



Análise do desempenho térmico (NBR 15.575) de três empreendimentos residenciais em Rondonópolis-MT.

DONATO, Nayana Daniela¹

BRAGA, Darja Kos²

¹ Especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável, Universidade de Brasília, nayanadonato.arq@gmail.com

² Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela UnB, Brasília, Brasil, darja.kos@ambienteeficiente.com.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é fazer um diagnóstico de projetos de empreendimentos residenciais localizados na cidade de Rondonópolis (Mato Grosso) no quesito de desempenho térmico, e propor soluções que poderiam ser adotadas nos próximos projetos ou até nos existentes quando possível. Os procedimentos metodológicos envolvem o levantamento de dados das características das edificações e aplicação do método simplificado normatizado em NBR 15.575. O levantamento se dará por meio de consultas aos projetos arquitetônicos e visitas à obra de três empreendimentos residenciais de três construtoras importantes na cidade, denominadas por A, B e C. Optou-se pela análise com método simplificado, pois os empreendimentos analisados não apresentam fachadas com peles de vidro. Os resultados serão utilizados para ajudar os projetistas e as incorporadoras de Rondonópolis a adaptar seus projetos para que estes atendam a NBR 15575 no quesito de desempenho térmico. Foram avaliados os critérios mínimos de transmitância térmica, capacidade térmica e aberturas para ventilação dos sistemas de vedações verticais externos e de critérios de transmitância térmica e absorvância a radiação solar dos sistemas de coberturas. Conclui-se que esta pesquisa pode identificar como a questão de desempenho térmico vem sendo considerada nos empreendimentos residenciais em Rondonópolis e servir de apoio para construtoras e incorporadoras, visando evitar eventuais problemas no futuro.

Palavras-Chave: NBR 15575, Desempenho Térmico, Rondonópolis.

Abstract

The objective of this work is to make a diagnosis of residential projects located in the city of Rondonópolis (Mato Grosso) in terms of thermal performance, and propose solutions that could be adopted in the next projects or even in existing ones when possible. The methodological procedures involve the data collection of the characteristics of the buildings and application of the simplified method normalized in NBR 15.575. The survey will be done through consultations to the architectural projects and visits to the work of three residential developments of three important constructors in the city, denominated by A, B and C. The analysis with simplified method was chosen, since the enterprises analyzed do not present facades with glass skins. The results will be used to help designers and developers in Rondonópolis adapt their projects to meet NBR 15575 in terms of thermal performance. The minimum thermal transmittance, thermal capacity and ventilation apertures of the external vertical fence systems and the criteria of thermal transmittance and solar radiation absorptivity of the roofing systems were evaluated. It is concluded that this research can identify how the issue of thermal performance is being considered in residential developments in Rondonópolis and serve as support for construction companies and developers, in order to avoid possible problems in the future.

Key-Words: NBR 15.575, Thermal Performance, Rondonópolis.

1. Introdução

O conceito de desempenho em edificações, discutido e consolidado em todo mundo, é definido como comportamento em uso ao longo da vida útil. Sendo assim, a edificação deve apresentar características que possibilitem cumprir os requisitos para os quais foi projetada dentro de determinadas condições e exposições de uso, apresentando um maior nível de qualidade, sob ponto de vista do bem-estar de seus usuários finais. (COSTELLA, 2018)

Entre os requisitos de desempenho em edificações, a preocupação com o desempenho térmico ganhou projeção nas últimas décadas e, atualmente, é um dos pontos centrais na discussão do comportamento dos componentes construtivos das edificações. Trata-se de uma preocupação aliada à busca pela otimização do consumo energético, uma vez que ela colabora com a redução do consumo de energia, especialmente em relação à iluminação e ao condicionamento artificial (CAMPOS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013 apud CALAZANS, 2016). Para (CBIC, 2013), “O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia.”

Em função da importância desse conceito, entrou em vigor em julho de 2013 o conjunto normativo da NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, representando uma grande conquista e marco para sociedade e o mercado habitacional brasileiro, aliando a necessidade de se atender as necessidades dos usuários e de nortear os critérios de qualidade em edificações ao longo dos anos.

Elaborada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil, a NBR 15575 está dividida em 6 partes:

1. Requisitos gerais;
2. Requisitos para os sistemas estruturais;
3. Requisitos para os sistemas de pisos internos;
4. Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
5. Requisitos para os sistemas de cobertura;
6. Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Esta pesquisa tem como foco as partes 1, 4 e 5, que descrevem os procedimentos para avaliação de desempenho térmico.

Conforme a norma de desempenho especifica, para considerar que uma edificação satisfaz as exigências dos usuários, determinados requisitos devem ser atendidos, obedecendo critérios estabelecidos para cada um deles. Com o objetivo de satisfazer as necessidades básicas de desempenho, os diferentes sistemas têm requisitos mínimos de desempenho (M), os quais devem ser considerados e atendidos em todos os casos. Para incentivar a melhoria da qualidade das edificações, são estabelecidos níveis mais elevados do que o mínimo, denominados de intermediário (I) e superior (S), os quais devem atender requisitos respectivamente mais elevados.

