XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

A padronização do crescimento imobiliário no subúrbio do Rio de Janeiro e seu impacto no desempenho termoenergético: um estudo de caso

La estandarización del crecimiento inmobiliario en los suburbios de Río de Janeiro y su impacto en el rendimiento termoenergético: un estudio de caso

The standardization of real estate growth in the suburbs of Rio de Janeiro and its impact on thermo energetic performance: a case study

Eficiência Energética / *Eficiencia Energética / Energy Efficiency*

Reyes, Julia da Rocha Paula
Arquiteta, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, julia.reyes@fau.ufrj.br

Brasileiro, Alice
D. Sc., Arquiteta, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, alicebrasileiro@fau.ufrj.br

Velasco, Reila Vargas
D. Sc., Engenheira Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, reila@fau.ufrj.br

Resumo

Subúrbio do Rio de Janeiro, a região do Grande Méier vem crescendo com novos lançamentos imobiliários. Esses condomínios, em sua maioria, seguem a mesma linguagem: fachadas sem elementos de sombreamento e tipologias com pouca permeabilidade aos ventos. Com isso, os usuários habitam residências que podem demandar mais pela climatização artificial, aumentando a demanda energética. Assim, a pesquisa tem como objetivo estudar soluções que poderiam ter sido tomadas na etapa projetual, buscando um melhor desempenho termoenergético. Uma planta de dois quartos do Condomínio Norte Village foi selecionada para as simulações computacionais via EnergyPlus, seguindo os métodos da NBR 15575 (2021) e INI-R (2022). A condição existente obteve desempenho mínimo/classificação "C". Foram observadas melhoras significativas nos modelos com brises/venezianas e nos modelos com concreto leve com EPS nas vedações verticais. O modelo que provou ser o mais eficiente foi com a junção de estratégias, alcançando desempenho superior/classificação "A".

Palavras-chave: Desempenho termoenergético. Simulação computacional. Eficiência energética. INI-R. NBR 15575.

Resumen

Suburbio de Río de Janeiro, la región del Grande Méier viene creciendo con nuevos lanzamientos inmobiliarios. Estos condominios, en su mayoría, siguen una estandarización: fachadas sin elementos de sombreado y tipologías con poca permeabilidad a los vientos. Con esto, los usuarios habitan residencias que pueden demandar más por la climatización artificial, aumentando la demanda energética. La investigación tiene como objetivo estudiar soluciones que podrían haber sido tomadas en la etapa proyectual, buscando un mejor rendimiento termoenergético. Una planta de dos cuartos del Condominio Norte Village fue seleccionada para las simulaciones computacionales vía EnergyPlus, siguiendo los métodos de NBR 15575 (2021) e INI-R (2022). La condición existente obtuvo desempeño mínimo/clasificación "C". Fueron observadas mejoras significativas en los modelos con brises/venecianas y con concreto leve con EPS en las paredes. El modelo que probó ser el más eficiente fue con la unión de estrategias, alcanzando desempeño superior/clasificación "A".

Palabras clave: Rendimiento termoenergético. Simulación computacional. Eficiencia energética. INI-R. NBR 15575.

Abstract

In the suburbs of Rio de Janeiro, the Grande Méier region has been growing with new real estate developments. These condominiums, for the most part, follow the same pattern: facades without shading elements and typologies with little permeability to the winds. As a result, users inhabit residences that may demand more artificial cooling, increasing energy demand. This research aims to study solutions that could have been taken in the design stage, seeking better thermo energetic performance. A two-bedroom floor plan from the Norte Village Condominium was selected for computational simulations via EnergyPlus, following the methods of NBR 15575 (2021) and INI-R (2022). The existing condition obtained minimum performance/classification "C". Significant improvements were observed in the models with brises/blinds and with lightweight concrete with EPS in the walls. The model that proved to be the most efficient was with the combination of strategies, achieving superior performance/classification "A".

Keywords: Thermo energetic performance. Computational simulation. Energy efficiency. INI-R. NBR 15575.

