



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O DESEMPENHO DE DIFERENTES MATERIAIS A PARTIR DO RTQ-R EM PROJETO NA CIDADE DE CAMPINAS/SP

**Beatriz Setin Mosna (1); Matheus Leandro dos Santos (2); Luiz Fernando Kowalski (3);
Adriana Petito de Almeida Silva Castro (4); Luciana Oliveira Fernandes (5)**

- (1) Graduanda em engenharia civil, bemosna@yahoo.com, Centro Universitário Adventista de São Paulo.
(2) Graduando em engenharia civil, matheus.081998@hotmail.com, Centro Universitário Adventista de São Paulo.
(3) Professor titular, fernando.kowalski@unasp.edu.br, Centro Universitário Adventista de São Paulo.
(4) Professora titular, dripasc@gmail.com, Universidade Paulista.
(5) Arquiteta, Doutora em Arquitetura, luarq.fernandes@gmail.com

RESUMO

O contínuo aumento do consumo de energia das edificações tem incentivado a busca por componentes e soluções construtivas que proporcionem eficiência energética e melhor conforto térmico aos usuários. Este trabalho tem o enfoque principal de comparar aspectos técnicos (nível de eficiência energética, impacto ambiental, rendimento e custo) para dois cenários de uma residência localizada em Campinas-SP (Zona Bioclimática 3). Foram analisadas duas composições comumente utilizadas na envoltória das construções: o bloco cerâmico e o bloco de concreto. A edificação, em fase de projeto, foi avaliada pelo método prescritivo do RTQ-R (2012). Na literatura, o bloco cerâmico é conhecido por proporcionar um melhor desempenho térmico. Porém, neste trabalho, o nível de eficiência energética dos dois materiais foi idêntico. Desta maneira, em relação à eficiência energética, pode-se selecionar tanto a alvenaria cerâmica quanto de concreto para composição dos fechamentos externos. Quanto aos demais parâmetros analisados, o bloco de concreto apresentou melhor desempenho, entretanto, é importante considerar o local de aquisição do material, produtividade na obra e custos, dependendo de onde está inserido o projeto.

Palavras-chave: eficiência energética, bloco cerâmico, bloco de concreto, RTQ-R.

ABSTRACT

The ongoing increase in energy consumption in buildings has encouraged the search for components and construction solutions that provide energy efficiency and better thermal comfort for users. This work focuses on comparing the technical aspects (level of energy efficiency, environmental impact, productivity and costs) for two scenarios of a residence located in Campinas-SP (Bioclimatic Zone 3). Two compositions commonly used in the envelope of buildings were analyzed: the ceramic block and the concrete block. The building, in the design phase, was evaluated by the prescriptive method of the RTQ-R (2012). In the literature, the ceramic block is known to provide better thermal performance. However, in this work, the level of energy efficiency of the two materials was identical. Thus, in terms of energy efficiency, it can be selected either ceramic or concrete masonry for the composition of external walls. As for the other analyzed parameters, the concrete block presented better performance, however, it is important to consider the place of acquisition of the material, productivity in the work and costs, depending on where the project is located.

Keywords: energy efficiency, ceramic block, concrete block, RTQ-R.

1. INTRODUÇÃO

O consumo energético em edificações é motivo de preocupação na área da construção civil, visto que para proporcionar um conforto térmico ao usuário, o consumo de energia por aparelhos de condicionamento de ar vem crescendo exponencialmente (LAMBERTS et al., 2021). Neste sentido, os projetos arquitetônicos analisam cada dia mais a interação entre a forma e as propriedades térmicas dos materiais, buscando adequar a edificação ao clima do local (AKUTSU et al., 2013).

As edificações estão sujeitas a fenômenos termofísicos complexos, com constantes trocas de energia térmica por convecção, radiação e condução com o meio externo e entre os ambientes internos (HENSEN; LAMBERTS; SPITLER, 2019). Essas trocas influenciam no conforto térmico dos ocupantes, portanto, análises que visam o desempenho térmico de edificações podem auxiliar na redução do consumo de energia elétrica quando se trata de climatização de residências.

Conforme Santos et al. (2015), o comportamento térmico de um edifício pode ser influenciado por diversos parâmetros, sendo eles: implantação, planta baixa, orientação solar, localização da construção, materiais empregados nos fechamentos, entre outros. A avaliação de desempenho térmico dos fechamentos externos das edificações permite estabelecer estratégias para responder de maneira eficiente às variações climáticas, proporcionando conforto ao usuário, minimizando o uso de equipamentos e o consumo de energia.

Os materiais empregados no fechamento podem apresentar diferentes propriedades térmicas. Neste sentido, a escolha inadequada do material irá resultar em uma demanda de energia maior que a necessária. No Brasil, é recorrente o uso de blocos cerâmicos e blocos de concreto nos fechamentos, tanto em edificações residenciais quanto em comerciais e industriais. Sendo assim, esses foram os materiais escolhidos para serem analisados no presente estudo.

