência e conforto que estas habitações estão propiciando aos seus moradores. Além disso, a alta concentração dessas residências tem causado um aumento inesperado na ocupação dos loteamentos, duplicando os valores de densidade urbana. O uso indiscriminado de projetos replicados em todos os lotes, e a falta de aplicação de soluções eficientes para esse tipo de residência também foram itens que motivaram a escolha do tema desta pesquisa.

Dessa forma, por meio desta pesquisa acredita-se ser possível contribuir a partir do estudo do conforto térmico da habitação geminada numa forma de contribuição direta na atual postura utilizada pelas em empresas que trabalham com esse tipo de projeto. A coleta e apresentação de dados concretos sobre a eficiência dos projetos atuais, a apresentação de possíveis soluções para ganho de eficiência e conforto são frutos que se quer alcançar com a pesquisa. Acima de tudo acredita-se que a pesquisa possa servir de instrumento de discussão para possíveis revisões na legislação vigente do município.

1.2 Objetivos

Para que a pesquisa possa se desenvolver de forma estruturada organiza-se os objetivos visando potencializar a qualidade da investigação:

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o conforto térmico de habitações geminadas localizadas em um loteamento com alta taxa de ocupação desta tipologia em específico em Toledo – PR.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar itens da legislação local que interferem de forma direta no projeto dessas residências e no seu entorno.
- Realizar um levantamento dos projetos de residências térreas geminadas mais usuais em Toledo – PR.
- Avaliar o conforto térmico de três obras estudo de caso situadas em um loteamento com alta densidade, por meio da simulação computacional e experimentação em campo.
- Caso seja necessário, propor intervenções na proposta de habitação em estudo e realizar a verificação da nova eficiência por meio computacional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a fundamentação que serve de base à compreensão do conteúdo investigativo da temática adotada para a pesquisa que trata da questão do uso indiscriminado de propostas de habitações geminadas nos novos loteamentos de Toledo/PR. Perpassa, portanto assuntos pertinentes para que se possa alcançar os objetivos traçados e contribuir de forma efetiva à construção do conhecimento na área da construção civil. Foi organizado no sentido de partir do tema conceitual das casas geminadas, seguindo para a questão do conforto térmico em edificações, a problemática dos novos loteamentos e necessário finalizando com as estratégias de arquitetura passiva passíveis de se utilizar em obras com o viés do estudo de caso. Posteriormente a este será feita a apresentação dos procedimentos metodológicos que descrevem as obras estudos de caso e a metodologia de realização e verificação do estudo.

2.1 A habitação geminada

Classifica-se uma habitação como geminada se uma ou mais residências são construídas sob o mesmo lote, ou seja, sob a forma de condomínio e que possuam uma parede em comum. Sua estrutura central é compartilhada entre as residências sendo possível aproveitar as paredes adjacentes, telhados e fundações. Em geral a planta e a fachada dessas habitações são idênticas, disposta de forma espelhada ou uma configuração idêntica a outra. Portando, as fachadas em ambas as residências podem ser arquitetonicamente coerentes, de forma a harmonizar o conjunto das partes como um todo. (MASTERCLASS, 2022)

Desde o período colonial brasileiro a casa geminada é um marco, de fato observa-se nas cidades históricas casas assobradadas, dispostas de forma ritmada, unidas umas às outras e sobre o alinhamento predial das vias públicas. Contudo, a partir do século XX o uso de tal habitação passou para um viés de intenção mais focada no caráter comercial e econômico, visto que foram grandemente difundidas nas vilas operárias em condomínios voltados a classe de menor poder aquisitivo e como solução para moradias que se enquadram nos programas governamentais. (PFEIFER; BRAUNECK, 2007) (TERRA, 2020)

Tal modelo construtivo possui suas vantagens, Moreira (2018) aponta que seu custo é bem menor do que comparado a uma residência de mesma área e características similares disposta sobre um terreno único em condições normais. Visto que, o custo de material e mão de obra das estruturas compartilhadas divide-se entre as unidades habitacionais. Além disso, Moreira (2018) complementa que outra vantagem é o menor gasto de manutenção com paisagismo, visto que, o terreno é bem reduzido. Tal vantagem econômica é atrativa aos investidores do mercado imobiliário, que obtém um lucro muito mais alto ao escolher tais habitações. (MOREIRA, 2018)

Contudo, as casas geminadas possuem desvantagens. A principal delas são problemas decorrentes do compartilhamento da parede central, está por sua vez, pode gerar desconforto acústico, além de, do ponto de vista arquitetônico, privar as unidades de vistas e iluminação natural. Este fato se deve a grande maioria destas edificações apresentarem apenas a opção de aberturas na parte frontal e na parte posterior do terreno. (TERRA, 2020)

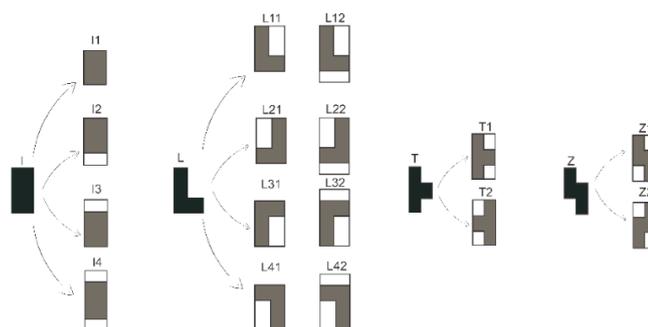
Moreira (2018) destaca a mesma problemática de falta de privacidade gerada pelo compartilhamento, acrescenta ainda que os lotes são muito fracionados de modo a cada habitação não dispor praticamente de terreno livre, tal fracionamento gera soluções de projeto que prejudicam muitas vezes a ergonomia dos ambientes, gerando espaços apertados e comprometendo a qualidade de vida dos moradores. (MOREIRA, 2018)

Como atualmente há uma alta demanda dessas habitações, sua localização acaba sendo afastada do centro da cidade, gerando altas concentrações em loteamentos recém-construídos. (MOREIRA, 2018)

2.1.1 Tipos de implantação e setorização

Gagdas (1996) apresenta quatro formas típicas de implantação de uma residência geminada na fração do lote. Tal habitação pode seguir a forma de I, forma de L, forma de T e a forma de Z podendo variar sua implantação em diversas posições no terreno, como ilustrado na figura 01. (GAGDAS, 1996)

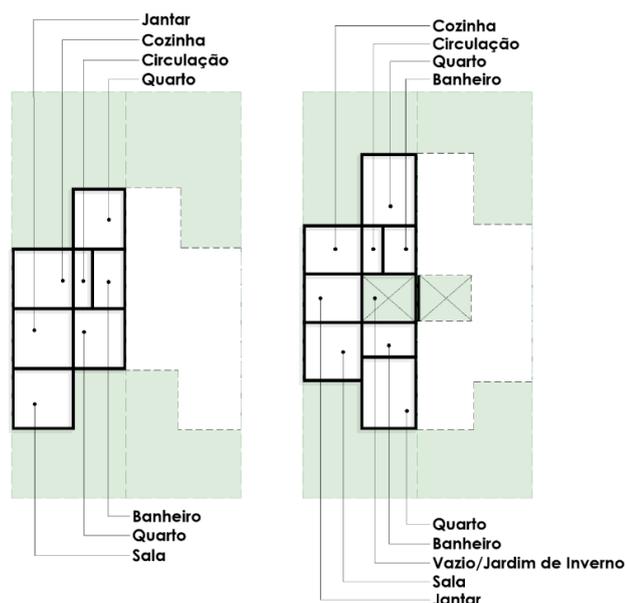
Figura 1 - Formas mais usuais de implantação de habitações geminadas



Fonte: Adaptado de Gagdas (1996)

Dentre as soluções para distribuição dos ambientes e setorização das casas geminadas térreas duas têm sido amplamente utilizadas. Gagdas (1996) aponta a forma em Z e T como a mais usual, podendo ou não se utilizar a estratégia de um pátio interno.

Figura 2 - Setorização mais usual em casas geminadas térreas



Fonte: Adaptado de Gagdas (1996)

Na Figura 02 observa-se as duas propostas de setorização mapeadas por Gagdas (1996), destaca-se ainda que, a planta com pátio interno foi apontada também por Pfeifer (2007) como a mais usual. (GAGDAS, 1996) (PFEIFER; BRAUNECK, 2007)

2.1.2 Aspectos legais

Em âmbito federal, não existe uma lei que trata especificamente a respeito de diretrizes para o projeto de casas geminadas. A função da elaboração de normativas

construtivas é delega aos municípios, estes são responsáveis pela elaboração do código de obras e das leis de uso e ocupação do solo. Dessa forma, cada cidade possui a sua normativa, divergindo muitas vezes as formas de abordar o assunto entre elas.

Estudos de Terra (2020) e Moreira (2018) apontaram dificuldades em encontrar legislações a respeito do assunto em seus municípios de estudo, ou seja, o código de obras apresentava-se vago nos detalhes a respeito das diretrizes construtivas dessas habitações. (MOREIRA, 2018) (TERRA, 2020)

Contudo, verifica-se no Código de Obras de Toledo – PR que ele apresenta uma seção exclusiva para tratar a respeito do assunto. Segundo a Seção III – Dos Condomínios horizontais de casas destaca-se os seguintes artigos:

Art. 128 - Para efeitos desta Lei, considera-se condomínio horizontal de casas o conjunto de 2 (duas) ou mais casas implantadas em um mesmo lote, podendo ser:

I - Residências em série, paralelas ao alinhamento predial, aquelas que, situando-se ao longo do logradouro público, tenham obrigatoriamente acesso independente às unidades de moradia e dispensem a abertura de corredor de acesso, podendo ser geminadas ou não; ou

II - Residências em série, transversais ao alinhamento predial, aquelas cuja disposição exija a abertura de corredor de acesso.

Art. 129 - Na implantação de residências em série, paralelas ao alinhamento predial, a testada mínima de cada unidade habitacional não poderá ser inferior a 5,00m (cinco metros). (MUNICÍPIO DE TOLEDO, 2021)

Outro ponto encontrado na legislação foi a exigência obrigatória de execução de uma parede dupla de espessura mínima de 20cm entre as unidades. As demais exigências são as mesmas aplicadas a aprovação de habitações comuns. (MUNICÍPIO DE TOLEDO, 2021)

2.2 Conforto térmico

O conforto térmico consiste em uma condição da mente que expressa uma satisfação corporal com o ambiente térmico onde o ser se insere. O corpo do indivíduo está submetido a trocas de calor com o ambiente, se o equilíbrio de todas essas trocas for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro dos limites, o indivíduo passa a ter a sensação de conforto térmico. Epstein (2006), acrescenta que esta sensação é subjetiva a cada pessoa, contudo, pode se chegar a um consenso que o conforto térmico pode ser entendido como a zona em que 80% das pessoas sedentárias ou

pouco ativas consideram o ambiente termicamente aceitável. (EPSTEIN; MORAN, 2006) (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

Em uma situação de frio ou calor, o indivíduo une estratégias de defesa do próprio organismo e estratégias de origem cultural. Ao se deparar com uma exposição ao frio o corpo tende a se curvar, de modo a diminuir a área em que a pele está exposta, de forma instintiva. Já por heranças culturais temos a tendência a esfregar as mãos, ingerir bebidas quentes, fazer atividades físicas, usarmos vestimentas que cobrem todo o corpo e utilizar-se da arquitetura para criar espaços para nos abrigar e nos aquecer. Já no verão, com exposição ao excesso de calor, temos outros mecanismos, de forma instintiva buscamos nos banhar em água, nos abanar, procurar sombras, evitar contato com o sol, e usar roupas com menores cobrimentos da pele. Em ambas as situações de exposição (frio e calor) tem-se o artifício da tecnologia, que por sua vez, dispõe de equipamentos de refrigeração, aquecimento e ventilação. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

A saúde humana, a energia e o conforto são os fatores mais afetados pelo clima do ambiente do que por qualquer outro elemento, visto que, o clima é influenciador das manifestações de muitas doenças, epidemias e endemias humanas. De fato, ambientes com menor ventilação e altas temperaturas propiciam a propagação desses patógenos. Além disso, a exposição a extremo frio ou calor, afetam diretamente a saúde, provocando tontura, náuseas e sensação de esgotamento. Sendo assim, o chamado desconforto, diminui o vigor físico e mental, afetando diretamente a produtividade do indivíduo e tornando o homem irritável. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014) (MENDONÇA, 2001)

Segundo Lamberts (2014), a sensação de conforto térmico envolve variáveis do indivíduo e as variáveis ambientais, como observado na Tabela 1:

Tabela 1 - Variáveis envolvidas na sensação de conforto

Variáveis do Indivíduo	Variáveis Ambientais
Atividade física (MEt – met ou W/m ²)	Temperatura do Ar (Tar - °C)
Vestimenta (Iclo - clo ou m ² °C/W)	Temperatura Radiante (TRM - °C)
	Umidade relativa (UR - %) e velocidade do ar (V – m/s)

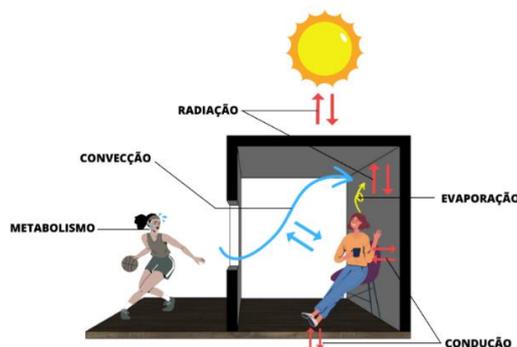
Fonte: Adaptado de Lamberts (2014)

De acordo com a tabela verifica-se que, além da temperatura a questão de umidade relativa do ar e velocidade do ar somadas as atividades físicas e vestimentas

são fatores que agrupados acabam por fornecer uma maior ou menor sensação de conforto. No caso do estudo de habitação geminada as variáveis T_{ar} – TRM, UR e V são de extrema importância devido ao fato da proximidade das edificações acabarem por afetar de forma passiva as edificações lado a lado.

