

Avaliação do desempenho energético de habitação de interesse social no aglomerado Paiçandu – Maringá - Sarandi/PR

Evaluation of the energy performance of low-income house in the Paiçandu – Maringá – Sarandi/PR cluster

Gleison Gerola

Universidade Estadual de Maringá, Brasil, mendes_arq86@hotmail.com

usjt
arq.urb

número 36 | Jan- Abr de 2023

Recebido: 24/08/2022

Aceito: 03/04/2023

DOI: <https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi36.609>



Palavras-chave:

Desempenho térmico.
Eficiência energética.
ABNT NBR 15575.

Keywords:

Thermal performance.
Energy performance
NBR 15575.

Resumo

Uma habitação deve atender a condições mínimas de conforto térmico para que o usuário possa realizar suas tarefas: descanso e trabalho doméstico, bem como tenha um menor consumo energético durante o seu ciclo de vida. Nesse contexto, esse artigo tem como objetivo avaliar e classificar a envoltória de habitações de interesse social, nos municípios de Maringá, Sarandi e Paiçandu, por meio do método prescritivo descrito no volume 4 do Manual de Etiquetagem em Edificações - Procel Edifica (2013) e verificar alguns elementos arquitetônicos referentes ao desempenho térmico da edificação considerando a Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 de 2021. Os resultados demonstraram que as tipologias estudadas, para os três municípios, apresentaram padrões mínimos de desempenho térmico limitado pela referida norma e apresentam classificação nível C, em uma escala de A até E do processo de etiquetagem em edificações. O estudo aponta ineficiência das áreas de aberturas para ventilação e iluminação natural das tipologias arquitetônicas em estudo, com relação à mesma normativa. Adequações construtivas nas fachadas, tais como mecanismos ajustáveis para proteção contra incidência dos raios solares nas aberturas e uso de cor clara na cobertura melhorariam o desempenho energético da envoltória dessas edificações.

Abstract

A dwelling must meet minimum conditions for thermal comfort for the user to perform their tasks: rest and housework. As well as, have lower energy consumption during its life cycle. In this context, this article aims evaluate and classify the envelope of low-income houses in the city of Maringá/PR, Sarandi/PR and Paiçandu/PR, through the prescriptive method described in Volume 4 Manual de Etiquetagem em Edificações - Procel Edifica (2013) and verify some architectural elements for the thermal performance of the building considering the performance standard NBR 15575: 2021. The results showed that the types studied, for the three cities presented minimum standards of thermal performance limited by rule NBR 15575: 2021, and feature classification level C, on a scale of A to E of the labeling process in buildings. The NBR 15575: 2021 points inefficiency of the areas of openings for ventilation and natural lighting of architectural typologies study. Constructive adjustments on the facades, such as adjustable mechanisms for protection against sunlight in the gaps and use of lighter color on the roof improve the energy performance of their envelope.

Introdução

A partir da década de 1970, surgiu a preocupação no mundo todo com o uso eficiente e racional das fontes energéticas. Fato ocorrido em virtude da crise do petróleo e de suas consequências no abastecimento de energia, aliado ao aumento populacional ocorrido nas décadas seguintes. Estima-se que em 2023, o consumo de energia no setor da construção civil atinja cerca de 4,5 % ao ano do consumo total (EPE, 2021).

No Brasil, há um aumento da produção da construção civil, especialmente de habitações, com previsão de crescimento gradativo acompanhado do consumo energético (TUBELO; RODRIGUES, GILLOT, 2014). Se consideradas todas as atividades que envolvem, o setor da construção representa 20 % do consumo total de energia consumida no país (EPE, 2021).

De acordo com Piccoli et al. (2010) e Bribián, Capilla e Usón (2011) em se tratando de edificações em fase de uso, estas devem ter consumo de energia reduzido por meio de técnicas construtivas previstas na fase de projeto. Leduc (2008) afirma que estudos identificaram inadequações de projeto que funcionam como barreiras da eficiência energética. Nesta direção, podemos citar as seguintes situações: orientação inadequada da edificação em relação à trajetória solar; aberturas mal dimensionadas; especificação inadequada de material para cobertura e vedações de fachadas, inclusive das aberturas; desconsideração de ventos dominantes e ausência de ventilação cruzada; ausência de simulação energética na fase de projeto; pouco aproveitamento de energia renovável; má escolha de materiais construtivos na fase de execução; utilização de equipamentos eletroeletrônicos domésticos não eficientes; falta de integração entre os profissionais envolvidos; pouca especialização da mão de obra utilizada na construção civil e dificuldades de financiamento.

Assim, faz-se necessário tornar as edificações mais eficientes por meio de regulamentações e normas (SILVA; GHISI, 2014). Com este intuito, diversos países estão realizando estudos sobre eficiência energética de edifícios por meio de códigos e normas (CARLO; LAMBERTS, 2010). Para tanto, o método de simulação computacional torna-se uma boa ferramenta, visto que auxilia nas soluções de desempenho térmico, eficiência energética e otimização de sistemas (RAFTERY; KEANE; O'DONNELL, 2011).

