

## IMPACTOS DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO LEED NA CONSTRUÇÃO CIVIL

João V. B. Bezerra<sup>1</sup>, Paola de A. Guisã<sup>1</sup>, Victor G. Nogueira<sup>1</sup> e Natan S. das Neves<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>*Faculdade Capixaba da Serra, Serra, ES, Brasil*

<sup>2</sup>*Programa de Engenharia Civil da COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

**Palavras-chave:** Construção Civil, Impactos Ambientais, Sustentabilidade, Certificação Ambiental, LEED.

**Resumo.** A sociedade atualmente se preocupa cada vez mais com o meio ambiente e a construção civil caminha na mesma direção. A ideia de edificações visando a sustentabilidade tem crescido e se mostrado importante tanto no cenário ambiental como econômico. Para o reconhecimento dessas ideias aplicadas na construção civil, existe a certificação internacional *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) que utiliza critérios de avaliação, como suficiência energética, uso racional de recursos hídricos, adoção de novas tecnologias, redução do impacto ambiental da obra, utilização de materiais e recursos que não agridam o ambiente. O presente artigo tem como objetivo apresentar qualitativamente o processo de implementação certificação LEED durante a execução de uma obra, visando analisar os impactos econômicos, de execução e organização, e de planejamento. Para isto, foi realizado um estudo de caso durante o período de construção de uma instituição de ensino profissionalizante localizada na Serra, Espírito Santo (ES), no ano de 2019, onde foram analisados projetos antigos e revisados, atividades e atitudes modificadas no canteiro respeitando os requisitos exigidos pelo órgão certificador *Green Building Council* (GBC) Brasil. Em síntese, os resultados mostraram que por meio da implantação da certificação LEED, houve grande impacto nas atividades no canteiro de obras e nos custos iniciais e finais do empreendimento, além de uma redução imensa do impacto ambiental, contribuindo para as práticas de sustentabilidade e para o bem-estar da sociedade.

---

E-mail addresses: [joabezerra@aluno.multivix.edu.br](mailto:joabezerra@aluno.multivix.edu.br), [paolaguisa@aluno.multivix.edu.br](mailto:paolaguisa@aluno.multivix.edu.br), [victornogueira@aluno.multivix.edu.br](mailto:victornogueira@aluno.multivix.edu.br), [natan.sian@gmail.com](mailto:natan.sian@gmail.com)\*

## IMPACTS OF THE LEED CERTIFICATION PROCESS ON CIVIL CONSTRUCTION

**Keywords:** Construction, Environmental Impacts, Sustainability, Environmental Certification, LEED.

**Abstract.** Society is currently increasingly concerned about the environment and construction is moving in the same direction. The idea of buildings aimed at sustainability has grown and shown to be important in both the environmental and economic scenarios. To recognize these ideas applied in civil construction, there is the international Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification that uses evaluation criteria, such as energy sufficiency, rational use of water resources, adoption of new technologies, reduction of the environmental impact of the work, use of materials and resources that do not harm the environment. This article aims to qualitatively present the LEED certification implementation process during the execution of a project, aiming to analyze the economic, execution and organization, and planning impacts. For this, a case study was carried out during the construction period of a vocational education institution located in Serra, Espírito Santo (ES), in 2019, where old and revised projects, activities and modified attitudes at the construction site were analyzed, respecting the requirements required by the certifying entity Green Building Council (GBC) Brazil. In summary, the results showed that through the implementation of LEED certification, there was a great impact on activities at the building lands and on the initial and final costs of the project, in addition to an immense reduction in environmental impact, contributing to sustainability practices and the well-being of society.

## 1 INTRODUÇÃO

A ideia de desenvolvimento sustentável começou a ser desenhada em 1972 na Conferência de Estocolmo, onde a questão ambiental ganhou ênfase como assunto global. 10 anos depois, em Nairóbi, num encontro realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), foram expostos os problemas ambientais, e chegaram à conclusão que a economia global havia crescido de forma que deveria ser capaz de atender as questões do meio ambiente [22].

