



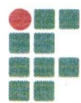
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA  
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS  
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE  
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS E DE CERÂMICA  
PARA FACHADAS, SEGUNDO AS NORMAS: NBR 15.575 E  
NBR 15.220**

**ADEMAR FERREIRA SANTANA JÚNIOR**

**APARECIDA DE GOIÂNIA/GO**

**2019**



**INSTITUTO FEDERAL**  
Goiás

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO  
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |                                                                      |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese                                        | <input checked="" type="checkbox"/> Artigo Científico   |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |                                                         |

Nome Completo do Autor: Ademar Ferreira Santana Júnior

Matrícula: 20162090040045

Título do Trabalho: Análise do Desempenho Térmico de Revestimentos Argamassados e de Cerâmica para Fachadas, Segundo as Normas: NBR 15.575 e NBR 15.220;

**Autorização - Marque uma das opções**

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG;
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_;
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG.

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.  
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.  
☐ Outra justificativa: \_\_\_\_\_

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

*Assinatura do Autor* Local *01/02/2020* Data

*Assinatura do Autor*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA  
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS  
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ADEMAR FERREIRA SANTANA JÚNIOR**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE  
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS E DE CERÂMICA  
PARA FACHADAS, SEGUNDO AS NORMAS: NBR 15.575 E  
NBR 15.220**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa de Materiais de Construção, sob a orientação do Professor Mestre Murilo Meiron de Pádua Soares.

**APARECIDA DE GOIÂNIA/GO**

**2019**



## TERMO DE APROVAÇÃO

ADEMAR FERREIRA SANTANA

### ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS E DE CERÂMICA PARA FACHADAS, SEGUNDO AS NORMAS: NBR15.575 E NBR 15.220

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa Construção Civil: Materiais e Tecnologias sob orientação do Me. Murilo Meiron de Pádua Soares.

Aprovado em 03 de dezembro de 2019.

#### BANCA EXAMINADORA

Murilo Meiron de P. Soares  
Me. Murilo Meiron de Pádua Soares (Presidente - orientador)

Luciano Calça Alves  
Dr. Luciano Calça Alves (Membro Interno)

Paulo Francinete Silva Jr  
Dr. Paulo Francinete Silva Júnior (Membro Externo)

## **ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS E DE CERÂMICA PARA FACHADAS, SEGUNDO AS NORMAS: NBR 15.575 E NBR 15.220**

SANTANA JÚNIOR, A. F.

Ademar Ferreira Santana Júnior, Instituto Federal de Goiás - IFG  
ademarjr.fs@gmail.com

### **RESUMO**

A avaliação da performance dos elementos de fachada nos permite analisar as técnicas construtivas utilizadas, aferindo a interação dos materiais empregados diante das condições a que serão submetidos, possibilitando a previsão de possíveis patologias e inconformidades e o desenvolvimento de ações preventivas.

O objetivo central deste trabalho foi analisar o desempenho dos sistemas de revestimento de fachada quanto a sua capacidade de isolamento térmico. Como metodologia, foi realizada uma análise do desempenho dos sistemas de revestimento de fachadas com base na NBR 15220 (ABNT, 2005).

As análises foram embasadas nos dados obtidos a partir da análise da literatura disponível e em depoimentos de profissionais da área. O desempenho destes elementos está intimamente ligado ao projeto executivo, a execução e as manutenções preventivas correspondentes.

**Palavras-chave:** *Desempenho, Isolação, Fachada, Performance, Térmico.*

### **ABSTRACT**

*The evaluation of the performance of the facade elements allows us to analyze the construction techniques used, assessing the interaction of the materials used in view of the conditions to be submitted, allowing the prediction of possible pathologies and non-conformities and the development of preventive actions.*

*The main objective of this work was to analyze the performance of facade cladding systems regarding their thermal insulation capacity. As a methodology, an analysis of the performance of facade cladding systems based on NBR 15220 (ABNT, 2005) was performed.*

*The analyzes were based on data obtained from the analysis of the available literature and testimonials from professionals in the field. The performance of these elements is closely linked to the executive design, execution and corresponding preventive maintenance.*

**Keywords:** *Insulation, Facade, Performance, Thermal.*

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço do conhecimento e da tecnologia na utilização dos diversos materiais nos permitiu evoluir exponencialmente, no desempenho das edificações, principalmente no quesito conforto e durabilidade. Contudo, para a maximização destas características, tem-se dedicado grande atenção aos cuidados e manutenções destes edifícios (GUIMARÃES, 2003).