Nos últimos anos, no Brasil, intensificou-se o número de construções de habitações de interesse social (HIS), devido às políticas do governo federal específicas para suprir o déficit habitacional estimado em 6,8 milhões de unidades (FJP, 2021). Essa tipologia de habitação deve também ser gerada a partir de conceitos de sustentabilidade (BORTOLI e VILLA, 2020). No entanto, os selos de certificação ambiental vigentes no Brasil (LEED, AQUA e Selo Casa Azul da Caixa) estão voltados às construções de grande porte. A incorporação de práticas

sustentáveis ao processo de elaboração das habitações de interesse social (HIS) contribuirá para qualificação destas unidades com melhor desempenho ambiental e menor custo em longo prazo (CBCS, 2010).

Diante deste cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho energético da envoltória das habitações de interesse social no aglomerado Paiçandu – Maringá - Sarandi. A metodologia empregada será o método prescritivo do Procel Edifica e a norma ABNT NBR 15575: 2021 (partes 1, 4 e 5).

A pesquisa se justifica pelo fato de que a habitação deve atender condições mínimas de conforto térmico para que o usuário possa realizar suas tarefas: descanso e trabalho doméstico. Além da melhoria no desempenho energético, essas medidas auxiliam na redução do consumo de recursos naturais.

Revisão de literatura

Eficiência energética

A partir do decreto nº 4.059, de 2001, foi criado o Plano Nacional de Eficiência Energética, no qual se estabeleceu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). Ressaltando a constituição de um Grupo Técnico para trabalhar no desenvolvimento da metodologia e regulamentação necessária para a avaliação da eficiência energética nas edificações (INMETRO, 2013).

Conforme o Manual de Etiquetagem de Eficiência Energética em Edificações (BRASIL, 2010), a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é um processo de etiquetagem que teve seu início em 2003, com o programa Procel Edifica e que teve a inclusão do Instituto de Metrologia (Inmetro) no ano de 2005.

Assim, conforme descrito no Plano Nacional de Eficiência Energética, foi elaborado no ano de 2009, o Regulamento Técnico para a Etiquetagem Voluntária de Edificações Comerciais, de Serviços e Pública (BRASIL, 2001). Teve como base o Programa Procel Edifica, formulado pelo Inmetro juntamente com o Ministério de Minas e energia. No ano seguinte, elaborou-se o Regulamento para Edifícios Comerciais. Sendo que somente em 2013, foi publicado o Regulamento Técnico para Etiquetagem de Edificações Residenciais (INMETRO, 2013).

O Laboratório de Eficiência Energética em Edificações do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina foi o responsável pelo desenvolvimento desses documentos. Os regulamentos técnicos avaliam a eficiência energética das edificações habitacionais com enfoque no desempenho da envoltória da edificação. De acordo com Leduc (2008), o potencial de economia em edificações é de 10% de economia na envoltória. Dias (2011) afirma que se trabalhando, por exemplo: área de vidro, fator solar do vidro e presença de sombreamento, um imóvel novo, com base nas recomendações do selo Procel

Edifica, pode obter até 50% de economia em relação a outro edifício de mesmo padrão (que não seguiu as recomendações dessa certificação), já no caso de reforma a economia pode ser de até 30%. Entre uma etiqueta A e E a diferença de consumo energético pode chegar a 40% (MEDEIROS, 2009). Para Escorcia et al. (2012) a envoltória é fator chave que influencia na eficiência energética de um edifício habitacional.

Procel Edifica

O manual de etiquetagem RTQ-R foi lançado em 2010 e desenvolvido por meio do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edifícios (PROCEL Edifica) (TUBELO; RODRIGUES; GILLOTT, 2014), com o objetivo de apoiar a implementação de medidas de conservação de energia em edifícios novos e existentes (SCALCO et al., 2012).

De acordo com INMETRO (2013), os edifícios são classificados de A (o maior nível de eficiência energética) a E (menor nível de eficiência), e essa diferença de consumo entre as classificações pode representar uma economia de até 40% no consumo de energia. O objetivo é aproveitar as tecnologias passivas, tais como a iluminação e a ventilação naturais, além de incentivar o uso racional de água e energia solar.

O processo ocorre por meio de dois procedimentos: o método prescritivo ou por simulação. Neste estudo foi adotado o método prescritivo o qual estabelece parâmetros para classificação geral. Para tanto, será levado em consideração a envoltória e o sistema de aquecimento de água (TUBELO; RODRIGUES; GILLOTT, 2014) de acordo com a Zona Bioclimática e região geográfica em que a edificação se localiza, conforme disposto na norma ABNT NBR 15220: 2005 – desempenho térmico de edificações.

A envoltória deve ser avaliada nas condições de inverno e verão, sendo o Indicador Graus-hora Aquecimento para o inverno e o Indicador Graus-hora Resfriamento para o verão. A soma destes fatores representa o Indicador de Consumo da unidade habitacional. O Indicador de Consumo referente à envoltória do edifício proposto deve ser calculado com uma equação que considera: a área de janelas, a existência e dimensões de proteções solares, o tipo de vidro, dimensões da edificação e zoneamento bioclimático.

