



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MANOEL FIRMINO DA SILVA FILHO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM FACHADAS VENTILADAS COM
PLACAS CIMENTÍCIAS**

ORIENTADORA: PROF^a. DRA ELISÂNGELA PEREIRA DA SILVA

CARAÚBAS-RN

2015

MANOEL FIRMINO DA SILVA FILHO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM FACHADAS VENTILADAS COM
PLACAS CIMENTÍCIAS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Caraubas, para obtenção do título Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^ª. Dra Elisângela Pereira da Silva

CARAÚBAS-RN

2015

MANOEL FIRMINO DA SILVA FILHO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM FACHADAS VENTILADAS COM
PLACAS CIMENTÍCIAS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Caraubas, para obtenção do título Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Elisângela Pereira da Silva

Aprovado em: 04/12/2015

BANCA EXAMINADORA


Prof^ª. Dr^ª Elisângela Pereira da Silva – UFERSA

Orientador – Presidente


Prof^ª. Dr^ª Rejane Ramos Dantas – UFERSA

Primeiro Membro


Prof^ª. Ms. Desiree Alves de Oliveira – UFERSA

Segundo Membro

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Setorial Campus Caraúbas (BSCA)
Setor de Informação e Referência

F481aFilho, Manoel Firmino da Silva.

Análise de desempenho térmico em fachadas ventiladas com placas cimentícias/ Manoel Firmino da Silva Filho -- Caraúbas, 2015.
49f.: il.

Orientador: Profª. Dra Elisângela Pereira da Silva.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Cimento. 2. Construção. 3. Fachada ventilada. I. Título.

RN/UFERSA/BSCA

CDD: 624.183 3

Bibliotecário: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB-15/700

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, que me guiou e me deu forças durante todo o curso e me protegeu por todo meu percurso. Que nos momentos mais difíceis me abençoou e me fez seguir em frente, mesmo diante dos obstáculos que surgiram ao longo do caminho.

A toda minha família, que sempre me apoiou e incentivou durante essa jornada. Meu pai, minha mãe, meus irmãos, em especial minha irmã Míriam Firmino da Silva Paiva, com quem sempre pude contar. Quero agradecê-los por cada conselho, pelo incentivo e pelo orgulho demonstrado por todos vocês em ver-me realizando meu sonho. Vocês foram importantíssimos, ajudando-me a crescer cada vez mais como ser humano e sempre incentivando-me a seguir em frente.

Mas, principalmente aos meus pais, Manoel Firmino da Silva Neto, em sempre demonstrar orgulho em falar de minha formação e me incentivar a seguir em frente, e minha mãe, Teresinha de Jesus Paiva, que sempre me apoiou, e lutou comigo durante todo esse tempo. Nunca esquecerei minha mãe de todas as noites que chegava tarde em casa e te encontrava, mesmo cansada, aguardando minha chegada para perguntar como havia sido as aulas para depois disto poder ir dormir. Foi por vocês!

A minha namorada, Gisliane Ferreira de Moura, que nunca me faltou com um conselho e incentivo quando falava em desistir. Obrigado meu amor por nunca ter desistido de mim. Será essa a primeira de muitas vitórias juntos.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a Elisângela Pereira da Silva pela compreensão e incentivo na elaboração deste trabalho, se mostrando sempre atenciosa e principalmente paciente, em minha relação emprego-estudo. Os meus sinceros agradecimentos por contribuir para o meu crescimento pessoal e intelectual.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido, por toda estrutura prestada, contribuindo para uma melhor formação de seus discentes e ao excelente corpo docente da Universidade.

Agradecer aos gestores da Prefeitura Municipal de Rafael Godeiro/RN e Câmara Municipal de Rafael Godeiro/RN, que sempre me permitiram flexibilidade nos horários, para que assim pudesse estar realizando essa vitória.

Obrigado a todos!

Aos meus pais, Manoel e Teresinha, que mesmo em meio as dificuldades sempre me incentivaram e contribuíram para a realização deste sonho. Obrigado pelo exemplo de luta e dedicação a família. Esta vitória foi por vocês. Amo vocês!

DEDICO

*Nunca desista dos seus sonhos, por mais que eles
pareçam impossíveis.*

(Chagas Sobrinho)

RESUMO

Com a publicação da ABNT NBR 15.575 em 2013, o setor da construção civil vem buscando adequação das construções nacionais segundo os requisitos propostos pela norma. Destarte, a preocupação com as necessidades do usuário em termos de desempenho térmico, serviu de motivação para este estudo. Haja vista, que este foi, um dos temas que mais gerou discussão na fase de consulta pública da norma. Para tanto, por recomendação da norma de desempenho, uma das metodologias necessárias para a obtenção dos parâmetros de análise deste item fica a cargo da ABNT NBR 15.220/2005. Sendo o conforto térmico um ganho para o consumidor, visto que influencia diretamente na satisfação do homem, e com isso, no aprimoramento do desempenho humano em atividades intelectuais, manuais e perceptivas, além de fatores sustentáveis como a conservação de energia, ajudando na manutenibilidade da edificação. Sendo assim, buscamos a utilização de placas cimentícias como revestimento externo de fachadas ventiladas, como elemento colaborador para adequação das edificações aos requisitos propostos pela ABNT NBR 15.575. Para análise do desempenho térmico das fachadas ventiladas com placas cimentícias, utilizaremos das equações dispostas na ABNT NBR 15.220-2/2005, especificamente para os sistemas de vedações verticais externas e de cobertura. O principal resultado é a comprovação de que as propriedades térmicas das placas cimentícias associadas às características das fachadas ventiladas, apresentem resultados satisfatórios para contribuição do conforto térmico nas edificações.

Palavras-chave: Fachada ventilada, placa cimentícia, conforto térmico.

ABSTRACT

With the publication of the ABNT NBR 15.575 in 2013, the construction industry has been seeking adequacy of national construction to the requirements proposed by the standard. Hence the concern with user needs in terms of thermal performance, served as the motivation for this study. In view of that this was one of the topics that generated the most discussion in the public consultation phase of the standard. For this purpose, on the recommendation of the performance standard, one of the methodologies needed to obtain the analysis parameters of this item is the responsibility of NBR 15.220/2005. Being the thermal comfort a gain for the consumer, since it directly influences the satisfaction of man, and with that, the improvement of human performance in intellectual activities, manuals and perceptive, besides sustainable factors such as energy conservation, helping the maintainability of edification. Therefore, we sought the use of cement slabs and external coating of ventilated facades, as a contributor factor to adapt the buildings to the requirements proposed by the ABNT NBR 15.575. In order to analysis of the thermal performance of ventilated facades with cement slabs, we use the equations laid out in ABNT NBR 15220-2/2005, particularly for systems of external seals and vertical coverage. The main expected result is proof that the thermal properties of cement slabs associated with the characteristics of ventilation facades, present satisfactory results for a contribution from thermal comfort in buildings.

Keywords: Ventilated Facade, Cement Board, Thermal Comfort.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura	29
Tabela 2 – Resistência térmica superficial interna e externa.....	29
Tabela 3 – Condição para ventilação de câmaras de ar	30
Tabela 4 – Resultado de Área, Resistência Térmica e Transmitância Térmica	39
Tabela 5 – Resultado de Área, Capacidade Térmica e Atraso Térmico.....	41
Tabela 6 – Resultado da análise da fachada ventilada.....	44
Tabela 7 – Valores calculados para resistência térmica total, transmitância, capacidade térmica e atraso térmico para parede exposta e fachada ventilada	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fachada Ventilada.....	21
Figura 2 – Esquema em corte do elemento de fachada Leve	23
Figura 3 – Detalhe da estrutura linear na fachada ventilada	24
Figura 4 - Placa Cimentícia	25
Figura 5 - Desenho esquemático de vedação com camadas não homogêneas	28
Figura 6 – Camadas não homogêneas da fachada ventilada	32
Figura 7 - Parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces.....	33
Figura 8 - Telhado inclinado de chapas de fibrocimento com forro de pinos e câmara de ar ventilada	34
Figura 9 – Modelo para análise de uma fachada ventilada.....	35
Figura 10 – Seções da alvenaria de vedação	36
Figura 11 – Seção A (elemento isolado)	37
Figura 12 - Camada externa da parede	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades térmicas dos materiais	16
Quadro 2 – Padrões de requisitos da NBR 15575/2013	18

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1.	Justificativa	15
1.2.	Objetivo Geral	15
1.3.	Objetivos Específicos	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1.	Características das fachadas ventiladas	19
2.2.	Placa Cimentícia	25
2.3.	Métodos de cálculo de propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações	27
3.	METODOLOGIA	32
3.1.	Avaliação analítica de fachadas ventiladas com revestimento externo em placas cimentícias	32
3.1.1.	Propriedades térmicas da parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces	33
3.1.2.	Propriedades térmicas da placa cimentícia associada a câmara de ar e a parede de alvenaria	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1.	Resultados analíticos para parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces	36
4.2.	Resultados analíticos para placa cimentícia e todo sistema da fachada ventilada	41
4.3.	Análise complementar do desempenho das fachadas ventiladas com placas cimentícias	44
5.	CONCLUSÕES	47
6.	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Caraúbas situada na região nordeste a 144 m de altitude, tem como características predominantes altas temperaturas e o baixo índice de precipitação pluviométrica. Com isto, surge o problema de desconforto térmico, proveniente do uso de materiais inadequados e de técnicas construtivas que não levam em conta tal fator. O problema de desconforto térmico sentida pelo usuário põe em risco sua produtividade e muitas vezes, dependendo do grau de exposição, sua própria saúde.

A busca por técnicas e materiais construtivos que amenizem o desconforto térmico não é algo recente, já que na literatura científica encontram-se desde novos materiais, como o uso de lã de vidro para impedimento de calor, como também o ressurgimento de velhas técnicas, como o Bloco de Terra comprimida (BTC) e o adobe, ainda presentes na arquitetura rural.