Os materiais e sistemas empregados na construção de elementos de fachada exercem grande papel na durabilidade e desempenho da construção como um todo, uma vez que influencia diretamente na proteção dos elementos de vedação vertical, contra intempéries diversas e podem ou não contribuir para o conforto interno dos edifícios, térmico, acústico dentre outros.

Este trabalho se viabiliza em sua temática, analisando o desempenho dos materiais empregados nos elementos de fachada e suas técnicas de execução, uma vez que tais elementos afetam diretamente na durabilidade e desempenho de nossas edificações. O tema torna-se muito pertinente devido a norma de Desempenho de Edificações, a NBR 15575 Edificações Habitacionais — Desempenho, que entrou em vigor em 2013. Esta norma tem como objetivo principal estabelecer parâmetros mínimos de qualidade para as edificações, atendendo as exigências dos usuários no que tange ao conforto, uso e garantias. Os empreendimentos devem atender os parâmetros estabelecidos independentemente dos sistemas construtivos, materiais constituintes ou técnicas de execução.

Um dos requisitos abordados pela NBR 15575 (ABNT, 2013) é a capacidade da edificação de oferecer características de conforto térmico satisfatórias aos seus usuários. Neste prisma, o elemento de fachada surge como um elemento fundamental para a boa performance do sistema quanto este requisito, sendo a insolação solar o principal fator de influência na variação térmica interna de uma edificação e este o elemento responsável por quase totalidade da interação com este fator.

## 2. CONCEITOS BÁSICOS

### 2.1. Desempenho

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), as especificações de desempenho podem ser definidas como um conjunto de requisitos e critérios determinados para um edifício e todos os seus sistemas constituintes, para que a edificação atenda satisfatoriamente em todas as suas funções pré-definidas. Essas especificações indicam os fatores de segurança e níveis mínimos de conforto e sustentabilidade de um edifício em cada um de seus sistemas. O desempenho pode ser dividido em três principais aspectos: habitabilidade, sustentabilidade e segurança. Cada um destes aspectos, ainda pode ser dividido em alguns fatores:

- Habitabilidade: estanqueidade, conforto térmico, conforto acústico, conforto lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico;
- Sustentabilidade: durabilidade, manutenibilidade, impacto ambiental;
- Segurança: segurança estrutural, segurança contra o fogo, segurança no uso;;

Silva (2006), descreve algumas funções desempenhadas pelos elementos de fachada:

- Proteger e arrematar esteticamente as edificações;
- Prover segurança e conforto aos usuários;



- Proteger os materiais e elementos constituintes da edificação de intempéries e quaisquer outros fatores de degradação;

## 2.2. Principais Sistemas de Revestimento de Fachada

De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017), o revestimento externo pode ser definido como um conjunto de camadas sobrepostas interligadas, composta por estrutura-suporte, alvenarias, camadas consecutivas de argamassa finalizada com um revestimento final, pintura, cerâmica, pedras dentre outros, tendo a finalidade de proteger a edificação frente as intempéries externas diversas além de atuar como acabamento estético do edifício.

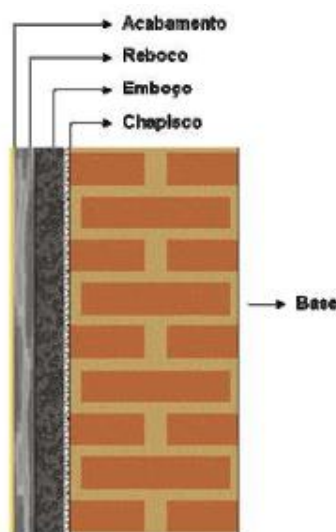
Os revestimentos de fachada atuam em diversas funções nos edifícios, oferecendo contribuições protegendo alvenaria, regularizando as superfícies, contribuindo e garantindo estanqueidade, até funções de natureza estética, sendo este o elemento de acabamento das vedações (BAUER, 2005).