Destaca-se ainda, os mecanismos de troca de calor de um ambiente, apresentados na Figura 3, estes mecanismos são essenciais na avaliação do papel das estratégias projetuais no controle da temperatura interna das edificações.

Figura 3 - Mecanismos de troca de calor



Fonte: Adaptado de Lamberts (2014)

Segundo Lamberts (2014), os mecanismos de troca de calor podem ser divididos como trocas secas (condução, convecção e radiação) e trocas úmidas (evaporação).

Como observado na Figura 3, a troca de calor de um determinado ambiente ocorre devido à radiação solar, que aquece toda a região em que seus raios atingem e, como resultado, influencia o material tocado a transferir calor para os ambientes internos, externos e aos usuários, processo este de condução. O ar também sofre aquecimento dos raios solares, gerando um processo de convecção, onde o ar quente sobe e o ar frio desce. Por fim, o ambiente aquecido faz com que o indivíduo presente neste meio transpire, gerando assim, a evaporação. (LAMBERTS, 2014).

2.2.1 Parâmetros de conforto térmico

Epstein (2006) apresenta três parâmetros que se atingidos caracterizam um estado de conforto térmico: se o corpo está em equilíbrio térmico (apresentando temperatura de $36,5^{\circ}\text{C}$ a $37,5^{\circ}\text{C}$); se a taxa de suor está dentro dos limites e, por fim, se a temperatura média da pele está nos níveis de conforto (apresentando

temperatura em torno de 30°C). Valores acima ou abaixo dos descritos já geram desconforto. Epstein (2006) complementa ainda que na faixa de 22°C a 24°C o indivíduo já começa com uma leve sensação de calor, já na faixa de 24°C – 28°C o indivíduo sente muito calor e começa a apresentar dificuldades em trabalhar. Valores acima de 28°C são considerados como uma situação crítica onde o indivíduo pode sofrer de exaustão e insolação. (EPSTEIN; MORAN, 2006)

Já no estudo de Mendonça (2001) é apresentado em sua fundamentação teórica os valores de temperatura de conforto como na faixa de 16°C a 23°C, dessa forma, valores fora desse intervalo já geram desconforto. Acrescenta ainda que, após a temperatura de 25°C se inicia as atividades das glândulas, mesmo com o corpo em repouso e com vestimenta leve. (EPSTEIN; MORAN, 2006) (MENDONÇA, 2002)

A ANVISA em sua resolução dispõe também de recomendações acerca da temperatura ideal, nas condições internas para verão, estas deveram variar de 23°C a 26°C, exceto ambientes de arte que deverão operar entre 21°C e 23°C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5°C a 27°C, exceto as áreas de acesso que podem operar até 28°C. Já no inverno a temperatura deve variar de 20°C a 22°C. (ANVISA, 2003)

A norma brasileira é vaga em termos de definições de conforto térmico. As atuais normas que contemplam índices de conforto térmico para ambientes internos estão limitadas à Norma Reguladora NR 17 – Ergonomia (NR 17, 1990) e a NBR 16401-2 – Instalações de Ar-Condicionado: Sistemas centrais e unitários. (ABNT, 2008) (BRASIL, 2018)

A seção 17.8 da NR 17 trata das recomendações para o ambiente de trabalho:

17.8.4.2 A organização deve adotar medidas de controle da temperatura, da velocidade do ar e da umidade com a finalidade de proporcionar conforto térmico nas situações de trabalho, observando-se o parâmetro de faixa de temperatura do ar entre 18 e 25 °C para ambientes climatizados. (BRASIL, 2018)

Já a seção 5 da ABNT NBR 14401 apresenta com mais detalhes parâmetros de conforto para o inverno e verão, e em duas condições distintas de umidade relativa, tais valores estão descritos abaixo na Tabela 2. (ABNT, 2008)

Tabela 2 - Parâmetros de conforto térmico para o inverno e verão

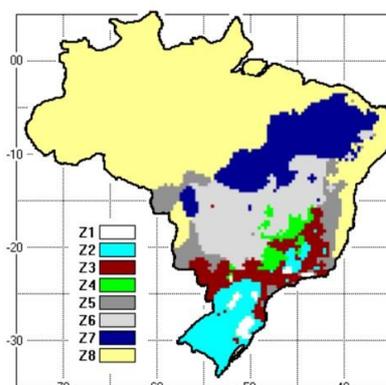
Verão	Inverno
22,5°C a 25,5°C e umidade relativa 65%	21,0°C a 23,5°C e umidade relativa 60%
23,0°C a 26,0°C e umidade relativa 35%	21,5°C a 24,0°C e umidade relativa 30%

Fonte: NBR 16401-2 (ABNT, 2008)

Contudo tais normativas se limitam a apenas condições de conforto em espaços comerciais. A normativa que apresenta os parâmetros e procedimentos para avaliação do conforto térmico de habitações se restringe a ABNT NBR 15.575. (ABNT, 2021)

O método de avaliação adotado por essa norma tem como base valores máximos e mínimos de temperatura a serem atendidos, em horários de ocupação, no interior de ambientes de permanência prolongada, como salas de estar e dormitórios. A norma oferece também uma divisão do país em zonas bioclimáticas, permitindo assim, a análise seguindo os parâmetros adequados para cada região de estudo.

Figura 4 - Zonas bioclimáticas



Fonte: Ignea (2021)

No caso de normas estrangeiras, o que se observa é um uso de método mais subjetivo feito através de pesquisas com questionário, método prescrito pela ASHRAE, nele as pessoas respondem sobre a sensação térmica utilizando-se de uma escala com sete parâmetros: +3 (muito quente), +2 (quente), +1 (levemente quente), 0 (confortável), -1 (levemente frio), -2 (frio), -3 (muito frio). (ASHRAE, 2010)

Como a população passa a maior parte do tempo em espaços internos, cabe à engenharia e a arquitetura aliviar o desconforto causado pelo clima extremo e criar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis quanto os espaços ao ar livre em climas amenos. E esta questão aproxima a investigação para os espaços urbanos e

sua fragmentação. Segue assim, uma reflexão sobre os loteamentos urbanos e seu papel na configuração das edificações.

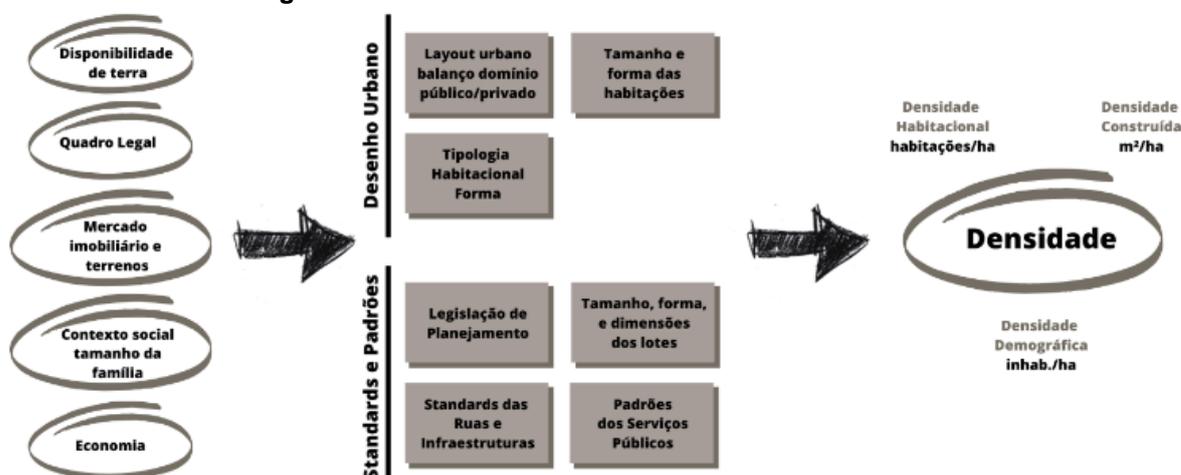
2.3 Planejamento urbano de loteamentos

O loteamento urbano é definido como a subdivisão de uma gleba em lotes para edificação, incluindo a abertura de novas vias de circulação, vias públicas, ou a ampliação ou modificação de vias existentes. A iniciativa para empreendimentos nesta área é voluntária e formal, partindo do proprietário da gleba, que pretende dividi-la e encaminhá-la à prefeitura para aprovação. Segue, após a aprovação ao registro no cartório de imóveis, com a concessão gratuita de vias públicas e espaços livres ao município, e por fim, a limitação dos lotes. (HECKLER, 2014)

A constituição federal determina que os municípios promovam a adequada organização territorial por meio do planejamento e controle do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Com isso, a Prefeitura Municipal determinará se o projeto proposto é adequado ou não, visto que, o planejamento urbano é de seu interesse e é regulamentado pelo plano diretor municipal. (HECKLER, 2014)

No entanto, existem outros fatores além da legislação que impactam diretamente na qualidade do loteamento, como o comprador do lote tem liberdade sobre a escolha da tipologia habitacional; sua forma e tamanho, estes, por sua vez, acabam interferindo na chamada densidade urbana. O fluxograma da Figura 5 mostra esses e outros fatores que impactam na densidade. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

Figura 5 - Fatores de influência na densidade urbana



Fonte: Adaptado de Acioly (1998)

Vale ressaltar que processos como esses que incluem o planejamento urbano, bem como qualquer decisão nessa área, podem ter uma influência significativa na saúde, no meio ambiente, na produtividade de uma cidade e no processo de desenvolvimento humano como um todo. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

2.3.1 Densidade urbana

No momento de formalizar e decidir sobre a forma e extensão de uma determinada área da cidade, a densidade serve como ferramenta para auxiliar urbanistas, arquitetos e engenheiros na formulação e tomada de decisões. Ela representa a relação entre a população total incluída em uma determinada área urbana, expressa em habitantes por unidade de terra ou solo urbano, ou o número total de domicílios contidos em uma área urbana específica, expresso em domicílios por unidade de terra. Ao trabalhar com áreas urbanas, o hectare é frequentemente utilizado como unidade de referência para a densidade. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

As altas densidades, do ponto de vista da gestão pública, garantem o uso mais eficiente dos investimentos públicos, como: infraestrutura; serviços e transporte; e o uso mais eficiente do solo disponível. Visto que, a concentração de unidades por área é maior, obtém-se taxas mais altas de retorno do investimento público e maior geração de recursos por meio da arrecadação de impostos e taxas, assumindo que haveria benefícios decorrentes da concentração de pessoas. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

No entanto, os assentamentos humanos de alta densidade têm o potencial de sobrecarregar e até saturar a infraestrutura e os serviços urbanos, colocando uma demanda maior sobre a própria cidade, terra e espaço de vida, resultando em um ambiente superlotado e inadequado para o desenvolvimento humano. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

Além do fato de as concentrações urbanas produzirem zonas quentes, um estudo de Mendonça (2002) sobre o impacto das mudanças climáticas sobre a criminalidade constatou que o calor excessivo teve impacto direto na taxa de criminalidade da região da cidade em análise, estando esses índices associados às áreas com densidades mais altas. Observa-se na Figura 06, o panorama completo

das vantagens e desvantagens de uma área urbana de alta densidade (ACIOLY; DAVIDSON, 1998) (MENDONÇA, 2002)

Figura 6 - Vantagens e desvantagens da densidade urbana



Fonte: Adaptado de Acioly (1998)

O tamanho do lote, a quantidade total de espaço que pode ser ocupado (taxa ocupação) e a altura do edifício a ser construído em relação à quantidade total de espaço a ser construído (índice de aproveitamento ou taxa de aproveitamento) são os fatores mais influentes na visualização do fenômeno de densidade. O atendimento a tais índices urbanísticos cabe ao engenheiro, ou arquiteto, responsável pelo parcelamento e uso do solo na fase do projeto em questão. A prefeitura tem a responsabilidade de reforçar e controlar os projetos, através da emissão do alvará de construção. No entanto, as densidades urbanas estão sujeitas a externalidades, como políticas e lacunas na lei, que resultam no frequente não cumprimento dos índices urbanísticos. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

Como definido, a tipologia, forma e tamanho exerce influência no resultado do entorno do loteamento. (ACIOLY; DAVIDSON, 1998)

2.4 Estratégias da arquitetura passiva

Ao longo dos anos, o homem ficou mais dependente da tecnologia, de sistemas de resfriamento e aquecimento, que consomem grandes volumes de energia, contudo, com a crise enérgica e cada vez maior limitação de recursos, a arquitetura passiva vem como uma ferramenta para desenvolvimento de habitações com projeto integrado, eficiente e de alto desempenho. As obras de caráter passivo aplicam conceitos de conforto ambiental interno em sua organização, maximizando o uso da energia natural (luz, calor, vento) por meio de um projeto plástico-formal básico, o uso de materiais adequados e a posição da obra em relação à trajetória solar. (FEIBER; FEIBER, 2015)

2.4.1 Recomendações da norma de desempenho

A Norma Brasileira de Desempenho Térmico em Edificações ABNT NBR 15220-2, divide o Brasil em zonas bioclimáticas, juntamente com as diretrizes projetuais e construtivas específicas para cada região. Os parâmetros abordados na norma são orientações quanto a tamanho e proteção das aberturas para ventilação, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo.

