

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL – GESTÃO,  
TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE**

**ÉLEN FARIAS VIGANO**

**AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS DO SISTEMA DE  
FACHADA VENTILADA COM REVESTIMENTO CERÂMICO: CONSIDERAÇÕES  
EM RELAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED**

**Porto Alegre**

**2019**

ÉLEN FARIAS VIGANO

**AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS DO SISTEMA DE  
FACHADA VENTILADA COM REVESTIMENTO CERÂMICO: CONSIDERAÇÕES  
EM RELAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construção Civil, pelo Curso de Especialização em Construção Civil – Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Daniel Reis Medeiros

Porto Alegre

2019

**AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS DO SISTEMA DE FACHADA  
VENTILADA COM REVESTIMENTO CERÂMICO: CONSIDERAÇÕES EM  
RELAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED**

**ANALYSIS OF THE ENERGETIC BENEFITS OF VENTILATED FACADE SYSTEM  
WITH CERAMIC TILES: LEED CERTIFICATION CONCERNS**

Élen Farias Vigano

Graduada em Arquitetura e Urbanismo na Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
(UNISINOS) com período sanduíche na Hochschule Ostwestfalen Lippe (OWL), Alemanha  
E-mail: elenvigano@gmail.com

**RESUMO**

A preocupação com a eficiência energética nas edificações vem sendo um tema relevante na área da construção civil, e tem demonstrado, através de sistemas de certificação ambiental, estratégias que visam contemplar os princípios da sustentabilidade, para minimizar os impactos ambientais das construções. As fachadas dos edifícios possuem impacto direto com o consumo energético dos mesmos, e as tomadas de decisão de projeto e execução do sistema que constitui a envoltória apresentam grande influência no conjunto de elementos analisados pelas certificações. O sistema de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico traz uma série de vantagens, destacando-se pela melhoria do desempenho térmico dos edifícios. A empresa Eliane Revestimentos possui um setor responsável pelas soluções técnicas de fachadas ventiladas, chamado ElianeTec. Este setor estuda tecnologias inovadoras como o Cleantec, produto que quando aplicado nos revestimentos, aumenta a probabilidade de pontuar nos quesitos das certificações ambientais. A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) aponta exigências para que seja possível atingir a pontuação desejada, e o sistema de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico representa significativa atuação em áreas relacionadas à Energia e Atmosfera, Inovação e Processos, Materiais e Recursos e Créditos de Prioridade Regional. Verifica-se o alto desempenho nessas áreas, devido aos benefícios energéticos que o sistema propõe, confirmando a grande possibilidade de contribuir com a pontuação, podendo chegar até 57 pontos na somatória das quatro áreas relevantes apontadas.



## ABSTRACT

The concern with energy efficiency in buildings has been a meaningful issue in construction industry area, and has shown, through environmental certification systems, strategies that aim contemplating sustainability principles, in order to minimize the environmental impacts of constructions. Building facades have a straight impact with its energy consumption, and the decision making about design and execution of the system that constitutes the envelope provide great influence on the set of elements analyzed by certifications. The ventilated facades system with ceramic coating brings a series of advantages, highlighting by the improvement of building thermal performance. The company Eliane Revestimentos has a sector responsible for ventilated facades technical solutions, called ElianeTec. This sector studies breakthrough technologies such as Cleantec, a product that once applied on coatings, increases the rating score propability on environmental certification aspects. LEED certification (Leadership in Energy and Environmental Design) points out requirements for achieving the desired score, and the ventilated facade system with ceramic coating represents substantial performance in topics related to energy and atmosphere, innovation, materials and resources and regional priority. There is the high performance in these areas, due to the energy benefits proposed by the system, validating the great possibility to contribute for the rating score, reaching up to 57 points on the sum of the four relevant mentioned areas.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil, ao longo de sua história, fundamenta-se na busca por novas técnicas e sistemas que contribuam com o crescimento do setor. Houve um período, nos primeiros passos da engenharia civil, em que as construções eram feitas de maneira empírica, onde os conhecimentos baseavam-se em tradições, e o aperfeiçoamento era adquirido com os erros do passado.

Com o nascimento das profissões de arquitetura e engenharia, as investigações a respeito de novos materiais e métodos de construir tornaram-se cada vez mais presentes. Os avanços na construção civil tomaram grandes proporções, as cidades começaram a crescer intensamente, e os profissionais precisaram desenvolver técnicas capazes de acompanhar esse crescimento, apresentando soluções mais eficazes e rápidas.

Entre as décadas de 40 e 80, houve o auge da construção civil brasileira devido à importância da tecnologia do concreto armado, os financiamentos predominaram visando diminuir o *déficit* habitacional, e as construtoras alavancaram no setor dos edifícios. A partir da década de 90, iniciou-se um processo de observação sobre a melhor qualidade nos produtos finais, e em 2000 já era intensa a preocupação com os impactos ambientais causados por esta evolução desenfreada, e a preservação com o meio ambiente passou a ser tema indispensável nas empresas.

Atualmente, a eficiência energética mostra-se uma temática fundamental na arquitetura, e para que seja contemplada com um bom desempenho dos edifícios, é necessário estabelecer diretrizes desde a fase de projeto até a construção e o período pós-obra, abrangendo também a ocupação dos usuários dos espaços construídos.

Na arquitetura, são muitos os princípios que regem um projeto de qualidade, e tão importante quanto os espaços internos, está o sistema da envoltória. Este se manifesta como a interface entre o interior e o exterior das construções, e carrega a responsabilidade de controlar as trocas térmicas entre os ambientes. Além de fatores como a estabilidade mecânica, segurança ao fogo, durabilidade, estanqueidade, custos de aquisição e manutenção, acústica e efeitos estéticos.

Hoje existem vários sistemas para fachadas, com diferentes materiais e tecnologias, com técnicas que se aplicam em novas construções ou recuperação de edifícios existentes. Dentre as diversas soluções para as vedações dos edifícios, as fachadas ventiladas destacam-se pela melhoria no desempenho térmico, resultando na redução do consumo energético.

Com tantas evoluções na construção civil, os revestimentos precisaram também apresentar melhorias, pois o prazo de execução das obras foi reduzido, as etapas requerem ser coordenadas em conjunto, e a preocupação com o desempenho dos edifícios mostra-se gradativamente mais presente nas concepções de projeto (CARRARO, 2016).

Em países europeus esta técnica já é empregada em grande escala, as empresas exploram muito bem o mercado e possuem tecnologias que avançam progressivamente (DUTRA, 2010).

No Brasil, os sistemas industrializados vêm sendo cada vez mais utilizados, e demonstram a tendência de evoluir, permitindo novas possibilidades e melhorias na qualidade da construção civil. No entanto, o sistema de revestimento de fachada ventilada ainda é pouco utilizado.

A motivação para este estudo surgiu da necessidade de demonstrar a importância que este sistema traz para o conjunto das construções, aliando a função de proteção da envoltória com a alta performance perante os ganhos energéticos, buscando apontar os aspectos de desempenho que o tornam significativo para o sistema mais notável de certificação, conhecido como LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*).

O objetivo principal desta pesquisa é investigar a eficiência energética das fachadas ventiladas com revestimento cerâmico, apontando em paralelo as exigências da certificação LEED nos aspectos em que o sistema pode contribuir, e levantar diretrizes que auxiliem os projetos que abordam esse sistema como um todo, através da análise dos itens que possam vir a ser contemplados, a viabilizar ao máximo a classificação por pontuação, com o intuito de demonstrar de que maneira é possível explorar as características desse sistema quanto a essa certificação.

## 2 METODOLOGIA

Neste estudo empregou-se como estratégia de metodologia, a revisão bibliográfica do tipo narrativa. Esse modelo de revisão possibilita a análise e compreensão de experiências de outros autores, que anteriormente pesquisaram sobre certo assunto. Sendo assim, foi realizado o recolhimento de informações através de consultas a bibliografias sobre conteúdos relacionados à avaliação dos benefícios energéticos do sistema de fachada ventilada com revestimento cerâmico, refletindo sobre as considerações em relação à Certificação LEED. Foram observadas referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos, manuais técnicos e outros.

Segundo MARTINS (2001), a pesquisa bibliográfica busca analisar conteúdos científicos sobre certo tema, para que seja possível compreender, interpretar e demonstrar através da escrita, novas colocações e discussões pertinentes. Para isso, foi realizada uma coleta de dados sobre os materiais que explanavam sobre benefícios energéticos nas construções, fachadas ventiladas e certificação LEED.

Utilizou-se como fundamentação para a pesquisa, informações pertinentes ao tema, provenientes de um setor da empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos, chamado Eliane Tec. Esse setor apresenta soluções técnicas para fachadas ventiladas, e já havia iniciativa por parte da empresa, de aprofundar um estudo que relacionasse essa técnica construtiva com a certificação LEED.

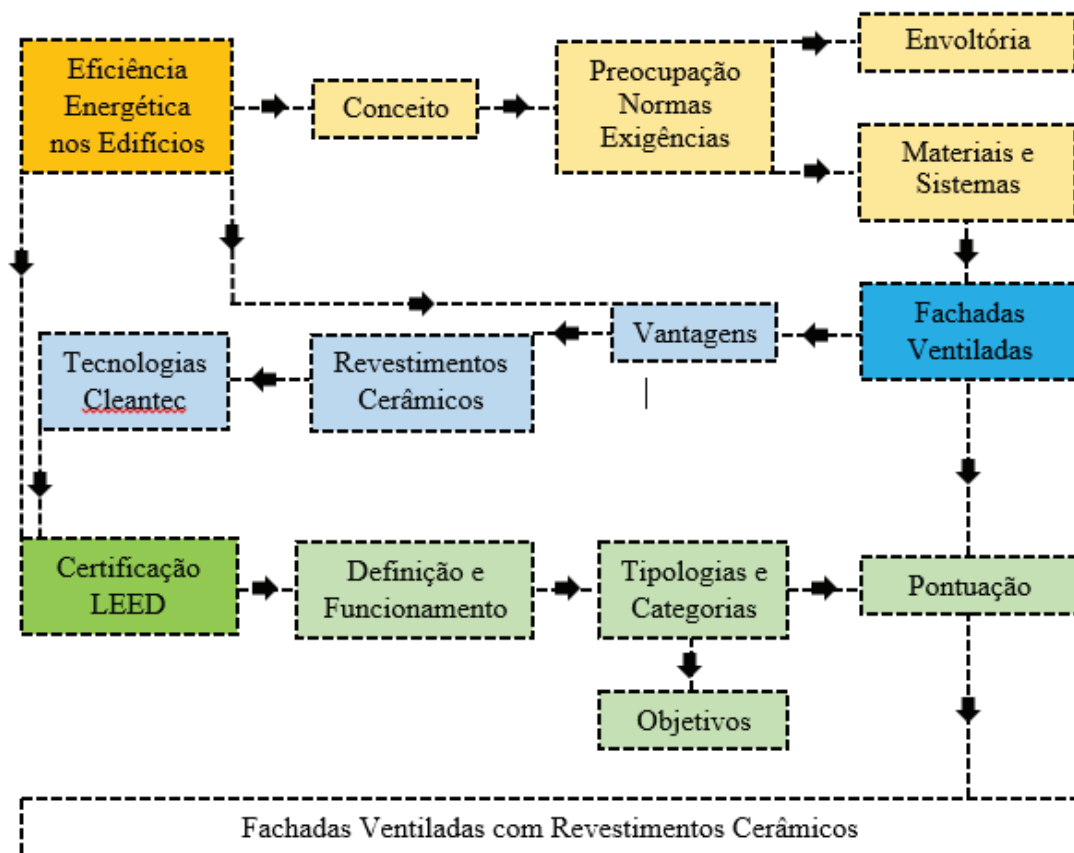
Para isso, foram realizadas reuniões e áudio-conferências com responsáveis técnicos pelo setor dentro da empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos, com agentes de escritórios de arquitetura e construtoras consideradas potenciais da região metropolitana de Porto Alegre/RS, levantando pontos importantes que guiassem a pesquisa. Além disso, foram visitadas obras, juntamente com o inspetor técnico da Eliane, na região de São Paulo/SP, cujos sistemas construtivos abrangiam as soluções de fachada ventilada ElianeTec.