A NBR 13749 (ABNT, 2013), descreve algumas condições que devem ser observadas ao se conceber um sistema de revestimento externo:

1. Compatibilidade com o acabamento decorativo final;
2. Resistência mecânica gradual a partir da camada superficial;
3. Apresentar propriedades hidrofugantes caso não haja um acabamento final com tal característica;
4. Apresentar propriedades impermeabilizantes em situações de contato direto com o solo;
5. Resistência a variações de temperatura;

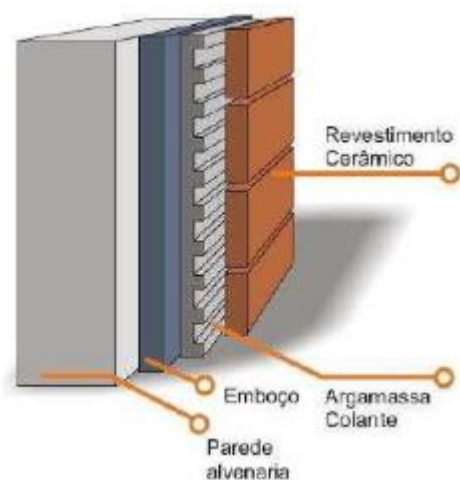
Alguns dos principais sistemas de fachadas difundidos na construção civil brasileira são representados nas Figuras 2.1 e 2.2:

Figura 2.1 - Revestimento em camada dupla



Fonte: Antunes (2010)

Figura 2.2 - Camada constituinte de revestimento cerâmico



Fonte: Antunes (2010)

Existem diversas opções de sistemas e materiais para a composição dos revestimentos de

fachada, porém os acabamentos cerâmicos e em pintura têm sido as soluções com maior aceitação no mercado nacional. Segundo Pavirisi (2008), estes sistemas são os mais utilizados no país.

### 2.3.1 Composição Básica dos Revestimentos

A NBR 13529 (ABNT, 2013) define o revestimento de argamassa como “o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final”.

Os diversos sistemas de revestimentos de argamassa podem ser divididos em dois grupos, de acordo com o número de camadas: quando constituído de duas camadas, emboço e reboco, ou por uma única camada, também conhecido como monocamada ou massa única. Cada camada constituinte possui composição e funções únicas no sistema conforme quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Elementos de fachada associados ao sistema de revestimento, composição e principais funções

| Elementos de Fachada  | Composição                                                                                   | Função                                                                                                            |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Base ou Substrato     | Pode ser em concreto ou em alvenaria;                                                        | Camada que recebe o revestimento;                                                                                 |
| Chapisco              | Argamassa de cimento, areia e água;                                                          | Uniformização da superfície da base e maximização da aderência do revestimento;                                   |
| Emboço                | Argamassa de agregado miúdo, aglomerante inorgânico e água;                                  | Regularização da superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que possa receber o acabamento final; |
| Reboco                | Argamassa de agregado miúdo, aglomerante inorgânico e água;                                  | Regularização do emboço, propiciando uma superfície que possa ser ou receber o acabamento final;                  |
| Argamassa colante     | Argamassa de agregados minerais, aglomerante hidráulico, aditivos e água;                    | Confere aderência às placas cerâmicas junto à camada que lhe serve de base;                                       |
| Acabamento decorativo | Tinta ou placa cerâmica;                                                                     | Contribui para definição estética da edificação, lhe conferindo isolamento, limpabilidade e estanqueidade;        |
| Argamassa de Rejunte  | Pode ser argamassa, nata de cimento, resina epóxi ou qualquer outro especificado para o fim; | Composto destinado a preencher as juntas de assentamento de placas cerâmicas                                      |

Fonte: Adaptado de Antunes (2010)

### 2.3.2 Revestimentos Argamassados

Para Junior (2010) os revestimentos de argamassa, para que possam desempenhar satisfatoriamente sua função, devem apresentar algumas características: durabilidade, impermeabilidade à água, aderência, resistência mecânica e resiliência.

Szlak (2002) pontua que um revestimento argamassado pode ser responsável por 30% do isolamento térmico, 50% do isolamento acústico e 100% da estanqueidade de uma vedação de alvenaria, desde que possua espessura entre 30% a 40% da espessura total da parede. Ao analisarmos uma vedação comum com 15 cm de espessura total em média, este revestimento deve apresentar de 45 mm a 60 mm de espessura total somando ambos os lados da vedação.