Segundo Gonçalves e Bode (2015), em decorrência das distintas propriedades térmicas, os materiais e elementos construtivos apresentam comportamento térmico diferenciado. Desta maneira, o desempenho térmico da envoltória não depende somente da ventilação como também, das propriedades térmicas dos elementos que a compõem, sendo estas as paredes cegas (fechamentos opacos) e as partes envidraçadas (fechamentos transparentes).

Além da influência no desempenho termoenergético da edificação, outros aspectos relevantes no processo de escolha de materiais e sistemas construtivos serão brevemente discutidos neste artigo. A avaliação dos impactos ambientais vem ganhando espaço no processo de projeto, incentivada por ferramentas, programas de certificação e selos (por exemplo: certificação LEED, AQUA e BREEAM) que levam em conta diferentes atributos em diferentes etapas da construção. Dentre esses atributos estão: emissão de gases de efeito estufa, ações de prevenção de desperdício (por meio de planos de gerenciamento de resíduos e de estratégias de projeto para redução de consumo na fonte), consumo de energia para extração, processamento e transporte de materiais e componentes, dentre outros.

O custo é um fator de grande impacto no processo de escolha do material de construção que, em conjunto com o rendimento (consumo de unidades de material por área de construção) definirá boa parte do custo total da obra. Esses dois aspectos foram incluídos na comparação entre os fechamentos estudados.

Este artigo é derivado de um trabalho de conclusão de curso de engenharia civil, desenvolvido pelos graduandos do UNASP (Centro Universitário Adventista de São Paulo), tendo sido orientado por um dos autores. O intuito deste trabalho é comparar aspectos técnicos (nível de eficiência energética pelo RTQ-R, impacto ambiental, rendimento e custo) para dois cenários (paredes de bloco de concreto e de bloco cerâmico) de uma residência localizada em Campinas-SP (Zona Bioclimática 3) em fase de projeto.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é a comparação do nível de eficiência energética proporcionado pelo uso de duas composições distintas de paredes (bloco de concreto e bloco cerâmico) em uma residência localizada em Campinas/SP, acompanhada da discussão de aspectos técnicos relacionados ao impacto ambiental, rendimento no canteiro e custo.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas:

1. Caracterização da área de estudo e levantamento de dados: a residência foi selecionada como objeto de estudo por solicitação do proprietário, uma vez que havia facilidade de contato com os autores

do presente artigo. O proprietário disponibilizou prontamente todos os projetos e informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

2. Aplicação do método prescritivo do RTQ-R: a decisão por se utilizar o RTQ-R para análise do nível de eficiência energética da edificação justifica-se pela data de início do trabalho, no ano de 2020, enquanto que a INI-R só seria publicada em 06 de setembro de 2022.
3. Breve discussão sobre os aspectos técnicos dos dois tipos de fechamento analisados: impacto ambiental, rendimento em canteiro e custos.

3.1. Caracterização da área de estudo e levantamento de dados

O projeto da edificação selecionada como estudo de caso é uma residência unifamiliar na cidade de Campinas/SP, que pertence a zona bioclimática 3 e está situada a 680 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 22°53'20" Sul e Longitude: 7°04'40 Oeste. A zona bioclimática 3 apresenta verão e inverno bem definidos, sendo necessário aquecer durante o inverno e resfriar durante o verão.

A Figura 1 ilustra as médias mensais da temperatura máxima, da temperatura mínima e da precipitação, dos dados registrados na estação meteorológica do CEPAGRI/Unicamp, no período de 1990 a 2022.

A residência em estudo está localizada em um condomínio fechado, em fase de consolidação, composto por poucas construções e contendo bastante vegetação (Figura 2). O projeto da edificação conta com grandes áreas de aberturas envidraçadas voltadas para a orientação leste (Figura 3).

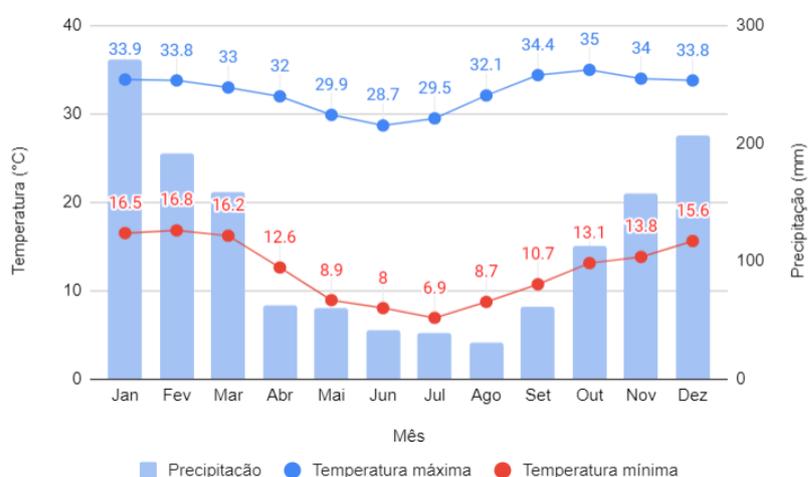


Figura 1 – Dados climáticos de Campinas (1990-2022). (CEPAGRI, 2023)



Figura 2 – Localização da residência selecionada.