Para que uma unidade habitacional autônoma (unifamiliar) atinja o nível A, é necessário atender aos seguintes pré-requisitos: atender as normas ABNT NBR 15220:2005 e ABNT NBR 15575:2021; permitir resfriamento natural da envoltória para as condições de verão; permitir aquecimento natural da envoltória para as condições de inverno; os ambientes de permanência prolongada (dormitórios e sala de televisor) devem ser iluminados naturalmente; possuir sistema de

medição individualizada de água e energia elétrica; e possuir sistema alternativo de aquecimento de água.

Ghisi et al (2007) afirmam que o uso de refrigeradores consoante ao do freezer totalizam aproximadamente 38 – 49% do consumo de eletricidade no setor residencial brasileiro. Para Lamberts e Triana (2007), no setor residencial, deve-se priorizar a redução do consumo de eletricidade com o uso de: refrigeradores mais eficientes; aproveitamento de energia solar para aquecimento de água; lâmpadas mais eficientes e aproveitamento da iluminação natural e uso de ventilação natural para se obter um melhor desempenho na eficiência energética de uma edificação residencial. No Brasil, o consumo de energia elétrica pelo setor residencial, em 2019, foi de 141.929 GWh, equivalente a 29,4% do consumo total (ABRAHÃO e SOUZA, 2021).

Procedimentos metodológicos

A metodologia apresenta o objeto do estudo de caso e suas características, os dados necessários para a avaliação da envoltória da edificação pelo método prescritivo de acordo com o RTQ-R: 2013 (INMETRO, 2013) e a avaliação segundo as diretrizes da ABNT NBR 15575: 2021.

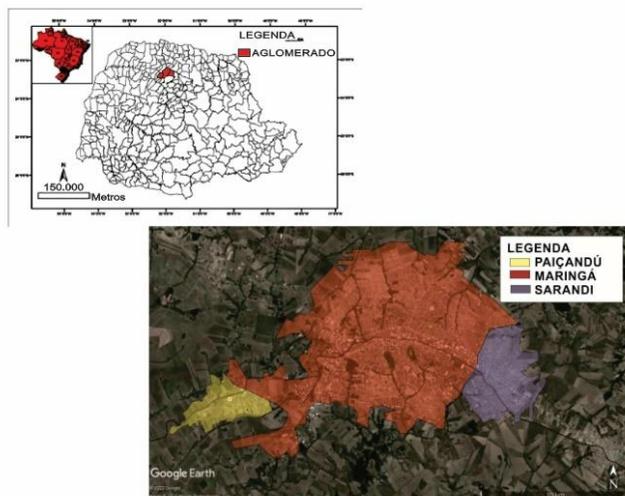
Objeto do estudo do caso

Na Figura 1 está apresentado o espaço de estudo, tendo sido selecionados os municípios de Paiçandu, Maringá e Sarandi, no estado do Paraná, devido à alta interação com a região metropolitana de Maringá e por receber grande número de habitações de interesse social.

No município de Maringá foram entrevistadas a Gerente da Paisagem (responsável pela coordenação do projeto social e responsável técnica pelas obras de apoio às unidades implantadas – revitalização da Praça Zumbi dos Palmares, Cooperativa de Reciclagem e Cooperativa de Geração de Emprego e Renda) e a Secretária Extraordinária de Habitação (responsável pela implantação das obras e acompanhamento pós-ocupação).

No município de Sarandi foram entrevistados a Subsecretária de habitação (responsável por coordenar o projeto social do programa habitacional) e o Engenheiro responsável pela elaboração do projeto arquitetônico e execução da obra.

No município de Paiçandu foi entrevistada a Subsecretária de obras públicas, a qual foi responsável pela coordenação da escolha e implantação das unidades habitacionais.



Fonte: Base Google Earth (2022), Ghizzo e Rocha (2016), adaptado pelo autor.

Figura 1- Localização aglomerado urbano Paiçandu-Maringá-Sarandi/ PR. **Fonte:** Base Google Earth (2022), Ghizzo e Rocha (2016), adaptado pelos autores.

Com base nos dados obtidos, procedeu-se à classificação das edificações por tipologias quanto à implantação, quantidade de dormitórios e área construída. Na seleção da amostra, considerou-se a quantidade de repetições de uma mesma tipologia e incremento de inovações tecnológicas.

Após a fase de seleção dos projetos que compuseram a amostra, os projetos selecionados foram estudados para as possíveis orientações norte, sul, leste e oeste. Deste modo, objetivou-se uma avaliação ampla do real desempenho dos projetos habitacionais por meio da consideração das possíveis implantações no lote.

Caracterização do espaço: região e Maringá

Para identificar a zona bioclimática a qual pertence o aglomerado, foi utilizada a parte 3 da ABNT NBR 15220: 2005. Posteriormente, com a zona bioclimática identificada, selecionaram-se as estratégias de projeto que deverão ser utilizadas para obter maior desempenho térmico das edificações. Na sequência, confrontaram-se os dados encontrados (espessura de parede, orientação solar - implantação - e sistema de cobertura) com as recomendações dispostas nas partes 1, 4 e 5 da ABNT NBR 15575: 2021, visando elencar as estratégias de projeto mais abrangentes entre essas duas normas.