#### 2.3.2.1 Revestimento Externo de Monocamada

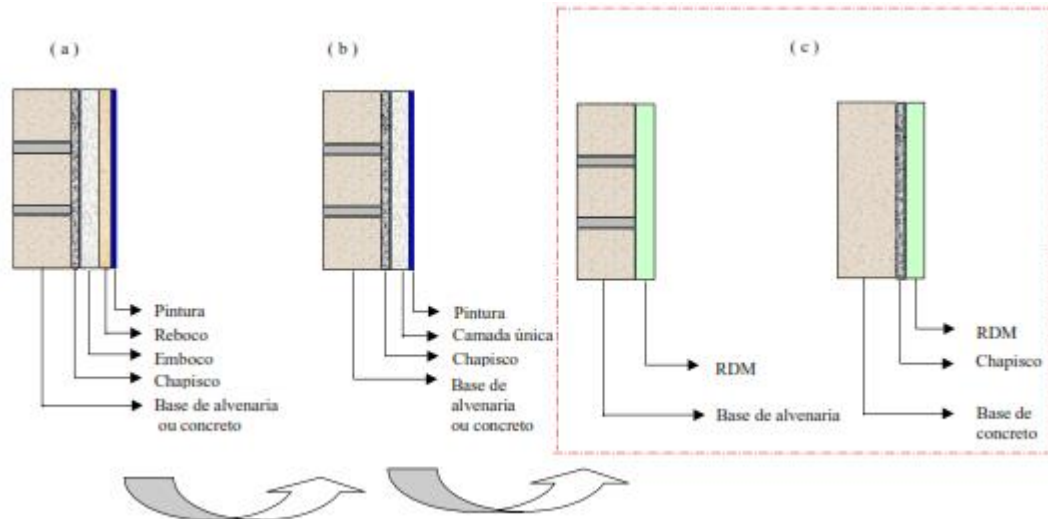
Para Crescencio e Barros (2005), o revestimento de camada única ou monocamada é um sistema de origem francesa e surgiu como uma opção ao sistema tradicional. Este tipo de



revestimento é frequentemente denominado “monomassa” (SOUZA, 2009).

Esta tecnologia é constituída por uma única camada, funcionando como regularização da base, enchimento e acabamento das vedações não tendo definido uma espessura, conforme ilustrado na Figura 2.3.

Figura 2.3 - Modificações ocorridas no sistema de revestimento de argamassa, (a) revestimento tradicional, (b) revestimento de camada única, (c) revestimento decorativo monocamada aplicado sobre alvenaria e revestimento decorativo monocamada aplicado sobre estrutura e concreto



Fonte: Crescencio (2003)

### 2.3.2.2 Revestimento Externo em Duas Camadas - Tradicional

Tecnologia tradicional na execução do revestimento de parede externa, o revestimento em duas camadas é composto por emboço e reboco:

- Emboço: camada de argamassa com a função de regularizar a superfície da base, possibilitando a execução de rebocos e demais acabamentos decorativos. Apresenta uma espessura média de 15 a 25 mm (SABBATINI, 2007);
- Reboco: camada de argamassa executado sobre o emboço, pode servir como base para o acabamento decorativo ou acabamento final. Apresenta espessura máxima de 5mm (SABBATINI, 2007);

Consta na NBR 13749 (ABNT, 2013) que a espessura do revestimento de parede externa deve variar entre 20 e 30 milímetros

### 2.3.2.3 Revestimento Externo Cerâmico

De acordo com Medeiros e Sabbatini (1999), os revestimentos cerâmicos aplicados em sistemas de fachada podem ser classificados em aderidos ou não aderidos. Quando estes revestimentos possuírem um elemento com finalidade de isolamento acústico, térmico e/ou impermeabilização que não apresentem compatibilidade aderente entre as camadas, os revestimentos deverão ser fixados por meio de dispositivos específicos e serão considerados revestimentos não aderidos.

De acordo com os mesmos autores Medeiros e Sabattini (1999), o revestimento cerâmico de fachada quando constituir um conjunto monolítico com todas as camadas componentes, base suportante, chapisco, emboço e/ou reboco, camada de fixação e capa exterior (formada por placas cerâmicas assentadas e rejuntadas com material adequado), será considerado um revestimento aderido, conforme representado na Figura 2.2.

### 2.3. Definições, símbolos e subscritos

Para o entendimento dos cálculos e conceitos utilizados na análise desenvolvida, aplicam-se os seguintes símbolos, unidades subscritos e definições.

#### 2.3.1 Resistência Térmica

Capacidade de um material de impedir a passagem de calor. A unidade de medida dessa grandeza é o m.<sup>2</sup>C/W. Pode ser determinada o pela divisão da espessura do material pelo seu respectivo coeficiente de condutividade térmica.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (1)$$

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (2)$$

R = resistência térmica

$\lambda$  = condutividade térmica

e = espessura da camada

#### 2.3.2 Transmitância Térmica

Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005) a transmitância térmica dos elementos, resultante da interação de diferentes ambientes, pode ser equacionada com o inverso da resistência térmica total do elemento.