Surgiu como pauta a necessidade de indicar de que maneira os benefícios energéticos das fachadas ventiladas com revestimentos cerâmicos pode influenciar para a conquista da certificação LEED, e demonstrar em quais categorias de pontuações é possível enquadrar a solução do sistema de fachadas ventiladas nessa certificação.



Desta forma, foram identificados três principais tópicos de pesquisa, para que fossem estudados e relacionados, estabelecendo uma compreensão em conjunto sobre o conhecimento do referencial teórico, que apontasse como surgiu o conceito de eficiência energética nas edificações e a preocupação da atualidade, de que maneira o sistema de fachadas ventiladas responde a essa preocupação, e como essa resposta torna-se relevante à certificação LEED, como mostra a figura a seguir:

Figura 1– Fachadas ventiladas com revestimentos e cerâmicos



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Arquitetura e Eficiência Energética: como surgiu o conceito e tornou-se uma preocupação na atualidade

A preocupação com a eficiência energética teve sua origem em uma época de crise, no ano de 1973, quando o choque do petróleo e seus efeitos, devido à redução da extração e ao aumento exorbitante dos preços dos barris, criaram um

impacto histórico, e trouxeram questões até então não descobertas. Este acontecimento começou a afetar o setor dos edifícios, que ainda não havia sido atingido a ponto de criar-se um destaque maior. (ROMÉRO, 2009).

Ao longo das décadas subsequentes, foram sendo concebidas ferramentas legais e regulamentos com força de lei, que proporcionaram, então, o incentivo a ações para a redução do consumo energético nas edificações. Esta crise trouxe consequências fundamentais, como a mobilização de eventos a nível mundial para promover a discussão sobre as políticas energéticas. (NICOLETTI, 2009).

Foi fundada a Agência Internacional de Energia (AIE) em 1974, e no setor específico dos edifícios, alguns países lançaram grupos de pesquisa com foco em regulamentos energéticos e certificações, como o caso da França com o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB), e do Reino Unido com o *Building Research Establishment Group* (BRE), que em 2006 inseriu a certificação ambiental de edifícios, conhecida como BREEAM.

No destaque americano, foi criado o *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). De acordo com Roméro (2009, pg. 24):

A ASHRAE exerce uma das lideranças internacionais como fonte de informações técnicas e educativas nas suas áreas de atuação e produz conhecimento técnico que vem servindo de apoio a diversos regulamentos energéticos em todo o mundo e certificações ambientais de edifícios, com ênfase no *Leadership in Energy and Environmental Design* (Leed). As normas da ASHRAE foram amplamente utilizadas no Brasil e serviram de apoio ao desenvolvimento do Programa de Etiquetagem Voluntária de Edifícios existente no país, no âmbito do Procel e do Inmetro.

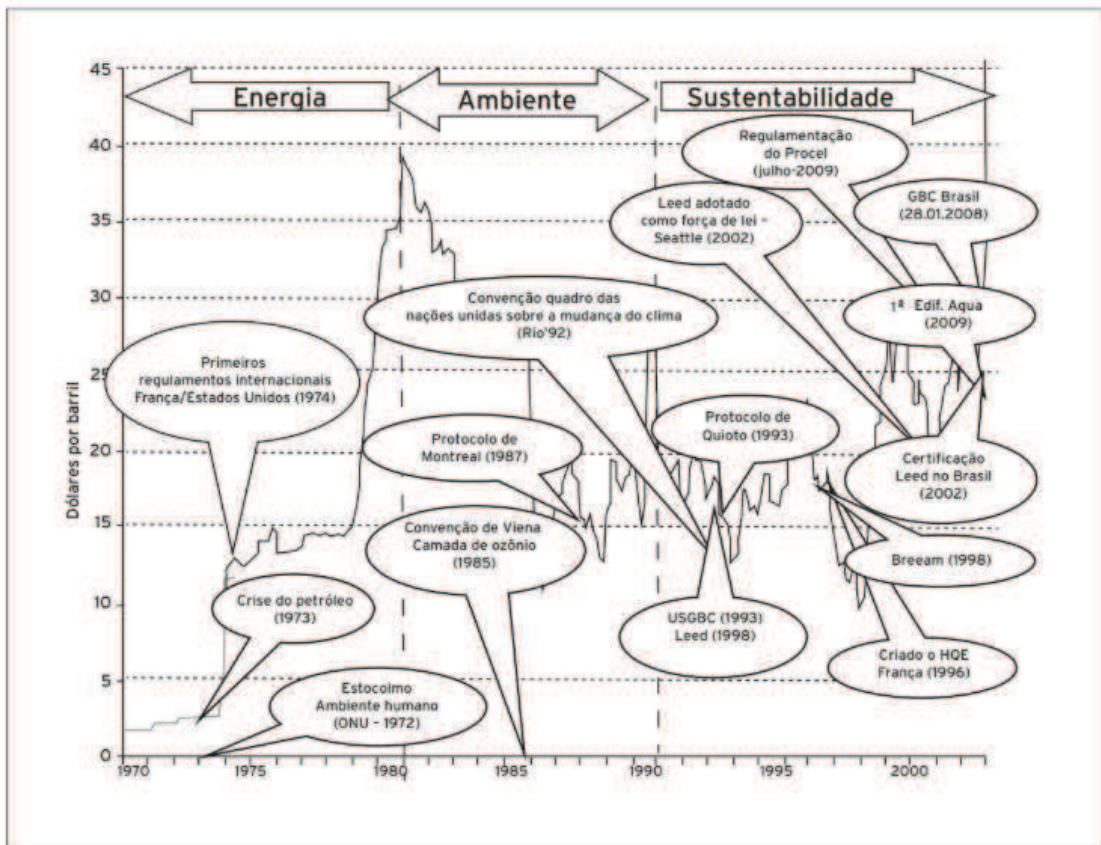
Em 1992 no Rio de Janeiro foi realizada a mais significativa das reuniões internacionais, a Conferência das Nações Unidas para o Clima e o Meio Ambiente, com foco no desenvolvimento sustentável, conhecida como Rio'92 ou Eco'921.

Assim, foram implantadas as agendas ambientais para o século XXI, as Agendas 21. Esse encontro tornou-se um marco importante da batalha pelo meio ambiente, e posteriormente ocorreram outras do mesmo seguimento, como a Rio+517, Rio+1018, Rio+1519 e Rio+2020.

Apesar das convenções que vinham sendo feitas, as políticas de governo não geraram diretrizes específicas no quesito da sustentabilidade no ambiente construído, e, por esse motivo, não ocorreram ações efetivas para o setor entre as

décadas de 1970 e 1990. Surgiram então, naquele período, as certificações ambientais voluntárias, conhecidas como selos verdes, que se comportam como resoluções a essa questão como mostra a figura abaixo:

Figura 2 - Panorama mundial sobre o surgimento dos regulamentos e das certificações.



Fonte: Roméro (2009).

A partir daquele momento, os estudos sobre os elementos arquitetônicos do edifício alavancaram. Os arquitetos, apoiados pelas regulamentações internacionais e embasados pelos estudos em andamento, deram início a algumas das tomadas de decisões importantes que consideravam as perdas e ganhos de calor pelas envoltórias horizontais e verticais opacas e transparentes dos edifícios.

Sendo assim, passaram a adaptar os materiais construtivos de acordo com as condições climáticas dos determinados locais de projeto, e houve um aumento da qualidade da habitabilidade das edificações.

De acordo com Roméro (2009), nos Estados Unidos algumas cidades já adotam o selo LEED como condição para edifícios públicos, tendo que atingir no

mínimo, o selo Prata. Consequentemente, a tendência é que essa certificação possua força de lei e aplique-se também em outras cidades, atingindo uma dimensão global.

Estudando os fatos do final do século XX e início do século XXI, pode-se concluir que foi neste período o princípio do entendimento do homem a respeito das limitações dos recursos naturais do planeta, e a tendência da chegada de preceitos que estabelecessem os impactos de produção, uso e operação dos edifícios.

Os selos verdes surgiram como resposta da sociedade à falta de implantação de políticas que incentivassem a eficiência energética, e assim foi idealizado o conceito da sustentabilidade.

Além dessas novas diretrizes, recentemente a Norma Brasileira de Desempenho (NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho) foi atualizada, estabelecendo novos requisitos acústicos, térmicos, garantia de vida útil e durabilidade para as edificações.

Essa informação vem trazendo determinações que prezam cada vez mais pelos princípios sustentáveis, instigando os profissionais da área a buscar novos recursos e tecnologias.

De acordo com Ribeiro (2018), no Brasil não há norma vigente para soluções com sistemas de fachada ventilada. Todavia, é possível seguir as diretrizes da norma italiana UNI 11018:2003 aplicada a revestimentos e sistemas de ancoragem para fachadas ventiladas com instalação mecânica.