Desempenho energético

Primeiramente, os projetos arquitetônicos selecionados foram avaliados quanto ao desempenho ambiental de acordo com a parte 3 da ABNT NBR 15220: 2005 e as partes 1, 4 e 5 da ABNT NBR 15575: 2021. Foram avaliados sistemas de vedações verticais externas e internas, sistema de cobertura e implantação da construção no terreno.

Em seguida, a qualidade da envoltória foi avaliada de acordo com o método prescritivo disposto pelo RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade – Residencial) para classificação da etiqueta Procel Edifica.

Conforme recomendação do manual RTQ-R, para auxiliar na quantificação do desempenho da envoltória dos ambientes do projeto, foi utilizada a planilha de cálculo formatada no software Excel. A planilha permite quantificar os valores para o equivalente numérico da envoltória para resfriamento ($EqNumEnv_{Resf}$) e o equivalente numérico da envoltória para aquecimento ($EqNumEnv_A$). Com estes dois valores conhecidos, foi possível calcular o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória dos projetos, de acordo com a Equação 1.

$$EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnv_{Resf} + 0,36 \times EqNumEnv_A \quad (1)$$

Em que:

$EqNumEnv$ = Equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória, quando ventilada naturalmente.

$EqNumEnv_{Resf}$ = Equivalente numérico da envoltória para resfriamento.

$EqNumEnv_A$ = Equivalente numérico da envoltória para aquecimento.

O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória foi classificado em uma escala de valores de 1 a 5, conforme orientações do manual RTQ-R: 2013. Adotou-se o valor de 5 para nível de eficiência A e o valor 1 para o nível de eficiência E (o menor desempenho de acordo com a classificação proposta pelo método do RTQ-R).

Discussão dos resultados

Neste item, discorre-se sobre os resultados obtidos a partir da aplicação dos procedimentos metodológicos, sendo levada em consideração a ordem da aplicação deles, conforme descrito no item anterior.

Caracterização do espaço: seleção da amostra

A análise dos documentos e entrevistas dos responsáveis técnicos pelo setor de habitação dos três municípios (Sarandi, Maringá e Paiçandu) permitiu

identificar um projeto de HIS para cada municipalidade, tendo sido utilizados no período de 2008 a 2010. Os três projetos possuem áreas construídas próximas de 40,00 m², constituídos por dois dormitórios, um banheiro e uma sala conjugada com a cozinha.

O projeto de Maringá foi utilizado no Programa Habitacional Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) Santa Felicidade. O Programa foi realizado com verbas do governo federal (Programa de Aceleração do Crescimento – PAC), do governo estadual e verba municipal. O Programa consistiu em uma requalificação urbana do bairro Santa Felicidade. O empreendimento envolveu, além de moradores deste bairro, moradores de outros bairros da cidade. As unidades habitacionais foram implantadas em terrenos públicos vazios dispersos ao longo de toda a malha urbana. Além da utilização de terrenos vazios inseridos em bairros existentes, também foram projetados bairros como o Conjunto Odwaldo Bueno Neto e o Conjunto Pioneiro Honorato Vecchi. Devido à complexidade e quantidade de habitações (943 unidades ao todo), as obras que tiveram início em 2008 foram finalizadas em 2014, com a implantação das últimas unidades no Conjunto Pioneiro Honorato Vecchi.

A escolha do projeto, de acordo com entrevista aos gestores, foi por ser o modelo que atendia às necessidades previstas no programa ZEIS Santa Felicidade, pois a área do projeto enquadrava-se no orçamento e era adequado ao programa de necessidades do público-alvo.

O projeto de Sarandi foi implantando no Conjunto Mauá com uma repetição de 343 unidades habitacionais. O bairro está localizado além do perímetro urbano e houve a necessidade de prever toda a infraestrutura para o local (rede de esgoto, abastecimento de energia elétrica, abastecimento de água potável, comunicação etc.). No projeto do bairro, foram previstas uma área para equipamento comunitário e uma área para uma praça. No entanto, ainda não foram executadas. De acordo com a assessora do Secretário de Habitação de Sarandi, serão realizados pela Prefeitura uma creche e uma unidade básica de saúde (UBS) na área destinada a equipamentos comunitários, além da praça. O Centro de Educação Infantil Beatriz Pacheco foi inaugurado no início de 2014 com recursos do governo federal, por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Diferente do que ocorre em Maringá, o projeto de Sarandi (Conjunto Mauá) não foi desenvolvido dentro da Prefeitura; e sim em parceria com uma empresa privada. A empresa que executou o empreendimento possuía o terreno onde foi implantado o Conjunto Mauá. Também coube à mesma empresa o parcelamento do solo e o projeto arquitetônico das habitações. A Prefeitura ficou responsável apenas pela confecção do projeto social. Nem a Prefeitura nem os moradores participaram do processo de elaboração do projeto arquitetônico.