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (3)$$

U = transmitância térmica

$R_t$  = resistência térmica total

A transmitância térmica pode ser definida como o fluxo de calor que atravessa o elemento, na unidade de tempo, por unidade de área, considerando uma alteração unitária entre as temperaturas do ar em contato com cada uma das faces desse mesmo componente.

Assim a transmitância funciona como um indicador do desempenho térmico das edificações.

#### 2.3.3 Capacidade Térmica

A espessura de um elemento multiplicada pelo seu calor específico e pela sua massa específica aparente é denominada capacidade térmica:

$$C_t = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (4)$$

$C_t$  = capacidade térmica

$\lambda_i$  = condutividade térmica

$R_i$  = resistência térmica $C_i$  = calor específico $e_i$  = espessura da camada $\rho_i$  = densidade de massa

A capacidade térmica de um material pode ser definida como a quantidade de calor necessária para modificar em uma unidade a temperatura de um sistema.

### 2.3.4 Atraso Térmico

Período decorrido entre uma variação térmica em um ambiente e sua manifestação na superfície oposta de um elemento construtivo submetido a um regime periódico de transferência de calor de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005).

Na situação de um elemento composto por diferentes materiais superpostos em camadas paralelas às faces, perpendiculares ao fluxo de calor, o atraso térmico varia segundo a ordem das camadas NBR 15220 (ABNT, 2005).

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \quad (5)$$

Onde:

$\varphi$  é o atraso térmico;

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t}$$

$$B_0 = C_t - C_{t \text{ ext.}}$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left( \frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{\text{ext}}}{R_t} \right) \cdot \left( R_{\text{ext}} - \frac{R_t - R_{\text{ext}}}{10} \right)$$

Onde:

$C_t$  é a capacidade térmica total do componente;

$C_{t \text{ ext.}}$  é a capacidade térmica da camada externa do componente;

OBS: Caso o resultado do cálculo de  $B_2$  seja um valor negativo, deve-se considerar a variável em questão com o valor nulo;

## 3. METODOLOGIA

A partir de referências da revisão bibliográfica realizada, foi avaliada a metodologia mais viável para elaboração do estudo em questão. O embasamento teórico do trabalho foi fundamentado na NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em 2005.

Para análise da influência dos revestimentos de fachada no desempenho térmico das edificações foi realizado o comparativo entre os dois modelos teóricos de sistemas de revestimento de fachada mais difundidos no mercado nacional, revestimentos de argamassa com pintura e revestimento cerâmico, e um modelo de fachada com o sistema de vedação vertical sem qualquer revestimento, alvenaria em bloco cerâmico.

Para composição dos modelos foram adotadas características preestabelecidas na NBR

15220 (ABNT, 2005) e vivencia pratica:

Dimensão do bloco cerâmico = 29cm x 14cm x 09cm

$$\rho_c = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{arg} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_c = 0,90 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_{arg} = 1,15 \text{ W/(m.K)}$$

$$c_c = 0,92 \text{ kJ/(kg.K)}$$

$$c_{arg} = 1,00 \text{ kJ/(kg.K)}$$

$\rho$  = Densidade de massa

$\lambda$  = Condutividade térmica

$c$  = Capacidade térmica

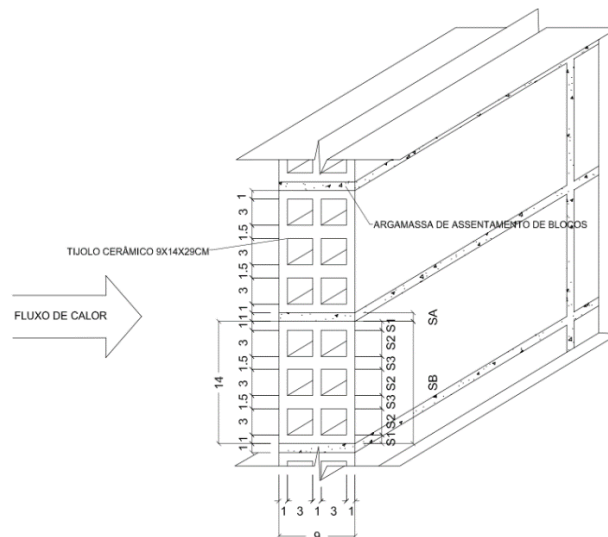
Quanto a considerações referentes a câmara de ar em decorrência dos furos existentes na peça cerâmica, bloco cerâmico,  $R_{ar} = 0,16 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ , valor atribuído a partir da norma NBR 15220 (ABNT, 2005), espessura da câmara ar considerada de 3,00 cm, com fluxo de calor horizontal.