A comissão mundial da ONU desenvolveu em 1987 o Relatório de Brundtland, sobre o Meio Ambiente, que destacou o conceito de desenvolvimento sustentável. O relatório continha pesquisas relacionadas ao crescimento e preservação do meio ambiente, e evidenciaram a incoerência entre os padrões de produção e o desenvolvimento sustentável [29].

Considerando os problemas ambientais discutidos, em 1992, na Conferência do Rio (Eco-92), consagrou o desenvolvimento sustentável, e apresentou documentos de forte importância internacional, como a Carta da Terra, a Declaração sobre Florestas, a Convenção sobre a Diversidade Biológica, a Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas e a agenda 21 [4]. Além disso, durante a década de 90, como maior destaque, cria-se o Protocolo de Kyoto, a redefinição dos padrões mundiais de crescimento sustentável [21].

À medida que internacionalmente, houve um avanço significativo na conscientização sobre nivelar o desenvolvimento econômico com o sustentável, o desenvolvimento sustentável cresceu. Logo, o setor da construção civil, que representa em torno de 40% do consumo mundial de energia, começou a exercer práticas sustentáveis [15]. Tornouse cada vez mais presente nas obras construir com responsabilidade ambiental, utilizando novas tecnologias, com foco em eficiência energética, aproveitando os recursos naturais e sem agredir o meio ambiente [9]. A construção civil evolui cada vez mais pensando nos segmentos sustentáveis e na preservação do meio ambiente [2].

No entanto, em contrapartida ao progresso, o avanço populacional, o crescimento econômico, a urbanização acelerada e as diversas mudanças de hábitos de consumo colaboram para um nível elevado de geração de resíduos [5]. Supõe-se que ao longo do período até o ano de 2050 serão alcançados globalmente quatro bilhões de toneladas de resíduos. Portanto, em razão do acesso restrito aos recursos naturais ocasionado pela utilização excessiva e pela concorrência inerente ao mercado da construção civil, destacou-se ser essencial a aplicação de práticas sustentáveis no setor da construção civil [26].

Em busca de minimizar os impactos ambientais e incentivar a prática de construção sustentável, atualmente, existem certificações de sustentabilidade, por exemplo, AQUA, BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), EDGE (Excelência em Design para Maior Eficiência) e LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que tem como foco realizar avaliações das edificações, visando a mudança no setor de construção civil, por meio de critérios relacionados ao consumo de água/energia, reciclagem, material prima, fontes renováveis e dentre outros.

O estudo do processo de implantação das certificações ambientais em obras do setor da construção civil torna-se importante a fim de avaliar as dificuldades enfrentadas ao longo do processo e dos resultados/benefícios atingidos. No contexto da aplicação de práticas sustentáveis, diversos artigos e trabalhos fomentam sobre a certificação LEED. Melo et al. [18] realizou uma revisão da literatura para relacionar o Lean Construction (LC) e a Certificação LEED e, estabeleceu uma conexão entre os princípios com as categorias da certificação, salientando a melhoria contínua nos processos como passo essencial, uma vez que a certificação visa a melhoria da qualidade de vida do usuário. Oliveira et al. [19] analisou a Certificação LEED no mercado

brasileiro, ele concluiu que o mercado se concentra principalmente em projetos de alto padrão, destacando que a sociedade brasileira não compreendeu a importância real da sustentabilidade, que além do âmbito ambiental, abrange também aspectos técnicos e econômicos.

Contudo, Fonseca et al. [8] conduziu um estudo de caso sobre a implementação do LEED em um edifício de baixo padrão no Sudeste do Brasil, ele analisa que haverá um ponto de equilíbrio atingido em 43 meses, demonstrando que a certificação se torna uma possibilidade viável a médio prazo, viabilizando uma economia mensal, de aproximadamente de 7.782,15 reais. No entanto, o estudo também indicou dificuldades relevantes no que tange empreendimento de padrão popular.