O projeto de Paiçandu foi implantado no Conjunto Canadá com uma repetição de 34 unidades habitacionais. Foram utilizados terrenos dispostos ao longo do bairro. O projeto é fornecido pela Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR) e a execução foi realizada pelo processo de mutirão, em que os moradores construíram as unidades habitacionais sob a supervisão de um técnico da Prefeitura de Paiçandu.

Na Figura 2 estão ilustradas as plantas baixa e imagens dos projetos de Maringá, Sarandi e Paiçandu. Na Figura 3 estão descritos os sistemas das envoltórias externas e na Figura 4 estão ilustrados os sistemas de aberturas, sendo que ambos os sistemas se apresentaram iguais para os três municípios.



Figura 2 – Planta baixa e imagens dos projetos de Maringá, Sarandi e Paiçandu. **Fonte:** Prefeituras dos Municípios de Maringá, Sarandi e Paiçandu, dados organizados pelos autores, 2020.

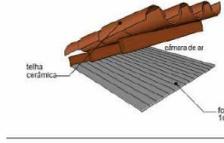
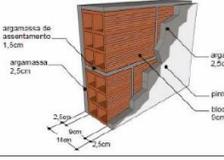
COMPONENTE	DESCRIÇÃO	IMAGEM
Área Total	Variável	—
Pé-direito	2,60 m	—
Cor da Parede Externa	Variável em tom claro	—
Sistema de Cobertura	Telha de cerâmica tom laranja com forro de PVC e câmara de ar maior que 5,0 cm	
Sistema de Vedações Verticais	Parede em alvenaria convencional composta de argamassa interna, bloco cerâmico de seis furos, argamassa externa (espessura de 14 cm)	

Figura 3 – Sistema de vedações vertical e horizontal dos projetos de Maringá, Sarandi e Paiçandu.

Fonte: Prefeituras dos Municípios de Maringá, Sarandi e Paiçandu, dados organizados pelo autor, 2020. ABNT NBR 15220:2005, dados organizados pelos autores.

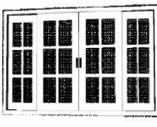
AMBIENTE	DESCRIÇÃO	IMAGEM
Porta da cozinha	Porta de abrir em ferro com visor em vidro incolor translúcido na parte superior (0,80 x 2,10 m)	
Janela Cozinha	Janela basculante com vidro incolor translúcido (0,80 x 1,20 m)	
Janela Dorm. 1e 2 Sala	Janela deslizante com Pinázio, 4 folhas (2 fixas e 2 móveis) em ferro com vidro translúcido (1,20 x 0,90 m)	
Janela BWC	Janela basculante em ferro com vidro translúcido (0,60 x 0,60 m)	

Figura 4 – Sistema de aberturas dos projetos de Maringá, Sarandi e Paiçandu. **Fonte:** Prefeituras dos Municípios de Maringá, Sarandi e Paiçandu, dados organizados pelo autor, 2020. ABNT NBR 15220:2005, dados organizados pelos autores.

Caracterização do espaço: diretrizes para aglomerado Sarandi - Maringá - Paiçandu

Segundo a ABNT NBR 15220: 2005, a região onde se insere a cidade de Maringá está caracterizada por zona bioclimática 1, porém, em nota técnica emitida pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (Labeee) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a zona bioclimática para a cidade de Maringá deverá ser considerada como zona bioclimática 3 (a mesma que contempla a cidade de Londrina/PR). Trata-se de uma zona de conforto em dias de umidade baixa. Essas normas trazem recomendações e estratégias para este bioclima com premissas de projeto que auxiliam na redução do consumo de energia durante a fase de uso e manutenção dos edifícios, ao evitar aquecimento e resfriamento por equipamentos elétricos.

De acordo com a ABNT NBR 15220:2005, a região de Maringá necessita das estratégias B, C, F, I e J, sendo:

- **Estratégia B:** A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação das superfícies envidraçadas, podem contribuir para aperfeiçoar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes por meio do aproveitamento da radiação solar;
- **Estratégia C:** Adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido;
- **Estratégia F:** As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes;
- **Estratégia I e J:** A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também se deve atentar para os ventos dominantes predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Análise do Objeto de Estudo: o edifício - Resumo comparativo

Os três projetos analisados apresentaram características semelhantes em relação ao arranjo físico, principalmente os de Maringá e o de Paiçandu, que são modelos ofertados pela COHAPAR. O projeto de Sarandi não possui varanda frontal, além de possuir a menor área para circulação interior (1,10 m²). Na Figura 5, estão apresentados os dados geométricos referentes às áreas dos ambientes dos três projetos em estudo.