Introdução */ Introducción / Introduction*

A região do Grande Méier, Zona Norte do Rio de Janeiro, vem passando por um forte crescimento imobiliário devido a promulgação da Lei Nº 4.125/2005, que declarou a região como uma Área de Especial Interesse Urbanístico (AEIU), impulsionando a construção de novas edificações em lotes de remanescentes industriais e gerando uma nova centralidade (Daniel, 2014). A região ainda conta com a presença de importantes artérias viárias da cidade, como Linha Amarela e Avenida Dom Hélder Câmara, além de polos atrativos de lazer, como o Norte Shopping e o Estádio Nilton Santos, que concentra desde jogos de futebol até grandes shows internacionais.

Apesar de serem feitas por construtoras diferentes, as edificações residenciais recentes da região seguem o mesmo padrão de condomínios fechados de classe média, com unidades habitacionais padronizadas e tipologias repetitivas de grande rigidez construtiva (Costa, 2020). As fachadas são similares e desprovidas de elementos de sombreamento, geralmente com cores claras e todas com janelas estreitas de duas folhas de correr e varandas (Figura 1). As plantas baixas possuem a mesma setorização, a maioria sem possibilidade de ventilação cruzada, e estas se repetem em fachadas distintas e, consequentemente, orientações diferentes, porém com a mesma solução projetual.

Figura 1: Fachadas das edificações da região.



Fonte: Autora (2025).

A falta de estratégias bioclimáticas nas edificações, assim como outros fatores, pode gerar uma maior necessidade do uso da climatização artificial, aumentando a demanda energética. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2023, o setor residencial é responsável por 26,6% do consumo de energia no país, ou seja, mais de um quarto do consumo total, demonstrando o peso das propostas e escolhas de um projeto arquitetônico. Diversos autores reforçam a

importância de se projetar edificações que se adequam ao meio ambiente e ao clima no qual estão inseridas, principalmente devido às mudanças climáticas atuais e o aumento da temperatura global (Copernicus, 2025; Gonçalves e Bode, 2015; Lamberts et al., 2014). Cada vez mais estudos demonstram a importância de se buscar um melhor desempenho termoenergético da unidade habitacional, assim como o conforto ambiental dos usuários (Cavalcanti e Monteiro, 2023; Sacramento et al, 2022; Simões e Leder, 2022). Logo, fica evidente a importância e a urgência de se pensar uma arquitetura pautada na qualidade ambiental e na eficiência energética das edificações. Assim, o trabalho tem por objetivo estudar possíveis soluções arquitetônicas que poderiam ter sido definidas na etapa projetual, buscando melhorar o desempenho termoenergético da unidade habitacional.

Metodologia */ Metodología / Methodology*

Foi desenvolvida uma pesquisa por Reyes (2023) sobre os vários lançamentos imobiliários na região do Grande Méier, nas duas últimas décadas, analisando suas semelhanças arquitetônicas e padronização. Desta primeira etapa, foi selecionado o condomínio Norte Village (Figura 2). A unidade habitacional (UH) escolhida foi uma planta padrão, de pavimento tipo, que se repete em 5 dos 6 blocos, constituída por sala, cozinha, varanda, dois quartos e banheiro, com aproximadamente 50m² (Figura 3). Para modelagem, a UH foi dividida nas seguintes zonas térmicas: Z1 (sala), Z2 (quarto 01), Z3 (quarto 02), Z4 (banheiro) e Z5 (cozinha), sendo que somente as três primeiras são consideradas como Ambientes de Permanência Prolongada (APPs).

Figura 2: Implantação do Norte Village.



Fonte: Google Earth (2023), adaptado pela autora (2025).

Figura 3: Modelagem da Unidade Habitacional.

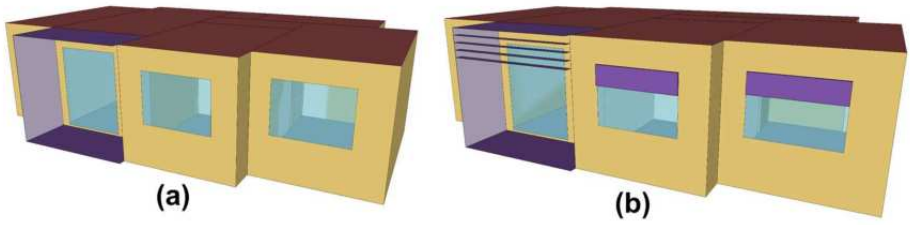


Fonte: Autora (2023).