#### **4. A IMPORTÂNCIA DOS CONDICIONANTES DE PROJETO ARQUITETÔNICO NA INFLUÊNCIA DA ENVOLTÓRIA DO EDIFÍCIO**

Um projeto pensado para as melhores condições possíveis deve levar em consideração as características da região em que está inserido, perceber a influência do clima e adaptar as tomadas de decisões sobre os elementos de vedação das paredes, coberturas e aberturas. (SCHELIGA, 2016).

Ao analisar os condicionantes de uma edificação, diretrizes que trarão benefícios energéticos serão lançadas, e já surgem juntamente com a concepção do próprio posicionamento da construção, relacionando os fluxos dos ventos, a orientação solar e o estudo da proporção entre o que será opaco ou transparente. (MAZZAFERRO, 2015).

## **4.1 A Envoltória do Edifício**

### **4.1.1 O impacto do Sistema Construtivo da Envoltória**

O desempenho energético de um edifício é influenciado pelos sistemas construtivos que compõem a envoltória do mesmo. Quando o objetivo é ser eficiente, as trocas térmicas entre os ambientes internos e externos devem reduzir o consumo da edificação, porém ainda proporcionando ambientes confortáveis para os usuários. (Meier et al., 2002).

Segundo Carlo (2008), o fluxo de calor entre as interfaces pode ser controlado por alguns fatores, como a especificação de materiais adequados que equilibrem o percentual de transmitância térmica, a escolha das cores das superfícies e o estudo de isolamento térmico.

De acordo com a Revista Projeto Design, além dos atributos térmicos, outros fatores importantes abrangem a eficiência das fachadas. Atualmente a atenção com o comportamento das fachadas vem aumentando, visto que as normas que regulamentam o desempenho nos edifícios estão bastante presentes no processo de projeto, exigindo requisitos termo acústicos, de estanqueidade, resistência mecânica, química e contra o fogo.

Por esse motivo, a performance técnica dos componentes da fachada é fundamental. Não somente dos materiais empregados, mas também do sistema de fixação da envoltória como um todo.

## **4.2 O Comportamento dos Materiais**

Os materiais escolhidos possuem características capazes de interferir nas cargas térmicas finais da edificação. A inércia térmica é uma delas, propriedade que controla as variações de temperatura através da massa térmica dos componentes construtivos, sendo retido mais ou menos calor no material, e resultando o retardo das trocas calóricas entre interior e exterior. Esse conjunto de ações gera a transmissão de calor, no momento em que a temperatura do ar interna for mais baixa do que a da superfície. (LAMBERTS et al., 2004).

Para Silva (2007), a escolha dos elementos de vedação de um edifício e sua envoltória é o procedimento para controlar o desempenho térmico, visto que as transferências de calor e as variações climáticas são fatores inerentes ao sistema.

Para suprir a necessidade de atender a eficiência desse conjunto de requisitos, existem diversos materiais e, com a tecnologia disponível hoje no mercado, muitos nichos estão sendo explorados.

Com o objetivo de alinhar a estética com a funcionalidade das partes, fornecedores estão investindo em materiais cerâmicos, metálicos, amadeirados e até mesmo plásticos, que estão instigando pesquisas de eficácia para que possam ser especificados a fim de atender as exigências do mercado. (MÜLLER, 2003).

Entre os objetivos destacados como importantes estão a redução dos custos de manutenção ao longo da vida útil da edificação e a capacidade de manter as cores ao longo do tempo, sem desbotar à luz do sol, além de prezar por um processo racionalizado na montagem, prático e que traga impermeabilidade, tendo em vista, também, a leveza do conjunto.

### **4.3 Revestimentos em Fachadas**

A utilidade dos revestimentos externos em fachadas é protegê-las e torná-las duráveis ao longo do tempo, juntamente com a conservação da estética. Os materiais cerâmicos demonstram ser eficazes a estas exigências, porém ainda estão sendo aplicados de maneira aderida, ou seja, assentados através de argamassas colantes nas superfícies das fachadas.

Cichinelli (2006) refere que esta solução pode causar algumas patologias, tais como fissuras, eflorescências ou ainda deslocamento por efeitos em camadas como emboço ou chapisco. Diante disso é necessário recuperar essas camadas, acarretando em custos não previstos e elevados, além de ocasionar transtornos aos usuários.

Com o objetivo de tirar partido dos ganhos dos revestimentos cerâmicos e evitar as possíveis patologias, proporcionando benefícios energéticos consideráveis, está sendo explorada a fixação dos mesmos revestimentos por meio de sistemas auxiliares à estrutura das edificações, que permitem que seja criado um espaçamento para ventilação. São as fachadas ventiladas que vêm ganhando

destaque, apresentando uma série de vantagens quando comparadas ao sistema convencional aderido.

#### **4.4 As Principais Vantagens das Fachadas Ventiladas**

As principais vantagens das fachadas ventiladas são:

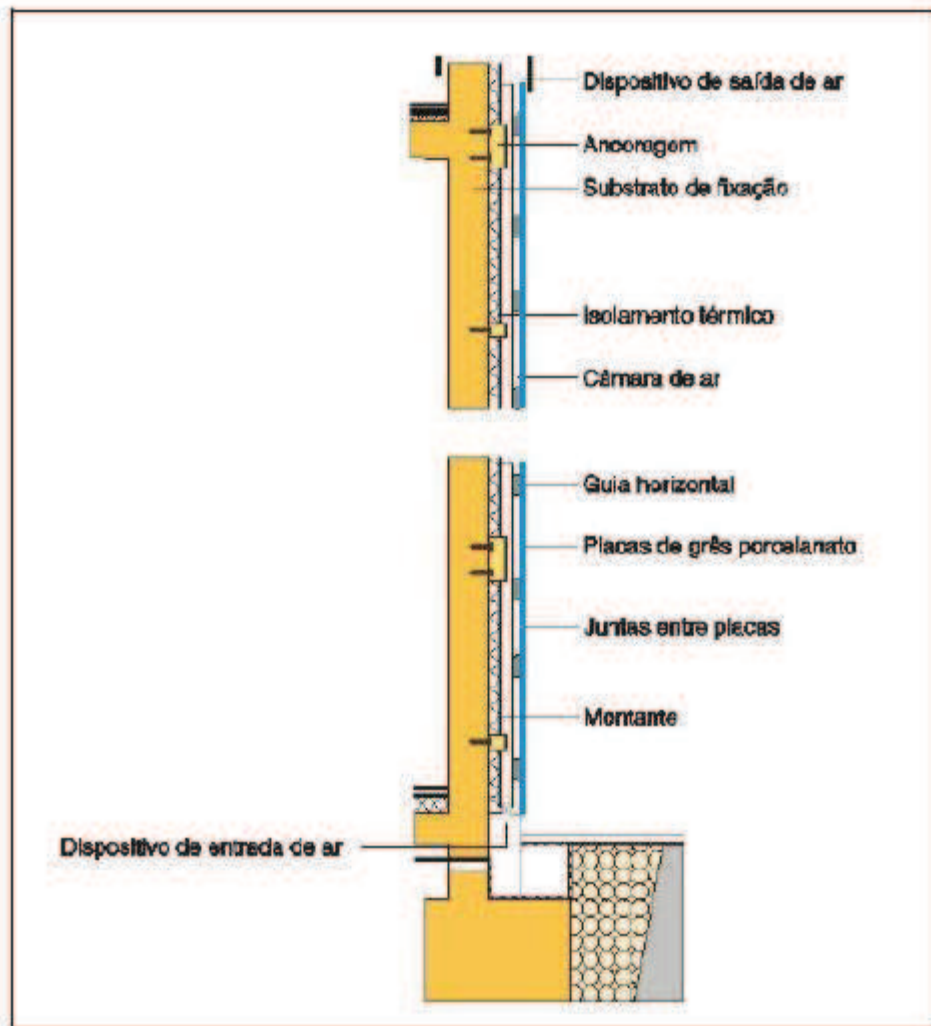
- A possibilidade de criar um envelopamento independente à estrutura do edifício, sendo a estrutura da fachada ventilada metálica e adaptável, criando um espaço entre as camadas de revestimento e edificação, que pode ser aproveitado para passar instalações e permitir manutenções que necessitem de acesso a pessoas, dependendo do afastamento escolhido em projeto.
- A transmitância térmica pode ser reduzida em até 60% com o sistema ventilado, pois elimina a irradiação direta solar, utilizando os benefícios do efeito chaminé.
- O sistema mostra-se suscetível às movimentações causadas pelas dilatações térmicas, uma vez que as juntas abertas não levam rejunte. Isso elimina a manutenção ao longo dos anos, possibilitando a retirada de um componente que poderia apresentar problemas patológicos como fissuras, comportando-se como uma estrutura não rígida.
- É possível eliminar etapas como o chapisco, o emboço e o reboco, ocasionando também uma economia no orçamento de materiais e reduzindo os resíduos produzidos na obra.
- Outro tópico importante é a agilidade de execução e limpeza no canteiro de obras, visto que é um sistema racionalizado, que chega pré-fabricado para a etapa de montagem e instalação.

#### **4.5 Benefícios Energéticos em Fachadas Ventiladas**

Fachadas ventiladas são as envoltórias verticais dos edifícios, formadas por três subsistemas: o revestimento ou camada externa, a estrutura de apoio que suporta esse revestimento e a camada de ar criada entre essas duas partes. Podem, ainda, receber uma camada extra de material isolante, colocada na superfície do edifício para garantir a estabilidade térmica conforme mostra Figura 2 – Perfil de uma fachada ventilada (Siqueira Júnior, 2003):



Figura 3 - Perfil de uma fachada ventilada



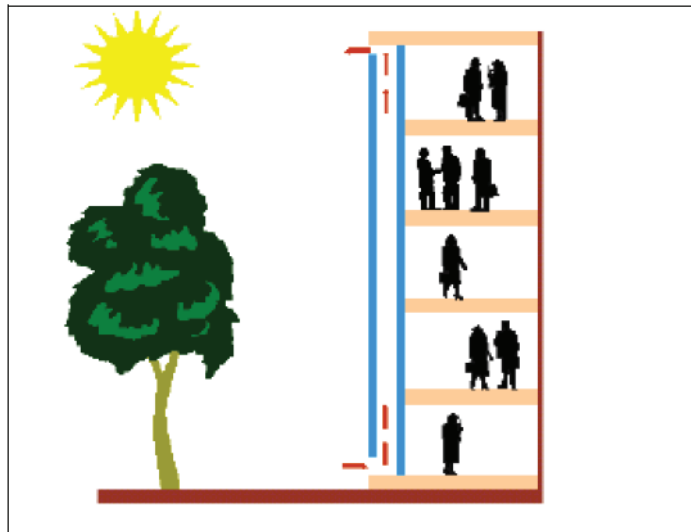
Fonte: Siqueira Júnior, 2003

Essa solução dificulta o acúmulo da umidade devido ao fluxo contínuo de ar que circula na camada entre o revestimento e a estrutura, interrompe a capilaridade e proporciona o isolamento térmico do edifício através do efeito causado com a remoção do ar aquecido pela parte superior do vão, chamado chaminé. (SOUSA, 2009).