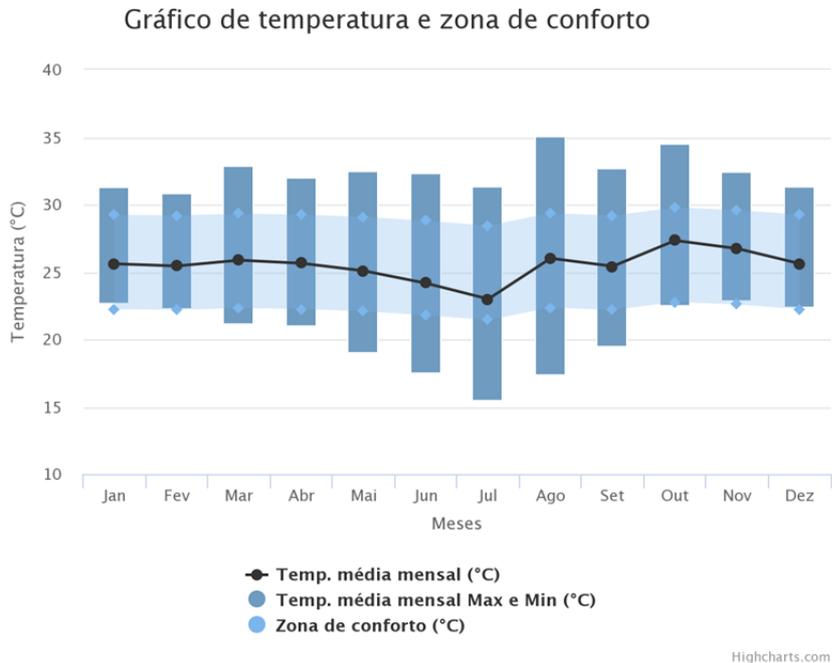
A publicação da norma trouxe também grandes desafios e responsabilidades aos projetistas, fornecedores de materiais, componentes e sistemas, construtores, incorporadores e usuários. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas no Brasil para avaliar a adequabilidade da norma de desempenho, e comparar os resultados com outras normas ou métodos de avaliação. Porém, este trabalho propõe uma análise do desempenho térmico conforme a NBR 15575 de três edifícios habitacionais de

construtoras de grande porte na cidade de Rondonópolis, Mato Grosso. Serão avaliados o atendimento aos critérios mínimos (M) de transmitância térmica, capacidade térmica e aberturas para ventilação dos sistemas de vedações verticais externos e de critérios de transmitância térmica e absorvância a radiação solar dos sistemas de coberturas.

Para os edifícios avaliados que não apresentarem atendimento aos critérios mínimos (M) de desempenho térmico, foram propostas soluções para o atendimento. Os resultados serão utilizados para ajudar os projetistas e as incorporadoras de Rondonópolis a adaptar seus projetos para que estes atendam a NBR 15575 no quesito de desempenho térmico ou para que fique mais claro para profissionais e construtoras o que fazer nos próximos empreendimentos.

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), “A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na NBR 15220-3 (ABNT, 2013)”. A cidade de Rondonópolis localiza-se na zona bioclimática 7, e possui registro de altas temperaturas, sendo as médias mensais de temperaturas máximas acima de 30°C em todos os meses do ano, chegando a 35°C no mês de agosto (Gráfico 1). A consequência é desconforto por calor em 59% de horas por ano (PROJETEEEE, 2018), conforme podemos visualizar na figura 1. Por este motivo, um olhar mais atencioso deve ser lançado sobre a região, tendo em vista as suas características climáticas, sobretudo a temperatura, fator limitante ao atendimento dos padrões mínimos de conforto térmico.

Figura 1: Gráfico de temperatura e zona de conforto (em cima) e de Condições de Conforto (abaixo) para cidade de Rondonópolis/MT.



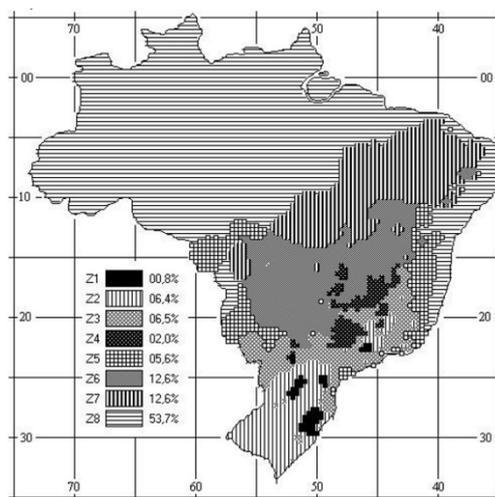
CONDIÇÕES DE CONFORTO



Fonte: PROJETEEE, 2018

A Figura 2 abaixo, mostra o mapa das zonas bioclimáticas brasileiras. Uma zona bioclimática corresponde a uma “Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.” NBR 15220-1 (ABNT, 2013).