As paredes da UH são compostas por alvenarias estruturais de bloco de concreto de 10cm, revestidas com argamassa e pintura, e janelas de duas folhas de correr. Vale ressaltar que o valor

de absortância da argamassa externa foi considerando a cor da fachada original, ou seja, antes da passagem do tempo e de possíveis impurezas. Além do modelo real, também foram simuladas unidades habitacionais com alterações na materialidade e na composição das fachadas, buscando um maior desempenho termoenergético. Assim, foi simulado um modelo com brises horizontais na varanda dispostos 15cm a partir do teto em direção ao piso, deixando um vão livre de 2,0m, e venezianas horizontais nos dois quartos, externas às janelas e fechadas a 1/3 do vão (Figura 4), buscando um maior sombreamento das aberturas, mas sem prejudicar a vista. Outro modelo simulado foi com alterações na materialidade das vedações verticais, utilizando concreto leve com pérolas de EPS, buscando, por meio desse material leve, um melhor desempenho energético. A Tabela 1 apresenta as propriedades termofísicas dos modelos simulados.

Figura 4: Comparação entre o modelo real (a) e modelo com elementos de sombreamento (b).



Fonte: Autora (2023).

Tabela 1: Propriedades termofísicas.

Alvenaria (10cm)	**U (W/m²k)**	**CT (kJ/m²k)**
Modelo real [1]	4,68	240
Modelo com EPS [2]	3,48	177,5
Vidro	**U (W/m²)**	**FS**
Vidro comum 3mm	5,745	0,694
Cor	**α**	
Branco Gelo [3]	0,37	

[1] Almeida, 2019; [2] Silva, 2021; [3] Manual RAC - INMETRO, 2022

Fonte: Autora (2025).

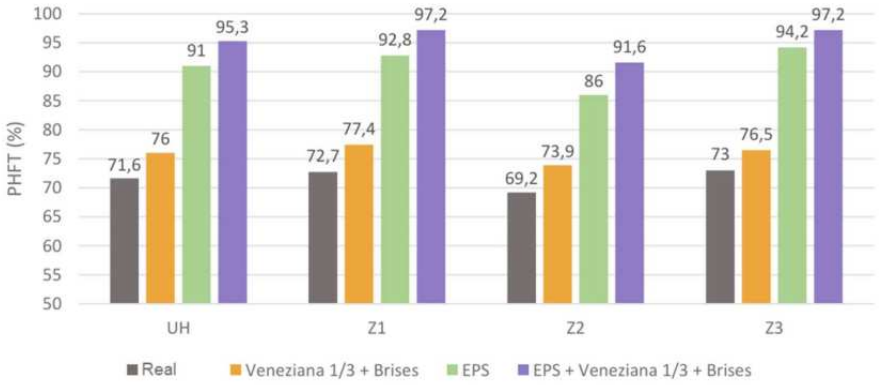
As simulações computacionais foram realizadas a partir do programa EnergyPlus (versão 9.2), o plugin Euclid (versão 0.9.4.2) e os softwares Autocad (versão 2024) e SketchUp (versão 2017). Foi utilizado o arquivo climático do Aeroporto Tom Jobim (tipo TMY) com recorte temporal de 2007

a 2021, visto que era o mais atualizado durante o ano no qual a pesquisa foi realizada. Para todos os modelos simulados foi considerada uma mesma orientação de 346°, visto que era a mais problemática dentre as analisadas por Reyes (2023). Os métodos e parâmetros inseridos, estabelecidos pela NBR 15575 (2021) e INI-R (2022), foram padrão de ocupação, taxa metabólica, uso de ventilação natural e do sistema de iluminação, cargas internas dos equipamentos e densidade de potência instalada (DPI). Como dados de saída, foram pedidos a carga térmica de resfriamento (CgTR) e a temperatura operativa (TOmáx) de cada APP, a partir da qual foi calculado o percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT). A carga térmica de aquecimento (CgTA) não foi calculada, por não ser necessária, visto que a temperatura anual média do arquivo climático se encontra dentro do intervalo 2, no qual, de acordo com a norma, não é considerado a CgTA. Logo, a carga térmica total (CgTT) é igual a carga térmica de resfriamento. Para análise dos dados e avaliação dos resultados, foi utilizado o método de comparação entre um modelo real e um modelo de referência, seguindo os parâmetros estabelecidos pelas normas já citadas anteriormente.