O município de Toledo – PR localiza-se sob a zona 3, portanto, recomenda-se que as aberturas para ventilação apresentem dimensões médias, e que se tenha o sombreamento destas aberturas no verão e a entrada do sol no inverno. As paredes e coberturas devem apresentar inércia leve, além de, apresentarem os devidos isolamentos. Tal localidade apresenta-se verão com altas temperaturas, dessa forma a norma recomenda-se o uso da estratégia de ventilação cruzada, além de, apresentar paredes com propriedades refletoras a radiação solar. Por ser uma zona com períodos de frio recomenda-se o uso do aquecimento solar como medida para o inverno. (ABNT, 2005)

2.4.2 Estratégias projetuais: tipologia e implantação

Partindo da ideia de criar um empreendimento de caráter sustentável e de grande desempenho energético, a primeira análise inicia na escolha do terreno e no

bom estudo dele. Fatores como localização em relação a orientação solar e aos ventos dominantes, topografia, vegetação, presença de água, presença de barreiras ou outros edifícios ao seu entorno são questões que ao identificadas no local devem ser explorados visando o ganho de eficiência energética. Em contrapartida, observa-se também os elementos que atrapalharão esse ganho, como por exemplo a presença de edificações ao entorno que bloqueiam o sol e os ventos dominantes. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

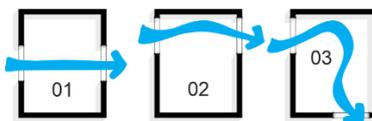
Sendo assim, é feito um “estudo preliminar” para definir as estratégias mais adequadas para cada realidade, este estudo inicial pode servir também como base para escolha do lote ideal para o empreendimento. Ressalta-se ainda, que os aspectos da legislação local e as dimensões do terreno devem ser observados, visto que a legislação local interfere diretamente na implantação do edifício e na escolha da forma a ser adotada na proposta projetual. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

A forma da edificação e sua implantação devem ser pensadas de maneira criteriosa, utilizando os conhecimentos da geometria solar é possível colocar os ambientes mais adequados na melhor orientação possível. Em nosso hemisfério o norte possui a maior incidência solar, e o sul a menor, já a face leste e oeste recebem a incidência solar na manhã e outra à tarde, respectivamente. Na face norte há a necessidade de se adotar medidas de sombreamento, como beirais largos e brises horizontais, já nas faces leste e oeste pode-se adotar a estratégia de brises verticais. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

2.4.3 Estratégias de ventilação

A estratégia de ventilação é a segunda mais importante e eficiente em termos de conforto, de modo que, a maioria das capitais exige tal estratégia. A chamada ventilação cruzada, nada mais é do que a locação de duas aberturas em paredes de faces opostas ou adjacentes, de modo a aproveitar o sentido dos ventos dominantes para criar um fluxo de ar eficiente. A Figura 7 apresenta as melhores maneiras de posicionamento das aberturas para obtenção da ventilação cruzada. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

Figura 7 - Melhores posições para ventilação cruzada

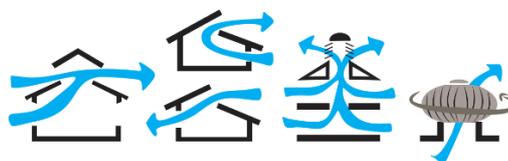


Fonte: Adaptado de Lamberts (2014)

O comportamento do ar é um fenômeno físico de simples entendimento, o ar quente é menos denso que o ar frio, dessa forma, as variações de pressão fazem com que os corpos de ar quentes subam enquanto os corpos de ar frio descem. Conhecendo este comportamento, é possível armazenar o calor solar diurno na estrutura e usá-lo à noite, ou da mesma forma, o frescor do ar noturno pode ser armazenado para esfriar o ambiente durante o dia. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

Outra estratégia de ventilação além da cruzada, é a vertical, sendo muito eficaz quando é necessário retirar o ar quente que tende a se acumular nas regiões mais altas da edificação, normalmente em coberturas.

Figura 8 - Esquemas de ventilação vertical

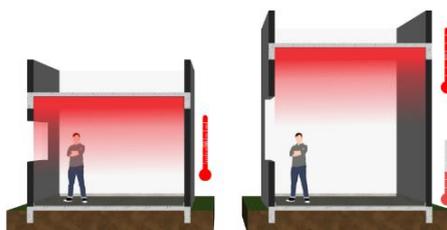


Fonte: Adaptado de Lamberts (2014)

Alguns exemplos de medidas de ventilação vertical são: lanternim; peitoril ventilado; mansardas; captadores de vento e torres de ventilação (Figura 8). (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

Nesta condição de calor a altura do pé direito da obra também pode contribuir para “afastar” o ar quente da altura do indivíduo (Figura 9).

Figura 9 - Influência do pé direito na temperatura



Fonte: Autoria própria (2022)

A adoção de alturas diferenciadas de pé direito deve refletir o clima local, quanto maior o calor maior o pé-direito, em climas mais amenos menor o pé-direito.

Esta estratégia advinda da arquitetura vernacular ou tradicional foi de certa forma esquecida diante do uso indiscriminado de sistemas de condicionamento de ar interno. Porém, quando se pretende propor uma edificação de dimensões reduzidas em locais onde a preocupação maior seja com a adaptação há dias quentes esta questão do pé-direito alto pode ser uma aliada importante como estratégia passiva de conforto ambiental interno. Potencializa-se ainda quando se alia o pé direito alto e a ventilação cruzada.

2.4.4 Arborização e pátios internos

Pela limitação construtiva das casas geminadas, a luz natural só é bem aproveitada nas fachadas frontais e posteriores, tornando o centro da edificação escuro ao longo do dia. A adoção da estratégia de um pátio interno, ou também chamado jardim de inverno, é uma característica de casas de alto desempenho, além disso, quartos voltados para pátios podem se beneficiar da redução do ruído externo, como o tráfego na rua. O jardim se aberto no verão é capaz de diminuir a temperatura interna e, conseqüentemente, redução do número de horas de desconforto. (VAISMAN; HORVAT, 2015)

Um estudo de Vaisman (2015) apontou a melhor dimensão de um jardim de inverno para o caso especificamente de tipologias geminadas, chegou à conclusão que se deve evitar a locação do jardim ao norte, visto a máxima incidência solar, quanto as dimensões recomendam-se de 3x4,5m. (VAISMAN; HORVAT, 2015)

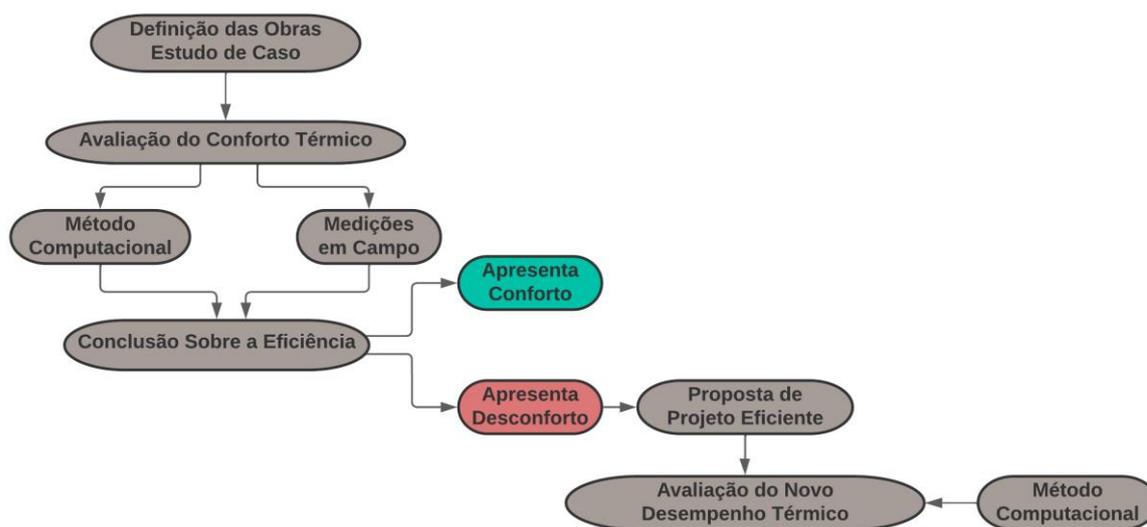
Além disso, a presença de vegetação tanto no pátio quanto ao redor da edificação, pode oferecer sombreamento e absorção da radiação solar, contribuindo ainda mais para o conforto. Contudo, deve-se atentar a localização dessas vegetações de modo a não bloquear a passagem dos ventos dominantes. Locais arborizados podem interceptar entre 60 e 90% da radiação solar, pois o vegetal absorve parte da radiação solar para o seu metabolismo, a chamada fotossíntese. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo trata da descrição dos procedimentos que foram adotados como metodologia de desenvolvimento da pesquisa. Apresenta as instruções da norma de avaliação de desempenho térmico e como foi organizado o levantamento de dados da pesquisa e a avaliação das obras definidas como estudo de caso.

A pesquisa caracteriza como experimental, baseando-se em dois métodos para a avaliação do desempenho térmico das habitações em estudo, sendo o principal a avaliação por simulação computacional e complementa-se com um experimento de campo em uma das unidades habitacionais.

Figura 10 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa

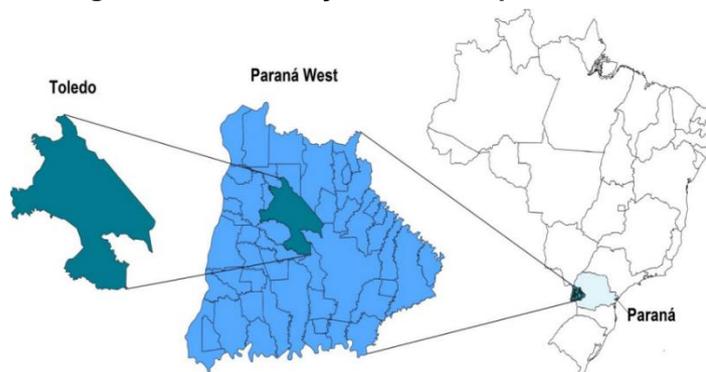


Fonte: Autoria própria (2022)

Por meio da Figura 10 pode-se perceber o processo de desenvolvimento definido para o alcance dos objetivos traçados inicialmente. Após esta definição segue-se com a descrição do processo de escolha das obras onde foram feitos os estudos empíricos.

3.1 Localização do município

Toda pesquisa está dentro do contexto do Município de Toledo, localizado no Oeste do Estado do Paraná, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Localização do Município de Toledo

Fonte: Bidarra e Cesconeto (2020)

3.2 Definição das obras estudo de caso

Como apresentado no embasamento teórico, as edificações geminadas são objeto de investimento de construtores e em sua maioria executadas com foco na venda. Sendo assim, realizou-se um mapeamento dos projetos de edificações geminadas com maiores demandas na cidade, através de fontes de livre informação e acesso a qualquer pessoa disponibilizada pelas imobiliárias. Realizou-se este levantamento nos meses de abril e maio, obtendo os projetos que foram todos ilustrados pelo autor nos Apêndices A à C. Em sequência apresenta-se a descrição de cada obra de maneira mais aprofundada.

3.2.1 Obra 01 - método computacional e experimento de campo

Fotografia 1 - Fachada da primeira obra em estudo

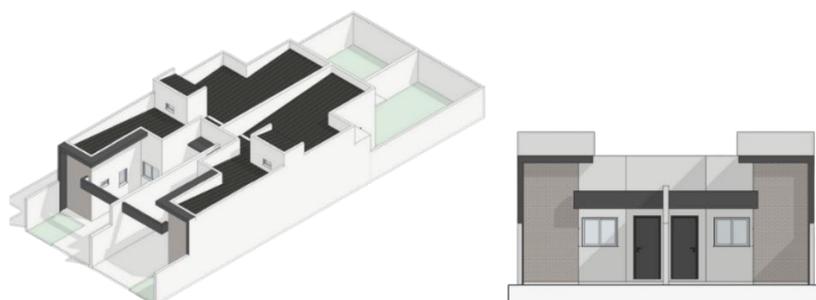
Fonte: Autoria própria (2022)

A primeira obra (Fotografia 1), consiste em uma edificação de 75,00 m², a obra encontra-se ocupada e localiza-se em uma quadra que apresenta alta densidade de

residências semelhantes. Possui em seu interior dois quartos, um banheiro, sala, cozinha, lavanderia e edícula, ocupa meio terreno e a casa vizinha a esquerda é uma cópia espelhada. A planta baixa pode ser consultada no projeto 01 do Apêndice A. Ao redor da residência em estudo encontram-se residências geminadas de tamanhos similares, e sua fachada está localizada a sul. Esta edificação possui cobertura em telha cerâmica e possui laje. Localiza-se no Jardim Coopagro, bairro de maior concentração de tais residências.

3.2.2 Obra 02 – método computacional

Figura 12 - Volumetria e fachada da segunda obra em estudo



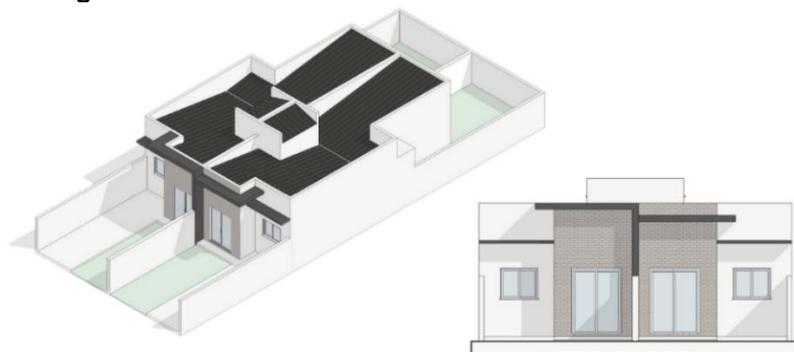
Fonte: Autoria própria (2022)

Por meio dos levantamentos de projetos verificou-se a alta demanda e repetição desse tipo de projeto, sendo um dos modelos mais vendidos nas imobiliárias. A planta baixa consta no projeto 02 do Apêndice B. O diferencial em relação aos outros modelos é a planta com suíte e closet. Pela alta demanda, a composição do telhado em platibanda, concentração de aberturas voltadas a uma futura garagem que é vendida descoberta, como observa-se na volumetria da Figura 12, além de outros pontos negativos como a janela alta dos banheiros, torna-se a verificação deste projeto em específico essencial. Considera-se para a simulação a fachada localizada a sul, de modo a comparar com as demais obras.