Figura 2: Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

O desempenho térmico em edificações está relacionado com as soluções bioclimáticas que variam conforme as condições das características locais da obra, como o clima (temperatura e umidade do ar, direção e velocidade dos ventos) e a topografia. Segundo o Projeteee, as principais estratégias bioclimáticas recomendáveis para Rondonópolis são a Ventilação Natural, Sombreamento e Resfriamento Evaporativo. A eficiência dessas estratégias bioclimáticas estão diretamente relacionadas com o tipo de material utilizado em fachadas, nas paredes, pisos e cobertura, itens considerados pela norma.

A NBR 15220-3 (ABNT, 2003), especifica também as diretrizes construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Para Zona Bioclimática 7 é recomendável o sombreamento das aberturas para ventilação, como janelas e portas. Nas vedações externas são indicadas parede e cobertura pesadas, e as estratégias de condicionamento térmico passivo para o período de verão são: Resfriamento Evaporativo e Massa Térmica para resfriamento; Ventilação Seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa).

1.2 Procedimentos De Avaliação De Desempenho Térmico (NBR 15.575)

A referida norma estabelece dois procedimentos de avaliação de desempenho térmico. O primeiro, chamado de simplificado (normativo), verifica o atendimento dos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e cobertura. Em caso de atendimento insatisfatório conforme o procedimento simplificado, a norma recomenda aplicar o procedimento de análise de acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), considerando o procedimento de simulação do desempenho térmico. Em empreendimentos com grande percentual de fechamentos transparentes nas fachadas, é recomendável a aplicação do método da simulação.

Também é possível realizar o procedimento de realização de medições em campo, quando a obra já está concluída ou em protótipo. No entanto, as medições não apresentam o mesmo peso, pois

constam apenas como um método informativo e não normativo.

De acordo com a NBR 15520-1 (ABNT, 2013), a absorvância solar é o “Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.” A NBR 15220-2 (ABNT, 2013) especifica os valores de absorvância (α) para radiação solar (ondas curtas) para pinturas conforme a Tabela 1 abaixo. Especificações mais detalhadas de revestimentos de paredes e coberturas também podem ser encontrados no Anexo V da Portaria do INMETRO N° 50/201.

Tabela 1: Absortância solar das superfícies

Tipo de Pintura da Superfície	α
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
“Alumínio”	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

Fonte: NBR 15520-2 (ABNT, 2013)

2. Objetivo

O objetivo geral do trabalho consiste em verificar se o mercado imobiliário de Rondonópolis está se adequando às exigências da NBR 15.575 no quesito de Desempenho Térmico. Os objetivos específicos são: Estudo de requisitos da NBR 15.575 no quesito de Desempenho térmico, avaliação pelo método simplificado, análises de Desempenho Térmico de projetos residenciais com implantação prevista na cidade de Rondonópolis, identificação dos itens com não atendimento e elaboração de propostas de melhorias para os problemas encontrados.

3. Método

A metodologia adotada neste trabalho foi inicialmente a escolha de projetos residenciais representativos de construtoras em Rondonópolis, e o levantamento de parâmetros necessários (memorial descritivo, projeto arquitetônico e preenchimento de formulário térmico). Em seguida foi realizada a análise dos empreendimentos pelo método simplificado da NBR 15.575 e por último, as propostas de melhorias.

4. Estudo de caso

O setor imobiliário de Rondonópolis apresenta um expressivo crescimento, especialmente em edifícios verticais. De acordo com a prefeitura da cidade, foram aprovados entre 2013 e 2018, 17 empreendimentos residenciais. Porém, não foi possível realizar uma avaliação de um número maior de imóveis habitacionais devido aos obstáculos encontrados, entre eles a permissão para acesso aos projetos/memoriais descritivos das obras, pois algumas construtoras afirmaram que a política da empresa não permitiria disponibilizar os dados dos imóveis. Verificou-se que algumas das construtoras da cidade desconhecem a norma de desempenho. A maioria afirmou estar realizando treinamentos para adequação dos projetos às conformidades da norma e que não sabem se os empreendimentos em construção atendem ou não ao quesito de desempenho térmico.

Foi autorizado a análise de três empreendimentos de três construtoras significativas na cidade, e que tiveram seus projetos aprovados na prefeitura local após 19 de julho de 2013, data em que a norma entrou em vigor. Sendo assim, todos esses empreendimentos deveriam estar atendendo à norma.

Além do projeto arquitetônico, as informações solicitadas às construtoras referentes às características técnicas dos materiais construtivos especificados no projeto de arquitetura são importantes para que todas as superfícies em contato com seu exterior sejam reconstituídas em detalhes. É necessário, portanto, conhecer os materiais que compõem as paredes e as coberturas, suas propriedades térmicas, a cor dos revestimentos externos, dentre outros. As respectivas espessuras dos materiais que compõem as paredes, lajes e cobertura também devem ser identificadas.

5. Análises e Resultados

5.1 Empreendimento A

O empreendimento A caracteriza-se em um conjunto de residenciais unifamiliares com 11 unidades habitacionais, que apresentam pequenas variações de tipologia de fachada e dimensões da garagem.