Na Figura 6, apresenta-se um resumo comparativo dos resultados para os três projetos frente aos requisitos da norma ABNT NBR 15575: 2013 e do Procel Edifica. Os projetos encontrados para os três municípios apresentaram características similares, quanto aos sistemas de cobertura, vedações verticais externas, sistema de aberturas e disposição do arranjo físico. Os três projetos apresentaram deficiências quanto aos requisitos da área de ventilação natural proporcionado pelas janelas, com o agravante da ausência de mecanismos para controle da incidência solar no interior dos ambientes. Fato, este, que gerou similaridades nos resultados, com uma classificação geral da eficiência energética da envoltória em nível C, de acordo com o RTQ-R ($C = 2,5 \leq \text{pontos} < 3,5$), conforme ilustrado na Figura 7. O maior valor foi obtido para o projeto de Sarandi/PR para a orientação da fachada principal voltada para o norte (3,17). O menor valor foi obtido para o projeto de Paiçandu/PR com orientação da fachada principal voltada para oeste (2,36).

Ambiente	Áreas Projeto Maringá/PR (m²)	Áreas Projeto Sarandi/PR (m²)	Áreas Projeto Paiçandu/PR (m²)
1º Dormitório	8,40	8,63	7,92
2º Dormitório	5,99	7,68	6,51
Sala/Cozinha	14,05	17,22	14,91
Banheiro	2,41	4,77	2,31
Varanda	2,36	--	2,36
Circulação	1,26	1,10	1,13
Total Área Útil	34,71	39,04	35,14
A. Const. Total	40,80	45,51	40,80

Figura 5 – Áreas por ambientes do projeto de Maringá, Sarandi e Paiçandu. Fonte: Prefeitura do Município de Maringá (2013); Prefeitura do Município de Sarandi (2013); Prefeitura do Município de Paiçandu (2013), dados organizados pelos autores.

Método de Avaliação		Classificação		
		Projeto Maringá/PR	Projeto Sarandi/PR	Projeto Paiçandu/PR
NBR ABNT 15575: 2013 (Pré-requisitos)	Sist. Vedações Verticais	Atende	Atende	Atende
	Sist. Cobertura	Atende	Atende	Atende
	Sistema Iluminação	Não Atende	Não Atende	Não Atende
	Sistema Ventilação	Não Atende	Não Atende	Não Atende
Procel Edifica - RTQ-R (Nível de eficiência energética)		2,63 – 2,76 (Nível C)	2,53 – 3,17 (Nível C)	2,36 - 2,53 (Nível C)

Figura 6 – Quadro resumo dos resultados para os três municípios analisados Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise dos dados da Figura 8, identificaram-se as orientações da locação em relação às orientações da fachada frontal, para se obter um melhor desempenho energético. Concluiu-se que para Maringá e Sarandi, o alinhamento da fachada em relação à posição leste, deve ser evitado por apresentar um menor desempenho do consumo energético. Já para Paiçandu, o alinhamento da fachada em relação à posição sul apresentou o menor desempenho em todas as simulações realizadas para os três projetos. O melhor resultado alcançado pelo projeto implantado pelo município de Paiçandu é equivalente ao pior resultado alcançado pelo projeto utilizado pelo município de Sarandi.

Orientação	Indicadores	Valores obtidos para Grau-hora resfriamento e consumo relativo para aquecimento (Sarandi/PR)						Valores obtidos para Grau-hora resfriamento e consumo relativo para aquecimento (Maringá/PR)						Valores obtidos para Grau-hora resfriamento e consumo relativo para aquecimento (Paiçandu/PR)					
		Dom. 1	Dom. 2	Sala/Coz.	Ponderação pelas áreas	Pontuação Final**	Nível Eficiência da UH	Dom. 1	Dom. 2	Sala/Coz.	Ponderação pelas áreas	Pontuação Final**	Nível Eficiência da UH	Dom. 1	Dom. 2	Sala/Coz.	Ponderação pelas áreas	Pontuação Final**	Nível Eficiência da UH
		Norte	2458	2410	2820	2,49	3,17	C	2538	2664	3119	2	2,76	C	2394	2600	3033	1,73	2,53
Sul	14,913	13,596	13,985	3	2,86	C	13,971	12,123*	13,158	3	2,78	C	14,064	13,293	13,258	3	2,46	C	
Leste	2577	3091*	3391	1,49	2,53	C	2910	2646	2469	2	2,83	C	2169	2631	2756	2,27	2,53	C	
Oeste	12,260*	13,421	15,50	3	2,86	C	12,101*	11,966*	14,661	3	2,76	C	13,802	11,892	14,635	3	2,36	C	

GHr= Graus-hora resfriamento (°C.h), CA= Consumo relativo para aquecimento (kWh/m².ano), UH= unidade habitacional

*Valor que enquadraria no nível B

**Valor acrescido da bonificação

Figura 7 – Valores obtidos para Graus-hora resfriamento e consumo relativo para aquecimento para os Projetos de Sarandi, Maringá e Paiçandu.

Orientações e recomendações

O estudo apontou falhas durante a fase de concepção do projeto, implantação e gerenciamento dos empreendimentos. Tais falhas serviram de orientação para traçar diretrizes a serem tomadas ao se iniciar novos empreendimentos de HIS, na região do aglomerado Sarandi – Maringá – Paiçandu. Na Figura 9 e 10, estão apresentadas as recomendações divididas em três áreas: planejamento local, paisagismo e projeto arquitetônico.