Além disso, Rech et al. [24] apresentou em um estudo a importância da Certificação LEED nas construções brasileiras. Ele argumentou que os empreendimentos sustentáveis consomem menos recursos naturais, como água e energia. Além do mais, enfatizou sobre a importância de conscientizar toda sociedade e inclusive o setor da construção civil para reavaliar as metodologias de construção em favor da sustentabilidade. Mariano [16] analisou e comparou as funções e os critérios dos dois sistemas de certificação ambiental HQE-AQUA e LEED. A partir dos resultados, o autor concluiu que os sistemas de certificação ambiental são viáveis e que mostram semelhanças entre si, no que concerne à responsabilidade ambiental, mesmo com o uso de metodologias de certificações diferentes. Também se observa que ambas possuem suas singularidades que as tornam adequadas para determinados tipos de empreendimentos conforme seus objetivos.

Vosoughkhosravi et al. [30] investigou o consumo de energia e o conforto dos ocupantes de um edifício universitário residencial com certificação LEED em comparação com edifícios não certificados LEED em um campus universitário. Oito edifícios residenciais, incluindo um edifício com certificação LEED (classificado como prata) e sete edifícios não certificados pelo LEED, foram selecionados como um estudo de caso. Vários métodos de coleta de dados foram utilizados para coletar dados referentes às características físicas do edifício, dados meteorológicos, consumo mensal de energia elétrica, gás natural e água, informações de ocupação e nível de conforto e satisfação dos ocupantes. Os resultados mostraram que o edifício com certificação LEED estudado apresentou maiores taxas de consumo de energia, mas também uma maior classificação de satisfação para o conforto geral em comparação com os edifícios não certificados LEED. Conclui-se que o maior consumo de energia do edifício com certificação LEED deve-se à sua baixa pontuação na categoria de energia e atmosfera, enquanto seu melhor desempenho na satisfação geral de conforto deve-se à sua pontuação aceitável na categoria de qualidade ambiental interna na pontuação LEED.

Cornelli [3] realizou uma análise das tecnologias empregadas em um empreendimento comercial na cidade de Canoas/RS que obteve classificação Platina no processo de certificação LEED. O autor concluiu que na categoria terrenos sustentáveis, o empreendimento apresentou inúmeras possibilidades de transportes, por meio instalação de bicicletários, localização próxima à pontos de ônibus e boa conexão urbana. Houve uma redução de 36,54% do consumo de água e de 483.982,39 kWh/ano na energia. Além disso, o empreendimento seguiu o uso do PGR (Plano de Gerenciamento de Resíduos), que gerou um desvio de 1200 m<sup>3</sup> de resíduos. Em resumo, o autor afirmou que o empreendimento analisado apresentou diversas vantagens acerca dos critérios da sustentabilidade e, completa que o planejamento e comunicação no projeto é fundamental para tornar uma edificação mais sustentável.

Neste contexto, o presente trabalho propõe demonstrar os impactos econômicos e ambientais do processo de Certificação LEED na construção civil, com intuito de destacar as vantagens de sua implementação durante a construção de uma unidade de ensino profissionalizante em Serra,

no Espírito Santo. Além do mais, visa analisar as mudanças nos projetos, no planejamento e na organização da obra, bem como o planejamento da implementação da certificação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo do ciclo de vida de uma obra é possível notar diversos impactos ambientais recorrente em empreendimento de pequeno ou grande porte, como - acúmulo de resíduos, o alto consumo de energia, de água e a utilização de materiais e produtos nocivos ao meio ambiente. Sendo assim, observa-se a necessidade de construir de forma sustentável, diminuindo o retrabalho, os impactos ambientais, os desperdícios, priorizando a redução do consumo de água e de energia, a reciclagem e o reuso [17]. Entretanto, existem diversas condicionantes que variam de obra para obra, como localização, clima, tipos de materiais disponíveis, qualidade de mão de obra etc. Logo, a melhor forma de construir de forma sustentável é planejar todas as etapas da construção buscando a redução dos impactos ambientais dentro do orçamento permitido [14].