5.1.1 Adequação das vedações externas

Nas paredes dos quartos e sala, o edifício apresenta todas as vedações externas com tijolo deitado de 9 furos com dimensões 14x11,5x19cm, argamassa de assentamento externa 2cm e argamassa de assentamento interna 2cm. Com esses materiais, os valores encontrados foram 2,16 W/(m²K) para transmitância térmica e 155,72 kJ/(m²K) para capacidade térmica, obtidos através de cálculo conforme a NBR 15220-2. Nas paredes externas do edifício, será aplicada Textura com Pintura branca $\alpha=0,20$.

Para a zona climática 7, a norma define a necessidade de Transmitância Térmica menor que 3,7 W/(m²K) e Capacidade Térmica maior ou igual a 130 kJ/(m²K). Sendo assim, o empreendimento A atende este requisito na norma.

5.1.2 Transmitância térmica da cobertura

A cobertura deste empreendimento ainda não foram executadas, e possuem as seguintes características conforme diagnosticado através do formulário térmico: telha cerâmica esmaltada e=8mm cor cinza, espaço vazio variando entre 0,50m e 3,0m devido às diferentes configurações do telhado e inclinação de 30%, laje treliçada com 8 cm de isopor e 4cm de concreto e viga treliçada, espaço de ar de 20cm e forro gesso acartonado 10mm. De acordo com ANEXO V da Portaria do INMETRO Nº 50/2013, a absorvância solar da superfície da telha de acordo com a cor a tabela é de $\alpha=61,1$ denominado Cinza BR.

Para a Zona bioclimática 7, as coberturas deverão atender aos critérios de transmitância térmica menor ou igual a 1,5 FT para absorvância à radiação solar maior que 0,4. O empreendimento A não possui cobertura com ático ventilado, por isso o FT=1. Caso o edifício tivesse áticos ventilados, deveria ser calculado FT (fator de ventilação) conforme é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.

Com ajuda da calculadora de propriedades do Projeteer o resultado da cobertura apresenta transmitância térmica (U) igual a 1,0 W/(m²K). Sendo assim o empreendimento A atende aos requisitos de transmitância térmica da cobertura.

5.1.3 Aberturas para ventilação

De acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2013), os ambientes de permanência prolongada como salas, cozinhas e dormitórios deverão apresentar aberturas nas fachadas com dimensões adequadas para

proporcionar a ventilação interna dos ambientes e devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação da obra, incluindo Códigos de Obras, Códigos Sanitários e outros. Quando não existirem exigências de ordem legal no local de implantação da obra, deverá ser adotado a abertura de ventilação mínima de 7% da área de piso na Zonas Bioclimáticas 1 a 7.

A LEI COMPLEMENTAR Nº 091, DE 08 DE NOVEMBRO DE 2010 do município informam no Art. 134 que:

Art. 134 Os compartimentos habitáveis, utilizáveis ao trabalho, ensino, leitura, tratamento ou recuperação, à alimentação, reunião, festa, recreação ou esporte, de quaisquer edificações, deverão ser iluminados e ventilados através de janela ou abertura comunicando diretamente com o espaço exterior, com área mínima de 1/7 (um sétimo) da área do compartimento. (RONDONÓPOLIS, 2010)

O código de obras local se refere a uma área mínima de 1/7 (um sétimo) da área do compartimento para iluminação e ventilação. Em outros municípios, geralmente isso é exigência para iluminação, sendo que para ventilação costuma ser adotado a metade desse valor. Considerando que adotar essa área mínima efetiva para ventilação implicaria ao não atendimento de muitas esquadrias devido ao alto percentual de abertura, foi adotado o critério estabelecido pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013) de área mínima de 7% da área do piso para aberturas para ventilação. A Tabela 2 abaixo demonstra os critérios de atendimento e resultados obtidos conforme as exigências da norma de desempenho pelo método simplificado.

De acordo com a NBR 15575-4 (2013), na análise do projeto arquitetônico, deverá ser considerado para cada ambiente de longa permanência, a seguinte relação: $A = 100 \cdot (AA / AP)$ (%)

onde: AA é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo; nesta área não são computadas as áreas de portas internas. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada da edificação, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel da porta é computada. AP é a área de piso do ambiente. (NBR 15575-4 (2013)

Tabela 2: Cálculo de aberturas para ventilação empreendimento A

AMBIENTE/ ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Dormitório 01 – 7,56m ²	Janela de correr 4 folhas de alumínio com vidro translúcido	2,00x1,20m (2,40m ²)	40% (0,96m ²)	12,69%	Atende
Dormitório 02 – 9,24m ²	Janela de correr 4 folhas de alumínio com vidro translúcido	2,00x1,20m (2,40m ²)	40% (0,96m ²)	10,38%	Atende

Suíte – 12,32m ²	Janela de correr 4 folhas de alumínio com vidro translúcido	2,00x1,20m (2,40m ²)	40% (0,96m ²)	7,79%	Atende
Sala de Estar/Jantar - 21,46m ²	Porta de correr 2 folhas de alumínio com vidro translúcido	2,00x2,10m (4,20m ²)	45% (1,68m ²)	7,82%	Atende

Os percentuais de aberturas para ventilação (AA) foram adotados de acordo com a tabela de desconto das esquadrias da portaria do INMETRO N° 018/ 2012. Os resultados demonstram todas as esquadrias do Empreendimento A atendem aos requisitos de aberturas para ventilação.