A fachada de uma edificação juntamente com sua cobertura são os responsáveis pela manutenção das condições ambientais internas, tais como: conforto termo-acústico, além de representar a imagem da própria edificação.

O termo Fachada Ventilada pode ser definida como um sistema de proteção e revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando, assim, uma câmara de ar em movimento permitindo a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé (o ar entra frio pela parte inferior e sai quente pela parte superior), sendo esse efeito benéfico para climas quentes. Deste modo, com o “arejamento” contínuo da parede, evitam-se os problemas comuns de umidade e condensações características das fachadas tradicionais, consequentemente, consegue-se um melhor conforto térmico.

A fachada ventilada constitui uma inovação construtiva, advindo de um processo evolutivo das fachadas das edificações. No entanto, apesar de ser amplamente utilizada na Europa e Estados Unidos é um tema cujas informações são bastante reduzidas a nível nacional. Do ponto de vista térmico, espera-se que o estudo de fachadas ventiladas possam reduzir a quantidade de calor que a edificação venha a absorver em condições de clima quente, devido a reflexão parcial da radiação solar e a abertura de ar pela ventilação, além de contribuir com dados para pesquisas em andamento em Universidades parceiras como a UFPB (Universidade Federal da Paraíba).

1.1. Justificativa

O uso de fachadas ventiladas no Brasil é recente e observa-se a necessidade de estudos para verificação desse sistema construtivo. Além do mais o desconforto provocado pela elevação das temperaturas no interior da edificação é recorrente na nossa região.

Muitos estudos, visando amenizar problemas térmicos, são realizados em nível de academia sendo consenso entre os pesquisadores que a cobertura, seguido pela fachada, deve constituir de barreiras e amenizadores térmicos da edificação.

Campos (2011), diz que, devido ao alto potencial de desempenho térmico e acústico, agilidade no cronograma da obra, diminuição sensível de problemas de infiltração de água, facilidade de manutenção a fachada ventilada também pode minimizar o aparecimento de trincas originadas pela diferente variação térmica existente entre os materiais. A mesma autora ainda afirma que a indústria da construção passa por modificações e busca cada vez mais tecnologias construtivas que visem amenizar o desconforto térmico e acústico do usuário.

Para o mercado brasileiro o uso desta técnica construtiva constitui algo novo não apresentando norma regulamentadora para tal procedimento, além da necessidade de projeto detalhado apresentando informações de todos os elementos fixadores, acessórios e orientação de procedimentos.

O presente trabalho justifica-se por dois motivos: primeiramente pela necessidade de amenizar a incidência solar na edificação, buscando um melhor conforto térmico sem uso de energia elétrica e em segundo lugar pela necessidade de informação desta técnica pouco difundida chamada fachada ventilada.

1.2. Objetivo Geral

Estudar propriedades térmicas para placas cimentícias comerciais como fachadas ventiladas;

1.3. Objetivos Específicos

- Averiguar a eficiência térmica da utilização de placas cimentícias em fachadas ventiladas.
- Comparação da fachada ventilada com alvenaria de vedação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo da evolução humana, desde a habitação em cavernas, as vestimentas, o fogo são alguns dos indícios de que o homem apresenta respostas fisiológicas e comportamentais em relação às variações térmicas ambientais. Então, o conhecimento das exigências humanas quanto ao conforto, associado ao partido arquitetônico e as características térmicas dos materiais, proporciona condições de projetar edifícios e espaços urbanos com resultados que atendem as exigências de conforto do ser humano.

A preocupação quanto ao conforto térmico tem sido bastante enfatizada nas últimas décadas do século XX. Desde o surgimento de pesquisas e equipamentos para obtenção deste conforto até a preocupação de arquitetos e engenheiros em conseguirem edificações mais saudáveis, bem como o surgimento de materiais com baixa condutividade térmica.

Segundo Lambertes (2008), para considerar que uma edificação satisfaça as exigências dos usuários, determinados requisitos devem ser atendidos, obedecendo a critérios estabelecidos para cada um deles. Então, para alcançar o desempenho térmico desejado faz-se necessário o entendimento de conceitos de transmissão de calor e comportamento térmico dentre outros presentes no Quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades térmicas dos materiais

Propriedades Térmicas	Definição
Absortância térmica (α)	A radiação incidente no fechamento opaco terá uma parcela refletida e outra absorvida. A absortância térmica representa o percentual da parcela de radiação que determinada superfície irá absorver. Esta propriedade é determinada pela cor do material.
Condutividade térmica (λ)	A condutividade térmica representa a capacidade de determinado material conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Quanto maior o valor de λ , maior a quantidade de calor transferida entre as superfícies.
Emissividade (ϵ)	A emissividade é a propriedade física dos materiais que representa a quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo de uma superfície em contato com camada de ar.
Resistência térmica (R)	A resistência térmica é o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime

	estacionário. Este conceito representa a propriedade do material em resistir à passagem de calor.
Transmitância térmica (U)	A transmitância térmica é determinada pelo inverso da resistência térmica total do fechamento. É através desta variável que se pode avaliar o comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor.
Fluxo térmico (q)	Quociente do fluxo de calor que atravessa uma superfície pela área dessa superfície. Quando se trata de conforto térmico, o objetivo na especificação de um tipo de fechamento é evitar as perdas de calor excessivas no inverno e os ganhos elevados no verão.
Capacidade térmica (C)	Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema.
Inércia térmica	Os fechamentos absorvem calor tanto do meio externo quanto interno, dependendo de onde o ar tem a maior temperatura. Ao conduzir o calor, o material retém uma parte no seu interior em consequência de sua massa térmica. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, e este será devolvido ao interior quando a temperatura do ar for menor que a superfície. A esta característica dá-se o nome de inércia térmica.

Fonte: Elaborado pelo autor

É sabido que do ponto de vista do conforto térmico a escolha dos materiais tem influencia neste conforto. Sendo assim, as propriedades dos materiais cimentícios são parâmetros importantes na caracterização do comportamento térmico de componentes aplicáveis nas edificações. A massa específica aparente, a condutividade e o calor específico são as características termofísicas mais relevantes, havendo forte relação entre as três propriedades (SILVA, CAHINO E MELO, 2012). Em geral, um alto valor de calor específico é desejável devido a habilidade de reter calor e um baixo valor de condutividade térmica é necessário para propiciar o isolamento térmico (XU e CHANG, 2000 *apud* SILVA, CARRINO E DE MELO, 2012).

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) indica que a edificação deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se as zonas bioclimáticas definidas na NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações. (GIRIBOLA, 2013).

O Brasil por apresentar características distintas do ponto de vista climático, possui 08 (oito) zonas bio climáticas. Para cada região existem técnicas construtivas que podem minimizar o desconforto térmico. No entanto, buscando normatizar as propriedades térmicas

dos materiais foi publicada no ano de 2013, e passando a vigorar em julho do mesmo ano a NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho, que tem como um de seus requisitos as Vedações Verticais, estabelecendo padrões no que se refere à eficiência das edificações de nosso país. Sendo estes os seguintes padrões (Quadro 02).

Quadro 2 – Padrões de requisitos da NBR 15575/2013

Categoria	Requisitos
Desempenho estrutural	• Requisito – Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação internos e externos; • Requisito – Deslocamentos, fissuração e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas • Requisito – Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações internas e externas • Requisito – Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural • Requisito – Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas – para casas térreas – com ou sem função estrutural • Requisito – Ações transmitidas por portas • Requisito – Impacto de corpo duro incidente nos SVVIE, com ou sem função estrutural • Requisito – Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas
Segurança contra incêndio	• Requisito – Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada • Requisito - Dificultar a propagação do incêndio • Requisito - Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação
Uso e operação	• Ver ABNT NBR 15575-1.
Estanqueidade	• Requisito – Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas) • Requisito – Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel
Desempenho térmico	• Requisito – Adequação de paredes externas • Requisito – Aberturas para ventilação
Desempenho acústico	• Requisito – Níveis de ruído admitidos na habitação
Desempenho lumínico	• Ver ABNT NBR 15575-1.
Durabilidade e manutenabilidade	• Requisito (paredes externas - SVVE) • Requisito – Vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas • Requisito – Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais internas e externas
Saúde	• Ver ABNT NBR 15575-1.
Conforto antropodinâmico	• Ver ABNT NBR 15575-1
Adequação ambiental	• Ver ABNT NBR 15575-1

Fonte: ABNT NBR 15575/2013

A pesar da cobertura ser considerado o maior recebedor de incidência térmica de uma edificação, as fachadas, incluindo seus elementos como esquadrias e revestimentos, possuem relevante importância, podendo a mesma, dependendo do material utilizado e tirando partido do projeto de arquitetura, obter-se bons resultados tanto do ponto de vista térmico como o da eficiência energética.

Para tanto, abordaremos neste trabalho o emprego das fachadas ventiladas que de acordo com Santos (2007), é uma solução que tem tido uma importância crescente na arquitetura contemporânea, quer pelas características técnicas quer pela sua imagem estética.

Assim, temos este tipo de fachada como uma das soluções para os construtores, projetistas, engenheiros e arquitetos, que buscam atender as exigências do mercado e adequarem-se aos requisitos apresentados no documento que normatiza o desempenho das edificações habitacionais.

2.1. Características das fachadas ventiladas

A fachada ventilada atua como um elemento mediador entre a condição externa e a condição interna de uma edificação. Sua função além de segurança é de promover um ambiente salutar ao usuário. Desta forma, quando se deixa passar luz, calor em níveis adequados, pode-se dizer que estamos utilizando ao máximo esta edificação.

Destarte, Campos (2011), complementa afirmando que:

As fachadas ventiladas e os revestimentos foram desenvolvidos para proteger os edifícios da ação combinada, com características estéticas de nível elevado e com vantagens de conforto térmico e acústico.