Figura 3– Maquete eletrônica da fachada sudeste.

A edificação apresenta os seguintes sistemas construtivos: alvenarias internas e externas de bloco cerâmico de 14x19x29 cm, reboco interno e externo em argamassa com 3cm de espessura, chapisco de 0,5cm, textura de 0,5 cm (externamente) e massa corrida de 0,5 cm (internamente). Além disso, a envoltória também apresenta paredes maciças de concreto armado, aparente, de 25 cm de espessura (Figura 3).

A residência em estudo possui dois pavimentos, sendo o térreo destinado às áreas de uso comum e de lazer como sala de estar, cozinha, lavanderia, entre outros. O pavimento superior é de uso reservado dos moradores, contendo as suítes, escritório e sala íntima.

A cobertura é constituída por uma laje pré-moldada de EPS de 12 cm de espessura, com camada de concreto de 4 cm e adição de forro de gesso e impermeabilizantes, totalizando 25 cm, sem a presença de telhas e com a estrutura na cor branca. As janelas são compostas por caixilho de alumínio com pintura preta e vidro temperado incolor. A madeira ripada das fachadas tem a função de sombrear as aberturas.

3.2. Aplicação do método prescritivo do RTQ-R

O RTQ-R visa a etiquetagem de edificações residenciais no Brasil, classificando-as pelo nível de eficiência que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Esse nível de eficiência é obtido por meio de cálculos de equivalentes numéricos. O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória pode ser calculado por dois métodos: método prescritivo e método de simulação. O método prescritivo é baseado na aplicação de equações de regressão linear múltipla e fornece resultados do desempenho da edificação para verão e inverno.

Contudo, o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória considera exclusivamente ventilação natural, na versão atual do RTQ-R. O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo, utilizado no caso de se desejar obter a bonificação de condicionamento artificial de ar.

Conforme Sorgato et al. (2016), a ventilação natural permite que os usuários ventilem suas residências nos períodos em que a temperatura externa é inferior à temperatura interna da edificação. Entretanto, quando a ventilação natural não é suficiente para manter o conforto térmico nos ambientes internos, os usuários recorrem ao condicionamento artificial de ar.

A avaliação de eficiência energética por meio do RTQ-R está fundamentada em dois sistemas: envoltória e aquecimento de água. O estudo da envoltória inclui os sistemas de ventilação natural, iluminação natural, sombreamento de aberturas e condicionamento de ar. Além da avaliação dos dois sistemas, é possível acrescentar uma pontuação ao nível final obtido, por meio de bonificações, que são pré-definidas pelo RTQ-R.

É importante ressaltar que o método prescritivo estabelece alguns pré-requisitos de desempenho para cada sistema; caso não seja atendido, o sistema avaliado perde pontos e conseqüentemente tem seu nível de eficiência rebaixado.

A avaliação da eficiência energética da UH (unidade habitacional) pelo RTQ-R (2012) é direcionada aos ambientes de permanência prolongada (APP), que são definidos como “Ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório, sala de TV ou ambientes de usos similares” (RTQ-R, 2012).

O RTQ-R estabelece que ambientes de permanência prolongada devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação e nas zonas bioclimáticas de 2 a 8, a unidade habitacional (UH) deve possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de aberturas externas e internas. O não atendimento desses requisitos implica em classificação no máximo nível “C”, no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento. A Figura 4 mostra os ambientes de permanência prolongada e a Tabela 1 lista esses ambientes e respectivas áreas.



Figura 4– APP - Pavimento Térreo (esquerda) e Pavimento Superior (direita).

Tabela 1 - Ambientes de permanência prolongada.

Ambientes	APP [m ²]	Áreas de Paredes Externas [m ²]				Áreas de Aberturas Externas [m ²]			
		NORTE	SUL	LESTE	OESTE	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
Sala estar/jantar	55.91	0	7.05	0	30.56	0	0	21.90	0
Suíte 1	24.99	23.00	18.02	16.17	0	2.76	9.45	0	0
Suíte 2	18.13	0	1.25	0	28.05	0	8.25	0	0
Suíte 3	18.13	0	9.08	19.68	0	0	0	8.25	0
Sala íntima	32.03	0	0	0	8.18	0	0	16.50	1.34
Escritório	6.55	0	0	0	6.72	0	0	0	5.10

Na avaliação da envoltória são observadas as propriedades físicas e geométricas da edificação, bem como as variáveis de desempenho térmico, como graus-hora para resfriamento, consumo relativo para aquecimento e para refrigeração.