3.2.3 Obra 03 – método computacional

Para esta etapa do estudo organizou-se a proposta de projeto da obra correlata apresentada de forma sintética na figura 13.

Figura 13 - Volumetria e fachada da terceira obra em estudo



Fonte: Autoria própria (2022)

A terceira obra possui em sua composição, como verificado no projeto 03 do Apêndice C, três quartos. Sendo assim, torna-se também necessário avaliar se a maior concentração e maior área ocupada gerada por esse acréscimo de mais um ambiente gera impactos, além de que, verifica-se que a cozinha é uma área bastante impactada pela falta de ventilação e iluminação. O telhado consiste também em platibanda, como observado na volumetria da Figura 13, com cobertura de fibrocimento, o banheiro também apresenta a janela alta. Considera-se para a simulação a fachada localizada a sul.

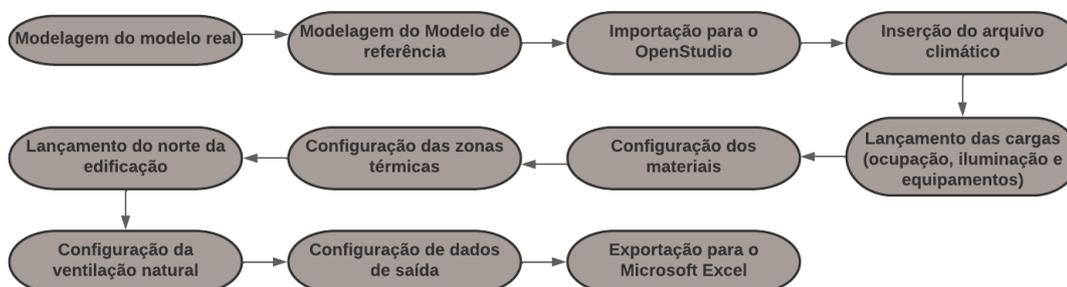
3.3 Avaliação do conforto por meio computacional

A simulação computacional para a avaliação energética das unidades habitacionais seguiu as diretrizes da ABNT NBR 15575-1 (2021). A normativa exige o desenvolvimento de dois modelos, um modelo real, que preserva características geométricas e propriedades térmicas da habitação de forma mais semelhante possível com a realidade e outro modelo de referência, com características definidas pela norma, a fim de servir como parâmetro de comparação para obtenção do resultado do desempenho térmico.

O desempenho térmico pode ser classificado em três níveis: mínimo, intermediário e superior. Nesta pesquisa objetiva-se verificar se as casas geminadas atendem ao desempenho mínimo, sendo assim, a simulação seguiu a metodologia de avaliação do primeiro nível, e considerando apenas o uso da ventilação natural. Os ambientes da edificação a serem avaliados são os chamados ambientes de permanência prolongada (APP), que consistem nos dormitórios e na sala.

Como ferramentas para o desenvolvimento da simulação utiliza-se para modelagem o software Revit, escolhido pelo seu sistema BIM que permite um modelo 3D rico em detalhes e para a simulação energética propriamente dita utiliza-se o programa sugerido pela norma, o EnergyPlus. Em sua versão mais recente o EnergyPlus está integrado junto do aplicativo OpenStudio, dessa forma, todo processo de simulação é realizado no OpenStudio e ao final da simulação, de forma automática, os relatórios de resultados do EnergyPlus são gerados. O fluxograma a seguir (Figura 14) apresenta as etapas necessárias até a obtenção do arquivo com os resultados.

Figura 14 - Fluxograma do processo de simulação



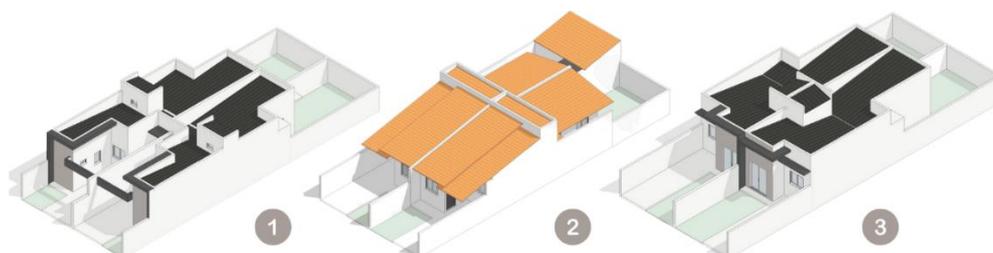
Fonte: Autoria própria (2022)

A descrição das etapas visa deixar claro o processo desenvolvido. Serve de apoio para possível replicação da pesquisa.

3.3.1 Modelagem

O modelo real deve possuir uma geometria próxima da realidade, dessa forma, a Figura 15 mostra a modelagem das três unidades habitacionais em estudo no *software* Revit.

Figura 15 - Modelagem das três edificações no Revit



Fonte: Autoria própria (2022)

Contudo para o modelo de referência a norma solicita que seja feito alterações. A primeira delas é a troca da espessura das lajes e paredes para o valor

de 10cm. Posteriormente realiza-se um redimensionamento dos elementos transparentes (janelas e portas de vidro) dos ambientes de permanência prolongada (quartos e sala), de modo a esses elementos possuírem dimensões tal qual representem 17% da área do piso do ambiente em que estão inseridos. Como descrito na equação abaixo:

$$P_{t,APP} = 100 \cdot \frac{A_{t,APP}}{A_{p,APP}} (\%) \quad (1)$$

Onde:

$P_{t,APP}$: Percentual de elementos transparentes no envoltório do ambiente, expresso em porcentagem (%)

$A_{t,APP}$: Área de superfície dos elementos transparentes, expressa em metros quadrados (m²)

$A_{p,APP}$: Área de piso do ambiente, expresso em metros quadrados (m²)

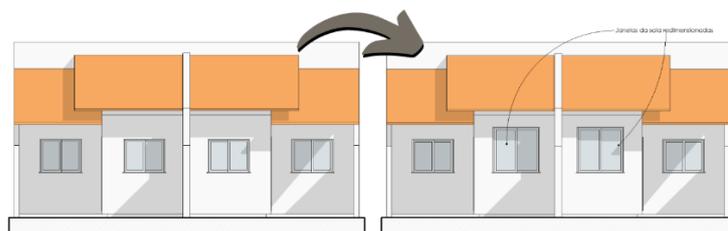
Considerando uma janela quadrada de dimensões iguais (l), a área do elemento se dá através da fórmula:

$$A_{t,APP} = l^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad (2)$$

Sendo assim, obtém-se a dimensão da janela que atenda ao critério prescrito para o modelo de referência através da seguinte equação:

$$l = \sqrt{A_{p,APP} \cdot \frac{17}{100}} \text{ (m)} \quad (3)$$

Figura 16 - Modelagem do modelo de referência após o redimensionamento



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 16 exibe o processo de redimensionamento das aberturas da primeira obra estudo de caso. Processo este que se repete nos demais estudos de caso.

Considera-se também nesse modelo, uma janela de correr com duas folhas, cuja abertura permita a circulação de ar em 50% da sua área.

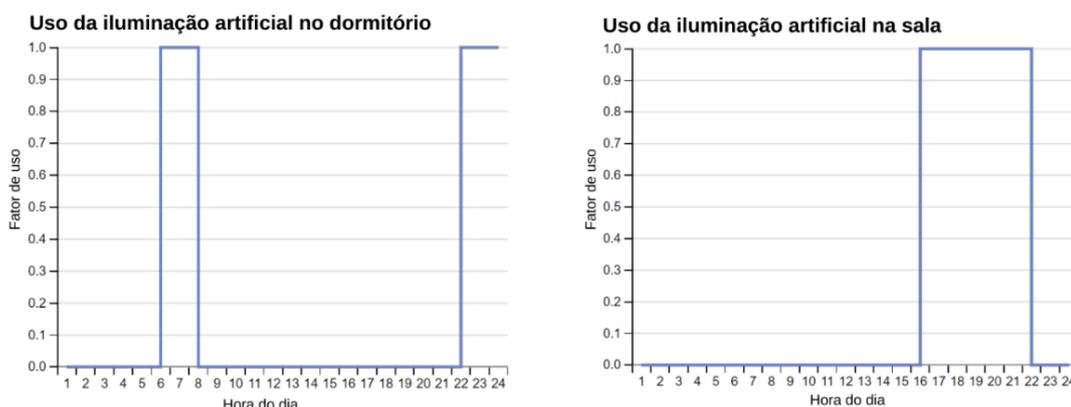
Com as modelagens feita exporta-se o arquivo em formato gbXML, de modo a permitir a abertura do modelo no programa OpenStudio.

3.3.2 Simulação

Com o programa iniciado importa-se o arquivo gerado pelo Revit. Parte-se então para a inserção do arquivo climático. O arquivo climático contém as informações do clima da cidade onde as edificações estão localizadas, e é obtido através do link disponibilizado pela norma ABNT TR 15575-1-1 (2021). Contudo, a cidade de Toledo-PR não dispõe desses dados, para esta situação, a norma orienta a utilização de um arquivo climático de alguma cidade próxima que possua um clima semelhante, ou seja, localizada sob a mesma zona bioclimática. A cidade de Marechal Cândido Rondon faz divisa com o município em estudo, e dispõe do arquivo climático, sendo assim, utiliza-se o arquivo deste município.

Seguindo com a modelagem, faz-se necessário considerar em ambos os modelos a ocorrência de cargas internas geradas pela iluminação artificial (Gráfico 1), pelos equipamentos (Gráfico 2) e pela ocupação dos usuários (Gráfico 3), em todos os dias do ano.

Gráfico 1 - Padrões de uso da iluminação artificial



Fonte: Autoria própria (2022)

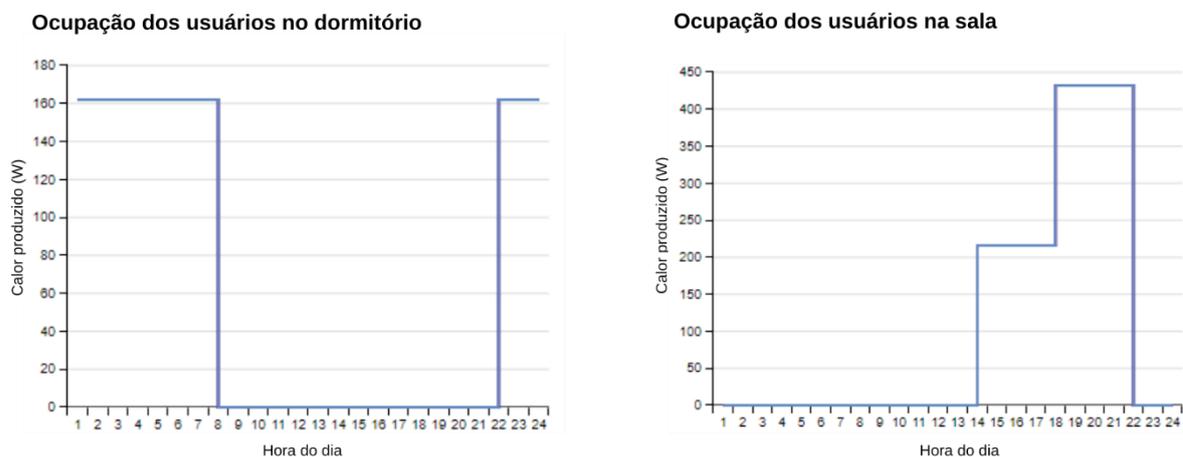
Como visto no Gráfico 1, o uso da iluminação é considerado apenas das 6hrs às 8hrs e das 22hrs às 24hrs nos dormitórios e das 16hrs às 22hrs na sala.

Considera-se as cargas por equipamento apenas no ambiente da sala, e como observado no Gráfico 2, seu uso apenas no período das 14hrs às 22hrs.

Gráfico 2 - Padrões de uso dos equipamentos

Fonte: Autoria própria (2022)

O gráfico 3 representa o comportamento de ocupação dos usuários e em relação ao calor produzido. Pela norma ABNT NBR 15575-1 (2021) considera-se o dormitório ocupado por duas pessoas das 22hrs da noite as 8hrs da manhã, e que o calor produzido por cada pessoa é de 81W, totalizando 162W. Já para a sala, considera-se que das 14hrs às 18hrs duas pessoas ocupam o ambiente e a partir das 18hrs às 22hrs a ocupação é de quatro pessoas. Para a sala o calor produzido por cada pessoa a se considerar é 108W.

Gráfico 3 - Padrões de ocupação dos usuários e cargas produzidas

Fonte: Autoria própria (2022)

Posteriormente configura-se os materiais que compõe os modelos. Os parâmetros dos materiais do modelo real foram retirados da ABNT NBR 15520: Desempenho térmico de edificações – Parte 2 (2005), e os parâmetros faltantes retirados do trabalho de Lamberts (2010). Todos os materiais e parâmetros utilizados na simulação do modelo real são descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Propriedades dos materiais do modelo real

Material	Espessura [cm]	C [J/KgK]	ρ [Kg/m ³]	I [W/mK]	α	ε
Cerâmica c/ 6 furos	9	0,92	2290	0,9	0,3	0,9
Vidro	3	0,84	2500	1	0,25	0,84
Madeira da Porta	3	1,34	600	0,15	0,2	0,9
Laje pré-moldada	12	0,92	1087	1,05	0,4	0,9
Piso	10	1	2200	1,75	0,3	0,9
Telha de fibrocimento	0,7	0,84	2000	0,95	0,3	0,9
Reboco	2,5	1	2000	1,15	0,3	0,9
Telha cerâmica	1	0,92	2000	1,05	0,4	0,9

Onde: C – Calor específico, ρ – densidade, I – condutividade, α – absorvância e ε – emissividade.