A demanda por ventilação natural aliado ao mínimo uso da energia elétrica, mais que estar na moda, é um caminho que arquitetos e projetistas têm buscado nos últimos tempos. Tendo em vista que a contribuição do condicionamento ambiental em termos de consumo de energia mundial é significativa. Conforme dados no Relatório do Grupo III do IPCC (IPCC, 2007 *apud* LAMBERTS *et al*, 2008) indicam setor de edificações como o mais promissor em termos de diminuição nas emissões de carbono. Para tal, o mesmo relatório propõe a necessidade de mudanças no design das edificações, com foco na diminuição do uso do condicionamento artificial, no incremento dos meios passivos de condicionamento além da preocupação com os ganhos de calor pelo envelope da edificação.

Destarte, uma fachada deve buscar além dos fatores estéticos, o conforto térmico e acústico além do uso reduzido de energia. Neste sentido o uso de fachadas ventiladas, paredes duplas, materiais não convencionais pode ser um caminho promissor.

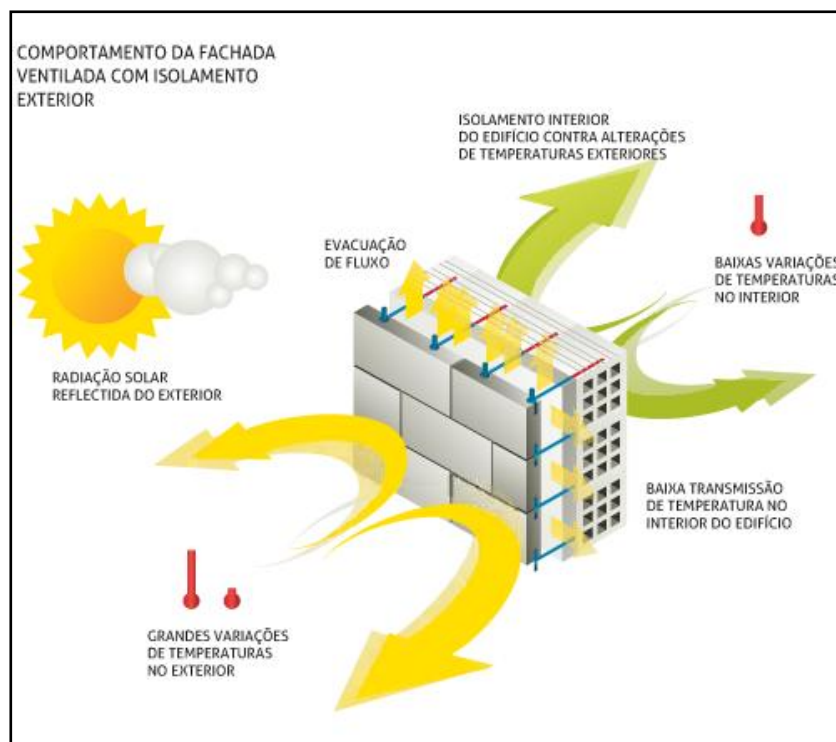
Segundo Campos (2011), precisamente por causa dos benefícios numerosos e das inovações tecnológicas, as fachadas ventiladas apresentam o reconhecimento no mundo da arquitetura, podendo ser utilizada como isolante e trazendo interpretações livres para seu uso.

Entre os benefícios, das melhorias proporcionadas pelo uso do modelo de fachada em questão, destacam-se as de competência estéticas e funcionais. Conforme afirma Galvão (2006):

{...} pode dizer-se que as vantagens oferecidas pelo Sistema de Fachada Ventilada se situam ao nível da melhoria estética e funcional da fachada do edifício e ausência de manutenção quando comparada com processos tradicionais. Melhoria estética, uma vez que este sistema não só evita a deterioração do edifício, como não coloca entraves aos criadores, pelo contrário, permite criar obras de elevada beleza estética. Melhoria funcional, devido às qualidades inerentes ao sistema: excelente isolante térmico; maior durabilidade (protegendo a própria estrutura interna do edifício); diminuição dos problemas relacionados com umidade e infiltrações (devido à ventilação); redução do consumo de energia do edifício (graças à melhoria do conforto térmico).

Com a fachada ventilada, as temperaturas internas mantém-se amenas e atendem a necessidade de conforto térmico. Sendo assim, com a adoção deste modelo de fachada o custo para obtenção das temperaturas apresentadas seria muito maior, explica o arquiteto. Portanto, o emprego desta técnica é fundamental para o equilíbrio térmico e a viabilidade econômica do sistema de refrigeração, pois evita a incidência direta de raios solares nas alvenarias de vedação, eliminando a possibilidade de transmissão de calor por irradiação e permitindo a constante renovação do colchão de ar que se forma entre os dois elementos construtivos (PAIVA, 2014).

Os sistemas de fachadas ventiladas disseminaram-se no mundo, e cada vez tornou-se mais comum sua utilização. Esse modelo, de acordo com Santos (2007) consiste num revestimento descontínuo exterior fixado mecanicamente a uma estrutura independente (pontual ou linear) de suporte, um isolante térmico aplicado (por colagem ou por fixação mecânica) sobre o suporte de alvenaria e um espaço de ar ventilado entre ambos. Como demonstra a Figura 01.

Figura 1 – Fachada Ventilada

FONTE: SamPedras World

O destaque principal da fachada ventilada se trata da criação de um movimento na câmara de ar, que refere-se a um vão encontrado entre a base de sustentação da fachada e o revestimento externo. Essa câmara permite a movimentação do ar através do efeito chaminé, sendo este um sistema eficaz e natural, que tem como princípio físico a diferença de pressão, fazendo com que o ar quente suba, saindo pela extremidade superior da fachada e como efeito secundário suando o ar frio para dentro da câmara de ar pela cavidade inferior da fachada.

Segundo Moura (2009) há uma diferença importante entre fachadas cortina e fachadas ventiladas. As fachadas ventiladas possuem juntas abertas e não recebem fechamento completo entre as placas e as aberturas inferiores e superiores do sistema. A grande diferença, porém é dada por essas aberturas que trabalham juntamente com a câmara de ar, onde o ar mais quente se eleva e pela diferença de pressão suga para dentro das cavidades o ar mais frio, assim, a ventilação constante impede o aquecimento entre as placas externas e as alvenarias evitando o fluxo térmico para dentro da edificação. Enquanto que a fachada cortina consiste na existência de uma câmara de ar entre a alvenaria de vedação e a camada externa da fachada, contudo a ausência de aberturar nas extremidades da fachada faz com que a câmara de ar seja não ventilada, impossibilitando o fluxo de ar no sistema.

Para tanto, Gilmara Gelinski (2012) complementa afirmando que:

O efeito chaminé se dá com o ar entrando pela parte inferior da fachada e saindo pela superior. As aberturas na porção inferior também servem de saída de água caso ocorra alguma infiltração. A câmara gera uma ventilação contínua que elimina condensações, mantendo o isolamento térmico seco e permitindo melhor resultado econômico no consumo energético. Todos os revestimentos auxiliam no tratamento térmico do edifício.

No entanto, o comportamento da fachada ventilada pode variar devido aos efeitos sazonais, segundo o manual técnico da Marazzi *apud* Campos (2011):

[...] a temperatura e umidade o comportamento sazonal da fachada pode ser resumido conforme segue: • No verão: A maior parte do calor radiante incidente é refletida. A quantidade de calor que não é refletida ativa o efeito chaminé para que o edifício absorva somente uma parte do calor. A especificação de cores claras nos revestimento da fachada pode intensificar o efeito de reflexão. • No inverno: No inverno a passagem de ar através do isolante térmico causa uma deficiência na eficiência energética, assim o efeito chaminé é menor. Na ausência de um forte calor incidente originado por meio da vedação externa, o ar ambiente externo e o ar dentro da câmara de ar apresentam aproximadamente a mesma temperatura e densidade, conseqüentemente o efeito chaminé é muito inferior do que na condição de verão. A escolha do revestimento externo é igualmente importante, tanto para o ponto de vista de segurança e manutenção como para os aspectos estéticos. As fachadas ventiladas com revestimentos cerâmicos apresentam as características para atender as exigências técnicas e estéticas.

São enumeradas diversas vantagens desse sistema de fechamento. Destacam-se principalmente os que impedem a degradação da edificação e o fluxo de calor para o interior da mesma. Mas há também, a considerável diminuição da espessura das alvenarias externas, ampliando o espaço interno e diminuindo o peso próprio desses elementos sobre as lajes e vigas que pode indicar uma economia geral na estrutura da construção. (MOURA, 2009). A câmara de ar, pode ter espessura de 10 centímetros e 15 centímetros, ou até mesmo maior em alguns casos, e poderá além de melhorar o fluxo de ar e conseqüentemente o conforto ambiental da edificação receber a passagem de instalações em geral.