Após o cálculo da eficiência da envoltória, é necessário verificar o atendimento dos pré-requisitos, os quais englobam a avaliação das propriedades físicas dos materiais, a área de abertura para ventilação natural e área mínima de iluminação natural para cada ambiente.

A avaliação do aquecimento de água classifica diversos tipos de sistemas que geram energia térmica para água. Neste trabalho será estudado o desempenho do sistema de aquecimento elétrico por acumulação do tipo boiler. Na região Sudeste, local de estudo, a ausência de sistema de aquecimento de água na residência proporciona o equivalente numérico de aquecimento de água (EqNumAA) como sendo igual a 1, ou seja, nível E.

3.3. Análise de demais aspectos técnicos

A análise dos aspectos técnicos proposta neste artigo compreende o levantamento bibliográfico sobre as seguintes características dos dois fechamentos estudados: impacto ambiental, rendimento no canteiro e custos.

Quanto ao impacto ambiental, apresenta-se uma breve discussão sobre consumo de energia, emissão de poluentes e geração de resíduos, compreendendo as fases de produção, transporte e construção.

O fator rendimento no canteiro é abordado em relação ao consumo de unidades de material por metro quadrado construído.

No que diz respeito aos custos, discorre-se, de forma resumida, sobre o valor final do metro quadrado de material praticado por fornecedor local (cidade de Campinas/SP).

É importante considerar que no presente artigo a análise desses aspectos técnicos é apresentada de forma concisa.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa.

Os parâmetros físicos da envoltória foram calculados por meio da ferramenta Projeteer (2022), que auxilia no cálculo das propriedades térmicas dos componentes construtivos; neste trabalho foram analisadas

as composições da laje, das paredes externas (com utilização do bloco cerâmico e de concreto) e da parede maciça de concreto, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Propriedades térmicas dos componentes de vedação.

Material	Espessura (m)	Resistência Térmica [m ² .K/W]	Resistência Térmica Total [m ² .K/W]	Atraso Térmico [horas]	Capacidade Térmica [kJ/m ² .K]	Transmitância Térmica [W/m ² .K]
LAJE PRÉ-MOLDADA						
Poliuretano	0.04	1.333	2.02	17.4	317.9	0.05
Concreto maciço	0.04	0.0228				
Laje pré-moldada EPS	0.12	0.346				
Forro gesso	0.05	0.1433				
PAREDE BLOCO CERÂMICO						
Argamassa	0.035	0.035	0.54	4.6	188.8	1.8
Bloco 14x19x29 cm	0.14	0.304				
Argamassa	0.035	0.035				
PAREDE BLOCO CONCRETO						
Argamassa	0.035	0.035	0.4	6	298.3	2.5
Bloco 14x19x39 cm	0.14	0.16				
Argamassa	0.035	0.035				
PAREDE CONCRETO MACIÇO						
Concreto maciço	0.25	0.1425	0.31	9.1	600	3.2

Por solicitação do proprietário da residência, aplicou-se o RTQ-R (2012) como forma de verificar a eficiência energética da edificação para dois tipos de alvenaria: de bloco cerâmico e de bloco de concreto. Aplicando o método prescritivo determinou-se o nível de eficiência da envoltória para três situações: verão, inverno e quando o ambiente for artificialmente refrigerado. O mesmo ambiente pode receber níveis de envoltória distintos para cada situação. O RTQ-R avalia somente dormitórios como ambientes artificialmente refrigerados, portanto aos demais ambientes não se aplicam a avaliação da envoltória condicionada artificialmente. A Tabela 3 demonstra os níveis alcançados pelos indicadores para cada ambiente, considerando alvenaria cerâmica e de concreto.

Tabela 3 - Indicadores de consumo da envoltória para cada ambiente

	Alvenaria cerâmica					
	Sala estar/jantar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Sala Íntima	Escritório
Indicador de Graus-hora para Resfriamento (GHR) °C.h	B	D	B	B	A	D
	1364	2581	1616	1127	796	2886
Consumo Relativo para Aquecimento (CA) kWh/m².ano	B	C	C	C	B	B
	10.105	14.862	17.537	16.129	10.938	8.496
Consumo Relativo para Refrigeração (CR) kWh/m².ano	Não se aplica	B	B	B	Não se aplica	Não se aplica
	0	9.655	11.853	10.722	0	0
	Alvenaria concreto					
	Sala estar/jantar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Sala Íntima	Escritório
Indicador de Graus-hora para Resfriamento (GHR) °C.h	B	D	B	B	A	D
	1364	2635	1608	1136	798	2685
Consumo Relativo para Aquecimento (CA) kWh/m².ano	B	C	C	C	B	B
	10.105	15.255	17.532	16.801	10.933	6.912
Consumo Relativo para Refrigeração (CR) kWh/m².ano	Não se aplica	B	B	B	Não se aplica	Não se aplica
	0	9.861	11.741	10.698	0	0

Nota-se, pela Tabela 3, que os níveis de eficiência energética obtidos pelos indicadores foram idênticos tanto para o uso de bloco cerâmico quanto para o bloco de concreto. As pequenas diferenças obtidas foram nos valores do indicador de Graus-hora para resfriamento, do consumo relativo para aquecimento e para refrigeração dos ambientes, porém, essas diferenças não impactaram no nível de eficiência energética. Na Tabela 4 são apresentados os níveis da envoltória para cada ambiente (alvenaria cerâmica e de concreto).