Fonte: ABNT NBR 15520-2 (2005) e Lamberts (2010)

Tabela 4 - Propriedades dos materiais do modelo de referência

Material	Espessura [cm]	C [J/KgK]	ρ [Kg/m ³]	I [W/mK]	α	ε
Vidro	3	0,84	2500	1	0,25	0,84
Parede externa	10	1	2200	1,75	0,3	0,9
Parede interna	10	1	2200	1,75	0,58	0,9
Madeira porta	3	1,34	600	0,15	0,2	0,9
Piso	10	1	2200	1,75	0,3	0,9
Laje	10	1	2200	1,75	0,3	0,9
Telha cerâmica	0,6	0,84	1700	0,65	0,65	0,9

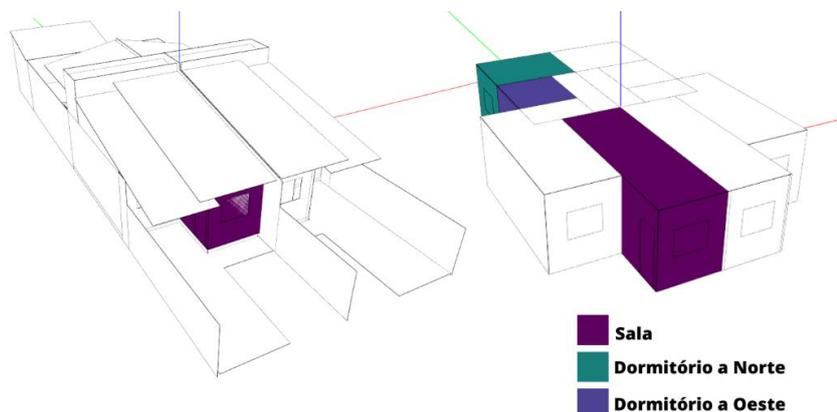
Onde: C – Calor específico, ρ – densidade, I – condutividade, α – absorvância e ε – emissividade.

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2021)

Já para o modelo de referência a norma estabelece valores próprios para utilizar nos materiais. A Tabela 4, apresenta os valores estabelecidos pela norma para o modelo de referência. Em ambos se considera a camada de ar com resistividade de valor 0,21 (m².K) / W.

Parte-se para a etapa de definição das zonas térmicas do modelo, de modo a considerar apenas os dormitórios e a sala na simulação, verifica-se na Figura 17 os ambientes delimitados no modelo do primeiro estudo de caso. Para o caso em que as cozinhas e salas são conjugadas, os espaços internos devem ser modelados no mesmo ambiente, considerando as especificações para ambiente de sala.

Figura 17 - Delimitação das zonas térmicas no modelo



Fonte: Autoria própria (2022)

Em outra aba define-se o norte da edificação e configura-se o modelo para simular utilizando apenas da ventilação natural. Por fim, configura-se os dados de saída, de modo a gerar um arquivo em Microsoft Excel contendo a temperatura operativa dos quartos e da sala, de cada horário do dia e em todos os dias do ano. Contudo será necessário para os cálculos apenas os dados de temperatura dos horários em que o ambiente se encontra ocupado. Portanto, realiza-se uma filtragem dos dados no Excel, excluindo-se os valores fora dos intervalos de ocupação.

3.3.3 Cálculo dos parâmetros

Com a simulação feita em ambos os modelos, parte-se para a determinação dos seguintes parâmetros:

- a) Faixa de temperatura operativa a ser considerada;
- b) O percentual de horas de ocupação dos ambientes de permanência prolongada dentro de uma faixa de temperatura operativa $PHFT_{APP}$;
- c) A temperatura operativa anual máxima $Tomáx_{APP}$ de cada ambiente de permanência prolongada;
- d) A temperatura operativa anual mínima $Tomín_{APP}$ de cada ambiente de permanência prolongada;
- e) O percentual de horas de ocupação da unidade habitacional $PHFT_{UH}$;
- f) A temperatura operativa anual máxima da unidade habitacional $Tomáx_{UH}$;
- g) A temperatura operativa anual mínima da unidade habitacional $Tomín_{UH}$.

O primeiro passo é determinar a faixa de temperatura operativa a ser considerada. Deve-se, portanto, obter do arquivo climático a média anual da temperatura de bulbo seco TBS_m de modo a determinar o intervalo em que essa temperatura está contida na Tabela 5, e por fim, utilizar-se da Tabela 6 para determinar a faixa de temperatura operativa que será considerada.

Tabela 5 - Intervalos de temperaturas externas de bulbo seco

Intervalos de temperaturas externas	Média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS_m)°C
Intervalo 1	$TBS_m < 25,0^\circ\text{C}$
Intervalo 2	$25,0^\circ\text{C} \leq TBS_m < 27,0^\circ\text{C}$
Intervalo 3	$TBS_m \geq 27,0^\circ\text{C}$

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2021)

Tabela 6 - Faixas de temperaturas operativas para a determinação do $PHFT_{APP}$

Intervalos de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa a ser considerada
Intervalo 1	$18,0^\circ\text{C} \leq To_{APP}^a < 26,0^\circ\text{C}$
Intervalo 2	$To_{APP} < 28,0^\circ\text{C}$
Intervalo 3	$To_{APP} < 30,0^\circ\text{C}$

^a To_{APP} é a temperature operative do APP, que atende aos limites estabelecidos nesta Tabela.

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2021)

Parte-se então, para a determinação do percentual de horas de ocupação dos ambientes de permanência prolongada dentro de uma faixa de temperatura operativa $PHFT_{APP}$. Cada ambiente de forma separada apresentará um valor de $PHFT_{APP}$. Para determiná-lo realiza-se uma contagem no Microsoft Excel de quantas horas a temperatura do ambiente em questão esteve dentro da faixa de temperatura operativa. Logo após divide-se pelo total de horas que o ambiente se encontrava ocupado. Sendo assim:

$$PHFT_{APP} = \frac{Nh_{FT}}{Nh_{Ocup}} \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

Onde:

$PHFT_{APP}$: percentual de horas de ocupação do ambiente de permanência prolongada dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%)

Nh_{FT} : número de horas em que o ambiente de permanência prolongada se encontra ocupado e com temperaturas operativas dentro da faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 6, ao longo do ano.

Nh_{ocup} : número de horas em que o ambiente de permanência prolongada é ocupado ao longo do ano, sendo 2920 horas para salas e 3650 horas para dormitórios.

Com os resultados obtidos de $PHFT_{APP}$ de cada ambiente, realiza-se uma média dos valores para obter o valor que representara a unidade habitacional como um todo. Sendo assim:

$$PHFT_{UH} = \frac{\sum_{i=1}^n PHFT_{APP,i}}{n} (\%) \quad (5)$$

Onde:

$PHFT_{APP}$: percentual de horas de ocupação dos ambientes de permanência prolongada dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%)

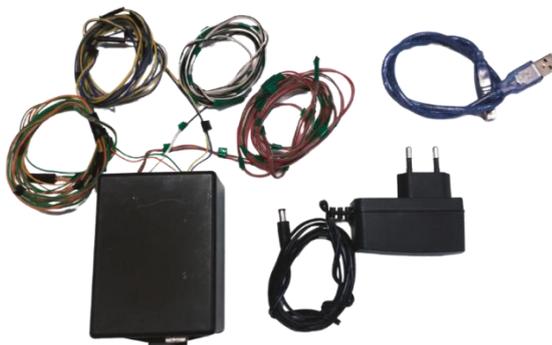
$PHFT_{UH}$: percentual de horas de ocupação da UH (unidade habitacional) dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%)

Ainda no Microsoft Excel, determina-se qual foi a maior temperatura $Tomáx_{APP}$ e a mínima $Tomín_{APP}$ obtida em cada ambiente de permanência prolongada. O $Tomáx_{UH}$ será o maior valor obtido de temperatura dentre os valores de $Tomáx_{APP}$, e o $Tomín_{UH}$ será o menor valor obtido também dentre os valores de $Tomín_{APP}$.

3.4 Experimento em campo

O desempenho real da edificação será verificado de modo a detectar possíveis divergências entre o modelo computacional simulado e previsto para a unidade habitacional e o medido na realidade, além de complementar a pesquisa. A verificação se dá através do acompanhamento das temperaturas internas da edificação em um período de dez dias e análise dos resultados obtidos.

Se faz necessário portanto o uso de um equipamento que seja capaz de aferir as temperaturas externas e internas de um ambiente. Tal equipamento consiste em uma Placa Arduíno UNO, cujo sistema foi programado em uma plataforma Open Hardware, a placa é composta por um microcontrolador Atmel ATmega328p e por pinagem que pode ser utilizada para conexão com sensores eletrônicos analógicos do modelo Termistor NTC 10k ohm, capazes de aferir temperaturas entre -55°C e 125°C a cada 3 minutos. O equipamento pode ser observado na Fotografia 2.

Fotografia 2 - Placa arduíno Nano V3

Fonte: Autoria própria (2022)

Instalou-se o equipamento no dormitório central da primeira obra em estudo, sendo este, um ambiente de permanência prolongada. Posicionou-se um dos seus sensores dentro do quarto para aferir a temperatura interna, o outro sensor foi posicionado para fora da janela de modo a aferir também as temperaturas externas. O posicionamento dos sensores é apresentado na Fotografia 03. Junto aos sensores a um dispositivo capaz de gravar a data e hora, o Real Time Clock RTC DS3231, e uma unidade de cartão micro SD para gravar e armazenar os dados provenientes das leituras. Em todo o decorrer do experimento o equipamento ficou ligado a uma fonte de alimentação de energia.

Fotografia 3 – Posicionamento dos sensores

Fonte: Autoria própria (2022)

O experimento deu início às 18:30h do dia 15/09/2022 e permaneceu por dez dias no local até as 18:30h o dia 25/09/2022, ao final do experimento obteve-se um total de 4797 leituras.

3.5 Conclusão sobre a eficiência

Para a edificação atender o desempenho térmico mínimo exigido o modelo real de simulação deve apresentar ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação dos ambientes de permanência prolongada, um valor de $PHFT_{UH,real}$ superior a 90% do obtido para o modelo de referência $PHFT_{UH,ref}$ conforme a Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 - Critério de avaliação do desempenho térmico da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$	
Nível de desempenho	Critério
Mínimo (M)	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2021)

Já a temperatura anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual a obtida para o modelo de referência, com tolerância de 2°C.

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx \quad (6)$$

De forma semelhante, a temperatura anual mínima do modelo real deve ser maior ou igual obtida para o modelo de referência, com tolerância de 1°C.

$$Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín \quad (7)$$

Caso as edificações atendam aos critérios acima, seu desempenho estará comprovado. Caso contrário a edificação possui deficiência em conforto térmico.

Para a experimentação em campo, o processo é semelhante, verifica-se se a edificação no período avaliado apresentou valores aferidos de temperatura dentro do intervalo considerado confortável, de modo que a mínima temperatura aferida internamente seja no mínimo maior ou igual a temperatura externa e que a máxima temperatura aferida internamente seja no máximo menor ou igual a temperatura externa.

Para o caso de alguma edificação não atender ao desempenho mínimo, propõe-se um projeto de melhoria utilizando-se das estratégias projetuais de arquitetura passiva, de modo a melhorar a sua eficiência em projetos futuros. Tal projeto será simulado por meio computacional de modo a comprovar atender ao requisito mínimo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

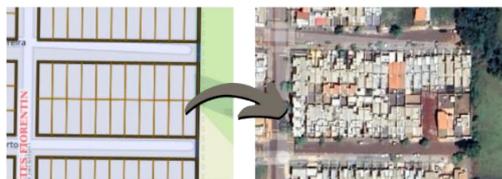
Esta etapa da pesquisa descreve e analisa os resultados obtidos para que os objetivos propostos possam ser alcançados. Assim, a pesquisa visa cumprir seu papel na construção do conhecimento.

4.1 Impactos perceptíveis na ocupação do Loteamento

Verifica-se que a tipologia geminada segue um comportamento de alta taxa de ocupação do solo, justamente pelo seu grau de fracionamento gerado no lote, tal tendência é excessiva a ponto de tomar quadras inteiras, dobrando o valor de densidade previsto para aquele local.

No loteamento Flora Galante do Bairro Jardim Coopagro em Toledo (Figura 18) observa-se que a quadra de nº 37 é projetada para abrigar 22 lotes, dados estes obtidos por Geoportal. Observa-se que nos pós ocupação destes lotes até então foram edificadas 42 unidades residenciais, sendo 39 unidades de tipologia geminada (representando 92,86%). Todos os lotes têm dimensões de 10mx25m, dessa forma a quadra possui 5500 m² (igual a 0,55ha). Em uma situação comum de ocupação de 1 unidade por lote, teríamos 22 unidades habitacionais, dessa forma, calculando a densidade resultaria em 40 unidades/ha. Já observando a situação real, 42 unidades divididas pelos 0,55ha, obtemos aproximadamente 77 unidades/ha. Valor que resulta praticamente ao dobro da densidade habitacional prevista para a quadra em análise. Agora se visualizarmos a junção de várias quadras formando o bairro como um todo (Figura 19), observa-se que de fato, a tipologia de casa geminada está interferindo de forma direta na densidade urbana desses loteamentos novos de Toledo PR. Estudo de Moreira (2018) na cidade de Telêmaco Borba aponta a mesma problemática, ao mapear um bairro inteiro, chegou ao resultado de que 95,90% das edificações construídas eram de tipologia geminada, conseqüentemente, duplicando a densidade urbana. (GEOPORTAL, 2022) (GOOGLE EARTH, 2022)

Figura 18 - Dados de satélite do loteamento Flora Galante



Fonte: Geoportal e Google Earth (2022)

Figura 19 - Vista aérea do Bairro Jardim Coopagro em Toledo - PR



Fonte: Google Earth (2022)

A preocupação com a questão legal onde o planejamento urbano acaba por consentir tamanha ocupação foi uma das preocupações da pesquisa. Acredita-se que, embora seja permitida esta configuração, a qualidade das edificações perante as questões de conforto ambiental interno, em especial ao conforto térmico, ficará comprometidas. Além deste fator a própria paisagem urbana passara a ser configurada por uma miscelânea de edificações que não seguem uma ordem compositiva aprazível aos olhos.