Um fator importante no momento da concepção do projeto da fachada é garantir que a pressão do vento e os efeitos que ela pode causar não atrapalhem o efeito chaminé, analisando a movimentação que o fluxo de ar pode trazer. Para isso, devem ser estudadas as características do vento que incidem sobre a fachada e considerar as diferenças de pressões na entrada e saída de ar na camada ventilada. De acordo com a figura abaixo:



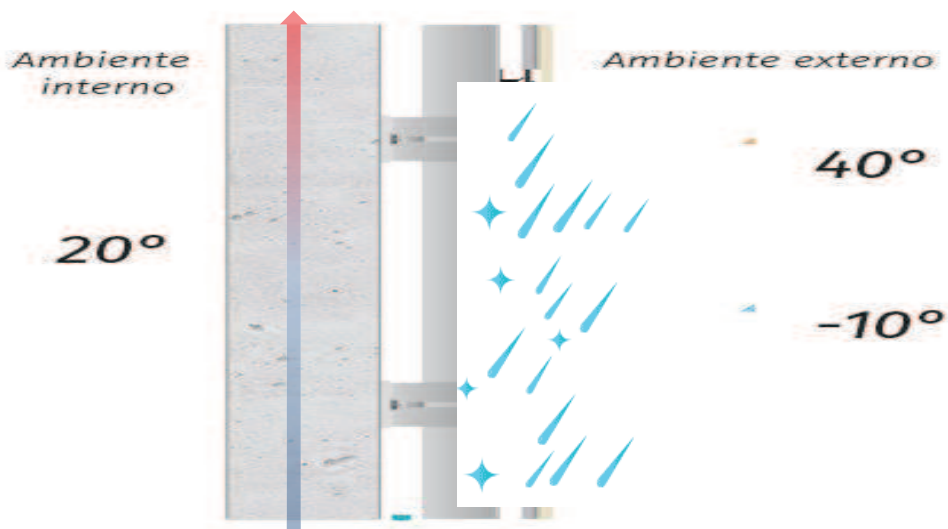
Figura 4 - Funcionamento da caixa de ar em uma fachada ventilada



Fonte: Siqueira Junior, 2003

Quanto à eficiência energética, o sistema contribui de forma eficaz para redução do consumo de energia elétrica destinado à climatização artificial. Estudos comprovam economia em climatização em torno de 30 a 50%, em conformidade com a figura a seguir:

Figura 5 - Vantagens da fachada ventilada



Fonte adaptada pela autora: <https://elianetec.com/fachadas-ventiladas#fachada-eficiencia>

Segundo Lamberts et al1 (1997 apud MELO, 2007, p. 6), um edifício é eficiente energeticamente quando seu consumo de energia é baixo e suas condições ambientais são confortáveis. Um dos fatores que influenciam a eficiência

energética de uma edificação são as trocas térmicas entre esta e o ambiente externo (MELO,2007).

#### **4.6 Materiais Utilizados em Fachadas Ventiladas**

De acordo com Sousa (2009), existem diversos materiais disponíveis no mercado para a utilização na camada de revestimentos de uma fachada ventilada, e dentre os mais utilizados estão:

- Pedras naturais;
- Revestimentos em alumínio composto (ACM);
- Fibrocimento;
- Cerâmica extrudada;
- Placas de fenólico;
- Betão polímero e
- Placas cerâmicas.

##### **4.6.1 Revestimentos Cerâmicos em Fachadas Ventiladas**

Os produtos cerâmicos evoluíram ao longo do tempo com a inovação nos processos de produção, e na década de 90 foi lançado o porcelanato. Este demonstrou desempenho técnico superior comparado aos demais cerâmicos, conquistando depressa o mercado e tornando-se uma das opções mais importantes do mundo para revestimentos (DONDI, 2014).

Primeiramente destacou-se por características como alta resistência mecânica e a baixa absorção de água, e com o passar dos anos os esmaltados expandiram suas possibilidades decorativas e acabamentos, tornando-se uma ótima opção estética (SÁNCHEZ, 2010; DONDI, 2014).

##### **4.6.1.1 O Comportamento do Porcelanato e Suas Propriedades**

O porcelanato típico é formado por uma composição de materiais argilosos que propiciam plasticidade, feldspatos que reduzem a porosidade e os quartzos que garantem a estabilidade térmica e dimensional. (SÁNCHEZ, 2010; DAL BÓ, 2016; GUSMÁN, 2016).

As três principais etapas da produção dos porcelanatos são: a preparação do composto do pó, a conformação e a queima. (OLIVEIRA, 2015).

A NBR 15463 (2007) informa que os porcelanatos podem ser esmaltados ou não, polidos ou naturais, retificados ou não retificados, com variações nas dimensões, conformando tamanhos pequenos, intermediários ou grandes.

Segundo Campos (2011), dentre suas propriedades estão a alta durabilidade, a regularidade nas cores, a impermeabilidade, a baixa expansão por umidade, a alta carga de ruptura, a alta resistência à flexão e abrasão e a resistência a ácidos.

A baixa absorção de água evidencia a possibilidade de utilização deste tipo de revestimento em fachadas, e o quadro a seguir aponta as desvantagens dos outros tipos de materiais em relação ao revestimento cerâmico tipo porcelanato. Conforme tabela a seguir:

Tabela 1- As desvantagens dos outros tipos de revestimentos comparados ao cerâmico na fachada.

<b>Materiais</b>	<b>Desvantagens em relação ao revestimento cerâmico</b>
Pedras naturais	Dificuldade de prever a mudança nas texturas e cores devido à exposição às condições atmosféricas; maior absorção de água
Alumínio composto	Baixa resistência mecânica, alta manutenção, fraca estanqueidade, apresenta um polímero inflamável em sua composição
Placas fenólicas	Baixa durabilidade à exposição solar, desbotamento da cor
Betão polímero	Peso próprio muito elevado
Fibrocimento	Pouca possibilidade de cor, baixa resistência mecânica
Cerâmica extrudada	Maior espessura, menor possibilidade de tons, alta expansão por umidade quando não esmaltadas

Fonte: Elaborado pela autora

## 5 PRODUTOS QUÍMICOS APLICADOS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS E SEUS BENEFÍCIOS

O impacto ambiental das novas construções é inevitável, entretanto podem ser utilizados materiais ou componentes químicos que minimizam ou eliminam alguns dos efeitos danosos.

Com o objetivo de aumentar a vida útil das edificações e servir como alternativa para tornar as fachadas mais eficientes, estão em estudo matérias-primas que, quando aplicadas nos revestimentos, apresentam benefícios para a durabilidade, a funcionalidade e a própria estética.

### 5.1 Eliane Revestimentos Cerâmicos e a Tecnologia Cleantec

Pioneira no Brasil desde a década de 60 no setor de revestimentos cerâmicos, a empresa Eliane Revestimentos inaugurou a primeira fábrica de porcelanatos em 1996, e desde então trouxe para o país as inovações tecnológicas no segmento, tornando-se a primeira indústria cerâmica do mundo a ser certificada pela gestão ambiental com os selos ISO 9001 e ISO 14001.

A empresa, que atende aos mercados nacionais e internacionais oferecendo soluções construtivas completas para projetos de engenharia, lançou a tecnologia *Cleantec*. A linha de produção na Eliane entrou em execução em 2015, e desde então o processo de aplicação da nanotecnologia nas peças vem sendo feito em território nacional.

Desenvolvido pela empresa japonesa TOTO (líder mundial em tecnologia com foco em inovação e consciência ambiental) em 1994, o sistema originalmente nomeado *Hydrotect Coat* traz o dióxido de titânio aplicado em revestimentos cerâmicos.

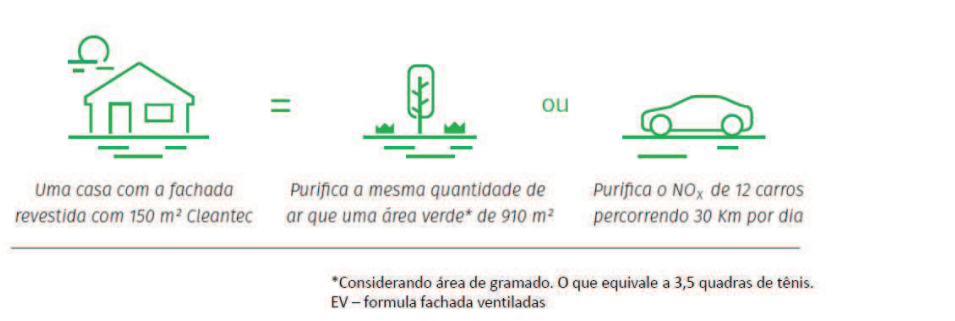
#### 5.1.1 O Produto à Base de Dióxido de Titânio e Suas Reações

O produto é aplicado no processo de fabricação e em forma líquida pulverizado sobre os porcelanatos, que são submetidos à queima na fábrica da Eliane em Cocal do Sul/SC.

Desenvolvido em fórmulas específicas para cada local de uso, o *Cleantec* apresenta benefícios para ambientes internos (antibacteriano e antiodor) e também para fachadas (purificador do ar e autolimpante).

Nas fachadas, os revestimentos possuem contato direto com a luz solar e a umidade do ar, o que permite que os componentes façam uma reação de oxidação, purificando o ar através da liberação de íons de Nitrato. Estudos revelam a comparação a seguir:

Figura 6 – Purificação do ar



Fonte: Eliane Técnica (2018)

Além deste benefício, o custo de manutenção das fachadas mostra-se reduzido a longo prazo, visto que o produto apresenta facilidade de limpeza, por diminuir o ângulo de contato das moléculas de água sobre os revestimentos, fazendo com que a sujeira seja eliminada das peças facilmente através da água da chuva.