Tabela 4 - Nível da envoltória para cada ambiente (alvenaria cerâmica e de concreto)

Ambientes	Área	Envoltória para Verão	Envoltória para Inverno	Envoltória se refrigerado artificialmente
Sala de estar/jantar	55.91	B	B	N.A.
Suíte 1	24.99	D	C	B
Suíte 2	18.13	B	C	B
Suíte 3	18.13	B	C	B
Sala Íntima	32.03	A	B	N.A.
Escritório	6.55	D	B	N.A.

A Tabela 5 mostra a pontuação por requisito e bonificações. Foram obtidos os mesmos níveis de eficiência para ambos os tipos de alvenaria.

Tabela 5 - Pontuação de requisitos e classificação final da UH

Identificação	alv. cerâmica	alv. concreto
	Envoltória para Verão	B 3.69
Envoltória para Inverno	C 3.39	C 3.38
Aquecimento de Água	C 2.95	C 2.95
Equivalente numérico da envoltória	B 3.58	B 3.58
Envoltória se refrigerada artificialmente	B 4	B 4
Bonificações	0.7	0.7
Região	Sudeste	Sudeste
Coeficiente a	0.65	0.65
Classificação final da UH	B	
Pontuação Total	4.06	

O bloco cerâmico é conhecido como um material que proporciona um maior conforto térmico em relação ao bloco de concreto, principalmente em climas quentes, pois devido às propriedades físicas resulta em uma maior troca de energia térmica entre os ambientes interno e externo. Carvalho et al. (2019), em estudo que avaliou o conforto térmico entre os métodos construtivos de alvenaria convencional com bloco cerâmico, parede de concreto e alvenaria com bloco de concreto no Ceará, afirmam que a utilização de blocos cerâmicos propiciou um maior conforto térmico aos usuários, em relação aos demais materiais estudados.

Fiengenbaum (2018) realizou uma pesquisa experimental por meio da construção de protótipos em Estrela (RS). A autora comparou o desempenho térmico entre painéis pré-moldados, alvenarias de vedação de blocos de concreto e blocos cerâmicos. Em todas as etapas o protótipo de blocos cerâmicos proporcionou temperaturas e umidades mais baixas, principalmente com reboco e pintura na cor branca, comparando com os outros dois protótipos, comprovando que a cerâmica absorve menos água e é mais eficiente para uma alvenaria de vedação.

Na residência em estudo não houve diferença significativa em termos de eficiência energética, ao se comparar o uso do bloco cerâmico com o de concreto. Resultado semelhante foi obtido por Cruz et al. (2014) ao analisar a eficiência energética obtida por três diferentes sistemas construtivos: parede de concreto, bloco cerâmico e bloco de concreto. O trabalho visou habitações de interesse social através da aplicação do método prescritivo do RTQ-R (2012), nas zonas bioclimáticas 3 e 8. Os resultados obtidos mostraram um pior desempenho para a parede de concreto, enquanto a parede em bloco cerâmico e bloco de concreto obtiveram um melhor desempenho, sem diferença significativa entre si.

No projeto da residência em análise, além de uma área significativa de paredes de concreto maciço, com alta transmitância térmica, há uma grande quantidade de aberturas envidraçadas. Superfícies transparentes são elementos que, geralmente, permitem um alto fluxo de calor, tornando-se mais vulneráveis, principalmente em regiões de insolação, devido à sua característica de transmitir diretamente a radiação solar incidente para o interior das edificações, sendo responsáveis pela elevação da temperatura.

A Tabela 6 exibe as áreas de fachada, as áreas envidraçadas e o WWR (Window-to-Wall Ratio) calculado para cada orientação solar.

Tabela 6 - Relação entre área de abertura e de fachada por orientação solar (WWR)

orientação	concreto [m ²]	alvenaria [m ²]	vidros [m ²]	WWR [%]
Norte	8.7	46.1	6.1	11.05%
Sul	18.1	28.3	30.4	65.47%
Leste	21.8	19.7	42.7	100.00%
Oeste	66.8	0.0	4.9	7.34%
Total	115.5	94.2	84.1	
	39.3%	32.1%	28.6%	

Questões sobre otimização de projeto em relação ao tamanho de janelas e orientação de fachada em edifícios foram investigados muitas vezes no que diz respeito a critérios de energia e conforto. Acredita-se que uma ótima relação janela-parede (WWR) seja capaz de gerar economias significativas de energia para a demanda de aquecimento, resfriamento e iluminação em edifícios. Mangkuto, Rohmah e Asri (2016) propõem que seja considerado no máximo 40% de proporção entre áreas envidraçadas e opacas, para edifícios situados em climas tropicais.