Com o crescimento das questões ambientais foram criados critérios e guias para melhor desempenho ambiental na construção civil, além de processos e sistemas de avaliação. Em 1990, com o intuito de avaliar o desempenho ambiental em edifícios, foi criado o BREEAM. Entretanto, a maior evolução aconteceu quando foi reconhecido que a classificação de desempenho, aliada a um sistema de certificação, poderia criar mecanismos mais eficientes e possibilidades de melhorias futuras. E assim, criou-se um padrão de práticas utilizadas para identificar construções sustentáveis, estruturando-se de guias com critérios para a construção sustentável, procedimentos de análise e reconhecimento desses critérios, peritos para o auxílio no desenvolvimento seguido de auditoria, e por fim, o processo de certificação [23].

### 2.1 Certificação LEED

O sistema de certificação LEED foi criado pelo USGBC (U.S Green Building Council), um instituto que tem como objetivo criar empreendimento sustentáveis e lucrativos, onde a sociedade possa viver de forma saudável, com melhor qualidade de vida e maior conforto para o trabalho [20]. Em 2007, foi formado o GBC (Green Building Council) Brasil, órgão não governamental e ligado ao USGBC, com o objetivo de ajudar no desenvolvimento da indústria sustentável da construção civil [25]. Trata-se de um programa de adesão voluntária, que visa avaliar o desempenho ambiental das edificações, por meio de análise do ciclo de vida e pode ser utilizado em qualquer empreendimento. Um edifício certificado com o selo, confirma que atende aos critérios de desempenho ambiental, como a redução do uso de energia e água, redução de emissão de CO<sub>2</sub>, qualidade interior dos ambientes, uso e aproveitamento dos recursos naturais e redução dos impactos ambientais [13].

A certificação LEED opera em 4 tipologias (Figura 1), que consideram as necessidades para cada empreendimento e possui 4 níveis diferentes, separados por pontuação, que é obtida por meio de avaliação dos critérios de desempenho estabelecidos [28]. Quanto maior a pontuação, maior o grau de proteção ambiental do edifício. Sendo eles: Certificação Básica (40 a 49 pontos), Prata (50 a 59 pontos), Ouro (60 a 79 pontos) e Platina (80+ pontos).

São analisadas 8 áreas, e dentro de cada uma delas existem os pré-requisitos e os créditos (Figura 2). Os pré-requisitos são ações obrigatórias que devem ser cumpridas, e uma vez que não cumpridas, impossibilita a certificação. Os créditos são ações que o LEED sugere, e se adotadas, recebem uma pontuação.

No total são 8 áreas de avaliação para implantação na certificação LEED (ver Figura 2), sendo que cada uma delas visa atender um pouco específico acerca das questões sociais, econô-





Figura 1: Níveis de pontuação para certificação LEED



Figura 2: Áreas de análise para pontuação da Certificação

micas e ambientais. O processo de certificação é complexo e necessita, por exemplo, da simulação energética, controle de obras, controle de gestão de poluição e de resíduos durante a construção da obra.

O certificado pode ser aplicado em diferentes tipos de construção. Sendo que para cada um dos diferentes tipos de projeto, existem diferentes critérios. Conforme apresentado na Figura 3, os critérios são:

- BD+C (Building Design + Construction) - Novas Construções e Grandes Reformas;
- ID+C (Interior Design + Construction) - Escritórios Comerciais e Lojas de Varejo;
- O+M (Operation e Maintenance) - Empreendimentos Existentes; e
- ND (Neighborhood) - Bairros.