Todos os cálculos observaram a heterogeneidade das diferentes seções dos sistemas propostos, compondo resultados a partir de médias ponderadas em relação a área de contribuição de cada seção ao sistema.

### 3.1. Modelo I - Vedação sem Revestimento:

Sistema composto por alvenaria em bloco cerâmico de 6 furos com revestimento em ambas as faces composto por emboço, reboco, conforme Figura 2.1.

Figura 2.1 – Modelo de Sistema de Vedação Externa, sem revestimento da alvenaria



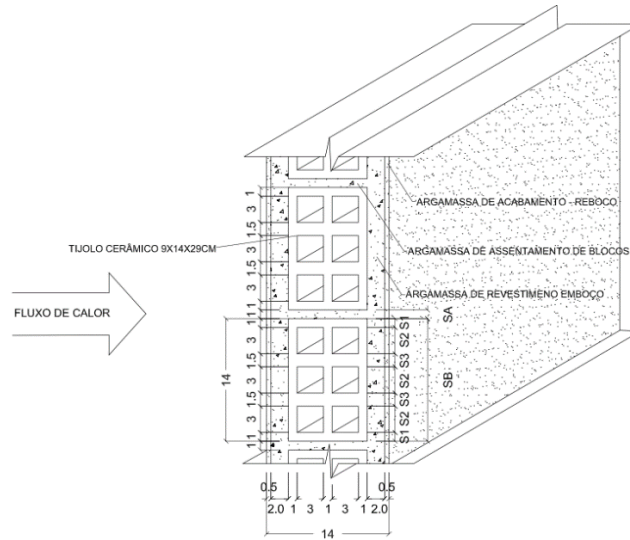
Fonte: Adaptado da NBR 15220 ABNT (2005)

Aplicando a equação 1 para o modelo I, foi obtido  $R = 0,1639 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ . Para a equação 2,  $R_T = 0,3339 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ . Já para a equação 3,  $U = 2,9950 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ . Para a equação 4,  $C_t = 61,78 \text{ kJ/(m}^2\text{.K)}$  e para a equação 5,  $\phi = 3,84$  horas.

### 3.2. Modelo II - Vedação com Revestimento Argamassado:

Sistema composto por alvenaria em bloco cerâmico de 6 furos com revestimento em ambas as faces composto por emboço, reboco, conforme figura 2.3.

Figura 2.3 – Modelo de Sistema de Vedação Externa, com revestimento da alvenaria em argamassa composta por emboço e reboco



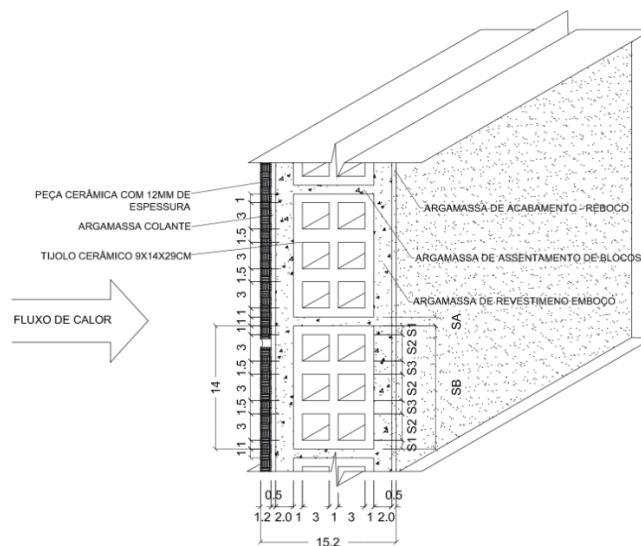
Fonte: Adaptado da NBR 15220 ABNT (2005)

Aplicando a equação 1 para o modelo II, foi obtido  $R = 0,2112 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ . Para a equação 2,  $R_T = 0,3812 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ . Já para a equação 3,  $U = 2,6233 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ . Para a equação 4,  $C_t = 173,46 \text{ kJ/(m}^2\text{.K)}$  e para a equação 5,  $\varphi = 8,08 \text{ horas}$ .