Resultados e discussões */ Resultados y discusiones / Results and discussions*

Como primeira análise, a figura 5 apresenta os resultados do parâmetro PHFT dos modelos simulados tanto da unidade habitacional quanto das zonas térmicas Z1, Z2 e Z3.

Figura 5: Gráfico com os resultados do PHFT dos modelos simulados.

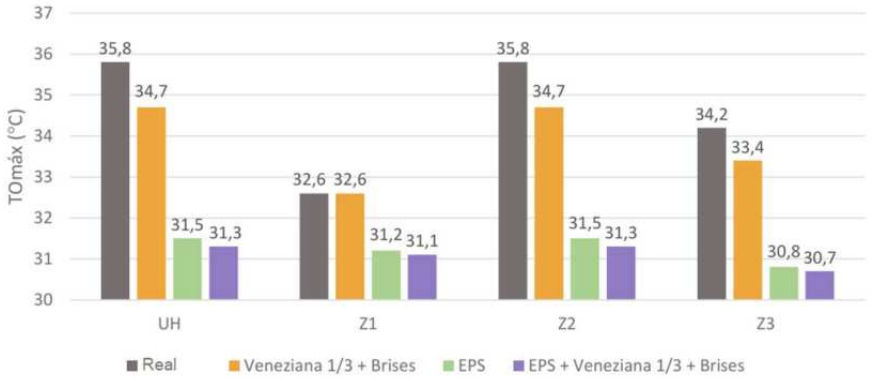


Fonte: Autora (2023).

O APP com o pior resultado é o da Z2, sendo o único a apresentar um PHFT abaixo de 70% no modelo real, devido ao seu posicionamento na UH, visto que a zona possui mais fachadas expostas à insolação direta e menos sombreamento que as zonas 1 e 3. Mesmo nos outros modelos simulados, essa zona segue com resultados menores do que quando comparada às outras zonas, comprovando o impacto da sua posição na fachada em relação ao desempenho termoenergético. Fica evidente a melhora nos resultados, tanto na unidade habitacional como nos APPs, à medida que brises e venezianas são adicionados ao modelo.

No modelo com EPS, a UH atingiu uma melhora de 27,1% em relação ao modelo real e a Z2 com uma melhora de 24,3% em relação ao modelo real. Apesar de ser o APP mais exposto à radiação solar, observa-se um bom desempenho termoenergético quando utilizada a alvenaria com EPS. No modelo com a junção de estratégias, todos os APPs e a UH alcançaram valores de PHFT acima de 90%, provando ser o modelo mais eficaz. Tanto a Z1 como a Z3 obtiveram os mesmos valores de PHFT, com 97,2% de horas de ocupação, sendo o melhor resultado obtido em todas as simulações. Já a Z2 atingiu um PHFT de 91,6% no último modelo simulado, com uma melhora de 32,3% em relação ao modelo real. Apenas no modelo com a junção de estratégias (EPS + Veneziana ⅓ + Brises) é que essa zona atingiu um percentual de horas de ocupação acima de 90%. Assim, a junção de estratégias provou ser o modelo mais eficaz, em relação ao desempenho termoenergético. Sobre o parâmetro TOmáx, os resultados estão apresentados na Figura 6.

Figura 6: Gráfico com os resultados da TOmáx dos modelos simulados.

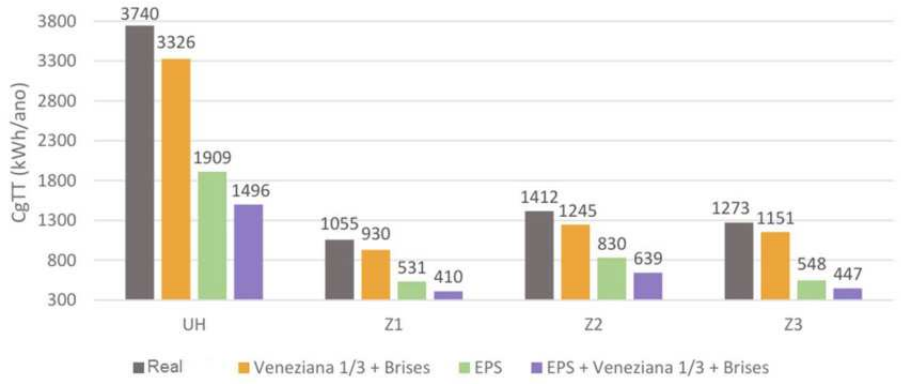


Fonte: Autora (2023).