Figura 3: Tipologias de empreendimentos

A cerca de promover a parceria e crescimento técnico entre os diferentes países foi desenvolvido o LEED International Roundtable. Ao invés de criar inúmeras versões regionais deste sistema, o mercado faz uso global da mesma sistematização. O LEED é um sistema único e aplicável globalmente, sem alterações a cada país, ou seja, não há um LEED para o Brasil e

outro para China por funcionar de forma integrada, sendo o mesmo sistema normalizado em qualquer lugar [6].

## 2.2 Certificação LEED no Brasil

A cada dia, cresce mais o interesse por ações e tecnologias que visam a construções que respeitam e diminuem as consequências para o meio ambiente. De acordo com o Green Building Council Brasil [12], o Brasil ficou em 4º lugar no ranking global com mais de 530 projetos certificados pelo LEED (isto é, mais de 16,74 milhões m<sup>2</sup> de espaço), com destaque para o estado do Espírito Santo, a sede da empresa Lorenge S.A., construtora localizada na Praia da Suá/Vitória que recebeu certificação LEED Gold, no ano de 2013. Posteriormente, a Súmula da 5ª reunião de diretoria Ordinária pauta que no ano de 2017 o empreendimento foi adquirido pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo (CREA-ES). Faria [7] afirma que em 2022, atrelado ao constante crescimento ao longo dos anos do movimento de Green Building, o Brasil alcançou uma taxa de 11% de LEED Platinum (o mais alto nível da certificação), ficando atrás apenas da Índia (27%). Todavia, mesmo com crescimento, ainda existe uma carência de estudos que evidenciam as vantagens desse tema e suas consequências no decorrer da execução de uma obra.

O processo de obtenção do certificado LEED é feito online, por etapas definidas na plataforma do GBCI (Green Building Council Institute). Primeiramente, deve ser fornecido os dados do empreendimento e preenchida uma declaração de intenção. Uma vez que o registro é aceito, fica disponível em LEED online, onde será feita uma análise de viabilidade da construção sustentável.

Assim que a candidatura é efetivada, todos os materiais e documentos referentes aos pré-requisitos e créditos de cada etapa da obra, devem ser adicionados em uma plataforma para uma análise preliminar da certificação. Assim, quando todos os documentos corrigidos e atualizados, ao término da obra, estiverem lançados na plataforma, é realizada a revisão final. Após a revisão final é dado o certificado ou não. Os custos para implantação da certificação LEED variam de tipologias de projetos, a metragem da área e o modelo de avaliação escolhido, tais informações podem ser obtidos no USGBS.

## 3 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

A natureza da pesquisa consiste de forma descritiva sobre os impactos do processo de obtenção da certificação LEED no âmbito da construção civil. Gil [11] afirma que o objetivo fundamental de uma pesquisa descritiva é a caracterização de populações ou fenômenos. Além disso, o presente estudo também pode ser definido de caráter exploratório, e Gil [11] completa que o intuito deste tipo de pesquisa é possibilitar maior entendimento das questões do tema com a finalidade de torná-lo mais claro.

A abordagem de pesquisa adotada é de modo qualitativo, ou seja, não busca enumerar ou medir eventos, mas sim obter dados descritivos que expressam os sentidos dos fenômenos. De acordo com Gerhart e Silveira [10] não tem como finalidade a representação numérica, mas busca se aprofundar do entendimento de um determinado grupo.

Quanto aos procedimentos técnicos consiste em levantamento bibliográficos para desenvolver problematização com o intuito de aumentar a familiaridade do pesquisador. Além disso, utilizou-se o método do estudo de caso, que atualmente é classificado como método de investigação mais apropriado de um fenômeno contemporâneo inserido no contexto real, de modo que os limites entre este não são notoriamente definidos [11].

### 3.1 Campo de Pesquisa

O estudo é desenvolvido durante a fase final de construção de um empreendimento educacional, compreendendo ambientes pedagógicos entre salas de aula, laboratórios e uma área administrativa. O Instituto de educação construído no ano 2019, localizado em Serra, Espírito Santo, com área de 3.664,76 m<sup>2</sup> tinha como objetivo obter o selo de sustentabilidade.