### 3.3. Modelo III - Vedação com Revestimento Cerâmico:

Sistema composto por alvenaria em bloco cerâmico de 6 furos com revestimento em ambas as faces composto por emboço, reboco e placa cerâmica, conforme Figura 4.4.

Figura 2.4 – Modelo de Sistema de Vedação Externa, com revestimento da alvenaria em cerâmica.



Fonte: Adaptado da NBR 15220 ABNT (2005)

Aplicando a equação 1 para o modelo III, foi obtido  $R = 0,3099 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ . Para a equação 2,  $R_T = 0,4799 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ . Já para a equação 3,  $U = 2,0838 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ . Para a equação 4,  $C_t =$

196,09 kJ/(m<sup>2</sup>.K) e para a equação 5,  $\varphi = 10,29$  horas.

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia possibilitou avaliar importantes atributos dos materiais e sistemas de revestimento de fachada, atributos contribuintes para as características de resistência térmica e transmitância térmica de cada sistema analisado:

Quadro 4.1 – Principais Resultados obtidos na análise dos Modelos Propostos

|                                                                   | Resistência Térmica ( $R$ )  | Transmitância Térmica ( $U$ ) | Atraso Térmico ( $\varphi$ ) |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <b>Modelo I - Vedação Vertical sem Revestimento</b>               | 0,3339 (m <sup>2</sup> .K)/W | 2,995 W/(m <sup>2</sup> .K)   | 3,84 horas                   |
| <b>Modelo II - Vedação Vertical com Revestimento em Argamassa</b> | 0,3812 (m <sup>2</sup> .K)/W | 2,6233 W/(m <sup>2</sup> .K)  | 8,08 horas                   |
| <b>Modelo III - Vedação Vertical com Revestimento Cerâmico</b>    | 0,4799 (m <sup>2</sup> .K)/W | 2,0838 W/(m <sup>2</sup> .K)  | 10,29 horas                  |

Ao compararmos os resultados obtidos a partir dos cálculos propostos pela NBR 15220 (ABNT, 2005), é inquestionável a importância da avaliação dos sistemas de revestimento de fachadas e seus respectivos materiais ao projetar uma edificação. Visando propiciar melhor desempenho no que se refere ao conforto térmico da edificação.

A resistência térmica da vedação vertical sem revestimento é 11% inferior a resistência térmica da vedação vertical com revestimento em argamassa e 30% inferior a resistência térmica da vedação vertical com revestimento cerâmico. Quando avaliamos o tempo para que ocorra variação da temperatura interna do edifício frente a uma variação de temperatura externa, o atraso térmico, observamos que o atraso térmico da vedação vertical sem revestimento é 52% inferior ao atraso térmico da vedação vertical com revestimento em argamassa e 63% inferior a resistência térmica da vedação vertical com revestimento cerâmico.

Quando avaliados os valores mínimos estabelecidos pela NBR 15.575, percebemos que o modelo teórico proposto II, avaliando-se a transmitância térmica obtida, não é um modelo aplicável nas zonas bioclimáticas 1 e 2 e aplicável somente em condições onde a absorptância à radiação solar ( $\alpha$ ) > 0,6 nas demais zonas, conforme quadro 4.2 e figura 4.1.

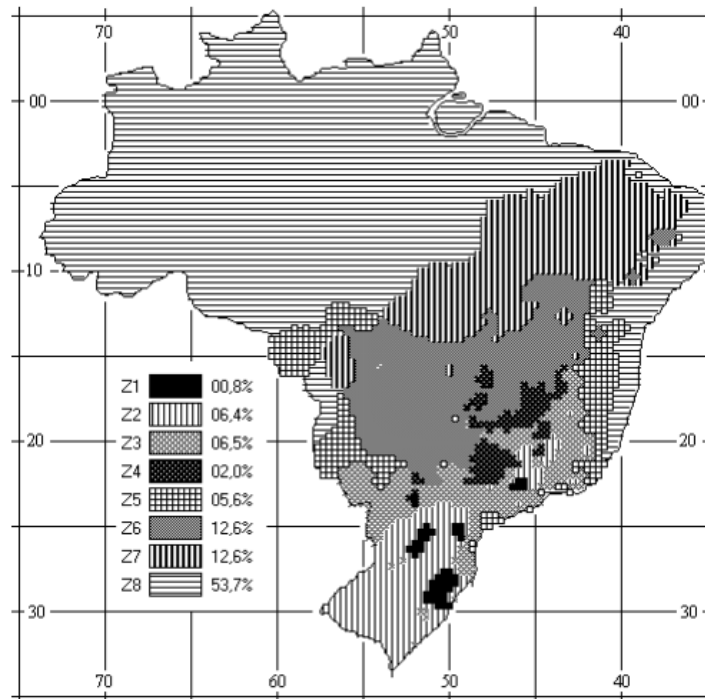
Quadro 4.2 – Camadas e materiais constituintes de RCF aderidos, tradicionalmente empregados no Brasil