5.2 Empreendimento B

O empreendimento B, caracteriza-se em um edifício vertical, em fase de construção, constituído por 18 pavimentos tipo de 2 unidades habitacionais cada, e mais dois pavimentos de cobertura referente ao 23° e 24° pavimento.

5.2.1 Adequação das vedações externas

Neste item, devem ser verificadas a transmitância térmica das paredes externas conforme Tabela 13 e a capacidade térmica de paredes externas conforme tabela 14 da NBR 15575-4.

O pavimento tipo, 23° e 24° andar apresentam os componentes construtivos semelhantes em relação às características analisadas neste item, inclusive o mesmo padrão de cor nas fachadas. Segundo o memorial descritivo, nas paredes externas dos quartos e salas são utilizados tijolo deitado de 9 furos 14x11,5x24cm, argamassa de assentamento interno 2cm e argamassa de assentamento externo 3cm. Com esses materiais, os valores encontrados foram 2,11 W/(m²K) para transmitância térmica e 177,76 kJ/(m²K) para capacidade térmica, obtidos através de cálculo normatizado na NBR 15220-2. Nas paredes externas do edifício, será aplicada textura com pintura na cor aproximada ao marfim, que possui absorvância à radiação solar da superfície igual a 33,6 de acordo com anexo V da portaria INMETRO N° 50/2013.

Para a zona climática 7, a norma define a necessidade de Transmitância Térmica menor que 3,7 W/(m²K) e Capacidade Térmica maior ou igual a 130 kJ/(m²K) para paredes externas com absorvância à radiação solar das superfícies menor que 0,6. Conclui-se que o Empreendimento B atende a esses requisitos da norma.

5.2.2 Transmitância Térmica Da Cobertura

Este item, refere-se à verificação da transmitância térmica da cobertura conforme a Tabela 5 da NBR 15575-5. A avaliação foi realizada para os três pavimentos mencionados anteriormente, porque todos apresentam necessidade de avaliar a cobertura em função da variação tipológica.

O 24° andar é o último pavimento com unidade habitacional, e deverá possuir em toda sua extensão telha termoacústica branca de 4cm, espaço vazio de 1,0m onde irá uma treliça metálica, argamassa de regularização 4,0cm, laje nervurada de 23cm, câmara de ar de 40cm e gesso acartonado de 2cm. Conforme as características descritas acima, os resultados obtidos através da calculadora de propriedades do Projeteer informam $U = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

O 23º andar possui duas unidades habitacionais com ambientes de permanência prolongada sob ambientes cobertos e áreas descobertas constituídas por terraços. Essas áreas descobertas são compostas por piso cerâmico com 1,5cm de espessura e cor indeterminada ainda, pois será o cliente que irá instalar conforme a preferência. Impermeabilização indeterminada ainda, contrapiso de 4,0cm, manta acústica 0,5cm, laje nervurada de 23cm, espaço de ar 20cm e gesso acartonado 2cm. Por meio da calculadora de propriedades do Projeteer o resultado da cobertura apresenta transmitância de 1,2 W/(m2K).

A mesma situação é identificada no pavimento inferior, 22º andar constituído pelo pavimento tipo do edifício. Alguns ambientes de permanência prolongada estão sob uma área descoberta do pavimento superior, constituída por um grande terraço. Os resultados obtidos através da calculadora de propriedades do Projeteer informam $U = 1,2 \text{ W/(m2K)}$. Os demais pavimentos tipo abaixo estão sob esse pavimento tipo, não sendo necessário obter informação de transmitância térmica da cobertura.

Para a Zona bioclimática 7, as coberturas devem possuir transmitância térmica menor ou igual a 1,5 FT para absorvância maior ou igual a 0,4. Conclui-se que o Empreendimento B atende aos requisitos de transmitância térmica da cobertura nas três ocasiões, independentemente da cor do piso a ser utilizado.

5.2.3 Aberturas para ventilação

A Tabela 3 abaixo demonstra os critérios de atendimento e resultado das aberturas para ventilação conforme as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) para a unidade habitacional do 24º andar.