Neste projeto, observa-se pela Tabela 6, que as fachadas sul e leste apresentam valores de WWR muito superiores ao recomendado em literatura, podendo-se dizer que, com o processo de transferência de calor, será necessário refrigerar os ambientes, de forma artificial. Além disso, do total da área dos fechamentos externos, aproximadamente um terço corresponde à área de vidros, um terço à área de alvenaria e um terço à área composta por concreto aparente.

De acordo com Lamberts et al. (2014), a capacidade térmica indica sua maior ou menor capacidade em reter calor. Neste sentido, um material com alto valor de capacidade térmica necessita de grande quantidade de calor para variar em um grau a sua temperatura por unidade de área e ainda demora mais tempo para liberar esse calor para o ambiente. A alta capacidade térmica do concreto aparente, com 25 cm de espessura, pode contribuir para que os ambientes demorem mais tempo para resfriar (ou aquecer). A grande área envidraçada pode propiciar maiores cargas térmicas, levando à necessidade por sistemas de condicionamento de ar mais robustos, resultando em um maior consumo de energia elétrica por parte de edificações que adotam este tipo de sistema (BESEN e WESTPHAL, 2014).

Em relação à composição e produção dos dois materiais estudados, o bloco cerâmico é feito de argila queimada em alta temperatura. O bloco de concreto é composto por cimento, areia, água e outros agregados. A produção do bloco cerâmico envolve a queima em fornos, consumindo muita energia e emitindo gases de efeito estufa, enquanto o bloco de concreto é fabricado por vibração em máquinas, sendo produzido de forma menos intensiva em termos de energia e utilizando principalmente recursos locais. Desta maneira, a produção dos blocos de concreto tende a ser maior do que os blocos cerâmicos, pois é mais rápida e eficiente.

Considerando a geração de resíduos durante a construção, na alvenaria com blocos de concreto, o eletroduto passa por dentro do furo, sendo necessário apenas fazer uma abertura onde será instalada a tomada. Como os blocos de concreto são mais resistentes¹, eles podem ser cortados e furados com mais facilidade, com menores quebras, permitindo ajustes precisos na obra com menor desperdício de material.

O trabalho de Caldas e Sposto (2017) estudou as emissões de CO₂ de blocos cerâmicos e de concreto em 26 capitais brasileiras. A partir da localização das fábricas foram quantificadas as emissões de CO₂ oriundas da indústria (extração e fabricação) e do transporte dos dois tipos de blocos. As emissões referentes aos blocos de concreto foram 22,8 kgCO₂/m² e aos blocos cerâmicos foram 24,5 kgCO₂/m², mostrando que o bloco de concreto pode representar um menor impacto ambiental.

De acordo com o TCPO 2010 (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos), o rendimento de blocos cerâmicos de 14x19x29cm por metro quadrado de alvenaria de vedação é de, aproximadamente, 16,5 unidades por m² e o de blocos de concreto de 14x19x39cm é de, aproximadamente, 12,5 unidades por m².

Além do maior rendimento por área de superfície, os blocos de concreto são de dimensões mais precisas e uniformes do que os blocos cerâmicos. Em comparação com a alvenaria de bloco cerâmico, o consumo de argamassa para assentamento de blocos de concreto é menor, sendo a alvenaria executada com maior regularidade e precisão de nível e prumo, tornando bem menor a espessura do reboco necessário para regularização. Essa característica pode contribuir para reduzir o desperdício de materiais de forma significativa, além do tempo gasto no trabalho. É importante também ponderar que a produtividade no canteiro depende da mão de obra e do equipamento disponível para o trabalho.

Ao se considerar os custos, os blocos de concreto tendem a ser mais baratos do que os blocos cerâmicos, pois seu processo de produção é mais simples e seus materiais são mais abundantes e acessíveis. No entanto, o custo final do projeto pode variar dependendo de fatores como a quantidade de blocos necessários, a localização da obra e a disponibilidade e transporte dos materiais.

O trabalho de Arruda e Silva (2020) fez um comparativo entre bloco de concreto, bloco cerâmico e tijolo de solo cimento, para uso como vedação, considerando uma média de custos. Os autores concluíram, a partir da cotação média dos materiais, que o preço final da construção com bloco cerâmico apresentou valores 48% menores em relação ao bloco de concreto.