O APP que obteve os melhores resultados foi a Z1, com temperaturas abaixo de 33°C. Isso se deve, provavelmente, ao recuo da varanda, atuando como um elemento de sombreamento, e às dimensões da abertura, auxiliando na permeabilidade aos ventos, unindo as duas principais estratégias bioclimáticas para o Rio de Janeiro (ProjetEEE, 2025). A Z2 atingiu as maiores temperaturas, demonstrando ser o ambiente com o pior desempenho térmico. Como consequência, nos quatro modelos simulados, a TOmáx sempre assume o valor obtido pela Z2, visto que a TOmáx da UH corresponde à maior temperatura operativa encontrada, de acordo com a NBR 15575. Porém, é visível uma melhora na UH à medida que os brises e as venezianas são adicionados, inclusive na zona 3 que, no modelo real, não possui elementos de sombreamento na fachada.

O modelo com EPS alcançou uma melhora de 12% na unidade habitacional, em relação ao modelo real. Os modelos com adição de EPS e EPS com elementos de sombreamento são os únicos a registrar temperaturas abaixo de 32°C nas três APPs. A unidade habitacional do modelo com junção de estratégias (EPS + Veneziana ⅓ + Brises) obteve uma melhora cerca de 12,6% em relação ao modelo real, com uma queda de 4,5°C na temperatura. Nas zonas dos quartos (Z2 e Z3), a melhora na temperatura, com o posicionamento de venezianas e/ou adição de EPS, é mais significativo do que na Z1, provavelmente devido ao fato de que os quartos não possuem elementos de sombreamento próprios no modelo real, enquanto a sala é parcialmente sombreada pela varanda. Como último parâmetro analisado, a Figura 7 apresenta os resultados da CgTT para todos os modelos simulados.

Figura 7: Gráfico com os resultados da CgTT dos modelos simulados.



Fonte: Autora (2023).

A Z1 segue com os melhores resultados dentre os obtidos, sendo o único APP a atingir CgTT abaixo de 1100kWh/ano já no modelo real, fato que só ocorre nas outras zonas em alguns modelos com alterações. É possível perceber uma redução na CgTT com a adição dos elementos de sombreamento, porém não é tão significativa quanto a alteração dos componentes construtivos. A unidade habitacional do modelo com EPS apresentou uma redução de, aproximadamente, 49% em relação ao modelo real. Ou seja, o uso de concreto leve com EPS nas envoltórias causou uma redução de quase metade da CgTT da UH. O mesmo padrão pode ser observado ao analisar as zonas separadamente. Até mesmo a Z2, considerado o APP com o pior desempenho devido ao seu posicionamento na unidade habitacional, apresentou CgTT abaixo de 850kWh/ano no modelo com EPS, com uma redução de 41,2% em relação ao modelo real.

A unidade habitacional representada pelo modelo que contém todas as estratégias apresentou o melhor desempenho, com a menor CgTT (1496 kWh/ano). A melhoria no desempenho representou uma redução de 60% em relação ao modelo real. Novamente, os modelos com EPS apresentaram o melhor desempenho, sendo os únicos a alcançarem valores abaixo de 1000kWh/ano nos três APPs, com exceção da Z1, que no modelo apenas com as venezianas já alcança esse patamar. Logo, torna-se evidente como é possível atingir um bom desempenho termoenergético adotando diversas estratégias que se complementam.