Tabela 3: Cálculo de aberturas para ventilação empreendimento B – 24º andar

AMBIENTE/ ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Suíte 01 - 14,38m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	5,42%	Não atende
Suíte 02 - 13,97m ²	Janela integrada de alumínio motorizada Correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	5,58%	Não atende
Suíte 03 - 31,89m ²	Porta integrada de alumínio motorizada Correr 4 folhas	5,60x2,80m (15,68m ²)	40% (6,27m ²)	19,66%	Atende
Suíte 04 - 34,68m ²	Porta integrada de alumínio motorizada Correr 4 folhas	5,60x2,80m (15,68m ²)	40% (6,27m ²)	18,08%	Atende
1Sala de Estar - 33,43m ²	2 Portas de correr em vidro temperado 4 folhas (2 fixas)	5,60x2,80m (15,68m ²) 4,10x2,80m (11,48m ²)	40% (10,86m ²)	32,49%	Atende

A Tabela 4 abaixo demonstra os critérios de atendimento e resultado das aberturas para ventilação conforme as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) para a unidade habitacional do 23º andar.

Tabela 4: Cálculo de aberturas para ventilação empreendimento B – 23º andar

AMBIENTE/ ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Suíte 01 – 16,16m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	4,82%	Não atende
Suíte 02 – 15,50m ²	Janela integrada de alumínio motorizada Correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	5,03%	Não atende
Suíte 03 – 15,26m ²	Janela de alumínio e vidro fixa e correr 4 folhas	Fixa 1,60 + 0,80m x 1,70m Correr 4 Folhas 3,00mx1,70m	40% (2,04m ²)	13,36%	Atende
Suíte Master – 14,78m ²	Porta integrada de alumínio motorizada Correr 4 folhas	5,60x2,80m (15,68m ²)	40% (6,27m ²)	42,43%	Atende
Sala de Estar/Jantar - 33,63m ²	1 Porta de correr em vidro temperado 4 folhas (2 fixas) 1 Porta de correr de vidro temperado 2 folhas (1 fixa)	3,95x2,80m (11,06m ²) 2,4x2,80m (6,72m ²)	40% (7,11m ²)	21,14%	Atende

A Tabela 5 abaixo demonstra os critérios de atendimento e resultado das aberturas para ventilação conforme as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) para a unidade habitacional do pavimento tipo.

Tabela 5: Cálculo de aberturas para ventilação empreendimento B – Pavimento tipo

AMBIENTE/ ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Suíte 01 – 15,43m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	5,05%	Não atende
Suíte 02 – 15,50m ²	Janela integrada de alumínio motorizada Correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	5,03%	Não atende
Suíte Master – 12,48m ²	Janela integrada de alumínio motorizada Correr 2 folhas	1,40x1,40m (1,96m ²)	40% (0,78m ²)	6,25%	Atende

Sala de Estar/Jantar - 24,70m ²	1 Porta de correr em vidro temperado 4 folhas (2 fixas)	3,50x2,18m (7,63m ²)	40% (3,05m ²)	12,34%	Atende
---	---	-------------------------------------	------------------------------	--------	--------

5.3 Empreendimento C

O empreendimento C, caracteriza-se em um edifício vertical, em fase de construção, constituído por 20 pavimentos tipo de 4 unidades habitacionais cada.

5.3.1 Adequação Das Vedações Externas

As paredes externas dos quartos e salas apresentam tijolo de 8 furos deitado com dimensões 9x19x19cm, argamassa de assentamento externa 3,5cm e argamassa de assentamento interna 2,5cm, compondo uma parede de 25cm. Com esses materiais temos transmitância térmica igual a 2,3 W/(m²K) e capacidade térmica igual a 162,7 kJ/(m²K), obtidos através da calculadora de propriedades disponível no site Projeteee.

As fachadas dos edifícios possuem variação de duas cores da pintura externa, sendo uma parte na cor branca com absorvância solar da superfície (α) igual a 0,20 e outra parte na cor cinza com absorvância solar igual a 86,4. Para a zona climática 7, a norma define a necessidade de transmitância térmica (U) menor ou igual a 3,7 W/(m²K) onde houver absorvância solar menor ou igual a 0,6, e transmitância térmica menor ou igual a 2,5 onde houver absorvância solar maior que 0,6. A capacidade Térmica em ambos os casos deve ser maior ou igual a 130 kJ/(m²K). Sendo assim o empreendimento C atende a este requisito, independentemente da cor da fachada.

5.3.2 Transmitância Térmica Da Cobertura

A cobertura do edifício já foi executada, e o último pavimento tipo apresenta parte da cobertura com os seguintes materiais: telha termoacústica 4cm de espessura e superfície cor branca, espaço vazio de 1,0m onde irá uma treliça metálica, impermeabilização Viapol 7.000, laje de concreto e=7cm, regularização e=3cm, espaço de ar 20cm e gesso acartonado e=2cm. Através da calculadora de propriedades do Projeteee o resultado dessa cobertura apresenta transmitância térmica igual a 0,5 W/(m²K).

A outra metade da cobertura dos ambientes de permanência prolongada do último pavimento tipo é constituída por ambientes de lazer coberto e por área de terraço descoberto, constituída por porcelanato na cor cinza com espessura de 1,5cm, contrapiso de 5cm, laje de concreto de 12cm, camada de ar de 20cm e gesso acartonado de 2cm. Por meio da calculadora de propriedades do Projeteee o resultado dessa cobertura apresenta transmitância térmica igual a 1,8 W/(m²K).