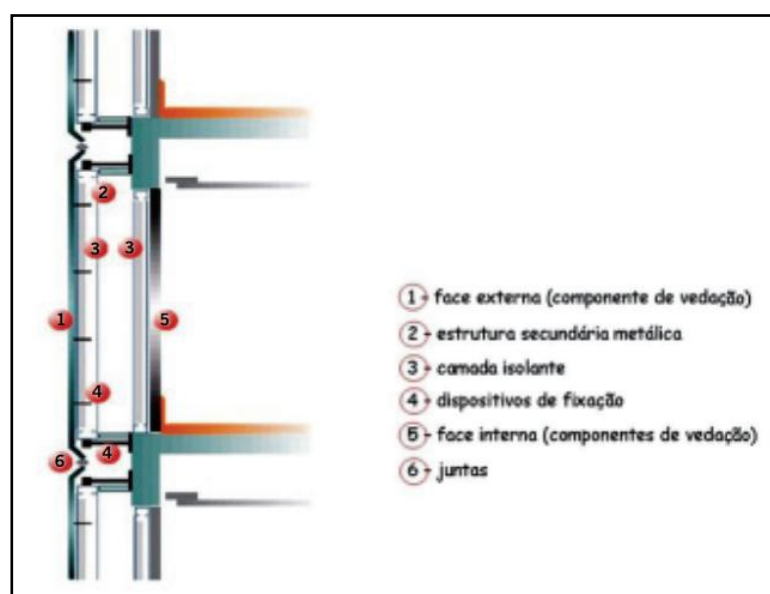
Segundo Campos (2011) alguns benefícios importantes das fachadas ventiladas:

- redução considerável do fluxo térmico de calor para os ambientes internos da construção impedindo a radiação solar direta;
- barreira de agentes físicos, químicos e biológicos vindos do intemperismo, principalmente a ação da umidade sobre o fechamento;
- maior eficiência energética da edificação com redução da utilização de aparelhos elétricos de resfriamento e aquecimento internos;

- melhor isolamento acústico;
- agilidade na instalação e bons resultados na renovação de fachadas.

Outro fator relevante ao se avaliar as fachadas ventiladas refere-se ao seu peso, sendo estas caracterizadas por serem fachadas leves, em conformidade com a (AFINOR *apud* OLIVEIRA E MELHADO, 2009), uma fachada leve é composta dos seguintes constituintes (Figura 2):

Figura 2 – Esquema em corte do elemento de fachada Leve



FONTE: OLIVEIRA E MELHADO, 2009.

- Componentes de fechamento ou revestimento: placas de vidro, placas cimentícias, placas metálicas, placas de rocha, painéis de material sintético, etc. Os componentes de fechamento são fixos à estrutura auxiliar por fixação mecânica (aparafusamento ou encaixe), por colagem, ou mista (parte colada parte fixa);
- isolantes térmicos: placas de poliestireno, painéis em lã mineral, etc.;
- estrutura secundária metálica: compostas de perfis metálicos e seus acessórios (parafusos, porcas, presilhas, arremate, luva, etc.);
- dispositivos de fixação: componentes de fixação (parafusos, ancoragens, etc.);
- componentes de preenchimento das juntas: selantes e gaxetas em perfis termoplásticos.

Muller e Alarcon (2005), estudando um protótipo de fachada ventilada traz como observações que deve ser dada atenção a aspectos como prumo, nível e alinhamento na

execução do sistema de fachada ventilada, principalmente na fixação das barras metálicas verticais (estrutura linear) à parede externa da edificação, pois essas observações trazem um melhor efeito estético, interferindo na questão térmica. Bem como demonstrado a seguir (Figura 3):

Figura 3 – Detalhe da estrutura linear na fachada ventilada



Fonte: Autor, Fortaleza - CE, Expoconstruir, 2015

Ademais, as fachadas ventiladas NBK, da Hunter Douglas (Figura 3), são compostas de painéis de grandes formatos em cerâmica extrudada, fabricada com argilas, pigmentos, água, aditivos e cerca de 20% a 30% de materiais cerâmicos reciclados que apresentam elevada resistência mecânica, baixa absorção de água e chegam a reduzir em até 30% o consumo de energia elétrica por garantir maior conforto ambiental no interior do edifício. Como observado na figura 3, a instalação das placas utiliza-se uma subestrutura metálica, chumbada na própria estrutura da edificação ou na alvenaria de vedação. Sendo assim, a fixação destas na subestrutura, conforme podemos notar na imagem, se dá por meio de presilhas de alumínio e borracha. Essa peça de interface entre o revestimento cerâmico e a

subestrutura não fica aparente, permite que as placas possam ser removidas e recolocadas toda vez que for necessário o acesso à alvenaria de vedação (GELINSKI, 2012).

Como citado anteriormente, a fachada ventilada se trata de um revestimento externo aplicado sobre a alvenaria e de um isolante térmico nas paredes externas do edifício. Essa técnica consiste na aplicação de um revestimento, que pode ser cerâmica extrudada, pedra, fibrocimento, fenólicos, metálicos e porcelânicos. Entretanto, para este estudo, nos deteremos em avaliar o uso de placas cimentícias nestas fachadas.

2.2. Placa Cimentícia

O surgimento das placas cimentícias ou chapas cimentícias se deu por volta dos anos de 1970, entretanto, foi a partir do desenvolvimento do mercado de construção a seco que começaram a ser mais utilizadas no país (CICHINELL, 2007). Trata-se de um produto que apresenta ótima performance técnica: flexibilidade no manuseio, durabilidade, estabilidade e resistência à umidade. Disponíveis no mercado na forma de chapas, semelhantes as placas de madeira já comercializadas. Conforme Figura 4.

Figura 4 - Placa Cimentícia



Fonte: Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção Ltda.

Criadas como opção para fechamentos em áreas molhadas, as utilizações das placas cimentícias não se limitaram a esta utilidade, conforme expõe Loturco (2003):

“As chapas cimentícias surgiram como componente complementar ao gesso acartonado por permitir o fechamento de áreas molháveis. No entanto, as funções do material extrapolaram essa aplicação. Desde que respeitados alguns cuidados fundamentais na especificação e, principalmente, execução, as chapas cimentícias proporcionam ampla versatilidade de uso. Variando desde revestimento para vigas estruturais até base para pisos, cada uma das possíveis aplicações requer cuidados específicos, indicados pelos respectivos fabricantes”.

No que se refere a sua composição, segundo Franco (2008), as placas cimentícias são compostas por misturas de materiais de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados, como areia, rochas e celulose em sua fabricação, e em muitos casos reproduzem fielmente a madeira, as pedras e concreto, aditivadas com superplastificantes e matérias-primas especiais que conferem características técnicas necessárias.

Em outras palavras as placas cimentícias são componentes produzidos industrialmente, com alto padrão de qualidade e prontas para o uso na obra. Têm como materiais básicos o cimento e agregados minerais leves, e de acordo com sua finalidade pode também conter aditivos.

O emprego das fibras de celulose ou sintéticas, garantem uma maior resistência a flexão e a impactos. Conforme expõe Pezente (2015):

A resistência à flexão das placas é garantida com a colocação de uma tela de fibra de vidro em ambas as faces, durante o processo de produção. Esta tela tem a finalidade de absorver e distribuir as tensões às quais a placa esteja submetida. Desta maneira, evita-se o surgimento de fissuras provocadas, por exemplo, pela variação de temperatura, garantido-se assim, uma maior durabilidade do produto acabado.

Segundo Franco (2008), a principal vantagem das placas cimentícias frente a outros materiais é a possibilidade de manutenção, onde através de resinas especiais, pode-se obter um produto renovado e/ou até mesmo mudar a cor do produto. Outra vantagem é do ponto de vista produtivo onde o mesmo dispensa a queima e faz o reaproveitamento dos materiais.

No entanto, mesmo com todas estas características e vantagem apresentadas. (LOTURCO, 2003), diz que:

“O uso mais difundido para as cimentícias ainda é o original, em fechamentos externos ou em áreas onde há mais restrições ao uso do gesso. Porém, os fabricantes asseguram que o emprego de peças desse material como base para impermeabilizantes ou qualquer tipo de revestimento, seja de paredes ou de pisos, é plenamente possível. Projetos arquitetônicos com

características ou limitações especiais também podem ser beneficiados com o uso desse produto”.

Entretanto, buscaremos por analogia e, em concordância com a ABNT NBR 15220-2:2005, realizar avaliações sobre o emprego de placas cimentícias nas fachadas ventiladas.

2.3. Métodos de cálculo de propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações

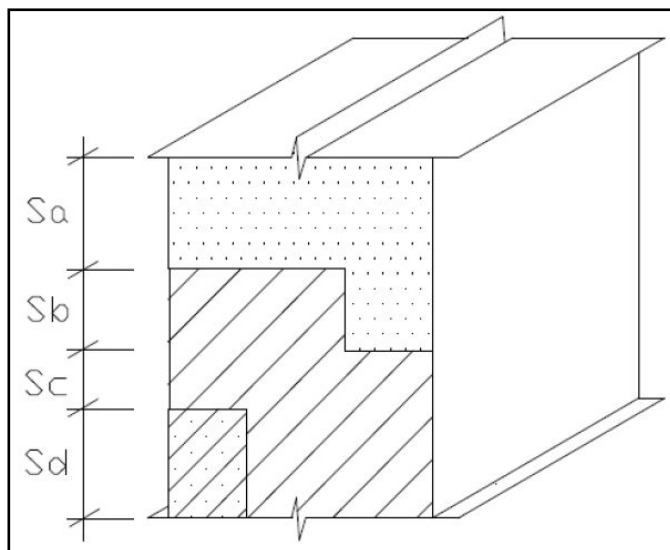
A utilização de placas cimentícias deve fornecer condições que contribua para que as exigências de desempenho térmico, considerando as zonas bioclimáticas definidas na NBR 15.220. De fato, a referida NBR não aborda diretamente o tema fachadas ventiladas, fazendo referência apenas a parede dupla com placas de concreto e câmara de ar não ventilada.

Entretanto, a NBR 15.220-2:2005 oferece em seu escopo informações suficientes para a adequação das equações e fórmulas, para que desta maneira venha a atender as exigências oriundas do emprego de placas cimentícias em fachadas ventiladas.

Conforme citado anteriormente, e agora reafirmado por Siqueira Junior (2003), as fachadas ventiladas podem ser definidas como um sistema formado por placas ou painéis fixados externamente à base suporte do edifício através de fixadores metálicos ou por uma subestrutura auxiliar metálica, constituindo-se na vedação vertical exterior de uma edificação.

Destarte, sendo que estas placas são fixadas externamente. Sendo assim, tornasse susceptível inicialmente o estudo dos componentes da parede externa onde será afixado os suportes e subestrutura da fachada. Para tanto, utilizaremos de equações disponíveis em exemplos de cálculos apresentados nos anexos da NBR 15.220-2: 2005.