4.2 Apontamentos e sugestões para legislação local

Ao verificar a legislação percebe-se a abertura ofertada para que se propaguem edificações de áreas reduzidas e que, de acordo com a cultura local, continuem sendo organizadas de modo a ofertar dois quartos, sendo uma suíte, cozinha, banheiro social e sala de estar/jantar. Neste programa de necessidades comumente adotado para famílias de classe média soma-se a necessidade de um abrigo para automóvel, o qual passa a ser construído pela família após a retirada do habite-se assim como a área de churrasqueira. Estes dois ambientes inseridos posteriormente acabam por extinguir a área livre de terreno. E esta preocupação com

a questão de adições e inserções pós-ocupação agravam de forma significativa as questões relativas ao conforto ambiental interno nas edificações e contribuem para a problemática do uso exacerbado do solo.

Sugere-se, portanto, a obrigatoriedade da previsão da vaga da garagem na aprovação do projeto. Outra medida, seria a obrigatoriedade de compor em algumas quadras, de forma intercalada, lotes de testada inferior a 10 metros, sendo assim, impossibilitando a construção de casas geminadas em todos de forma a ocupar 100% dos lotes.

4.3 Análise dos projetos levantados

Percebe-se que a área livre resultante da proposta de projeto é exígua e, caso a proposta de planta resulte em ambientes fragmentados, definidos por paredes, a circulação de ar interna ficara comprometida aumentando a temperatura. Em alguns casos em que se adote a organização dos espaços internos com maior fluidez (a exemplo de sala, cozinha e jantar integrados), por meio do que se denomina de “planta livre”, este fator pode ser minimizado. Contudo, uma área interna reduzida somada muitas vezes a uma economia até mesmo em questões de altura de pé-direito, uso de forro em vez de laje, comprometerão a habitabilidade da edificação em termos preocupantes.

4.4 Resultados da simulação computacional

A seguir apresenta-se os resultados e análises das simulações computacionais realizadas. Destaca-se a descrição do processo para que se deixe claro os caminhos a serem seguidos, acredita-se que esta descrição possa contribuir com as novas pesquisas que se utilizam de simulações no sentido de investigar as questões relativas ao conforto ambiental.

4.4.1 Faixa de temperatura operativa considerada

Do arquivo climático obteve-se que a média anual da temperatura de bulbo seco TBS_m é de 21,40°C. Portanto, como $TBS_m < 25°C$ (caindo no intervalo 1, da

Tabela 5) considera-se a faixa de temperatura operativa ($T_{O_{APP}}$) a ser considerada como: $18,0^{\circ}\text{C} \leq T_{O_{APP}} < 26,0^{\circ}\text{C}$

4.4.2 Resultados da Obra 01

A partir do arquivo Excel gerado realizou-se uma contagem de quantas horas o ambiente em análise apresentou temperaturas superiores a 26°C e inferiores a 18°C , ou seja, temperaturas que ficaram fora da faixa de temperatura operativa. A partir destes valores calculou-se os parâmetros solicitados pela norma para dar sequência na avaliação. Apresenta-se abaixo, na Tabela 8, os resultados obtidos para o modelo real, e, em sequência, na Tabela 9, os resultados obtidos para o modelo de referência.

Tabela 8 – Resultados da simulação do modelo real da obra 01

APP	Número de horas em que $T \geq 26^{\circ}\text{C}$	Número de horas em que $T < 18^{\circ}\text{C}$	Nh_{FT}	$PHFT_{APP}$ (%)	$Tomín_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$Tomáx_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Dormitório 01	1	807	2842	77,86	12,00	26,06
Dormitório 02	0	767	2883	78,99	13,02	25,60
Sala	0	458	2462	84,32	14,64	23,49

Fonte: Autoria própria (2022)

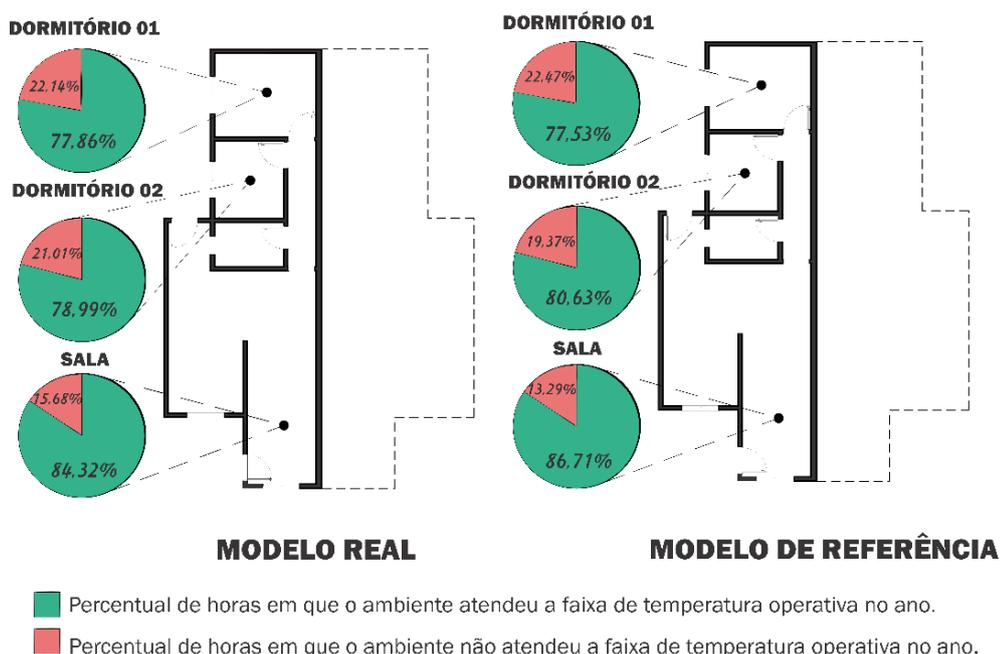
Tabela 9 – Resultados da simulação do modelo de referência da obra 01

APP	Número de horas em que $T \geq 26^{\circ}\text{C}$	Número de horas em que $T < 18^{\circ}\text{C}$	Nh_{FT}	$PHFT_{APP}$ (%)	$Tomín_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$Tomáx_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Dormitório 01	68	752	2830	77,53	11,06	28,11
Dormitório 02	61	646	2943	80,63	12,15	27,89
Sala	0	388	2532	86,71	14,34	24,67

Fonte: Autoria própria (2022)

É perceptível que o a residência em suas características reais apresenta-se com maior deficiência no conforto térmico em situações de exposição ao frio, visto que a diferença é expressiva frente ao desconforto sofrido no calor. Observa-se ainda que o percentual de horas em que cada ambiente atendeu a temperatura de conforto apresentou-se com resultados satisfatórios, como pode ser visto na Figura (20). O desconforto sofrido nos ambientes não chega a ultrapassar o período de 22,14% do ano, sendo que, a sala apresentou os melhores resultados em termos de eficiência.

Figura 20 - Percentual que cada ambiente da obra 01 atendeu a temperatura ideal



Fonte: Autoria própria (2022)

Comparando com o modelo adotado como referência, observa-se que a diferença entre os modelos não é expressiva, indicando de acordo com os parâmetros estudados o atendimento ao desempenho mínimo.

4.4.3 Resultados da Obra 02

Seguindo com o mesmo procedimento descrito anteriormente, obteve-se os resultados apresentados abaixo, na Tabela 10, para o modelo real, e, em sequência, na Tabela 11, os resultados obtidos para o modelo de referência.

Tabela 10 – Resultados da simulação do modelo real da obra 02

APP	Número de horas em que $T \geq 26^{\circ}\text{C}$	Número de horas em que $T < 18^{\circ}\text{C}$	Nh_{FT}	$PHFT_{APP}$ (%)	$Tomín_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$Tomáx_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Dormitório 01	118	748	2784	76,27	12,08	28,94
Dormitório 02	72	748	2830	77,53	11,79	28,45
Sala	1329	228	1363	46,68	13,45	35,31

Fonte: Autoria própria (2022)

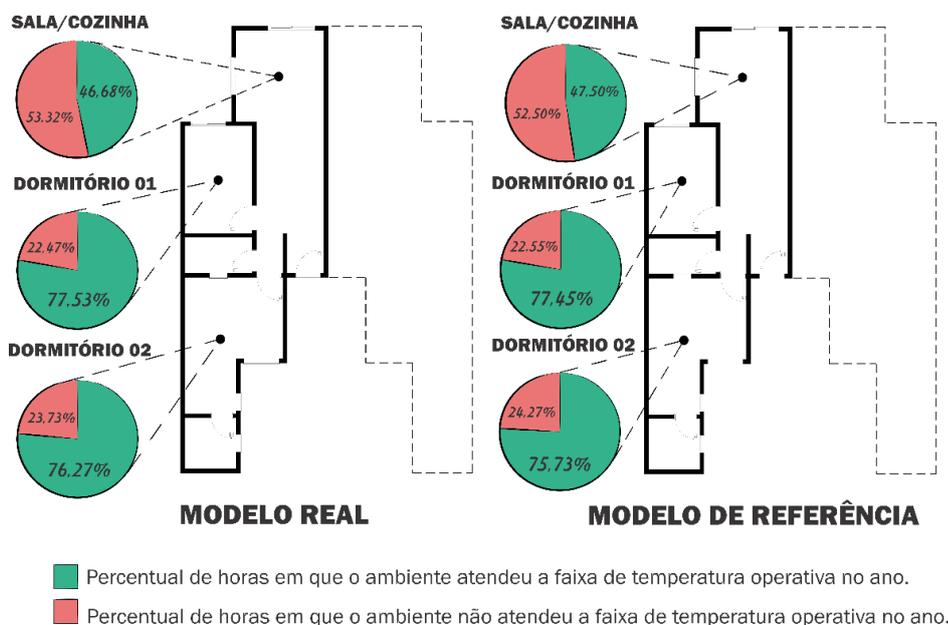
Tabela 11 – Resultados da simulação do modelo de referência da obra 02

APP	Número de horas em que $T \geq 26^{\circ}\text{C}$	Número de horas em que $T < 18^{\circ}\text{C}$	Nh_{FT}	$PHFT_{APP}$ (%)	$Tomín_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$Tomáx_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Dormitório 01	114	772	2764	75,73	11,83	28,95
Dormitório 02	72	751	2827	77,45	11,75	28,45
Sala	1304	229	1387	47,50	13,52	35,21

Fonte: Autoria própria (2022)

Os parâmetros encontrados são representados de forma ilustrativa e analítica na Figura 21. Entende-se que oferta maior compreensão.

Figura 21 - Percentual que cada ambiente da obra 02 atendeu a temperatura ideal



Fonte: Autoria própria (2022)

A partir dos resultados da simulação apresentados nas tabelas, observa-se que os quartos apresentaram desempenho satisfatório, de forma semelhante a obra 01, contudo já se apresenta nessa tipologia horas de desconfortos ligadas ao calor. Especificamente o ambiente da sala, apresenta-se com baixo desempenho chegando a apontar 53,32% de horas de desconforto, e apontando valores de até 35,21 $^{\circ}\text{C}$ em seu interior. Como visto na Tabela 10, o desconforto foi gerado praticamente só pelo calor. Tal resultado se deve principalmente a localização do ambiente ao norte com maior incidência solar e a falta de sombreamento e uso de estratégias de sombreamento nessa face posterior da edificação.

4.4.4 Resultados da Obra 03

Já para obra 03 os resultados dos parâmetros calculados para o modelo real (Tabela 12) e para o modelo de referência (Tabela 13) são apresentados abaixo. De modo que a obtenção de tais resultados segue com o mesmo procedimento descrito anteriormente.