Especificamente na cidade de Campinas/SP, há pouca diferença entre os preços dos dois materiais. O preço médio do bloco cerâmico comum de 14x19x29 cm é de cerca de R\$1,30 a R\$1,80 por unidade, dependendo da quantidade adquirida e do fornecedor. Para o bloco de concreto comum de 14x19x39 cm, o preço médio é de cerca de R\$1,50 a R\$2,00 por unidade, também dependendo da quantidade e do fornecedor. Esses dados são de fornecedores locais, referentes ao mês de abril de 2023.

Neste trabalho, 94,2 m² correspondem à alvenaria de vedação externa com blocos (cerâmicos ou de concreto). O valor a ser gasto, considerando apenas o material, corresponde a R\$ 2410,00 para o bloco

¹ No trabalho de Oliveira et al. (2022), o bloco cerâmico apresentou médias de resistência à compressão axial de 0,5 Mpa e o bloco de concreto atingiu 3,6 Mpa.

cerâmico e R\$ 2068,00, para o bloco de concreto, aproximadamente, o que representa uma economia de 17% se for utilizado o bloco de concreto, porcentagem que pode ser considerada relevante no processo construtivo da residência como um todo.

Tabela 7 - Resumo comparativo dos aspectos técnicos analisados.

Fechamento	Nível de eficiência energética	Impacto ambiental	Rendimento	Custo (R\$/un.)
Bloco cerâmico	B (pontuação: 4.06)	mais energia maior emissão CO2	16,5 un./m ²	R\$1,30 - R\$1,80 médio total (94m ²): R\$2410,00
Bloco concreto	B (pontuação: 4.06)	menos energia menos recursos menor desperdício menor emissão CO2	12,5 un./m ² menos argamassa maior regularidade maior precisão	R\$1,50 - R\$2,00 médio total (94m ²): R\$2068,00

É importante lembrar que esses valores podem variar dependendo do tipo de projeto e das especificações de cada obra. Por isso, é recomendável fazer um orçamento específico para cada caso, levando em consideração as particularidades da obra e a região em que ela será executada.

5. CONCLUSÕES

O foco deste trabalho foi o comparativo entre o nível de eficiência energética de uma residência unifamiliar resultante do uso de dois tipos de envoltória: composição de bloco de concreto e de bloco cerâmico - dois materiais comumente utilizados no Brasil. O comparativo foi acompanhado de breve discussão sobre aspectos técnicos relevantes no processo de decisão. A indústria da construção civil tem exigido uma maior preocupação com o meio ambiente e, desta maneira, os processos construtivos têm se tornado um fator crucial, pois há uma grande utilização de volume de materiais e geração de resíduos.

A análise do nível de eficiência energética da edificação para os dois cenários se deu a partir do método prescritivo do RTQ-R, visto que à época da elaboração do trabalho que originou o presente estudo, a INI-R ainda não havia sido publicada. Ambas as composições analisadas apresentaram o mesmo nível de eficiência (nível B). O projeto apresenta grandes áreas envidraçadas (aproximadamente um terço da área de fechamento externo) e de paredes de concreto maciço - com alto valor de transmitância térmica -, sendo que a fachada de orientação sul possui alto fator de abertura (WWR igual a 65%), o que pode indicar grandes perdas de energia térmica.

Em geral, os blocos de concreto oferecem uma produção mais rápida e eficiente, um rendimento maior e um custo mais baixo do que os blocos cerâmicos. São mais duráveis, geram menos resíduos e requerem menos manutenção, além de serem mais fáceis de reciclar e de serem reutilizados. Os blocos cerâmicos têm um impacto ambiental mais intenso na produção, entretanto são conhecidos por oferecerem melhor desempenho térmico. No presente artigo, as características do projeto (área de abertura e orientação) resultaram em níveis de eficiência energética idênticos para os dois casos.

Normalmente, os blocos de concreto têm preços próximos aos blocos cerâmicos comuns, com algumas variações de acordo com o tipo e a qualidade do bloco. No entanto, é importante pontuar que os preços podem variar de acordo com a região e com as condições de mercado, e que a escolha entre os dois materiais deve levar em conta também outros fatores, como produtividade, rendimento e sustentabilidade. Na cidade de Campinas, o preço do bloco de concreto é mais elevado do que o do bloco cerâmico. Entretanto, por oferecer maior rendimento, são necessárias menos unidades por área de fechamento construído, resultando na opção mais barata para este caso.

Diante do exposto, conclui-se que quanto ao nível de eficiência energética, o proprietário poderia optar por qualquer um dos dois fechamentos sugeridos. Quanto aos demais aspectos, o fechamento com bloco de concreto mostrou-se mais vantajoso.

É de suma importância pontuar que estes resultados se aplicam a um estudo de caso de um projeto específico com localização no município de Campinas - SP, pertencente a zona bioclimática 3. A aplicação do mesmo projeto em outra implantação e/ou outra zona bioclimática acarretaria outros resultados e um nível diferente de eficiência energética.