Portanto, ao estudarmos as vedações devemos atentar para as camadas do componente utilizado, caso a vedação seja composta por camadas homogêneas e não homogêneas, a resistência térmica de superfície a superfície, perpendiculares ao fluxo de calor, conforme ilustrado na Figura 05.

Figura 5 - Desenho esquemático de vedação com camadas não homogêneas

Fonte: ABNT NBR 15220-2, 2015

Para o cálculo dos parâmetros, a ABNT 15.220-2 recomenda que a resistência térmica do tijolo seja calculada isoladamente para, em seguida, calcular a resistência da parede. Neste caso, como as camadas de vedação são compostas por camadas homogêneas e não homogêneas, a resistência térmica de superfície a superfície, perpendiculares ao fluxo de calor é dada pela equação 1.

$$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad \text{eq. (1)}$$

Onde:

$R_a, R_b, \dots, R_n$ representam a resistência térmica para cada seção das camadas.

$A_a, A_b, \dots, A_n$ representam as áreas de cada seção.

Sendo que a resistência térmica de cada camada é dada pela equação 2.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{eq. (2)}$$

Onde, e representa a espessura de uma camada e, λ a condutividade térmica do material. Contudo, não podemos esquecer que a geometria do tijolo cerâmico furado condiciona a formação de câmaras de ar não ventiladas no interior da peça cerâmica. Desta

maneira, devemos levar em consideração a Tabela 01, tendo predeterminada a direção do fluxo de calor.

Tabela 1 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2.K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
				
Superfície de alta emissividade $\epsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\epsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

Notas:

1 ϵ é a emissividade hemisférica total.

2 Os valores para câmaras de ar com uma superfície refletora só podem ser usados se a emissividade da superfície for controlada e previsto que a superfície continue limpa, sem pó, gordura ou água de condensação.

3 Para coberturas, recomenda-se a colocação da superfície refletora paralelamente ao plano das telhas (exemplo C.6 do anexo C); desta forma, garante-se que pelo menos uma das superfícies - a inferior - continuará limpa, sem poeira.

4 Caso, no processo de cálculo, existam câmaras de ar com espessura inferior a 1,0 cm, pode-se utilizar o valor mínimo fornecido por esta tabela.

Fonte: ABNT NBR 15.220-2:2005

Outro fator normativo para a determinação da resistência térmica da alvenaria externa de vedação são as resistências térmicas superficiais. De fato, esta resistência varia de acordo com vários fatores, tais como: emissividade, velocidade do ar sobre a superfície e temperatura da superfície, do ar e superfícies próximas. Entretanto, a NBR 15220: 2005 apresenta valores médios recomendados para determinação da resistência total da parede (Tabela 2).

Tabela 2 – Resistência térmica superficial interna e externa

R_{si} ($m^2.K/W$)			R_{se} ($m^2.K/W$)		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
					
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: ABNT NBR 15.220-2, 2005

Assim, tendo conhecimento da composição da vedação vertical, da resistência superficial interna e externa da alvenaria e da direção do fluxo de calor, podemos determinar por meio da equação 03 a resistência térmica total da parede externa.

$$R_T = R_{SE} + R_t + R_{SI} \quad \text{eq. (03)}$$

Onde, R_{SE} e R_{SI} correspondem as resistências superficiais externas e internas, respectivamente, e o R_t representa a resistência térmica de superfície a superfície da vedação vertical. Então, podemos analisar a transmitância térmica de componentes de ambiente a ambiente, sendo por sua vez, representada pelo inverso da resistência térmica total, conforme disposto na equação 04.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{eq. (04)}$$

Posteriormente, analisaremos a capacidade térmica de um componente plano constituído de camadas homogêneas e não homogêneas, perpendiculares ao fluxo de calor, que é determinada pela equação 05.

$$C_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{A_b}{C_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{C_{Tn}}} \quad \text{eq. (05)}$$

Onde, C_{Ta} , C_{Tb} , ..., C_{Tn} são as capacidades térmicas do componente para cada seção, e os termos A_a , A_b , ..., A_n , são as áreas de cada seção. Sendo assim, a capacidade térmica do componente é determinada pela equação 06.

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad \text{eq. (06)}$$

Sendo, λ_i a condutividade térmica do material da camada i^a , R_i a resistência térmica da camada i^a , e_i a espessura da camada i^a , ρ_i a densidade de massa aparente do da camada i^a .

Também devemos avaliar para este caso, as condições de ventilação para câmaras de ar. Para tanto, devemos considerar as relações disposta na Tabela 03 para classificação do tipo de ventilação da câmara de ar, podendo este ser de dois tipos, pouco ou muito ventiladas, conforme demonstrado.

Tabela 3 – Condição para ventilação de câmaras de ar

Posição da câmara de ar	Câmara de ar	
	Pouco ventilada	Muito ventilada
Vertical (paredes)	$S/L < 500$	$S/L \geq 500$
Horizontal (coberturas)	$S/A < 30$	$S/A \geq 30$
Onde: S é a área total de abertura de ventilação, em cm^2 ; L é o comprimento da parede, em m; A é a área da cobertura.		

Fonte: ABNT NBR 15220-2, 2005

Outra propriedade térmica a ser analisada para este modelo trata-se do atraso térmico para elementos heterogêneos, que segundo a NBR 15.220: 2005 é determinado pela seguinte equação:

$$\varphi = 1,382.R_t.\sqrt{B_1 + B_2} \quad \text{eq. (07)}$$

Onde, B_1 e B_2 , são determinado pelas seguintes equações:

$$B_1 = 0,226.\frac{B_0}{R_t} \quad \text{eq. (08)}$$

$$B_2 = 0,205.\left(\frac{(\lambda.\rho.c)_{ext}}{R_t}\right).\left(R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10}\right) \quad \text{eq. (09)}$$

Sendo B_0 determinado pela equação:

$$B_0 = C_T - C_{Text} \quad \text{eq. (09)}$$

Onde, C_T representa a capacidade térmica total do elemento e C_{Text} , representa a capacidade térmica da camada externa do componente.

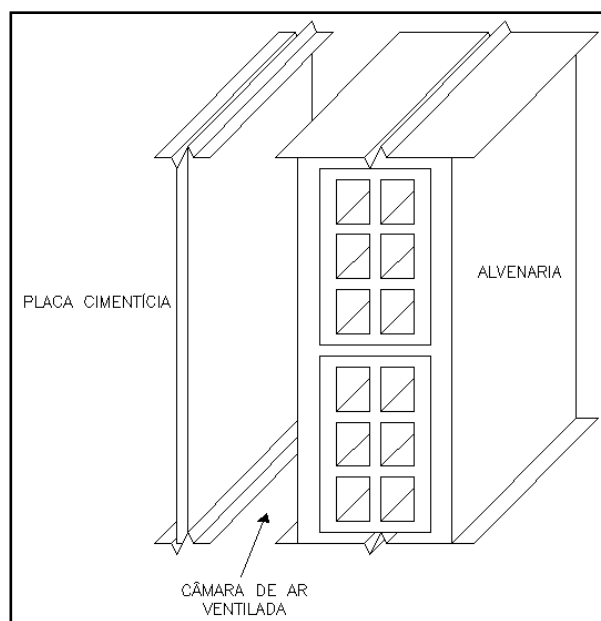
3. METODOLOGIA

Para analisar o comportamento de fachadas ventiladas que utiliza como revestimento externo placas cimentícias, se utilizará de equações e métodos indicados na ABNT NBR 15220-2005, além de buscar por similaridade e adequações dos modelos apresentados na norma supracitada, e desta forma obter modelos de cálculos expressem o comportamento das fachadas ventiladas.

3.1. Avaliação analítica de fachadas ventiladas com revestimento externo em placas cimentícias

Ao analisar as propriedades térmicas de um componente constituído por camadas não homogêneas, torna-se viável, inicialmente avaliar de forma independente cada camada, sendo estas: placa cimentícia (como revestimento externo), câmara de ar ventilada e alvenaria de vedação (parede composta por tijolo de seis furos), como demonstra a Figura 06.

Figura 6 – Camadas não homogêneas da fachada ventilada

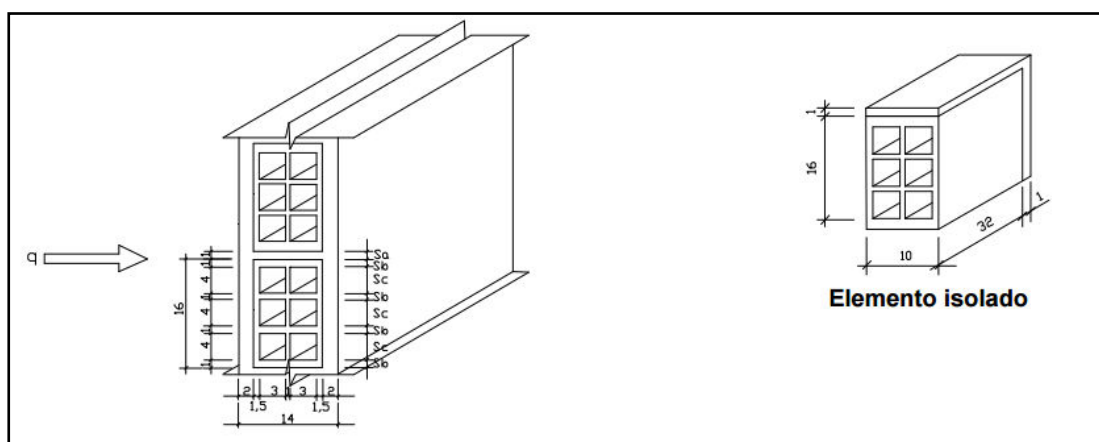


Fonte: Autoria própria

3.1.1. Propriedades térmicas da parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces.

Para analisar as propriedades térmicas da parede de alvenaria de acordo com os padrões estabelecidos pela NBR 15220: 2005, devemos seccionar a mesma, devido sua heterogeneidade de camadas como se observa na Figura 07.