Para os empreendimentos dos três municípios, quando analisada a eficiência energética, constatou-se baixa classificação, se avaliadas frente aos critérios do Procel Edifica. Uma das causas deve-se ao dimensionamento e modelo inadequado das aberturas externas. Assim, faz-se necessária a reavaliação dos critérios de aprovação de projetos arquitetônicos de HIS, por parte dos órgãos públicos. Também se constatou que o paisagismo no interior do lote poderia amenizar os ganhos térmicos pelas aberturas externas.

A falta de um sistema de aquecimento solar para água do banho foi outro motivo para os empreendimentos situados nos municípios de Maringá e Paiçandu não apresentarem eficiência energética satisfatória. Este conjunto de medidas serviria para reduzir contas de serviços públicos, o que auxiliaria nas condições de quitação da moradia.

ÁREAS	ORIENTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES
Planejamento Local	Implantar paisagismo em relação à locação das edificações dentro do lote, para controlar a exposição ao sol durante a estação quente.
	Maximizar o uso de ventilação natural.
Paisagismo	Introduzir o paisagismo na concepção do projeto dos espaços públicos abertos.
	Usar plantas nativas resistentes e de fácil manutenção.
	Escolher vegetação adequada para cada fachada (espécies caducifólias para fachadas leste e sul; espécies perenifólias para as fachadas norte e oeste).
	Prever corredores ecológicos por meio de projeto paisagístico viário.
	Fornecer boa sombra nos espaços públicos abertos.
	Aumentar o sombreamento das áreas pavimentadas.
	Fornecer paisagismo dentro dos lotes, para auxiliar no sombreamento do estacionamento dos veículos automotores.

Figura 8 – Orientações e recomendações de projeto para a região em estudo. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os projetos analisados não apresentaram sistema de captação e reutilização de águas pluviais. A ausência deste sistema não permitiu aos projetos receberem a bonificação do Procel Edifica quanto à presença de dispositivos economizadores de água. Isto porque de acordo com o RTQ-R, somente será concedida esta bonificação se houver o sistema referido. Portanto, mesmo que os projetos fossem equipados com dispositivos economizadores de água, também necessitaria a instalação de um sistema de captação e reutilização de águas pluviais.

ÁREAS	ORIENTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES
Projeto Arquitetônico	Proporcionar o acesso das pessoas com deficiências através da disponibilização de rampas com inclinações e larguras adequadas, além de pavimentação livre de obstruções.
	Otimizar a orientação das fachadas, para reduzir ganhos de radiação solar nas fachadas leste e oeste.
	Fornecer diversidade de modelos de projetos habitacionais.
	Prever mecanismos de proteção nas aberturas externas, para reduzir ganhos energéticos devido à radiação solar no interior das edificações.
	Prever espaço para coleta seletiva de lixo
	Permitir a participação dos futuros usuários no processo de escolha do projeto, para reduzir alterações no imóvel após a ocupação.
	Preferir cores claras para as fachadas.
	Prever sistema de aquecimento solar para banho.
	Prever sistema de captação e reutilização de águas pluviais.
	Prever sistema de cobertura com telhas de cor clara.

Figura 9 – Orientações e recomendações de projeto para a região em estudo. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

O paisagismo não é visto como parte integrante do projeto, cumprindo apenas a função de arborização viária. Não apresenta caráter estético funcional, sendo ausente dentro dos lotes o que não colabora no desempenho ambiental das unidades habitacionais.

Conclusões

O método proposto possibilitou atingir os objetivos almejados para este trabalho. A aplicação do método prescritivo do RTQ-R (Procel Edifica) possibilitou reconhecer as ineficiências energéticas de projeto baseado no que prescreve a norma ABNT NBR 15575: 2021. Em conjunto, as ferramentas (ABNT NBR 15220: 2005, ABNT NBR 15575: 2021 e RTQ-R) possibilitaram uma avaliação ampla ao atingir os objetivos da pesquisa. Porém, se estas ferramentas fossem utilizadas separadas, talvez não fosse possível obter êxito nos resultados.

As orientações e recomendações apontadas neste estudo devem ser introduzidas sistematicamente, para criar uma melhor qualidade de projeto e gerar comunidades mais sustentáveis. Neste quesito, as prefeituras dos municípios, a Caixa Econômica Federal e a Companhia de Habitação do Paraná assumem um papel importante como incentivadores de mudanças nos modelos e processos de produção local. As prefeituras deveriam adotar um código de obras com requisitos que atendam aos padrões de aberturas prescritas pela ABNT NBR 15575: 2021. A COHAPAR, enquanto fornecedora de projeto padrão, deveria revisar os projetos de acordo com as especificidades de cada localidade a qual a instituição se propõe a atender. Portanto, fornecer um conjunto de projetos específicos para cada Zona Bioclimática, conforme requisitos da ABNT NBR 15575: 2021, ABNT NBR 15220: 2005 e RTQ-R.