O resíduo removido, rico em íons de Nitrato, ao entrar em contato com o solo comporta-se como adubo, conforme figura abaixo:

Figura 7 – Íons de Nitrato em contato com o solo



Fonte: Eliane Técnica (2018)

O projeto do Centro de Pesquisas Aplicadas da Toyota em São Bernardo do Campo/SP, desenvolvido por EIF Arquitetura, utilizou porcelanatos 60x120 cm com a tecnologia *Cleantec*, conforme fotografia abaixo:

Fotografia 1- Projeto do Centro de Pesquisas Aplicadas da Toyota em São Bernardo do Campo/SP



Fonte: <https://elianetec.com/projetos/cleantec>

## 6.1 O Dióxido de Titânio

O dióxido de titânio é uma substância que pode ser encontrada em forma de pó, e que quando incorporada a certos materiais existentes atua como um protetor contra a degradação. Isso ocorre devido a sua reação fotocatalítica quando em contato com a luz solar, a umidade do ar e o oxigênio, ocasionando efeitos autolimpantes, purificadores e bactericidas. (VIAPIANA, 2017).

Fujishima e Zhang (2006) reforçam essa afirmação ao salientar que uma vez que possua o dióxido de titânio em sua composição, a superfície exposta tem o potencial de retardar a velocidade de contaminação.

Este componente mostra-se eficaz nas construções, e já é possível encontrar algumas obras que o utilizaram nas fachadas, como o Museu Dalian na China,



construído em 2012 e projetado pelo Escritório 10, que especificou a fachada de alumínio com aplicação de uma camada de dióxido de titânio, e destaca-se como ícone de progresso sustentável naquela região.

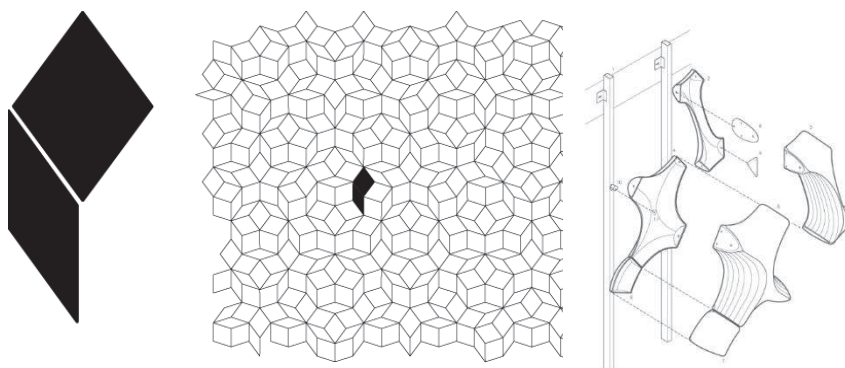
Fotografia 2 - Museu Dalian na China



Fonte: <https://arquiteturaanimar.wordpress.com/2012/02/17/escritorio-10-design-e-o-projeto-de-museu-sustentavel/>

Alguns materiais plásticos também já estão sendo estudados com a aplicação do dióxido de titânio. A empresa alemã Prosolve projetou em módulos e com a presença do dióxido de titânio, um produto para ser utilizado em fachadas, conforme segue:

Figura 8 - Projeto em módulos com a presença do dióxido de titânio



Fonte: <http://www.prosolve370e.com/how-it-works-1>

Essa técnica foi aplicada no hospital “Manuel Gea González”, na Cidade do México (uma das mais poluídas do mundo), e construído em Abril de 2013, conforme fotografia abaixo:

Fotografia 3 - Fachada que utilizou dióxido de titânio em sua execução



Fonte: <http://www.prosolve370e.com/home>

### **5.3 Possibilidade de Aplicação da Tecnologia *Cleantec* nos Revestimentos Cerâmicos**

Por possuir uma fórmula específica para fachadas ventiladas, o *Cleantec* demonstra ter propriedades eficientes para as obras, contribuindo em alguns requisitos importantes presentes nas certificações ambientais.



## 6 CERTIFICAÇÃO LEED

O sistema de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) apresenta como finalidade a transformação dos projetos, obras e operações das edificações para uma perspectiva sustentável.

Além disso, esta certificação reconhece a importância ambiental na indústria da construção civil, e fomenta a competição pela classificação dos empreendimentos, definindo o que é um *Green Building*, e estimulando a preocupação com estes conceitos já nas etapas de projeto. (STEFANUTO, 2013).

Desenvolvida pela USGBC (*United States Green Building Council*), empresa americana que visa a responsabilidade ambiental e social e representada oficialmente em outros 100 países por uma rede de conselhos locais chamada WorldGBC, essa certificação é considerada a mais importante a nível internacional para empreendimentos.

No Brasil, esse conselho é o GBC Brasil, fundado em 2007 e encarregado de adaptar e difundir a certificação internacional LEED. Todavia, a administração da certificação é feita pelo GBCI (*Green Business Certification Inc*), que realiza a conferência dos projetos quanto às normas, e os profissionais especialistas asseguram que a edificação certificada cumpra os pontos exigidos. (Santiago, 2016).

A certificação LEED v4 compreende 4 tipologias, possibilitando que cada empreendimento englobe suas respectivas necessidades. Porém, é possível que o mesmo projeto receba mais de um sistema de classificação. Para cada categorização, há um LEED *Reference Guide*, guia de referência onde estão as estratégias que devem ser empregadas para obter os créditos indispensáveis.

Além deste guia, cada sistema de classificação possui um Project Checklist, com o intuito de possibilitar a escolha dos créditos que serão conquistados, conforme figura a seguir:

Figura 9 - *Project checklist*

Disponível em: [www.gbgbrazil.org.br](http://www.gbgbrazil.org.br)

Tais tipologias englobam uma série subdivisões, já presentes nas versões anteriores da certificação. A mais abrangente delas, a LEED *for Building Design and Construction* (BD+C), foi pensada para projetos de construção de edifícios novos e comerciais de alto desempenho, ou reformas de obras existentes com significativas modificações. Ela engloba oito subcategorias: *New Construction and Major Renovation, Core and Shell Development, Schools, Retail, Data Centers, Warehouses and Distribution Centers, Hospitality and Healthcare*.

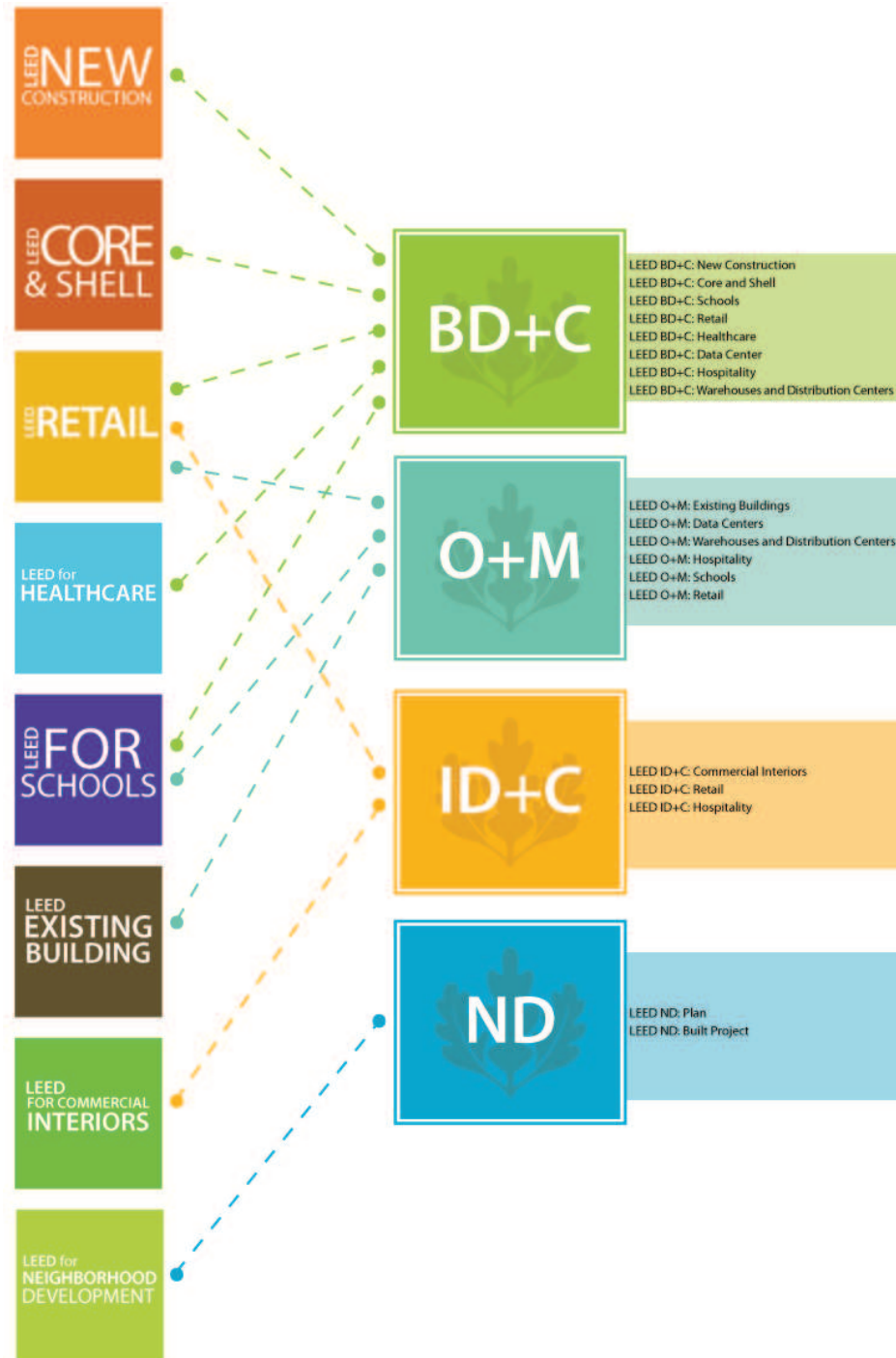
Para edificações que idealizam melhorar os aspectos operacionais e manutenção, há a categoria LEED *for Building Operations and Maintenance* (O+M), indicada para casos de pequenas mudanças construtivas.

Já para certificar os ambientes internos, e reconhecer neles o potencial para transformar ambientes fechados em locais mais saudáveis e produtivos, há o LEED *for Interior Design and Construction* (ID+C).

Há também uma categoria focada em desenvolvimento de bairros, o LEED *for Neighborhood Development* (ND), que considera o crescimento inteligente dos bairros com o conceito da sustentabilidade, valorizando o transporte público eficiente, criando áreas de lazer e espaços públicos de qualidade.