A escolha entre materiais deve levar em consideração as necessidades específicas do projeto e as preferências do cliente em relação à estética, ao desempenho térmico e à eficiência energética. Além disso, a

adoção de práticas sustentáveis na produção e na construção, como o uso de materiais reciclados e a otimização do uso de energia e recursos naturais, pode ajudar a reduzir o impacto ambiental do projeto.

Cabe destacar que o RTQ-R classifica o desempenho energético das edificações utilizando um indicador de consumo que, apesar de permitir a sua classificação de A a E, não fornece uma ideia de grandeza relacionada ao consumo real da edificação, limitação que não permite que seja quantificada a economia gerada por medidas de eficiência energética. Nesse contexto, como continuidade deste trabalho, pretende-se realizar a análise de eficiência energética do mesmo projeto por meio da INI-R (Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais) (CB3E, 2020), que substitui o RTQ-R. A INI-R é baseada no consumo de energia primária e compara a edificação considerando suas características reais com a mesma edificação adotando-se características de referências, que equivalem à classe D de eficiência energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.
- AKUTSU, M. et al. **O efeito da inércia térmica de paredes no desempenho térmico de edificações escolares**. XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Brasília – DF, 2013.
- ARRUDA, C.M.; SILVA, E.G. **Comparativo entre bloco de concreto, bloco cerâmico e tijolo de solo cimento**. Simpósio de Iniciação Científica. Universidade São Francisco – USF, Bragança Paulista, 2020.
- BARROS, L., LIRA, J., MIRANDA, L., FERREIRA, K. **Comparativo do ciclo de vida energético do sistema de concreto e PVC com o sistema de alvenaria convencional**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.
- BESEN, P.; WESTPHAL, F. S. **Fachadas de vidro no Brasil: um estudo comparativo de viabilidade econômica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. Anais [...]. Maceió, 2014. p. 964.
- CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO₂ referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91- 108, out./dez. 2017.
- CARVALHO, F.M. et al. **Comparativo do conforto térmico e acústico entre os métodos construtivos de alvenaria convencional com bloco cerâmico, parede de concreto e alvenaria com bloco de concreto, em Sobral, Ceará**. 2019. Disponível em: <https://revista.ancer.com.br/comparativo-do-conforto-termico-e-acustico-entre-os-metodos-construtivos-de-alvenaria-convencional-com-bloco-ceramico-parede-de-concreto-e-alvenaria-com-bloco-de-concreto-em-sobral-ceara/>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.
- CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, 2020.
- CRUZ, J. et al. **Eficiência energética de diferentes sistemas construtivos avaliados segundo o método prescritivo do RTQ-R**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281242100_Eficiencia_energetica_de_diferentes_sistemas_construtivos_avaliados_segundo_o_metodo_prescritivo_do_RTQ-R. Acesso em: 15 de novembro de 2022.
- FIGENBAUM, A.C. **Análise comparativa de isolamento térmico entre painéis pré-moldados, alvenaria de vedação de blocos de concreto e blocos cerâmicos para fins de conforto térmico**. 2018. 90f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2018.
- GONÇALVES, J.C.S.; BODE, K. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- HENSEN, J.L.M.; LAMBERTS, R.; SPITLER, J.D. **Building Performance Simulation for Design and Operation: thermal load and energy performance prediction**. 2. ed. New York, Usa: Routledge, 2019.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. Portaria n. 18. Eletrobrás, Rio de Janeiro, RJ, 2012.
- LAMBERTS, R. et al. (Ed). **Eficiência energética na arquitetura**. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2014. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 03 de julho de 2022.
- LAMBERTS, R. et al. Inserção de simulações de desempenho térmico no processo de projeto. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v.12, p. e021011x, 2021.
- MANGKUTO, R.A.; ROHMAH, M.; ASRI, A.D. Design optimisation for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: a case study of buildings in the tropics. **Applied Energy**, [S.L.], v. 164, p. 211-219, fev. 2016.
- OLIVEIRA, A.M. et al. **Análise Comparativa da Alvenaria de Solo-Cimento aos Métodos Cerâmicos e de Concreto e possibilidade de sua aplicação em Habitações de Interesse Social (HIS)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Anhembi Morumbi, 2022.
- PROJETEEE. **Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS**. 2022. Desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina, em parceria com: LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- SANTOS, J.C.P. et al. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. **Revista matéria**, v.20, n.4, pp.1030-1047, 2015.
- SORGATO, M.J.; MELO, A.P.; MARINOSKI, D.L.; LAMBERTS, R. **Análise comparativa entre os resultados de simulações termoenergéticas de edificações sob diferentes condições de entrada das propriedades dos vidros**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, São Paulo. Anais... Maceió: ENTAC, 2016.
- TCPO - **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos**. 13ª ed. São Paulo: Pini, 2010.