| Transmitância Térmica ( $U$ ) W/m <sup>2</sup> .K                                                                                                                                                               |                      |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|
| Zonas 1 e 2                                                                                                                                                                                                     | Zonas 3, 4, 5, 7 e 8 |                |
| $\alpha \leq 0,6$                                                                                                                                                                                               | $\alpha \leq 0,6$    | $\alpha > 0,6$ |
| $U \leq 2,5$                                                                                                                                                                                                    | $U \leq 3,7$         | $U \leq 2,5$   |
| *Os valores de transmitância térmica ( $U$ ) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,13 m <sup>2</sup> .k/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m <sup>2</sup> .k/W. |                      |                |
| * $\alpha$ é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.                                                                                                                                     |                      |                |

Fonte: Adaptado da NBR 15575 ABNT (2013)



Figura 4.1 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: Adaptado da NBR 15220 ABNT (2005)

O fenômeno de aquecimento global, tem ocasionado grandes mudanças no equilíbrio climático global, ocasionando frequentes variações bruscas de temperatura, com medições extremas em muitas regiões. Diante das novas exigências do mercado e da realidade climática vivida, a avaliação do desempenho térmico dos materiais e sistemas adotados na construção dos edifícios torna-se indispensável.

Torna-se cada dia mais essencial, o desenvolvimento de tecnologias que propiciam melhores resultados no desempenho da capacidade de conforto térmico das edificações.

## 5. REFERÊNCIAS

ANTUNES, G. R.; **Estudo de Manifestações em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos**. 2010. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília - DF. 178p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.529**. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro - RJ, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.749**. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro - RJ, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.755**. Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro - RJ, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**. Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro - RJ, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**. Edifícios

habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho: Requisitos gerais. Rio de Janeiro - RJ, 2013.

BAUER, E. (Editor).; **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** 2005. SINDUSCON. Brasília - DF.

CRESCENCIO, Rosa Maria; BARROS, Mercia Maria S.Bottura de. **Revestimento decorativo monocamada: produção e manifestações patológicas.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo – 2005.

GUIMARÃES, L. E.; **Avaliação Comparativa de grau de deterioração de edificações – Estudo de Caso: Prédios pertencentes a Universidade Federal de Goiás.** 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. 186p. Goiânia - GO.

JUNIOR, Solano Alves Pereira. **Procedimento executivo de revestimento externo em argamassa.** Belo Horizonte, 2010. 69 f. Monografia (Curso de especialização de gestão de tecnologia na construção civil) - Setor de Engenharia de Materiais e Construção. Universidade Federal de Minas Gerais.

JUNGINGER, M.; MEDEIROS, J. S.; **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis.** 2003. Boletim Técnico: BT/PCC/372. EPUSP, 22p. São Paulo - SP.

PARAVISI, Sandra. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** Porto Alegre, 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Setor de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 23. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12561>>. Acesso em 20 de Maio de 2019.

SABBATINI, Fernando H. **Tecnologia de Produção de Revestimentos.** São Paulo, 2007.

SILVA, F. G. S.; **Proposta de Metodologias Experimentais Auxiliares à Especificação e Controle das Propriedades Físico-mecânicas dos Revestimentos em Argamassa.** 2006. 266p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, 2006.

SOUZA, Ana Carolina Dias de. **MONOMASSA – Caracterização comparativa dos produtos vigorantes no mercado.** Portugal, 2009. 185 f. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil) – Setor de Construções. Universidade do Porto. p. 08. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60422>>. Acesso em 20 de Maio de 2019.

SZLAK, B.; TANIGUTI, E.; NAKAKURA, E.; MOTA, E.; BOTTURA, E.; FRIGIERI, E. **Manual de revestimentos de argamassa.** São Paulo: ABCP, 2002.