Para a Zona bioclimática 7, as coberturas nas cores escuras devem atender ao critério de transmitância térmica menor ou igual a 1,5 W/(m²K). Conclui-se que o empreendimento C não atende aos requisitos de transmitância térmica da cobertura, pois o terraço da área de lazer apresentou componente construtivo com transmitância térmica maior que 1,5 W/(m²K).

5.3.3 Aberturas Para Ventilação

A Tabela 6 abaixo demonstra os critérios de atendimento e resultado das aberturas para ventilação conforme as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) pelo método simplificado.

Tabela 6: Cálculo de aberturas para ventilação empreendimento C

AMBIENTE/ ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Dormitório 01 – 10,06m ²	Janela correr 2 folhas alumínio e vidro e venezianas	1,50x1,00m (1,50m ²)	45% (0,67m ²)	6,70%	Não atende
Dormitório 02 – 8,78m ²	Janela correr 2 folhas alumínio e vidro e venezianas	1,30x1,00m (1,30m ²)	45% (0,58m ²)	6,66%	Não atende
Suíte – 13,00m ²	Janela correr 2 folhas alumínio e vidro e venezianas	1,90x1,00m (1,90m ²)	45% (0,85m ²)	6,53%	Não atende
Sala de Estar/Jantar - 16,80m ²	Porta de correr alumínio e vidro 2 folhas; Janela de correr alumínio e vidro 4 folhas	2,00x1,00m (2,00m ²); 2,00x2,40m (4,80m ²)	40% (2,72m ²)	16,19%	Atende

6. Sugestões de melhorias para o atendimento da norma

Os três empreendimentos analisados apresentaram componentes construtivos e resultados variados, conforme mostra a Tabela 7 abaixo. As análises mostram que apenas o empreendimento A atendeu a todos os requisitos de desempenho térmico conforme método simplificado da ABNT NBR 15575, enquanto os empreendimentos B e C não atenderam ao item de aberturas para ventilação e o empreendimento C não atendeu o item de isolamento térmica da cobertura.

Tabela 7: Resultados dos empreendimentos analisados

REQUISITO	ADEQUAÇÃO DAS PAREDES EXTERNAS			ISOLAÇÃO TÉRMICA DA COBERTURA
	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DAS PAREDES EXTERNAS	CAPACIDADE TÉRMICA DAS PAREDES EXTERNAS	ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DA COBERTURA
EMPREENHIMENTO A	Atende	Atende	Atende	Atende
EMPREENHIMENTO B	Atende	Atende	Não atende	Atende
EMPREENHIMENTO C	Atende	Atende	Não atende	Não atende

Segue a proposta das modificações necessárias para o atendimento da norma referente as aberturas para ventilação dos empreendimentos B e C. As Tabelas 8, 9 e 10 mostram as modificações sugeridas para o Empreendimento B visando o atendimento a norma. Sugere-se aumento de todas as esquadrias na largura, passando de 1,40m para 2,10m.

Tabela 8: Proposta de aberturas para o empreendimento B – Pavimento tipo 24° andar

AMBIENTE/	TIPO DE	DIMENSÕES	% ABERTURA	ÁREA DE	RESULTADO
-----------	---------	-----------	------------	---------	-----------

ÁREA (AP)	ESQUADRIA	ESQUADRIAS	(AA)	VENTILAÇÃO	
Suíte 01 - 14,38m ²	Janela integrada de alumínio motorizada Correr 4 folhas (2 fixas)	2,10m x 1,40m (2,94m ²)	40% (1,17m ²)	8,17%	Atende
Suíte 02 - 13,97m ²	Janela integrada de alumínio motorizada Correr 4 folhas (2 fixas)	2,10m x 1,40m (2,94m ²)	40% (1,17m ²)	8,37%	Atende

Tabela 9: Modificações de aberturas empreendimento B – Pavimento tipo 23º andar

AMBIENTE/ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Suíte 01 – 16,16m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 4 folhas (2 fixas)	2,10m x 1,40m (2,94m ²)	40% (1,17m ²)	7,24%	Atende
Suíte 02 – 15,50m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 4 folhas (2 fixas)	2,10m x 1,40m (2,94m ²)	40% (1,17m ²)	7,54%	Atende

Tabela 10: Modificações de aberturas empreendimento B – Pavimento tipo

AMBIENTE/ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Suíte 01 – 15,43m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 4 folhas (2 fixas)	2,10m x 1,40m (2,94m ²)	40% (1,17m ²)	7,58%	Atende
Suíte 02 – 15,50m ²	Janela integrada de alumínio motorizada correr 4 folhas (2 fixas)	2,10m x 1,40m (2,94m ²)	40% (1,17m ²)	7,54%	Atende

A Tabela 11 abaixo demonstra as modificações sugeridas para o Empreendimento C visando o atendimento a norma, com áreas para ventilação maiores a 7% da área do ambiente.