A seguir a figura de um esquema gráfico ilustra a distribuição das categorias e subcategorias de cada classificação:

Figura 10 - Distribuição das categorias e subcategorias



Fonte: <http://www.gbcbrazil.org.br/leed-v4.php>

Dentre cada uma destas tipologias, são observadas 8 áreas, que precisam atender duas características: cumprir os pré-requisitos estabelecidos pela certificação, e desenvolver créditos que possam pontuar. Os pré-requisitos são as obrigações que o empreendimento deve ter para receber a certificação. Já os

créditos são os procedimentos sugeridos pelo LEED, e à medida que forem atingidos, a pontuação vai crescendo. (STEFANUTO, 2013).

### **6.1 As Categorias para Certificação LEED**

Seguem abaixo as categorias para certificação LEED:

1. Localização e transporte: procura estimular a construção em locais adequados, aproveitando a infraestrutura pública já existente, incentivar as atividades físicas diárias e reduzir a utilização de veículos, priorizando o uso do transporte público.
2. Espaço Sustentável: visa à preocupação com a escolha do terreno, respeitando o ecossistema local e preservando a biodiversidade.
3. Eficiência do uso da água: visa promover o uso racional da água, reduzir o desperdício e estimular alternativas para o reuso e tratamento.
4. Energia e Atmosfera: é a categoria de maior relevância no LEED, e preza por buscar técnicas que atentem pela eficiência energética dos edifícios. Destaca a importância da automação predial, a escolha dos equipamentos que reduzam o consumo de energia, projetos de iluminação adequados, e o planejamento de recursos renováveis, como a energia solar através de painéis fotovoltaicos. Nesta categoria se encaixam as estratégias de fachada, que quando orientada de maneira correta e projetada para ter um desempenho alto no conjunto da obra, pode reduzir as despesas com o sistema de climatização e iluminação.
5. Materiais e Recursos: salienta os impactos de extrair os materiais da construção, a movimentação para transportá-los e promove a reciclagem dos resíduos descartados pelo edifício.
6. Qualidade Ambiental Interna: enfatiza a saúde e o conforto dos usuários dos espaços internos do edifício, considerando o conforto térmico, visual e acústico dos ambientes.
7. Inovação e Processos: este é o espaço para apresentar ações inovadoras que desenvolvam um bom desempenho e se mostrem criativas. É a categoria mais flexível, pois a pontuação não demarca itens específicos, ou seja, itens que ainda não foram projetados.

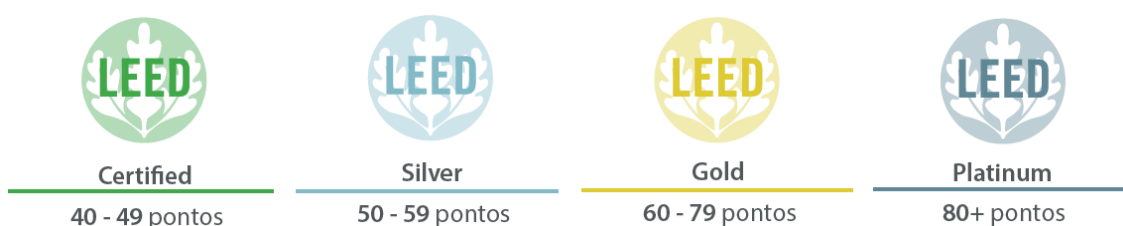
8. Créditos de Prioridade Regional: foram desenvolvidos com o objetivo de assumir as diferentes necessidades das diferentes regiões geográficas, instigando as características ambientais locais de cada projeto.

## 6.2 A Pontuação LEED

O total máximo de pontos por desempenho que um empreendimento pode ter em todas as tipologias é 110, e o mínimo para certificar é 40. Quanto mais créditos sugeridos pelo LEED forem aplicados, maior é a capacidade de pontuar.

A classificação determina que, se atingir de 40 a 49 pontos, o empreendimento receberá a certificação LEED. Se atingir de 50 a 59 pontos, a recompensa será o *LEED SILVER*. De 60 a 79 pontos, *LEED GOLD*. E ainda, acima de 80 pontos, o mais eficiente do ranking, o *LEED PLATINUM*, conforme figura abaixo:

Figura 11 - Níveis de classificação LEED

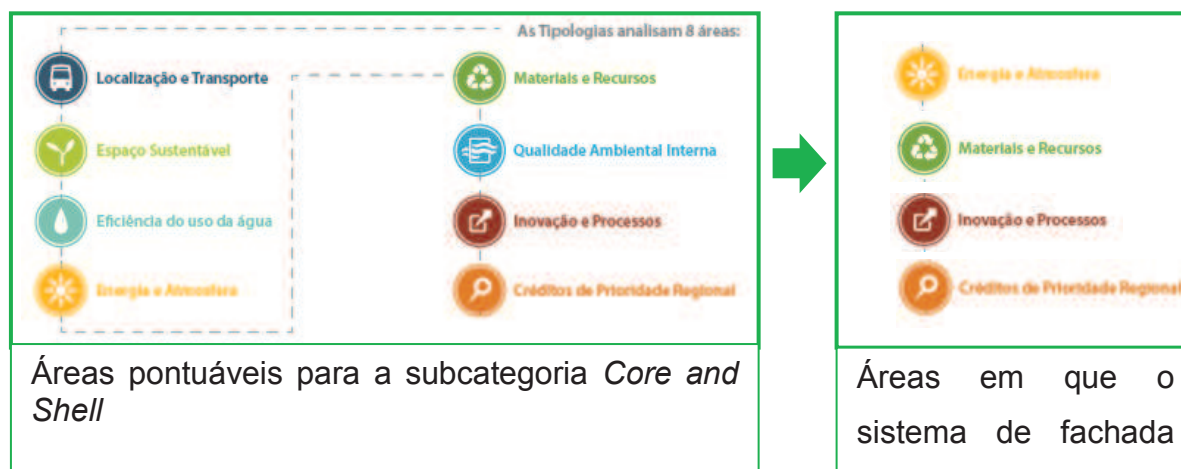


Fonte: GBC Brasil (2019)

## 6.3 LEED v4 para BD+C - Envoltória e Núcleo Central: o impacto da envoltória e a relevância da aplicação do sistema de fachada ventilada com revestimentos cerâmicos

A envoltória está diretamente relacionada com a subcategoria *Core and Shell Development*, no que diz respeito às estratégias de fachada que podem contribuir com o desempenho do edifício. Algumas das áreas de análise do *checklist* para essa subcategoria compreendem o conteúdo relacionado ao sistema de fachadas ventiladas, como mostra o seguinte esquema gráfico:

Figura 12 - Esquema de fachadas ventiladas



Fonte adaptada pela autora: [www.gbgbrazil.org.br](http://www.gbgbrazil.org.br)

De acordo com o *Project Checklist do LEED v4 for BD+C: Core and Shell*, dentre as áreas em que o sistema de fachada ventilada com revestimento cerâmico pode contemplar, os requisitos e créditos acontecem de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 - Requisitos e critérios para contemplação do sistema de fachada ventilada

<b>Energy and Atmosphere</b>			Possible Points:	<b>33</b>
Y	Prereq 1	Fundamental Commissioning and Verification		Required
Y	Prereq 2	Minimum Energy Performance		Required
Y	Prereq 3	Building-Level Energy Metering		Required
Y	Prereq 4	Fundamental Refrigerant Management		Required
	Credit 1	Enhanced Commissioning		6
	Credit 2	Optimize Energy Performance		18
	Credit 3	Advanced Energy Metering		1
	Credit 4	Demand Response		2
	Credit 5	Renewable Energy Production		3
	Credit 6	Enhanced Refrigerant Management		1
	Credit 7	Green Power and Carbon Offsets		2

<b>Innovation</b>			Possible Points:	<b>6</b>
	Credit 1	Innovation		5
	Credit 2	LEED Accredited Professional		1

<b>Materials and Resources</b>			Possible Points:	<b>14</b>
Y	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables		Required
Y	Prereq 2	Construction and Demolition Waste Management Planning		Required
	Credit 1	Building Life-Cycle Impact Reduction		6
	Credit 2	Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product Declarations		2
	Credit 3	Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials		2
	Credit 4	Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients		2
	Credit 5	Construction and Demolition Waste Management		2

<b>Regional Priority</b>			Possible Points:	<b>4</b>
	Credit 1	Regional Priority: Specific Credit		1
	Credit 2	Regional Priority: Specific Credit		1
	Credit 3	Regional Priority: Specific Credit		1
	Credit 4	Regional Priority: Specific Credit		1

Fonte: <http://www.gbcbrazil.org.br/leed-BDC>

No âmbito Energia e Atmosfera, a fachada é citada como elemento fundamental. Esta categoria mostra-se a de maior peso na pontuação quanto aos créditos que se pode obter, podendo atingir até 33, evidenciando o próprio nome da certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*).

É nela que está a grande justificativa de tornar a escolha do sistema da envoltória tão importante. A fachada tem a potência de solucionar questões desde a qualidade interna dos ambientes para os usuários, até os custos para refrigerar um edifício.

A energia solar pode ser maximizada através da escolha dos materiais e sistemas de fixação do envelopamento e, assim, reduzir gastos com climatização e iluminação. O edifício deve ser uma resposta ao posicionamento solar nas diferentes

orientações, como por exemplo, uma fachada com incidência solar agressiva, orientação oeste no hemisfério Sul, deve ser projetada com elementos que minimizem a absorção de calor no verão e otimizem a captação de calor no inverno, impactando no uso reduzido de equipamentos de ar condicionado ou ventilação mecânica. Esta pode ser uma diretriz que aponte no projeto a necessidade de placas como as cerâmicas.

Outro ponto importante desta área é analisar a manutenção da obra ao longo da sua vida útil, visto que uma das vantagens do sistema de fachada ventilada com revestimento cerâmico é eliminar etapas como o rejuntamento, atividade que resulta em manutenções frequentes.

Já na área de Inovação de Processos, é possível atingir 6 pontos, e pode ser considerado o modelo de fachada ventilada com placas cerâmicas, pois no Brasil, este ainda é avaliado como um sistema inovador para o envelopamento de edifícios. Aliado à tecnologia *Cleantec*, que possui um conceito sustentável e inovador para os revestimentos cerâmicos, atribuindo uma característica que minimiza os impactos ambientais da envoltória, purificando o ar, mesmo em locais de poluição concentrada, mantendo a fachada limpa por mais tempo, e preservando a tonalidade original das cores, como mostra o exemplo da fotografia a seguir:



Fotografia 4 – Fachada ventilada com placas cerâmicas



Fonte: fotografia registrada pela autora em março de 2019.