Figura 7 - Parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces



Fonte: ABNT NBR 15.220-2:2005

Inicialmente, analisaremos a resistência térmica para cada uma das seções, tendo a Seção A composta por uma camada de reboco seguida de uma camada de argamassa e posteriormente, outra camada de reboco. A Seção B composta por uma camada de reboco, seguida de uma de tijolo cerâmico e outra camada de reboco. Por fim, temos a Seção C composta da seguinte forma: reboco + tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo + reboco. Então, em conformidade com os dados apresentados na NBR 15220-2005, pode ser calculado a resistência térmica da parede.

Posteriormente, se calcula a resistência térmica total da parede, com o auxílio da Tabela 02, e com a utilização da equação 03. E, na sequência, o cálculo da transmitância térmica, que trata-se do inverso da resistência térmica, como expõe a equação 04.

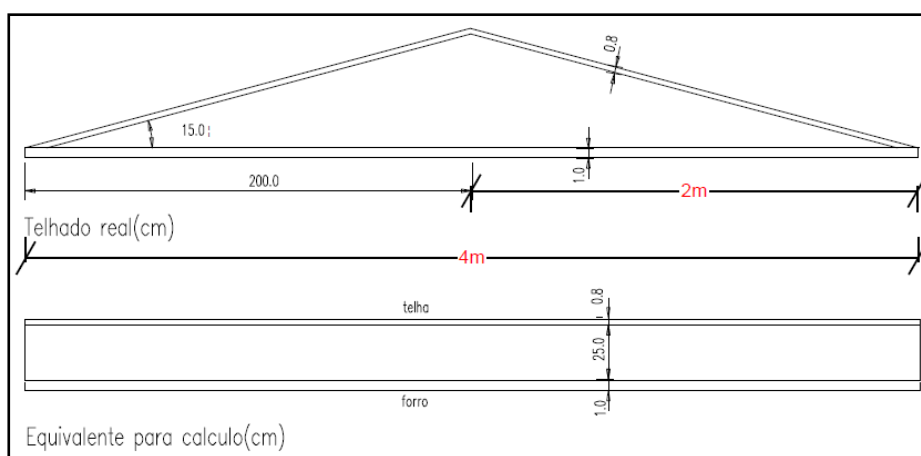
Em seguida, com o auxílio das equações 05 e 06, se calcula a capacidade térmica da parede, que dispõe da quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema.

Por fim, se faz o cálculo do atraso térmico, que esta associada a inércia térmica justamente porque o fluxo de calor que penetra na parede não a atravessa imediatamente, antes apenas a aquece (FROTA&SCHIFFER,2001). Ademais, se avalia também o Fator Solar (FS) é um importante conceito para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação. Pois expressa uma relação entre a radiação solar incidente sobre a superfície da envoltória, e a quantidade dessa energia que passa ao interior da edificação (Gutierrez e Labaki, 2010).

3.1.2. Propriedades térmicas da placa cimentícia associada a câmara de ar e a parede de alvenaria.

No estudo sobre o comportamento de fachadas ventiladas, observou-se que a ABNT NBR 15220 – 2005, não apresenta um modelo de exemplo de cálculo específico para esse tipo de fachada. Entretanto, observou-se similaridade entre o nosso modelo desejado para a análise e o modelo de telhado inclinado de chapas de fibrocimento com forro de pinos e câmara de ar ventilada (Figura 08).

Figura 8 - Telhado inclinado de chapas de fibrocimento com forro de pinos e câmara de ar ventilada

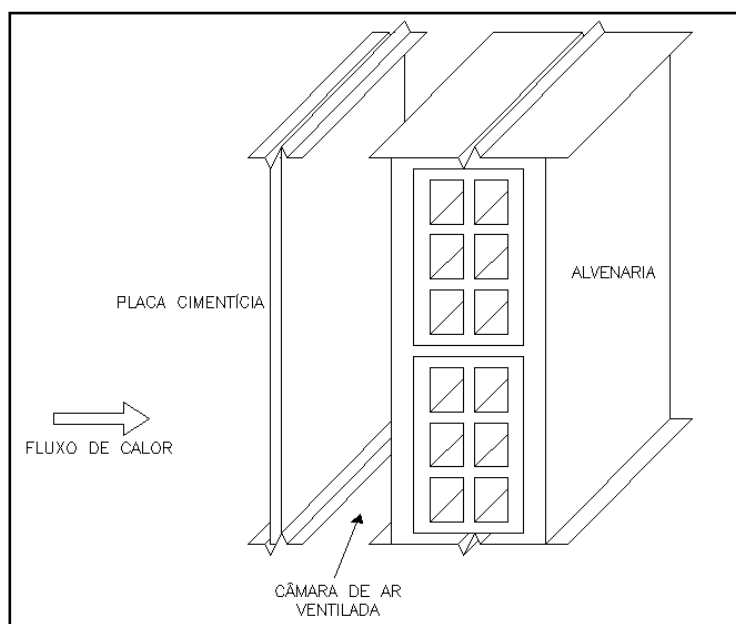


Fonte: ABNT NBR 15220-2, 2005.

Contudo, observando a imagem discriminada como equivalente para o cálculo (cm), é possível notar a existência de similaridade entre este modelo e o modelo desejado para análise. Este modelo apresentado pela ABNT NBR 15220-2005, dispõe da existência de uma camada de telhas fibrocimentícias e uma camada de forro de pinos, separadas por uma câmara de ar ventilada com abertura nas duas extremidades. Sendo assim, foi substituída a posição

horizontal pela vertical em todo o sistema, como também a direção do fluxo de calor de descendente para horizontal e, por fim, as características da telha de fibrocimento pelas características da placa cimentícia e as características do forro de pinus pelas características e propriedades térmicas já apresentadas no tópico anterior, encontraremos o modelo de análise desejado (Figura 09).

Figura 9 – Modelo para análise de uma fachada ventilada



Fonte: Autoria própria

Deste modo, se verificou as condições de ventilação da câmara de ar da fachada ventilada, classificando-a em pouco ou muito ventilada de acordo com os padrões estabelecidos na Tabela 03. Para todos os demais cálculos referentes as propriedades térmicas, foi utilizado os mesmos procedimentos e equações anteriormente apresentadas para as propriedades da parede de alvenaria.

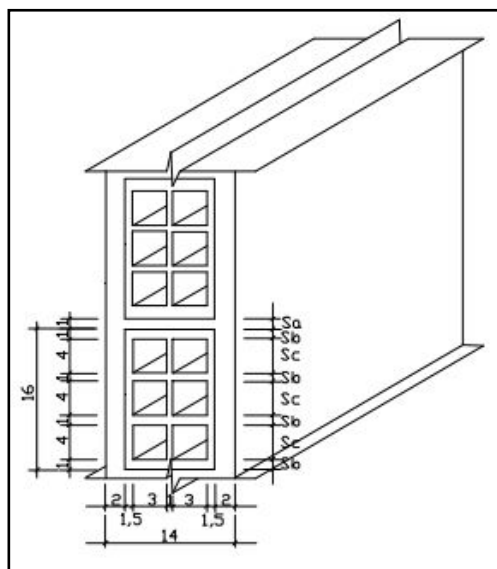
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se a análise das propriedades térmicas dos componentes de uma fachada ventilada, tendo como fonte de dados os padrões estabelecidos pela ABNT NBR 15220-2: 2005. Inicialmente fez-se o procedimento analítico, avaliando as propriedades da alvenaria de vedação e posteriormente as propriedades da placa cimentícia, e assim, de toda a fachada.

4.1. Resultados analíticos para parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces

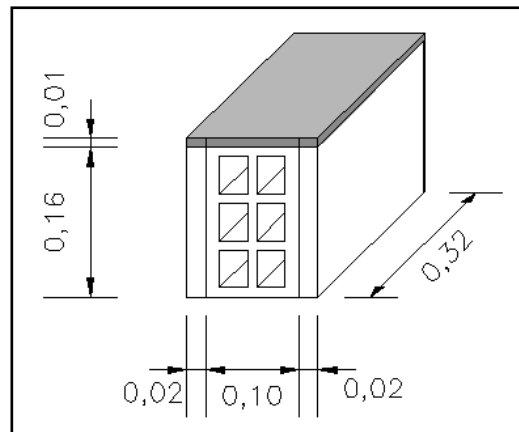
Avaliando a alvenaria de forma isolada, foi separado o elemento em três seções de acordo com sua disposição de camadas, conforme o representado na Figura 10.

Figura 10 – Seções da alvenaria de vedação



Fonte: NBR 15220/2005, adaptação do autor.

Sendo assim, temos a Seção A composta por uma camada de reboco, seguida por uma de argamassa e, em seguida, outra camada de reboco, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Seção A (elemento isolado)**Fonte:** Autoria própria

Primeiramente foi calculado a área da Seção A (reboco + argamassa + reboco) e posteriormente a resistência térmica para a mesma seção. Considerando a condutividade térmica (λ) da argamassa igual a do concreto, segundo a tabelas B3 da ABNT NBR 15220-2: 2005. Semelhantemente, o calor específico (c) também será igualmente fornecido pela mesma tabela.

Área da Seção A

$$A_a = l_{a1} \times h_{a1} + l_{a2} \times h_{a2}$$

Resistência térmica da Seção A

$$R_A = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$

Para a seção B (reboco + tijolo + reboco), obtivemos os seguintes resultados para área da seção B e resistência térmica da seção B, respectivamente.