Tabela 11: Modificações de aberturas empreendimento C – Pavimento tipo

AMBIENTE/ÁREA (AP)	TIPO DE ESQUADRIA	DIMENSÕES ESQUADRIAS	% ABERTURA (AA)	ÁREA DE VENTILAÇÃO	RESULTADO
Dormitório 01 – 10,06m ²	Janela correr 2 folhas alumínio e vidro e	1,60m x 1,00m (1,60m ²)	45%	7,15%	Atende

	venezianas		(0,72m ²)		
Dormitório 02 – 8,78m ²	Janela correr 2 folhas alumínio e vidro e venezianas	1,40m x1,00m (1,40m ²)	45% (0,63m ²)	7,17%	Atende

Em relação ao não atendimento ao item de transmitância térmica da cobertura do empreendimento C, foi adotado como proposta para o atendimento da norma a substituição do porcelanato no terraço do último pavimento por outro na cor clara, com coeficiente de absorvância menor ou igual a 0,4, pois neste caso a transmitância térmica pode ser menor ou igual a 2,3 W/(m²K).

6. Conclusões

É indiscutível a importância da NBR 15575 (ABNT, 2013), pois o mercado da construção civil habitacional no Brasil esteve por muitos anos produzindo edifícios pouco atentos às exigências dos usuários, relacionadas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade. E através da obrigatoriedade de cumprir essas exigências, os profissionais, construtores e fornecedores devem atuar na direção da produção de melhores habitações, especialmente através do atendimento ao requisito de desempenho térmico.

Acredita-se na importância da avaliação através do método simplificado, pois permite uma rápida avaliação da edificação com baixo nível de complexidade, especialmente através do uso de dados dos componentes construtivos disponíveis através da plataforma do Projeteer. A maior dificuldade poderia ocorrer caso o sistema construtivo utilizado não se encontre disponível através do site, implicando assim a necessidade do cálculo de transmitância térmica e capacidade térmica através da NBR 15220-2.

Os resultados desta análise indicaram que somente o condomínio horizontal A apresentou características que atendem aos requisitos mínimos de desempenho térmico. É notável que as modificações necessárias para o empreendimento B e C teriam um significativo impacto de custo, pois uma boa parte das esquadrias teriam que ser aumentadas. Acredita-se que esses problemas decorrem em grande parte devido aos projetistas, construtoras e a prefeitura de Rondonópolis não contabilizarem a abertura efetiva para ventilação, onde é necessário descontar os caixilhos e obstruções que impedem a livre circulação do ar.

O atendimento ao requisito de desempenho térmico da norma, demonstra que o empreendimento A está apresentando um maior nível de qualidade, sob ponto de vista do bem-estar de seus usuários finais, onde foi garantido o atendimento ao desempenho térmico mínimo obrigatório. Caso a construtora tenha interesse em verificar se este empreendimento atende a nível intermediário ou avançado, deverá ser realizado uma análise através da simulação computacional. Além do não atendimento ao critério de abertura para ventilação, o empreendimento C também não atende ao critério de isolamento da cobertura, pois o último pavimento possui uma região de terraço com área descoberta, e os componentes construtivos que formam a cobertura para o pavimento inferior não apresentaram transmitância térmica mínima para um piso com coeficiente de absorvância acima de 0,4. Este item poderia ter sido atendido com a simples opção por um piso com menor coeficiente de absorvância, com cor clara.

O presente trabalho, realizado para analisar três dos dezessete empreendimentos residenciais aprovados na cidade de Rondonópolis entre 2013 e 2018, conclui que as construtoras locais ainda não

estão atentas às exigências da NBR 15575 (ABNT, 2013). Seria importante realizar as modificações sugeridas nesta pesquisa para evitar o descontentamento dos futuros usuários e evitar as inconsistências encontradas nos próximos empreendimentos.

7. Referências

ALMEIDA et al. Análise de desempenho térmico de edificações: Um estudo de caso na cidade de Palmas, TO. São Paulo. ENTAC: 2016.

ASBEA. Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

CIBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO). Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15.575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CALAZANS, C. J. ANÁLISE DA ABNT NBR 15575:2013 COM ÊNFASE EM DESEMPENHO TÉRMICO. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

COSTELLA, M., F. Norma de desempenho de edificações: Modelo de aplicação em construtoras. Curitiba: Appris editora, 2018. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INMETRO. Anexo II. Anexo Geral II – Tabela de descontos das esquadrias. Anexo da Portaria: nº 18/2018

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INMETRO. Anexo V. Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. Anexo da Portaria: nº 50/2013

PROJETEEE: PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGICAMENTE EFICIENTES. 2018. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

RONDONÓPOLIS. Lei Complementar n. 91/2010, de 08 de nov. de 2010. CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS. Rondonópolis, p. 1-79, nov. 2018. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/psvbl>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

SORGATO, M. J. et al. Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública. Universidade Federal de Santa Catarina. LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2012.

SILVEIRA, F. M. Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente:

NBR 15575 e ASHRAE 55. Campinas: UNICAMP, 2014.

ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 018/ 2012. ANEXO II – TABELA DE DESCONTO DAS ESQUADRIAS.