Foi utilizado nesta obra o porcelanato esmaltado acetinado Clean Pacífico, cujas dimensões são 59x118,2cm, com a tecnologia *Cleantec* (fórmula EV: para revestimento externo ventilado). O edifício encontra-se no bairro Jardim Paulista, na Avenida Brigadeiro Luís Antonio, via de movimento intenso e grande concentração de gases poluentes no centro de São Paulo. Este é um *case* de sucesso, onde é possível observar a permanência da cor branca na fachada, devido à ação autolimpante do produto. Além de ajudar a eliminar os gases tóxicos (NOx) produzidos pelos veículos que percorrem a via.

Ao analisar o processo produtivo das placas cerâmicas para aplicação no conjunto das fachadas ventiladas, é possível considerá-lo também como item relevante na categoria de Materiais e Recursos, que pode atingir até 14 pontos. No Brasil, existem diversos fornecedores potenciais de cerâmicas e porcelanatos,

dentre os quais destaca-se a empresa Eliane Revestimentos S.A, cuja matéria-prima utilizada para produzir a massa do porcelanato é extraída de jazidas nacionais, de local próximo à fábrica, no Estado de Santa Catarina. Essa ação torna o processo mais economicamente viável, e minimiza a energia incorporada em processos relacionados à extração, processamento, transporte e manutenção dos materiais.

Outro ponto interessante em utilizar o sistema de fachada ventilada com placas cerâmicas nas regiões do Sul do Brasil é a preocupação com o impacto ambiental da região, visto que essa ação pode funcionar como um encorajamento da equipe de projeto a usufruir de recursos específicos da própria região em que o projeto está inserido, alcançando relevância no quesito Créditos de Prioridade Regional, que pontuam até 4 ao atingir todos os créditos possíveis.

#### **6.4 Objetivos dos Pré-requisitos e Créditos**

De acordo com o Guia de Referência da GBC Brasil, os objetivos das categorias a seguir são:

##### **6.4.1 Energia e Atmosfera**

Pré-requisito EA - Comissionamento Fundamental e Verificação: apoiar o projeto, construção e operação de um projeto que atenda aos requisitos do proprietário de energia, água, qualidade do ambiente interno e durabilidade.

Pré-requisito EA - Desempenho Mínimo de Energia: reduzir os prejuízos ambientais e econômicos do uso excessivo de energia alcançando um nível mínimo de eficiência energética para o edifício e seus sistemas.

Pré-requisito EA - Medição de Energia do Edifício: apoiar a gestão de energia e identificar oportunidades de economias adicionais de energia rastreando o seu uso no nível do edifício.

Pré-requisito EA - Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes: reduzir o esgotamento do ozônio estratosférico.

Crédito EA - Comissionamento Avançado: apoiar o projeto adicionalmente ao pré-requisito de comissionamento fundamental e verificação.

Crédito EA - Otimizar Desempenho Energético: alcançar níveis crescentes de desempenho energético além do pré-requisito de desempenho mínimo de energia.

Crédito EA - Medição de Energia Avançada: apresentar economias adicionais rastreando o uso de energia no edifício e nos sistemas.

Crédito EA - Resposta à Demanda: aumentar a participação em tecnologias e programas de resposta à demanda que tornem os sistemas de geração e distribuição de energia mais eficientes, aumentar a confiabilidade da rede de energia elétrica e reduzir as emissões de gases do efeito estufa.

Crédito EA - Produção de Energia Renovável: reduzir os prejuízos ambientais e econômicos associados à energia de combustíveis fósseis aumentando o autoabastecimento de energia renovável.

Crédito EA - Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes: reduzir a destruição da camada de ozônio e promover conformidade antecipada com o protocolo de Montreal minimizando ao mesmo tempo as contribuições diretas para a mudança climática.

Crédito EA - Energia Verde e Compensações de Carbono: incentivar a redução de emissões de gases do efeito estufa com o uso de fontes provenientes da rede de energia, tecnologias de energia renovável e projetos de mitigação de carbono.

#### 6.4.2 Inovação

Crédito IN - Incentivar projetos a alcançar desempenho excepcional ou inovador.

Crédito IN - Incentivar a integração da equipe necessária em um projeto LEED e simplificar o processo de aplicação e certificação.

#### 6.4.3 Materiais e Recursos

Pré-requisito MR - Depósito e Coleta de Materiais Recicláveis: reduzir os resíduos gerados por ocupantes de edifícios e transportados e descartados em aterros sanitários.

Pré-requisito MR - Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição: reduzir os resíduos de construção e demolição descartados em aterros sanitários ou instalações de incineração recuperando, reutilizando e reciclando materiais.

Pré-requisito MR - Redução de Fontes de Pbt – mercúrio: reduzir produtos e dispositivos que contêm mercúrio e a liberação de mercúrio através da substituição, captura e reciclagem de produtos.

Crédito MR - Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício: incentivar o reuso adaptável e otimizar o desempenho ambiental de produtos e materiais.

Crédito MR - Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Declarações Ambientais de Produtos: incentivar o uso de produtos e materiais cujas informações de ciclo de vida estejam disponíveis e que tenham impactos ambientais, econômicos e sociais de ciclo de vida vantajosos. Recompensar as equipes de projeto pela seleção de produtos de fabricantes que tenham impactos aprimorados e verificados no ciclo de vida útil ambiental.

Crédito MR - Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Origem de Matérias-primas: recompensar equipes de projeto por selecionar produtos comprovadamente extraídos ou adquiridos de maneira responsável.

Crédito MR - De Otimização de Produto do Edifício - Ingredientes do Material: recompensar equipes de projeto por selecionar produtos cujos ingredientes químicos estejam catalogados por uma metodologia aceita e por selecionar produtos que comprovadamente minimizam o uso e a geração de substâncias perigosas. Recompensar fabricantes de matérias-primas que fabricam produtos que comprovadamente melhoraram seus impactos no ciclo de vida.

Crédito MR - Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição: reduzir os resíduos de construção e demolição descartados em aterros sanitários ou instalações de incineração recuperando, reutilizando e reciclando materiais.

#### 6.4.4 Prioridade Regional

Crédito RP - Prioridade Regional: oferecer um incentivo para a obtenção de créditos que abordem prioridades ambientais, de igualdade social e de saúde pública geograficamente específicas.

### 6.5 O Processo Integrado

O LEED *Reference Guide* apresenta quais requisitos e créditos podem ser contemplados, para qual categoria se aplica cada um deles, e indica estratégias

para que sejam obtidos, simulando de que forma podem ser implementados. Assim, ao estudar as tomadas de decisões quanto aos créditos que serão escolhidos, já é possível visualizar em média qual a pontuação que poderá ser obtida a partir da combinação de créditos atendida.

Dentre os créditos possíveis de obter na certificação para *Core and Shell*, destaca-se o *Integrative Process*, ou Processo Integrado, que evidencia o sistema da envoltória e o alto desempenho do projeto através de uma relação entre os sistemas do edifício. É possível obter esse crédito também nas outras categorias do BD+C, pois ele significa ter uma melhor compatibilização de todas as disciplinas durante a etapa de projetos, reunindo todas as equipes para discutir as interferências e buscar soluções para cada situação.

Este crédito tem como requisito iniciar no pré-projeto, e continuar durante as fases do projeto, utilizando as oportunidades para obter a interdisciplinaridade entre os sistemas de construção. Além disso, recomenda que sejam analisadas algumas estratégias associadas a avaliar os atributos básicos do envelope do edifício, analisar as características do projeto que afetam o consumo energético, refletindo no desempenho do grupo AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), considerar o conforto térmico e ponderar as manutenções previstas no sistema.

Analisando os atributos básicos do envelope do edifício, é preciso comparar os valores de isolamento, estudar os coeficientes e dimensionar elementos de sombreamento. É importante simular a relação entre elementos opacos e transparentes da fachada, para que seja possível dimensionar de maneira correta os planos da envoltória. Elementos de proteção solar também devem ser considerados, de acordo com cada região e zona climática.

Pode-se adaptar cada decisão a partir dos condicionantes do projeto, como aplicar materiais isolantes entre a camada de revestimento e a edificação, por exemplo. É possível também optar por distanciar mais ou menos os perfis metálicos, aumentando ou diminuindo o vão ventilado do sistema, respeitando os moldes técnicos de cada tipo de fixação, podendo ainda criar uma plataforma para eventuais manutenções.

As faixas de conforto térmico devem ser avaliadas, para que os sistemas de automação se adaptem aos dimensionamentos planejados.

O sistema chamado AVAC, implica em conceitos termodinâmicos, mecânica dos fluidos e transferência de calor, tendo em vista o consumo energético nas



edificações. Para melhorar este sistema, é preciso pensar em alterações nas fachadas através de estratégias que eliminem ou reduzam significativamente alguns itens, como por exemplo, optar pelo envelopamento do edifício com o sistema de fachada ventilada, tirando proveito do efeito chaminé e resultando em um uso minimizado do ar condicionado nos ambientes internos.

De acordo com a GBG Brasil, muitos créditos e pré-requisitos LEED demandam assistência da ASHRAE, que publica normas e diretrizes reconhecidas a cada três anos, relativas a equipamentos AVAC. É a partir desta fundamentação que são feitas as simulações que avaliam a envoltória de maneira integrada.

Para a implementação destas estratégias, é necessário documentar de que maneira a análise de cada item beneficiou as decisões sobre o projeto, o design final e a forma de construção, incluindo a geometria e o formato do edifício, tratamentos do envelope e da fachada do prédio nas diferentes orientações, a redução significativa ou eliminação de sistemas AVAC, dos materiais externos, acabamentos e outros sistemas que possam ser aplicados.

## **6.6 A Pontuação Através da Fachada Ventilada com Revestimentos Cerâmicos**

Ao especificar um sistema de fachada ventilada com revestimentos cerâmicos em um projeto, com a finalidade de atingir um bom desempenho na pontuação LEED, deve-se atentar às áreas específicas da classificação que melhor se encaixam à envoltória.

Quanto mais procedimentos forem desenvolvidos no projeto, com base nos monitoramentos e verificações dos sistemas integrados que consomem energia em um edifício, maior será a pontuação.

Ao responder a todos os objetivos propostos nas quatro áreas apontadas como relevantes para o sistema de fachadas ventiladas com revestimentos cerâmicos: Energia e Atmosfera (33), Materiais e Recursos (14), Inovação (6) e Prioridades Regionais (4), é possível chegar à pontuação máxima de 57 pontos.