Área da Seção B

$$A_B = l_b \times h_b$$

Resistência térmica da Seção B

$$R_B = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$

Por fim, para a seção C (reboco + tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo + reboco), verificou-se os seguintes resultados. Salientando que para a câmara de ar existente no interior da alvenaria, consideramos $R_{ar} = 0,16 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$, por se tratar de uma superfície de alta emissividade, com espessura da câmara de ar igual a 3cm e um fluxo de calor horizontal, em conformidade com a Tabela 01.

Área da Seção C

$$A_c = l_c \times h_c$$

Resistência térmica da Seção A

$$R_C = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$

Portanto, de acordo com a equação 01, determinamos a resistência da parede como:

$$R_t = \frac{A_a + 4xA_b + 3xA_c}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{4xA_b}{R_b} + \frac{3xA_c}{R_c}}$$

Sendo assim, a resistência térmica total, em conformidade com a equação 03 e a Tabela 02, será:

$$R_T = R_{SE} + R_t + R_{SI}$$

Por razão inversa, determinamos que a transmitância térmica (U) foi determinada em:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Os resultados das equações supracitadas obteve-se na Tabela 04.

Tabela 4 – Resultado de Área, Resistência Térmica e Transmitância Térmica

	Área	Resistência Térmica Total (R_T)	Transmitância Térmica (U)
	m^2	$(m^2.K)/W$	$W/(m^2.K)$
Seção “A”	0,0049	0,1217	--
Seção “B”	0,0032	0,1459	--
Seção “C”	0,0128	0,3992	--
Total	0,0209	0,4202	2,38

Fonte: Autoria própria.

Mantendo as mesmas seções da determinação do parâmetro térmico anterior, foi realizado análise da capacidade térmica da parede. Para tanto, pela tabela B3 da ABNT NBR 15220: 2005, temos as seguintes informações sobre os elementos que compõe a parede.

- $\rho_{\text{cerâmica}} = 1600 \text{ kg/m}^3$
- $\lambda_{\text{cerâmica}} = 0,90 \text{ W/(m.K)}$
- $c_{\text{cerâmica}} = 0,92 \text{ kJ/(kg.K)}$
- $\rho_{\text{argamassa}} = \rho_{\text{reboco}} = 2000 \text{ kg/m}^3$
- $\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}} = 1,15 \text{ W/(m.K)}$
- $c_{\text{argamassa}} = c_{\text{reboco}} = 1,00 \text{ kJ/(kg.K)}$

Portanto, temos a capacidade térmica da Seção A (reboco + argamassa + reboco), como sendo:

$$C_{Ta} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e.c.p)_{\text{reboco}} + (e.c.p)_{\text{cerâmica}} + (e.c.p)_{\text{reboco}}$$

Como o $\rho_{\text{reboco}} = \rho_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ e o $c_{\text{reboco}} = c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/(kg.K)}$, podemos considerar a equação como:

$$C_{Ta} = c.p.(e_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}})$$

Para a Seção B (reboco + tijolo + reboco), a capacidade térmica apresentada é de:

$$C_{Tb} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e.c.p)_{\text{reboco}} + (e.c.p)_{\text{cerâmica}} + (e.c.p)_{\text{reboco}}$$

Por fim, para a Seção C (reboco + tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo + reboco), encontramos os seguintes valores.

$$C_{Tc} = \sum_{i=1}^7 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i$$

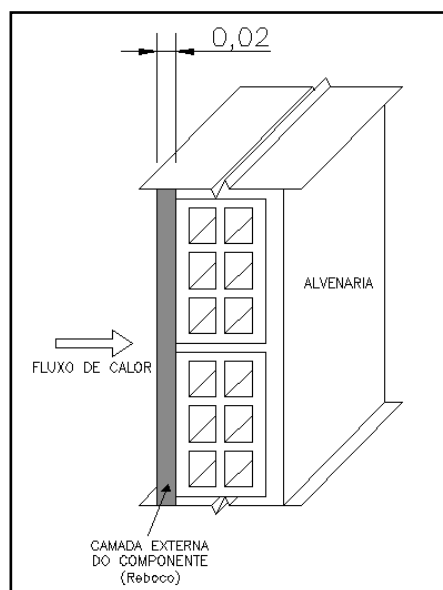
$$C_{Tc} = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{ar}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{ar}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{cerâmica}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{reboco}}$$

Portanto, a capacidade térmica da parede de acordo com a equação 05 será:

$$C_T = \frac{A_a + 4xA_b + 3xA_c}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{4xA_b}{C_{Tb}} + \frac{3xA_c}{C_{Tc}}}$$

Ademais, também foi analisado o atraso térmico da parede utilizando a equação 07, devido ao fato da parede ser um elemento heterogêneo. Além dos resultados obtidos com a análise das propriedades térmicas anteriormente, temos que a R_t é igual a $0,2502 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ e C_T igual a $160 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Analisando a capacidade térmica da camada externa da alvenaria (Figura 12).

Figura 12 - Camada externa da parede



Fonte: Autoria própria

Sendo assim, temos que $C_{T_{ext}}$ é determinado pela expressão $(e \cdot c \cdot \rho)$, portanto:

$$B_0 = C_T - C_{\text{Text}}$$

Portanto, temos B_1 determinado como sendo:

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

Para B_2 temos o seguinte valor analisado:

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

Como B_2 resultou em um valor negativo, este deve ser desconsiderado. Desta forma, temos que o atraso apresentado pela alvenaria de vedação é dado por:

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2}$$

Tendo os resultados das equações de capacidade térmica e atraso térmico, expressos na Tabela 05:

Tabela 5 – Resultado de Área, Capacidade Térmica e Atraso Térmico

	Área	Capacidade Térmica (C_T)	Atraso Térmico (φ)
	m^2	$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	h
Seção “A”	0,0049	280	--
Seção “B”	0,0032	227	--
Seção “C”	0,0128	139	--
Total	0,0209	160	3,6

Fonte: Autoria própria.

4.2. Resultados analíticos para placa cimentícia e todo sistema da fachada ventilada

Após, realizadas todas as análises para a alvenaria de vedação, onde deverá ser fixada a fachada ventilada e seus componentes estruturais, passou-se a analisar as propriedades térmicas da placa cimentícia, bem como todo o sistema da fachada.

Neste modelo, foi analisada uma fachada de 7 metros de comprimento e 4 metros de altura e uma distância 10 cm entre a placa cimentícia e a parede de alvenaria, destinada a câmara ventilada, conforme exposto na Figura 9.

Sabendo-se que a fachada ventilada possui suas extremidades, superior e inferior, abertas para atuação do efeito chaminé que direciona o fluxo de ar para cima. Sendo ambas as aberturas de 10 cm de largura. Para avaliar as condições de ventilação da fachada, temos:

$$S = 2 \times (L_{(cm)} \times h_{(cm)}) = 14000 \text{ cm}^2$$

$$A = h_{(m)} \times L_{(m)} = 28 \text{ m}^2$$

Logo,

$$S/A = 14000/28 = 500 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

Como a posição da câmara de ar encontra-se na posição vertical, e a razão S/A é igual a $500 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, pela Tabela 03, foi classificada a fachada como muito ventilada.

Sendo assim, para a câmara de ar, adotaremos o valor de resistência térmica do ar igual a $0,17 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$, devido a placa cimentícia ser considerada como uma superfície de alta emissividade hemisférica, ao fato da câmara de ar ter espessura superior a 5cm e ao fato da direção em que fluxo de calor atinge perpendicularmente a fachada ser na horizontal (Tabela 01).

Nesta análise, foi utilizado placas cimentícias comercial para fachadas ventiladas. Sendo que as características técnicas da placa foram fornecidos pelo próprio fabricante, disponibilizado em seu manual técnico. Têm-se, os seguintes dados:

- $\rho_{p.\text{cimentícia}} = 1700 \text{ kg/m}^3$
- $\lambda_{p.\text{cimentícia}} = 0,35 \text{ W/(m.K)}$
- $c_{p.\text{cimentícia}} = 0,84 \text{ kJ/(kg.K)}$ (Tabela B3 da ABNT NBR 15220/2005)
- $e_{p.\text{cimentícia}} = 0,01 \text{ m}$

Desta maneira, realizamos a análise da resistência térmica para a fachada ventilada, por meio da equação 02.

$$R_t = \frac{e_{p.\text{cimentícia}}}{\lambda_{p.\text{cimentícia}}} + R_{ar} + R_{parede}$$

Considerando a Tabela 02 e a equação 03, temos que a R_T apresenta os seguintes valores:

$$R_T = R_{SE} + R_t + R_{SI}$$

Portanto, sua transmitância apresenta o seguinte valor:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Ao analisar a capacidade térmica para a fachada ventilada, nos deparamos com o seguinte resultado.

Área da placa cimentícia

$$A_{p.cimentícia} = h_{(m)} \times L_{(m)}$$

Capacidade térmica da placa cimentícia mais a camada de ar

$$C_{Tp.cimentícia+ar} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e.c.\rho)_{p.cimentícia} + (e.c.\rho)_{ar}$$

Portanto, tendo a área da alvenaria igual a da placa cimentícia e, a capacidade térmica da parede já calculada pode-se, assim, averiguar a capacidade térmica da fachada ventilada expressa o seguinte resultado:

$$C_T = \frac{A_{p.cimentícia} + A_{parede}}{\frac{A_{p.cimentícia}}{C_{Tp.cimentícia}} + \frac{A_{parede}}{C_{Tp.parede}}}$$

Por fim, analisaremos o atraso térmico para o verão em toda a fachada ventilada. Sendo assim, temos que C_{Text} é determinado pela expressão (e.c.p), que para este caso, refere-se a placa cimentícia, haja vista que esta compõe a camada mais externa. Sendo assim:

$$B_0 = C_T - C_{Text}$$

Sendo assim, B_1 determinado como sendo:

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

Para B_2 temos o seguinte valor analisado:

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

Como B_2 resultou em um valor negativo, este deve ser desconsiderado. Destarte, temos que o atraso apresentado pela alvenaria de vedação é dado por:

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2}$$

Os resultados referentes as equações de análise da fachada ventilada estão dispostos na Tabela 06:

Tabela 6 – Resultado da análise da fachada ventilada

	Área	Resistência Térmica Total (R_T)	Transmitância Térmica (U)	Capacidade Térmica (C_T)	Atraso Térmico (φ)
	m^2	$(m^2 \cdot K)/W$	$W/(m^2 \cdot K)$	$kJ/(m^2 \cdot K)$	h
Fachada Ventilada	0,0049	0,6588	1,52	26,22	1,5

Fonte: Autoria própria.