Para obter edificações com uma maior eficiência e um melhor desempenho ambiental, a simulação de projetos deveria fazer parte do processo de elaboração de projetos de arquitetura, bem como do processo de implantação de programas habitacionais.

Novos estudos são necessários para uma avaliação mais aprofundada da relação do projeto no desempenho ambiental de habitações de interesse social. Deve-se avaliar o custo que as recomendações deste estudo apontaram, para que se tenha uma análise mais ampla quanto às decisões de projeto.

Referências

ABRAHÃO, Karla Cristina de Freitas Jorge; SOUZA, Gonçalves Vieira de. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial no Brasil por região geográfica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 383-408, abr./jun. 2021. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ac/a/MC5DNWHS46jH6hCKKtCzFCc/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico das edificações – parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – desempenho: parte 4 – requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais – desempenho: parte 5 – requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2021.

BORTOLI, K. Carrer Ruman de; VILLA, S. Barbosa. Conforto ambiental como atributo para a resiliência em habitações de interesse social brasileiras. **Revista Projetar** - Projeto e Percepção do Ambiente, v. 5, n. 3, p. 126-140, 22 set. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/20077>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto N. 4.059**, de 19 de dezembro de 2001, que regulamenta a Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm>. Acesso em: 05 jun. 2022.

BRIBIÁN, I. Z et al. A. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. **Building and Environment**, n.46, 2011, p.1133-1140 (2011). Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132310003549>>. Acesso em 19 jun. 2022.

CARLO, J. C; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no Regulamento de Etiquetagem da Eficiência Energética de Edifícios: parte 1 – método prescritivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/11790>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DIAS, S. **Dica para vender imóveis: selo de eficiência gera economia de até 50% na conta de luz**. Vivareal (2011). Disponível em < <http://blog.vivareal.com.br/2011/10/17/dica-para-vender-imoveis-selo-de-eficiencia-gera-economia-de-ate-50-na-conta-de-luz/> >. Acesso em 20 jul. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço energético nacional**: relatório síntese 2021 – ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. **Déficit habitacional**: metodologia do déficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil – 2016 - 2019. Belo Horizonte: FJP, 2021.

ESCORCIA, O. et al. Mejoramientos de envolvente para la eficiencia energetica de viviendas en el centro-sur de Chile. **Informes de la Construcción**, Madrid, V. 64, n. 528, p.563-574, out./dez. 2012. Disponível em: <<https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2304>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GHISI, E; GOSH, S; LAMBERTS, R. Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. **Energy Police**, v. 35, l. 8, p. 4107-4120, aug. 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421507000559>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

GHIZZO, Márcio Roberto; ROCHA, Marcio Mendes. A mobilidade do consumo no aglomerado urbano de Maringá-Pr. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 46, p.314-332, mai/ago 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/P.2318-2962.2016v26n46p314>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R)**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Capítulo Energia. 2007: Projeto Tecnologias para a Construção Habitacional mais Sustentável. In: **Relatório Estado da Arte**. São Paulo: USP, 2007. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-2_energia.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

LEDUC, J. L. G. M. **Procel Edifica**: eficiência energética em edificações, ações desenvolvidas. (2008). Disponível em < <http://www.eletrabras.gov.br> >. Acesso em 10 ago. 2022.

LIMA, T. B. S. **Qualidade Ambiental e Arquitetônica em Edifícios de Escritórios**: Diretrizes Para Projetos em Brasília. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

MEDEIROS, H. Procel Edifica: Etiqueta de Eficiência Energética em Edificações. **Revista Projeto**, Edição 56, 2009. Disponível em: <<https://revistaprojeto.com.br/acervo/procel-edifica-etiqueta-de-11-12-2009/>>. Acesso em 20 ago. 2022.

PAIÇANDU. Prefeitura do Município de Paiçandu. **Plano local de habitação de interesse social**. Maringá: Observatório das Metrôpoles - núcleo Maringá, 2008.

PICCOLI, R. et al. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, jul./set. 2010, p. 69-79, 2010. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/10021>>. Acesso em 20 ago. 2022.

RAFTERY, P. et al. Calibrating whole building energy models: an evidence-based methodology. **Energy and Buildings**, v. 43, i. 9, p. 2356-2369, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778811002349>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SARANDI. Prefeitura do Município de Sarandi. **Plano local de habitação de interesse social. Sarandi**, 2008.

SCALCO, V. A. et al. Innovations in the Brazilian regulations for energy efficiency of residential buildings. **Architectural Science Review**, v. 55, l. 1, p. 71-81, 2012. Disponível em: <[HTTPS://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2011.641731?journalCode=tasr20](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2011.641731?journalCode=tasr20)>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SILVA, A. S; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. **Ambiente Construído** (online). Porto Alegre, 2014, v.14, n.1, p. 215-230. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/40213>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

TUBELO, R. C. S. et al. A comparative study of the Brazilian energy Labelling System and the passivhauss standard for housing. **Buildings**, v. 4, n. 2, p. 207-221, may, 2014. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-5309/4/2/207>>. Acesso em: 10 ago. 2022.