Tabela 12 – Resultados da simulação do modelo real da obra 03

APP	Número de horas em que $T \geq 26^{\circ}\text{C}$	Número de horas em que $T < 18^{\circ}\text{C}$	Nh_{FT}	$PHFT_{APP}$ (%)	$Tomín_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$Tomáx_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Dormitório 01	111	715	2824	77,37	11,90	29,07
Dormitório 02	107	741	2802	76,77	11,81	28,86
Dormitório 03	121	742	2787	76,36	11,84	29,06
Sala	1081	275	1564	53,56	13,54	33,30

Fonte: Autoria própria (2022)

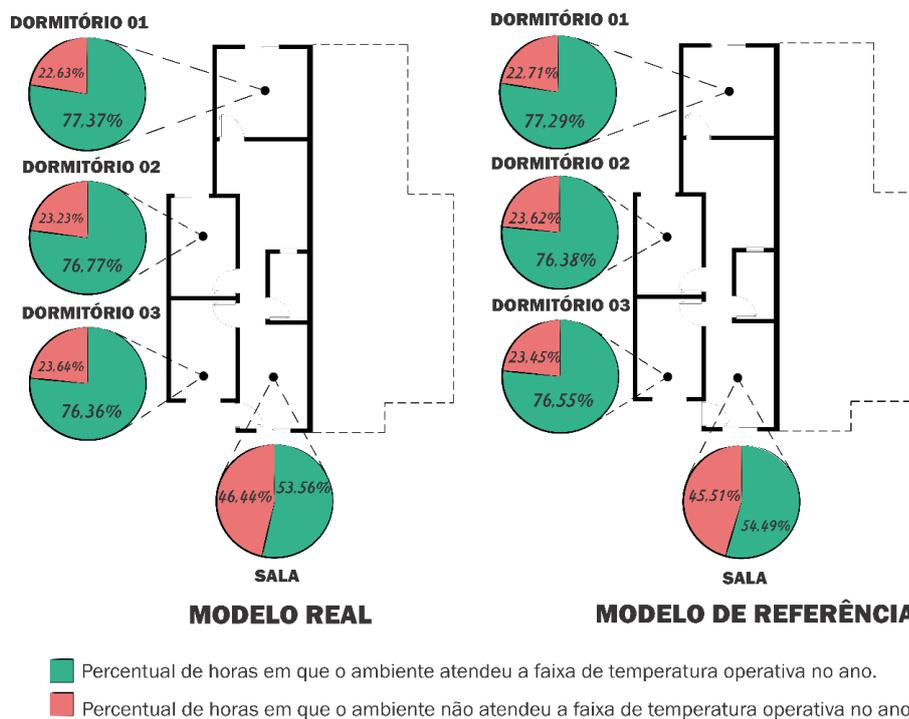
Tabela 13 – Resultados da simulação do modelo de referência da obra 03

APP	Número de horas em que $T \geq 26^{\circ}\text{C}$	Número de horas em que $T < 18^{\circ}\text{C}$	Nh_{FT}	$PHFT_{APP}$ (%)	$Tomín_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$Tomáx_{APP}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Dormitório 01	109	720	2821	77,29	11,82	29,06
Dormitório 02	107	755	2788	76,38	11,80	28,86
Dormitório 03	118	738	2794	76,55	11,82	29,05
Sala	1051	278	1591	54,49	13,62	33,01

Fonte: Autoria própria (2022)

Observa-se que da mesma forma que as simulações das edificações anteriores, os quartos apresentam-se com resultados semelhantes e com valores de desempenho satisfatório, não apresentando diferença significativa pelo acréscimo de mais um dormitório na edificação. Verifica-se ainda que o maior desconforto sofrido em todos os dormitórios foi decorrente do frio e pouco do calor. Já a sala apresentou resultados menos satisfatórios, porém melhores do que a obra 02. O desconforto sofrido nesse ambiente foi sentido em 45,44% do ano, como apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Percentual que cada ambiente da obra 03 atendeu a temperatura ideal



Fonte: Autoria própria (2022)

Observa-se ainda que a sala chegou a registrar valores de até 33,01°C em seu interior, e que o desconforto sofrido é decorrente do calor. Tal resultado se assemelha com a obra 2.

4.4.5 Avaliação da eficiência

Partindo dos resultados de cada ambiente apresentados anteriormente realiza-se o cálculo do valor que representara a unidade habitacional como um todo. Obtém-se os resultados para o modelo real e de referência (Tabela 14 e 15).

Tabela 14 – Resultados da Unidade Habitacional no Modelo Real

Obra	$PHFT_{UH}$ (%)	$Tomín_{UH}$ (°C)	$Tomáx_{UH}$ (°C)
01	80,39	12,00	26,06
02	66,83	11,79	35,31
03	69,23	11,81	33,30

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 15 – Resultados da Unidade Habitacional no Modelo de Referência

Obra	$PHFT_{UH}$ (%)	$Tomín_{UH}$ (°C)	$Tomáx_{UH}$ (°C)
01	81,63	11,06	28,11
02	66,89	11,75	35,21
03	69,39	11,80	33,01

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Para que a unidade habitacional atenda ao desempenho mínimo o percentual de horas de ocupação da unidade habitacional $PHFT_{UH}$ do modelo real deve ser superior a 90% do valor obtido para o $PHFT_{UH}$ do modelo de referência. E as temperaturas máximas e mínimas atender ao critério descrito nas equações 6 e 7 apresentadas anteriormente. Sendo assim, após os cálculos obtém-se o panorama de resultados apresentado abaixo na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultado da eficiência de cada obra analisada

Obra	Critério do $PHFT_{UH}$	Critério do $Tomín_{UH}$	Critério do $Tomáx_{UH}$
01	Atende	Atende	Atende
02	Atende	Atende	Atende
03	Atende	Atende	Atende

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Observa-se que a Obra 01 apresenta o melhor desempenho, enquanto as obras 02 e 03 apresentam um desempenho semelhante. Verifica-se ainda que as maiores temperaturas e pior desempenho foi a habitação 02. É possível concluir que a maior diferença em questão construtiva entre os modelos é a cobertura, sendo de telha cerâmica e telhado aparente na Obra 01 e sendo platibanda com cobertura mais plana nas demais obras analisadas. O uso desse modelo construtivo pode ter contribuído na diferença dos resultados.

O trabalho de Pimenta *et al* (2016) corrobora para esta conclusão, ao ensaiar o desempenho de 3 tipos de coberturas (cerâmica, fibrocimento, fibras de celulose e betumes) concluiu com base nas temperaturas máximas e mínimas dos tipos de coberturas analisadas que as temperaturas internas do protótipo obtidas com a cobertura de cerâmica eram significativamente menores que as obtidas com outras telhas.

4.5 Resultados do experimento em campo

Com os 4707 dados obtidos no experimento foi possível a obtenção do Gráfico 03 constando no Apêndice D em que é possível verificar o comportamento das temperaturas ao longo do período do experimento.

A linha tracejada superior marca o limite superior da faixa de temperatura operativa, no valor de 26°C. A linha cinza representa o comportamento das temperaturas medidas externamente, desse modo, no período em que o experimento foi realizado apenas no quarto dia foram registradas temperaturas acima deste intervalo. Já a linha tracejada inferior marca o limite inferior da faixa de temperatura operativa, no valor de 18°C. Verifica-se que no decorrer do experimento, em 6 dias foram registradas temperaturas externas inferiores a este intervalo, caracterizando os dias do experimento como mais amenos.

A linha na cor preta apresenta o comportamento do dormitório, ou seja, as temperaturas aferidas internamente. Verifica-se que as temperaturas ficaram dentro da faixa de temperatura operativa, apresentando apenas um leve desconforto causado pelo frio no nono e no décimo dia do experimento.

Com o experimento é possível notar o comportamento que a edificação apresenta, verifica-se que o gráfico das temperaturas externas e internas apresentam um comportamento semelhante, e que também possui um atraso que caracteriza o tempo para que os elementos construtivos absorvam as temperaturas externas.

Dentre o total das 4797 leituras em apenas 214 delas ocorreu o registro de temperaturas fora da faixa de conforto, sendo todos estes em decorrência de frio. Ou seja, a edificação no período em estudo apresentou em seu interior eficiência em 95,54% do tempo. Contudo, considerando que a ocupação do dormitório é tipicamente das 22hrs às 8hrs da manhã, neste intervalo apenas 19 leituras registraram desconforto.

A Tabela 17 apresenta os dados estatísticos obtidos a partir de cada dia da experimentação. Observa-se que as maiores temperaturas externas foram registradas no dia 18/09 no valor de 26,5°C, já internamente neste mesmo dia registrou-se a temperatura de 22°C o que mostra uma variação de 4,5°C para o caso mais extremo de calor. As menores temperaturas registradas ocorreram no dia 23/09 no valor de 11,5°C externamente, já em seu interior neste mesmo dia foi registrado uma

temperatura mínima de 17°C, o que mostra uma variação de 5,5°C para o caso mais extremo de frio. Verifica-se ainda que o período se apresentou com uma temperatura média em torno dos 19°C externamente.

Tabela 17 – Dados estatísticos do experimento

Dia	Média		T _{máx} (°C)		T _{mín} (°C)	
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
15/09	20,1	20	21,6	20,1	19,0	20,0
16/09	20,3	19,9	24,7	21,0	16,7	19,0
17/09	20,2	20,5	24,8	22,0	16,0	19,6
18/09	20,7	20,7	26,5	22,0	15,0	20,0
19/09	18,9	20,7	21,3	22,0	17,0	20,0
20/09	19,7	20,1	23,0	21,0	17,0	19,0
21/09	19,4	20,4	20,4	21,0	19,0	20,0
22/09	18,8	19,9	20,3	20,0	15,8	19,0
23/09	16,1	17,9	21,0	19,0	11,5	17,0
24/09	19,1	19,2	24,8	21,1	14,0	17,1
25/09	19,2	20,2	20,2	21,0	18,0	20,0

Fonte: Autoria Própria (2022)

Portanto, seguindo a instrução normativa para o método computacional na avaliação do conforto térmico, conclui-se que todas as edificações analisadas se apresentam dentro do desempenho mínimo solicitado, não se faz necessário portanto um projeto de intervenção. Contudo, é observado que o ambiente da sala nas obras 02 e 03 apresentaram um baixo e expressivo desempenho, sugere-se a adoção de um pé direito maior nesse ambiente o que poderia minimizar as temperaturas internas. Além desta ação o uso conjunto com outras estratégias, como por exemplo adoção de beirais mais longos, proteção das aberturas com brises ou elementos construtivos que fornecem sombreamento contribuiriam para ampliar a eficiência nas obras.

5 CONCLUSÃO

Verifica-se que devido as brechas na legislação aliada a falta de ética por parte dos construtores ocorre no contexto atual uma adoção descontrolada da mesma tipologia arquitetônica. A interferência na paisagem urbana e no uso e ocupação do solo é clara. A área total destas edificações é exígua com espaços internos subdimensionados e, sua implantação fracionada dificulta a adoção de soluções eficientes de ventilação cruzada e o correto posicionamento dos ambientes de acordo com a melhor orientação solar.

Em especial ao verificar o desempenho térmico, a primeira obra analisada apresentou resultados satisfatórios, com pouco desconforto ao calor. Em contrapartida as demais obras apresentaram resultados menos favoráveis. Nestas edificações a sala é o ambiente mais prejudicado com piores resultados, sendo culturalmente o ambiente de maior frequência de uso. Contudo, pelos parâmetros de avaliação de desempenho mínimo das edificações proposto pela normativa todas as edificações foram enquadradas no desempenho mínimo.

O desconforto encontrado mostra uma necessidade de atenção nas fases de projeto em especial a posição da sala de estar, visto que, sua ocupação é em horários do dia em que as temperaturas externas estão mais altas. Já os dormitórios apresentam um bom desempenho, principalmente ao fato de sua ocupação maior ocorrer em períodos noturnos onde as temperaturas são mais amenas.

Pela diferença nos resultados do primeiro modelo, constatou-se que a diferença de materiais na cobertura tem interferência significativa no conforto ambiental interno, sendo que dos três modelos analisados a edificação com telhado aparente e em telha cerâmica é a mais eficiente. As temperaturas aferidas nesta edificação corroboram para confirmar sua melhor eficiência, visto que, foram poucos os valores fora do intervalo de conforto.

Quanto a metodologia a ferramenta de análise computacional se mostra uma ferramenta com alta aplicabilidade ainda na fase de estudo preliminar, visto que, seu uso pode ser aplicado na análise de várias tipologias, implantações e modelos construtivos a fim de verificar qual poderia oferecer mais conforto ao usuário e assim sua escolha ser mais econômica e assertiva.

Sugere-se como tema para futuras pesquisas a experimentação em campo realizada nos meses de janeiro e fevereiro e em edificações com cobertura em platibanda, a fim de aferir seu desempenho nos meses mais quentes do ano. Sugere-se também o estudo do comportamento dos dados do experimento afim de verificar se matematicamente é possível estimar o comportamento da edificação para diversas temperaturas baseando-se nos dias do experimento medidos.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1: Edificações habitacionais - desempenho: Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR TR 15575-1-1: Edificações habitacionais - desempenho: Parte 1-1: Base-padrão de arquivos climáticos para a avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento de simulação computacional.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15520-2: Desempenho Térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.** Rio de Janeiro, 2008.

ACIOLY, C; DAVIDSON, F. **Densidade urbana e gestão urbana.** Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução - re n. 09, de 16 de janeiro de 2003.** Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília: Casa Civil, 2003. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/8cca9c91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10. Acesso em: 27 set. 2022.

ASHRAE AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55: thermal environmental conditions for human occupancy.** Atlanta, 2010.

ARANTES, B. **Conforto térmico em habitações de interesse social: um estudo de caso.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação – Normas regulamentadoras. **NR 17 – Ergonomia.** Brasília, 2018.

BIDARRA, Z.; CESCNETO, E. Articulação Extensão e Pesquisa para construção da intersectorialidade entre políticas sociais no município de Toledo - Paraná. **Expressa Extensão**, Toledo, v. 25, n. 1, p. 05-16, jan. 2020.

EPSTEIN, Y; MORAN, D. S. Thermal confort and the heat stress indices. **Industrial health**, 2006, v. 44, n. 1, p. 388-398, abr. 2006.

FEIBER, S. D.; FEIBER, F. N. Arquitetura passiva: uma reflexão sobre estratégias projetuais e controle ambiental interno. *In*: SIMPÓSIO SUSTENTABILIDADE E CONTEMPORANEIDADE NAS CIÊNCIAS SOCIAIS. 3., 2015, Cascavel. **Anais [...]** Cascavel: FAG, 2015. p. 1-5.

FERREIRA, C.; PERREIRA, I. Avaliação do desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas. *In*: ENTAC - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais [...]** Juiz de fora: ENTAC, 2012. p. 3590-3595.

GAGDAS, G. A. shape grammar model for designing Row-houses. **Design Studies**, Istanbul, v. 17, n. 1, p. 35-51, jan. 1996.

GEOPORTAL. Disponível em: <https://app.toledo.pr.gov.br/geoportal/consultaprevia>. Acesso em: 26 abr. 2022.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 26 abr. 2022.