Para que o projeto seja contemplado com a pontuação máxima em cada crédito, deve ser consultado o *Reference Guide* e devem ser aplicadas as estratégias para cada item. Assim sendo, o sistema de fachada ventilada pode contribuir com o alcance dos créditos, porém a pontuação total em cada área somente será atingida quando todos os componentes da obra funcionarem

integradamente, e atingirem todos os objetivos de cada pré-requisito e crédito disponíveis.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Sabe-se que a eficiência energética na arquitetura se tornou pauta de preocupações devido aos acontecimentos da crise do petróleo na década de 70 que afetaram o setor da construção civil, e impulsionaram algumas tomadas de decisões quanto à criação de ferramentas e normativas capazes de estabelecer diretrizes sustentáveis para os edifícios.

A partir da década de 90 começaram a surgir as certificações ambientais, através de lideranças internacionais que foram criadas, com o propósito de produzir regulamentos energéticos, como a ASHRAE.

Os elementos arquitetônicos dos edifícios começaram a ser projetados para reduzir os impactos ambientais, e o sistema de envoltória das construções mostrou-se impactante na influência do consumo energético.

As fachadas tornaram-se elementos essenciais para as decisões de projeto e, conseqüentemente, o comportamento dos materiais e os elementos de fixação passaram a ser aprimorados para controlar as trocas térmicas e trazer benefícios que, além de estéticos, pudessem atender às normas e recomendações das certificações vigentes.

As técnicas de aplicação de revestimentos nas fachadas apresentam opções aderidas (materiais assentados com argamassa colante) ou ventiladas (com apoio de fixação mecânica). Assim sendo, foram levantadas as vantagens do sistema ventilado em relação ao aderido, os materiais utilizados e apontados os benefícios energéticos possíveis de alcançar.

Os revestimentos cerâmicos, principalmente os porcelanatos, destacam-se entre os outros materiais por suas características de resistência mecânica, absorção de água e durabilidade estética. Essas propriedades os consideram uma solução de ótimo desempenho para as fachadas, e quando aplicados com a técnica ventilada comportam-se de maneira eficiente.

Com o objetivo de aumentar a durabilidade dos revestimentos das fachadas, estão sendo estudados e já aplicados produtos à base de um componente químico

chamado Dióxido de Titânio, capaz de proporcionar benefícios purificadores do ar e autolimpantes (resíduo eliminado através da água da chuva).

A Eliane Revestimentos Cerâmicos em Cocal do Sul/SC é exemplo de uma empresa nacional que já possui essa tecnologia, e aplica em seus revestimentos cerâmicos o produto chamado *Cleantec*.

Através do reconhecimento da importância de certificações ambientais que evidenciam a envoltória do edifício, foi escolhido o sistema de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) para demonstrar como é realizada a avaliação dos empreendimentos quanto à perspectiva sustentável.

A certificação LEED compreende várias tipologias, e cada uma delas possui um sistema de classificação de acordo com áreas estabelecidas com pré-requisitos que precisam ser cumpridos, e créditos que podem ser conquistados.

Dentre as tipologias disponíveis, para o estudo da relevância do sistema de fachadas ventiladas com revestimento cerâmico, destacou-se a chamada *Core and Shell* (Envoltória e Núcleo Central). Esta categoria compreende áreas dentre as quais as estratégias de fachada podem contribuir com o desempenho do edifício: Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Inovação e Processos e Créditos de Prioridade Regional.

A certificação pode ser atingida em quatro níveis, pontuando no mínimo 40 para certificar, e no máximo 110. Foram estudadas as áreas pontuáveis para a categoria *Core and Shell*, e resumidas as áreas em que o sistema de fachada ventilada pode contribuir, juntamente com o revestimento cerâmico e a tecnologia chamada *Cleantec*, levantando o máximo de pontos em cada área que é possível conquistar.

Cada pré-requisito e crédito possui um objetivo específico que deve ser contemplado para atingir a pontuação máxima, e para isso são recomendadas ações em um guia de referência, que apresenta estratégias específicas para cada caso, para que possam ser definidas as ações para atingir os pré-requisitos, e escolhidos os créditos voltados para a categoria necessária.

Essas estratégias, dentre as áreas selecionadas, não competem somente aos quesitos de fachada, pois englobam diversas partes e definições do sistema da edificação como um todo. Entretanto, foi demonstrada, de maneira geral, a possibilidade de pontuação das áreas em que o tema das fachadas ventiladas com revestimento cerâmico faz parte e pode atingir.



Portanto, conclui-se que a envoltória do edifício demonstra ser de fundamental relevância para atingir a certificação LEED, e o sistema de fachada ventilada com revestimento cerâmico pode se encaixar em áreas cujas pontuações representam um alto desempenho.

Recomenda-se que sejam realizados novos estudos, a fim de verificar a possibilidade de contemplação das demais categorias da certificação, através da consulta ao *Reference Guide*, seguindo as estratégias apontadas para a obtenção dos pré-requisitos e créditos apresentados.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 13817**: Placa Cerâmicas para Revestimento – classificação. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15463**: Placa Cerâmicas para Revestimento – Porcelanato. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15575**: Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 Pavimentos. Parte 4: Sistemas de Vedações Verticais Externas e Internas. Rio de Janeiro, 2010.
- CAMPOS, Karina Felisbino. **Desenvolvimento de Sistema de Fixação de Fachada Ventilada com Porcelanato de Fina Espessura**. 2011. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- CARRARO, Marília. OLIVEIRA, Luciana Alves. XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENTAC2016. **Seleção Tecnológica de Sistemas de Fachada para Edifícios Comerciais e Institucionais**. São Paulo, Brasil, 21, 22 e 23 de setembro de 2016.
- CICHINELLI, Gisele. **Patologias Cerâmicas**. *Téchne*. Ed. 116. Novembro de 2006. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/116/artigo287385-1.aspx>. Acesso em 10 de fevereiro de 2019.
- DAL BÓ, M. D. et al. Chemical tempering of porcelain tiles. *Ceramics Internacional*, v. 42, p. 15199 – 15202, 2016.
- DONDI, M. et al. Clays and bodies for ceramic tiles: Reappraisal and technological classification. *Applied Clay Science*, v. 96, p. 91 – 109, 2014.
- DUTRA, Miguel Resendes. **Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas. Análise do Comportamento**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS. **Fachadas Ventiladas**. 2018. (Catálogo técnico Eliane Técnica). Disponível em: <https://elianetec.com/fachadas-ventiladas#fachada-eficiencia>. Acesso em 30 mar 2019.
- FUJISHIMA, A., ZHANG, X. Titanium Dioxide Photocatalysis: Present Situation and Future Approaches. *Comptes Rendus Chimie*, v. 9, n. 5, p. 750-760, 2006.
- GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificação LEED**. Disponível em <http://www.gbcbrasil.org.br/>. Acesso em 21 de janeiro de 2019.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Sobre o Certificado**. Disponível em <http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>. Acesso em 21 de janeiro de 2019.

GUSMÁN, A. A. et al. Optimization of the technological properties of porcelain tile bodies containing rice straw ash using the design of experiments methodology. *Ceramics Internacional*, v. 42, p. 15383 – 15396, 2016.

LAMBERTS, R. PEREIRA, F.O.R. DUTRA, L. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2004. *E-book*.

MARTINS, G. A. & PINTO, R. L. **Manual para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

MAZZAFERRO, Leonardo. **Análise das Recomendações da ASHRAE Standard 90.1 para a Envolvória de Edificações Comerciais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.

MELO, A. P. **Análise da Influência da Transmitância Térmica no Consumo de Energia de Edificações Comerciais**. Florianópolis, 2007.

MÜLLER, Alexandre. **Desenvolvimento de um Protótipo e Análise do Comportamento Térmico de Fachada Ventilada com Placa Cerâmica de Grês Porcelanato**. 2003. 158 f. Dissertação (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

NICOLETTI, Ana Maria Abrahão. **Eficiência Energética em um Ministério da Esplanada em Brasília: Propostas para Retrofit de Envolvória**. 2009. 214 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília. Brasília, DF.

OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes de. HOTZA, Dachamir. **Tecnologia de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos**. 2015. 2ª edição revista. *E-book*. Editora ufsc.

RIBEIRO, Aline. **Caracterização e Aplicação de Compósito de Fibra de Juta em Sistema de Revestimento Cerâmico em Fachada Ventilada**. 2018. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Criciúma, SC.

ROMÉRO, Marcelo Andrade, REIS, Lineu dos. **Eficiência Energética em Edifícios**. 2009. *E-book*.

SÁNCHEZ, E. et al. Porcelain tile: Almost 30 years of steady scientific technological evolution. *Ceramics Internacional*, v. 36, p. 831 – 845, 2010.

SANTIAGO, Nayanne Ferreira. **Certificação LEED em Foco: Avaliação de Projeto de Retrofit Aplicado a um Monumento em Brasília – DF**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

SHELIGA, Renata. JOHN, Vanderlei. XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENTAC2016. **Fachadas**

**Adaptativas: arquitetura dinâmica orientada ao desempenho.** São Paulo, Brasil, 21, 22 e 23 de setembro de 2016.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: Estudo de caso em edifícios em Florianópolis.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

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.pcc.usp.br/Pesquisas versão atual.htm](http://amaurysiqueira.pcc.usp.br/Pesquisas%20vers%C3%A3o%20atual.htm). Acesso em: 15 de dezembro de 2018.

SOUSA, Fernando Manuel Fernandes de. **Fachadas Ventiladas em Edifícios – Tipificação de Soluções e Interpretação do Funcionamento Conjunto Suporte/Acabamento.** 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

STEFANUTO, Ágata Pâmela Olivari. HENKES, Jairo Afonso. Critérios para Obtenção da Certificação LEED: **Um estudo de caso no supermercado Pão de Açúcar em Indaiatuba/SP.** R. gest. Sust. Ambiente., Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 282 – 332, out. 2012/mar. 2013

Tecnologia: **Revestimentos Para a Fachada Eficiente** – ARCOweb. Disponível em: <https://www.arcoweb.com.br/projetodesign/tecnologia-revestimentos-fachada-eficiente>. Acesso em 17 de janeiro de 2019.

VIAPIANA, César. GUERRA, Fernanda L. GIORDANI, Caroline. MOLIN, Denise C.C. Dal. MASUERO, Angela B. XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS – SBTA. **Avaliação das Propriedades Autolimpantes da Dispersão de Dióxido de Titânio em Água Quando Aplicada em Detalhe de Fachada de Prédio Histórico.** São Paulo, 22 a 24 de agosto de 2017. ISSN 2446-6824.