Entretanto, o valor do atraso térmico não representa efetivamente a condição para as fachadas ventiladas. Haja visto que grande parte do calor emitido pela placa cimentícia, quando exposta a radiação solar, é carregado pelo fluxo de ar constante do efeito chaminé presente na câmara de ar.

4.3. Análise complementar do desempenho das fachadas ventiladas com placas cimentícias

Os resultados obtidos por meio de avaliações analíticas da utilização de placas cimentícias em fachadas ventiladas atenderam as expectativas. Apresentando resultados satisfatórios quanto a resistividade térmica e, por consequência, de transmitância térmica. Podemos observar que nos ensaios de resistências térmica, bem como, de condutividade, os materiais utilizados demonstraram bons resultados para esta finalidade.

A análise complementar a partir dos dados obtidos por meio dos parâmetros técnicos em conformidade com a ABNT NBR 15220/2005, são apresentados na Tabela 04, demonstrando um comparativo entre as propriedades térmicas de uma fachada em alvenaria de vedação diretamente exposta a radiação solar e uma fachada ventilada com sua camada externa composta por placas cimentícias.

Tabela 7 – Valores calculados para resistência térmica total, transmitância, capacidade térmica e atraso térmico para parede exposta e fachada ventilada

	Resistência Térmica Total (R_T)	Transmitância Térmica (U)	Capacidade Térmica (C_T)	Atraso Térmico (ϕ)
	($m^2.K$)/W	W/($m^2.K$)	kJ/($m^2.K$)	h
Alvenaria de Vedação Exposta	0,4202	2,38	160	3,6
Fachada Ventilada	0.6588	1,52	26,22	1,5

Fonte: autor

Considerando que quanto maior é o valor de resistência térmica, mais isolante é o material e menos calor irá atravessá-lo. Comparando os resultados apresentados pela fachada ventilada com os resultados obtidos apenas com a parede exposta. Observamos que a fachada ventilada apresenta uma maior barreira à passagem de calor da camada externa para a camada interna do elemento de vedação de um imóvel.

Destarte, em relação à transmitância térmica, sabe-se que quanto menor for o valor desta propriedade melhor será o desempenho térmico do componente, pois permitirá uma passagem menor do fluxo de calor entre as camadas (SILVA, 2012). Ao analisarmos os resultados obtidos, podemos observar que a fachada ventilada apresenta valores de transmitância térmica muito inferior aos apresentados pela alvenaria exposta. Portanto, atendendo as expectativas para o modelo de fachada.

De acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005), o cálculo da capacidade térmica é obtido em função da espessura do componente, do calor específico e da densidade do material. Contudo, o calor específico para a fachada ventilada tem seu valor reduzido devido ao vão livre existente para a circulação de ar.

Por fim, o ultimo parâmetro analisado é o atraso térmico que, embora o valor apresentado para o modelo de fachada ventilada ser consideravelmente reduzido, se comparado ao modelo de alvenaria exposta, este valor teoricamente não condiz com o modelo fachada ventilada. Haja visto, que todos os valores para análise de atraso térmico disponíveis na NBR 15220-2 (ABNT, 2005) utilizam para o vão livre existente na fachada ventilada, valores correspondentes a uma câmara de ar sem ventilação. Entretanto, como a câmara de ar da fachada ventilada possui circulação de ar promovida pelo efeito chaminé, é esperado que esse ar quando aquecido seja expelido pelo sistema, no orifício superior, dando lugar ao ar frio que entra na câmara por sucção na parte inferior.

Sendo assim, os cálculos consideráveis para este sistema de fachada ventilada com utilização de placas cimentícias, apontaram bom desempenho para o uso destes materiais como soluções para obtenção de níveis aceitáveis de desempenho térmico para edificações, atendendo assim, as exigências da NBR 15575 (ABNT, 2013).

5. CONCLUSÕES

A partir das análises aqui apresentadas, podemos afirmar que a utilização de placas cimentícias como camada externa no sistema de fachada ventilada, apresenta resultados satisfatórios. Entretanto, reconhecemos que estas análises não são sozinhas, suficientes para determinar com precisão as propriedades térmicas para este sistema, sendo, portanto, necessário um estudo mais detalhado e ensaios experimentais.

Contudo, a avaliação por analogia utilizada neste trabalho, e seus resultados obtidos, serviram para nortear sobre os benefícios da utilização de placas cimentícias como componente em fachadas ventiladas, podendo esta ser considerada como material opcional para atender as exigências normativas de desempenho para edificações habitacionais.

De forma mais abrangente, o sistema de fachada ventilada com revestimento externo em placas cimentícias, e de acordo com os resultados aqui apresentados, pode ser considerado como solução para problemas relacionados ao conforto térmico, além de contribuir para um menor consumo de energia destinada a refrigeração dos ambientes.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220-2 – Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR 15.575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CAMPOS, Karina Felisbino. **Desenvolvimento de sistema de fixação de fachada ventilada com porcelanato de fina espessura**. 2011. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CICHINELL, Gisele. Parede ou Vedação. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 15. nº 128, p 52-57, Nov. 2007.

FRANCO, Luiz Sérgio. **Emprego de telas metálicas soldadas em alvenarias de vedação**. USP. 2008.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual de conforto térmico. 6. ed. São Paulo: Nobel, 2001.

GALVÃO, Telma. **Fachada Ventilada: o conceito**. Dossier técnico-económico. 2006. Disponível em: <<https://engenhariacivil.files.wordpress.com/2008/01/dossiereconomic>> Acesso em: 25/07/2015.

GELINSKI, Gilmar. Fachadas ventiladas no mercado brasileiro. **FINESTRA - Arco Editorial Ltda**, São Paulo, Ed. 77. versão eletrônica. 2012.

MANUAL TÉCNICO. Placa cimentícia comercial Disponível em:<<http://www.brasilit.com.br/produtos/construcao-industrializada/placa-cimenticia>> Acesso em: 25/07/2015.

MANUAL TÉCNICO. Placa cimentícia comercial. Disponível em: <<http://www.decorlit.com.br/placa-cimenticia.html>> Acesso em: 25/10/2015.

GELINSKI, Gilmar. Fachadas ventiladas no mercado brasileiro. **FINESTRA - Arco Editorial Ltda**, São Paulo, Ed. 77. versão eletrônica. 2012.

GIRIBOLA, Maryana. Norma de Desempenho entra em vigor. **Revista Infraestrutura Urbana**, São Paulo: Pini. Ed. 28. Jul. 2013.

GUTIERREZ, G. C. R.; LABAKI, L. C. Avaliação de desempenho térmico de dispositivos de proteção solar. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003, Curitiba. Anais. Curitiba: ENCAC, 2003, v.1, 1535-1536.

SIQUEIRA JÚNIOR, Amaury Antunes de. A Qualidade na execução de projetos de fachadas ventiladas. 2003. Pesquisa — Escola. Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://amaurysiqueira.pec.usp.br/Pesquisas_versao_atual.htm> Acesso em: 18 de outubro de 2015.

LAMBERTS, Roberto et al. Base Brasileira de Dados em Conforto Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, 2013, Florianópolis, **anais...**Florianópolis: UFSC, 2013.

LAMBERTS, Roberto. Desempenho térmico em edificações: Diretrizes Construtivas para Habitações no Brasil. In: aula 12 na Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, 2013, Florianópolis, **anais...**Florianópolis: UFSC, 2013.

LOTURCO, Bruno. Chapas cimentícias são alternativa rápida para uso interno ou externo. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 11, Nov. 2003.

MOURA, Eride. Fachadas respirantes. **Revista Técnica**. Editora Pini. Edição 144 - Março/2009. São Paulo.

MULLER, Alexandre; ALARCON, Orestes E. Desenvolvimento de um sistema de fachada ventilada com placas cerâmicas de grês porcelanato voltado para a construção civil do Brasil. LABMAT, Campus Universitário Trindade, Depto. de EMC, Florianópolis/SC. 2005.

OLIVEIRA, Luciana Alves de; MELHADO, Silvio Burrattino. Projeto de fachadas: especificações e desempenhos. **Revista USP**. Pós, v.16 n.25. São Paulo. junho 2009.

PAIVA, Cida. Construção industrializada: North Shopping Sobral, CE: Pannel termoisolante em fachada ventilada. **FINESTRA - Arco Editorial Ltda**, São Paulo, Ed. 85.versão eletrônica. 2014.

PEZENTE, Jorge Henrique. Placas cimentícias. Disponível em: < <http://www.escolher-e-construir.eng.br/constreco/placascim/pag1.htm>> Acesso em: 27 out. 2015.

SAMPEDRAS. Fachada ventilada: elementos que compõem uma fachada ventilada. Disponível em: <<http://www.sampedras.com/pt/caracteristicas.html>> Acesso em: 25/07/2015.

SANTOS, Carlos Pina. Evolução das Soluções de Paredes Face a Novas Exigências Regulamentares. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Lisboa, 2007.

SILVA, Elisângela Pereira da; CAHINO, Jéssika Elaine Mendes; MELO, Aluizio Braz de. Avaliação do desempenho térmico de blocos EVA. In: XIV ENTAC – ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTITUIDO, outubro, 2012, Juiz de Fora, 2012.