GRIMM, I. J. **Mudanças climáticas e ambientais pelo olhar dos moradores do Parque Nacional do Superagui, Guaraqueçaba [PR]**. *In*: WEINS, N. W.; SANTOS, L. C. O.; GADDA, T. M. C. (org.). Cidades & bem-estar humano: governança e infraestrutura. Curitiba: EDUTFPR, 2022. p. 42-53.

HECKLER, E. **Apontamentos sobre o loteamento urbano**. 2014. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Direito) - Departamento de Ciências Jurídicas e Sociais, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

IGNEA. **Zoneamento Bioclimático e Norma de Desempenho**: entenda a relação. 15 jul. 2021. Disponível em: <https://ignea.eco.br/zoneamento-bioclimatico-norma-de-desempenho/>. Acesso em: 25 mai. 2022.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Special Global Warming of 1.5°C. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>. Acesso em: 27 mar. 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.

LAMBERTS, R. *et al.* **Casa eficiente: simulação computacional do desempenho termo-energético**. 4 ed. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

MASTERCLASS. **Row House Guide**: 4 Characteristics of Row Houses. 22 feb. 2022. Disponível em: <https://www.masterclass.com/articles/row-houses-explained#what-are-row-houses>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MENDONÇA, F. **Clima e criminalidade**: Ensaio analítico de correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana. Curitiba: UFPR, 2002.

MOREIRA, P. S. **O impacto das residências geminadas na paisagem urbana do município de Telêmaco Borba**. Monografia (Especialização em Gestão Pública Municipal) - Departamento Acadêmico de Educação a Distância, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rio de Janeiro, 2018.

MUNICÍPIO DE TOLEDO. **Lei n. 2.368, de 23 de dezembro de 2021**. Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Toledo. Toledo: Câmara Municipal, 2021. Disponível em:
http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/18174_texto_integral#:~:text=%C2%A7%201%C2%BA%20%2D%20O%20C%C3%B3digo%20de,execu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20mesmos%20no%20Munic%C3%ADpio. Acesso em: 26 abr. 2022.

PFEIFER, G.; BRAUNECK, P. **Row houses: A housing Typology**. Birkhäuser, 2007.

PIMENTA, J. A. A.; *et al.* Estudo comparativo do desempenho térmico das coberturas de fibra de celulose e betume, fibrocimento e cerâmica. **Colloquium Exactarum**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 21-35, jul-set. 2016.

SANTOS, A. F. *et al.* Residências multifamiliares verticais saudáveis em tempos de *Home office* com foco no conforto ambiental. **Ímpeto**, Maceió, n. 11, p. 2-4, dez. 2021.

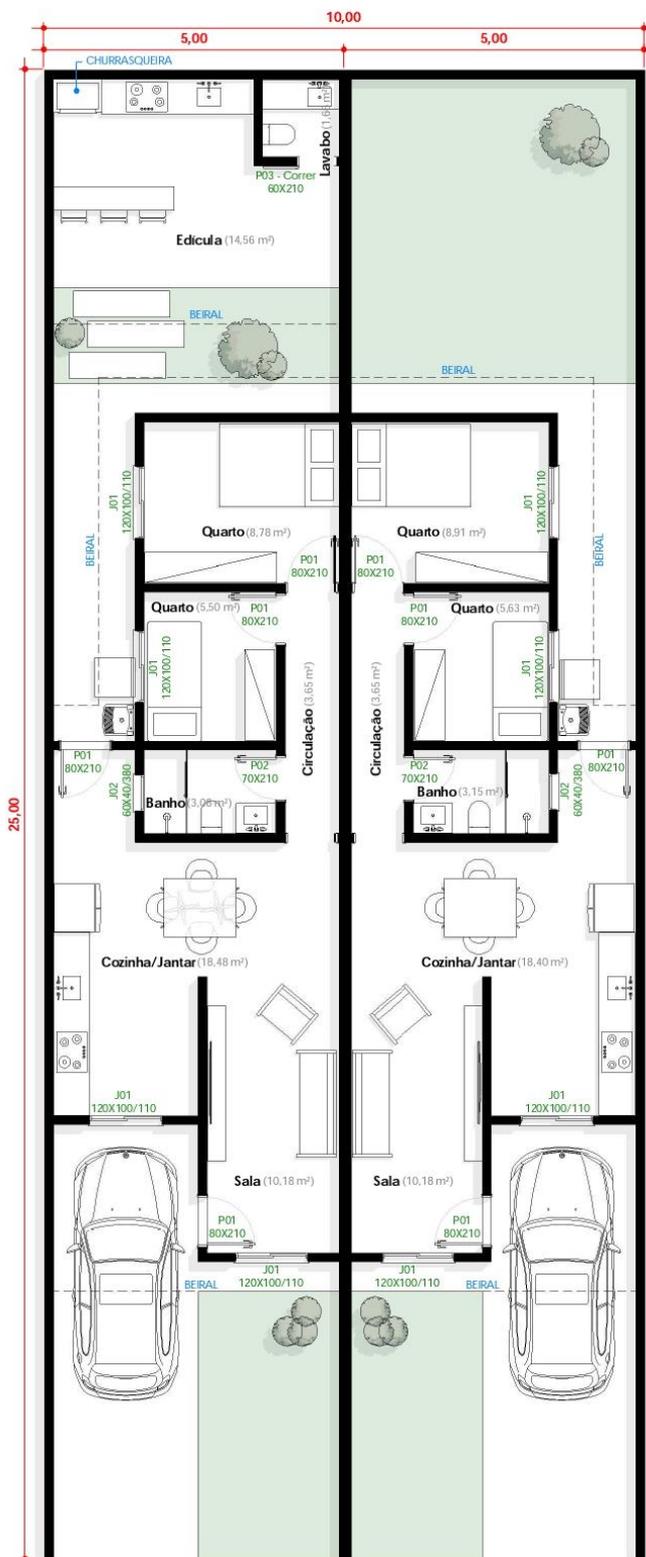
SOARES, R.M.D.; ADAMS, B.; ULLMANN, V. Desempenho térmico de habitação social: Norma NBR 15.575. **Revista de Arquitetura IMED**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 53-64, jul./dez. 2016.

TERRA, L. M. **Aspectos projetuais, construtivos e de desempenho de empreendimentos residenciais de casas geminadas**. Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

VAISMAN, G.; HORVAT, M. Influence of internal courtyards on the energy load and hours of illuminance in row houses in Toronto. *In*: INTERNATIONAL BUILDING PHYSICS CONFERENCE. 6., 2015, Cascavel. **Anais [...]** Toronto: IBPC, 2015. p. 1799-1804.

APÊNDICE A - Projeto 01

PROJETO 01



Área do lote da unidade 01 (5x25m): 125m²

Área do lote da unidade 02 (5x25m): 125m²

Área unidade 01: 75 m²

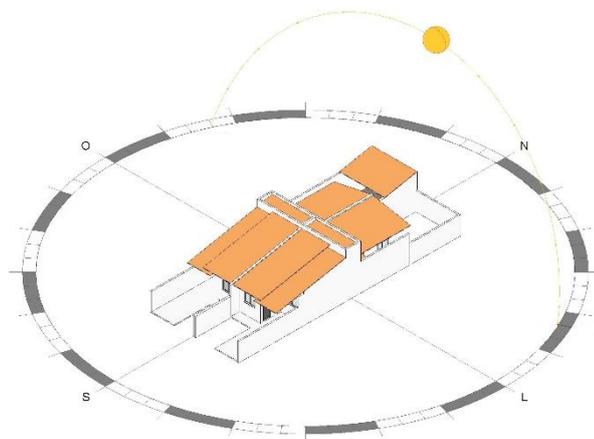
Área unidade 02: 57 m²

Permeabilidade unidade 01: 14,54%

Permeabilidade unidade 02: 28%

Ocupação unidade 01: 60%

Ocupação unidade 02: 45,6%



PLANTA BAIXA

APÊNDICE B - Projeto 02

PROJETO 02



PLANTA BAIXA

Área do lote da unidade 01 (5x25m): 125m²

Área do lote da unidade 02 (5x25m): 125m²

Área unidade 01: 58,00 m²

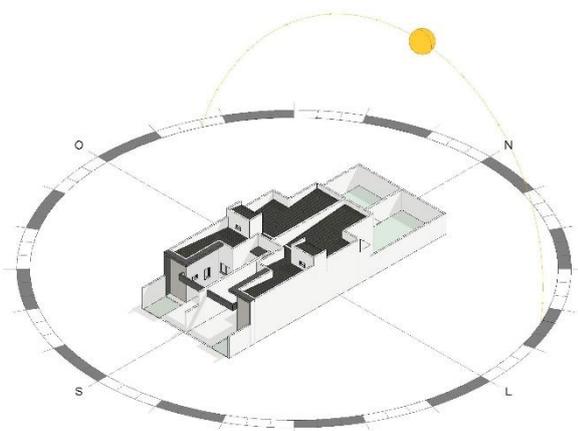
Área unidade 02: 58,00 m²

Permeabilidade unidade 01: 28,60%

Permeabilidade unidade 02: 28,60%

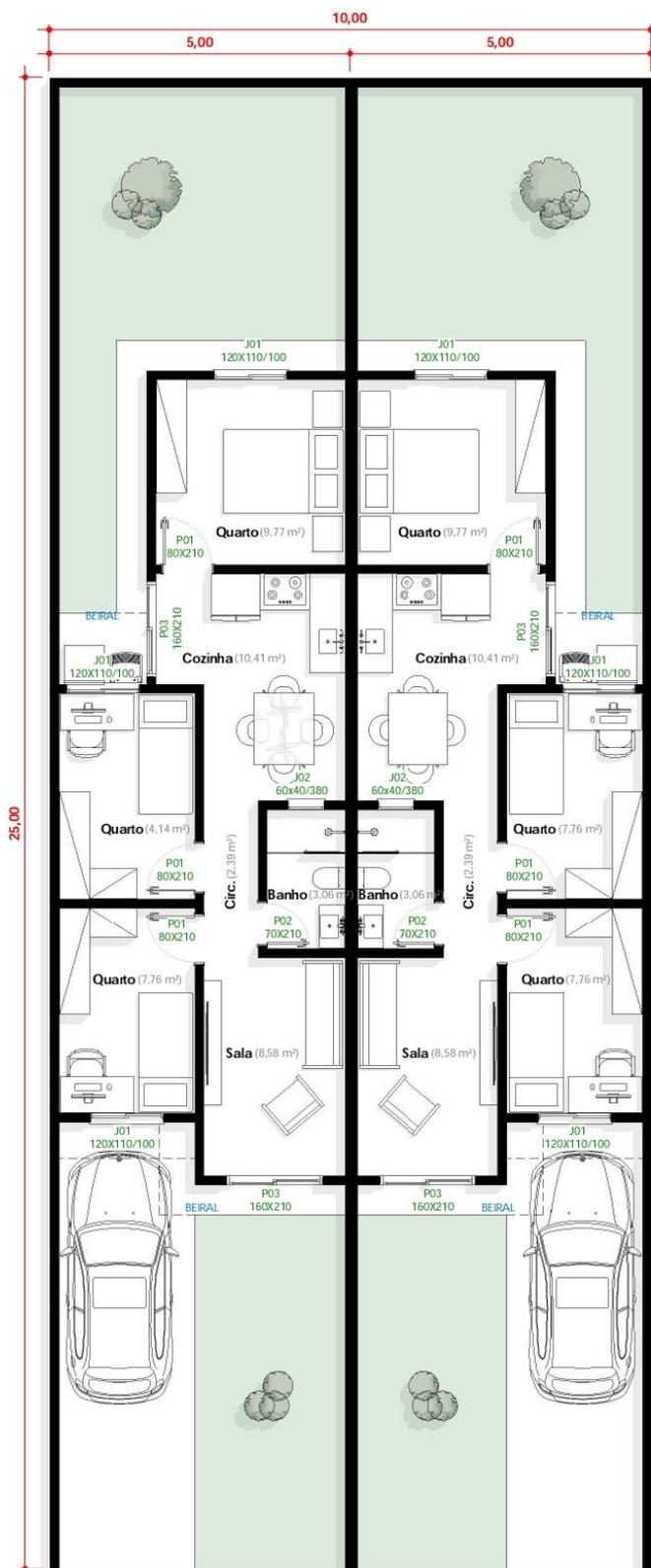
Ocupação unidade 01: 46,40%

Ocupação unidade 02: 46,40%



APÊNDICE C - Projeto 03

PROJETO 03



PLANTA BAIXA

Área do lote da unidade 01 (5x25m): 125m²

Área do lote da unidade 02 (5x25m): 125m²

Área unidade 01: 59,00m²

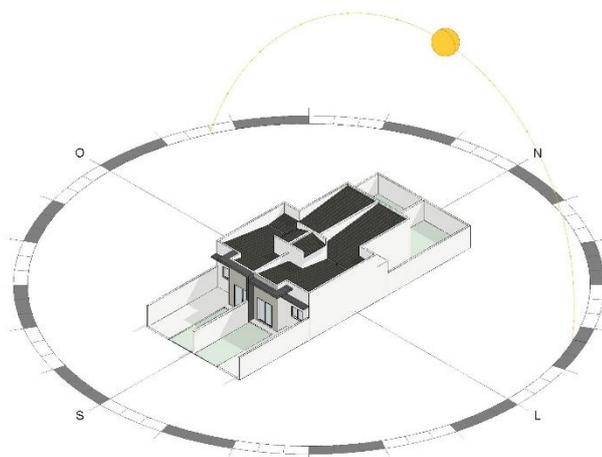
Área unidade 02: 59,00m²

Permeabilidade unidade 01: 31,50%

Permeabilidade unidade 02: 31,50%

Ocupação unidade 01: 47,20%

Ocupação unidade 02: 47,20%



APÊNDICE D - Resultados da Experimentação em Campo

Resultados do Experimento de Campo