Por fim, no que diz respeito à classificação de desempenho termoenergético dos modelos simulados, o modelo real alcançou desempenho mínimo pela NBR 15575, equivalente à classificação C via INI-R. Já o modelo com os elementos de sombreamento (brises horizontais + venezianas) atingiu desempenho intermediário e classificação B, demonstrando a importância dos elementos de sombreamento para melhorar o desempenho/classificação. O modelo com EPS obteve desempenho superior e classificação A. Logo, as simulações demonstraram a importância da utilização de materiais com propriedades térmicas que permitam um melhor desempenho nas vedações verticais, principalmente em edifícios multifamiliares, visto que nestes o ganho térmico dos pavimentos tipo se dá mais pela vedação vertical do que pela cobertura. Apesar do nível mais alto já ter sido atingido apenas com o modelo com EPS, o modelo com a junção de estratégias (EPS + Veneziana ⅓ + Brises) foi simulado devido a falta de elementos de sombreamento nas aberturas (seguindo o modelo real), buscando um modelo mais completo no que diz respeito às estratégias bioclimáticas. Provou ser o modelo mais eficaz, demonstrando a importância de analisar a edificação como um todo, entendendo como cada elemento pode complementar o outro na busca por uma melhora no desempenho termoenergético e na eficiência energética das edificações.

Considerações finais */ Consideraciones finales / Final considerations*

Os resultados obtidos nas simulações computacionais demonstraram uma melhora no desempenho termoenergético, resultado do aumento no sombreamento das aberturas e da envoltória, bem como da alteração dos componentes construtivos da UH. Todos os modelos em que são propostas modificações alcançaram uma classificação superior do que quando comparados com o modelo real. As experimentações realizadas comprovam como soluções tomadas na etapa projetual podem levar a uma edificação mais eficiente energeticamente e como a simulação computacional pode ser uma importante ferramenta de pesquisa e análise. Ressalta-se que embora o processo de projeto, principalmente de grandes empreendimentos imobiliários, envolva análise de custo e o orçamento representa um limitador de decisões, estas análises não foram consideradas. Todos os apontamentos no trabalho são baseados somente no seu desempenho termoenergético.

Referências */ Referencias / References*

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Edificações Habitacionais – Desempenho**. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2021.

Almeida, T. P. **A influência dos materiais de sistemas de vedações verticais no desempenho termo-energético de edificações**: habitações de interesse social no Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

Brasil. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Manual RAC - Catálogo de propriedades térmicas**. Brasil, 2022.

Brasil. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasil, 2022.

Cavalcanti, F. S.; Monteiro, L. M. Desempenho térmico de edificações multifamiliares naturalmente ventiladas considerando as mudanças climáticas para Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. **Anais [...]**. [S. l.], 2023.

Copernicus Climate Change Service. **Global Climate Highlights 2024**. Disponível em:<https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024?utm_source=socialmedia&utm_medium=tw&utm_campaign=global-climate-highlights-2024>. Acesso em: 28 jan 2025.

Costa, C. T. N. **Vizinhança Suburbana** - Um ensaio projetual no Cachambi. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Daniel, N. G. M. **O subúrbio como alternativa ao crescimento urbano** - o exemplo de Del Castilho. Trabalho de Conclusão de Curso, Especialização em Política e Planejamento Urbano, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Balanço Energético Nacional 2023** – Relatório Final - Ano Base 2022, Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2023. Disponível em:< https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 17 jun 2024.

ProjetEEE. **Estratégias Bioclimáticas**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

Gonçalves, J. C. S., Bode, K. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2014.

Reyes, J. R. P. **O crescimento dos edifícios multifamiliares no subúrbio carioca**: a padronização dos condomínios e a questão do desempenho termo-energético. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. No prelo.

Rio de Janeiro. **Lei Nº 4.125, de 01 de julho de 2005**. Declara como Área de Especial Interesse Urbanístico a área que menciona e estabelece normas de uso e ocupação do solo e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ: Câmara Municipal, 2005.

Sacramento, A. S.; Dantas, C. M.; Barbosa, R. V. R.; Nolasco, G. C.; Batista, J. O. Sustentabilidade e Habitação Social: Reflexões acerca dos desafios e perspectivas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022.

Silva, F. P. G. **Avaliação de desempenho termo-energético de vedações em concreto leve como alternativa para habitações de interesse social**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

Simões, G. M. F.; LEDER, S. M. No desconforto do lar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022.