### 3.2 Instrumentos de Coleta de Dados

O presente estudo foi realizado por meio das coletas de informações dos processos atuais, análise qualitativa dos impactos com base nos conceitos e, observação das modificações no canteiro de obra, bem como os dados obtidos em consulta de arquivos e análise de documentos da organização e conversas informais com os colaboradores envolvidos diretamente no processo. Portanto, a pesquisa é estruturada com base em dois aspectos principais: o processo de obtenção da certificação LEED e análise de viabilidade financeira visando avaliar se os investimentos e alterações do canteiro de obra com base na certificação LEED são justificáveis.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo para certificar a edificação estudada começou pelos pré-requisitos determinados no sistema LEED, concernindo com a (i) elaboração dos planos de controle de erosão e sedimentação (PCES), (ii) Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) e (iii) Qualidade do Ar Interno (PQAI). Uma vez que a obra já havia sido iniciada, houve a atualização de todos os planos com os registros das atividades ocorridas, bem como a estruturação de um planejamento das próximas etapas (Figuras 4 e 5). Ao término dos procedimentos inicialmente requeridos, um controle de canteiro foi implementado para garantir a conformidade com todos os aspectos abordados nos programas.

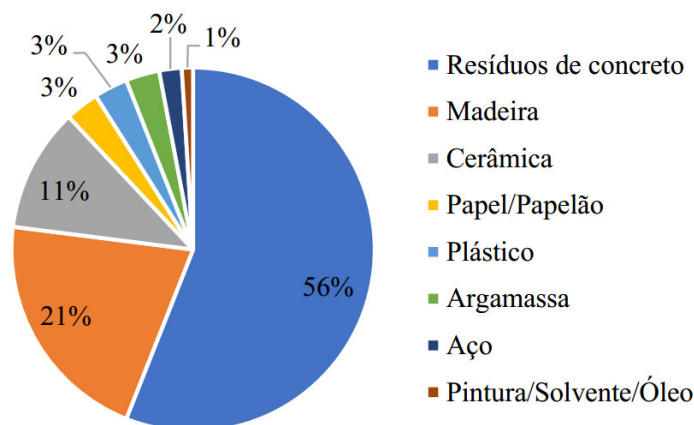


Figura 4: Estimativas iniciais de resíduos no PGRCC

Com a atualização houve uma diminuição significativa dos resíduos de concreto no canteiro de obra, de 56% reduziu para 14%. No entanto, houve também um aumento de 20% no total dos resíduos de madeira, papel/papelão, plástico e aço. Contudo, a troca do sistema construtivo contribuiu para redução de 43% no volume de resíduos gerados no geral.



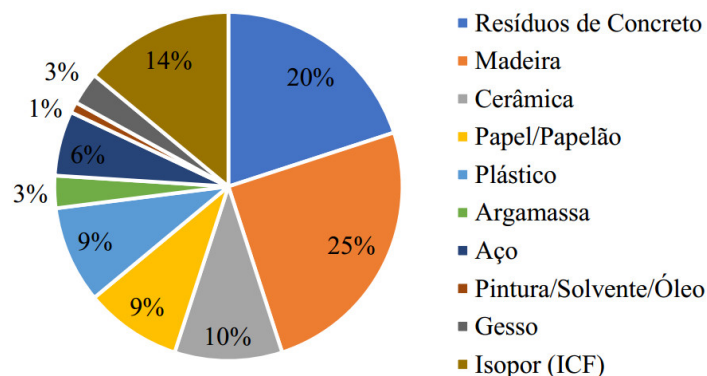


Figura 5: Estimativas de resíduos no PGRCC com atualização do sistema construtivo

#### 4.1 Alterações do Canteiro

Com o objetivo de cumprir com os pré-requisitos para acumular pontos e alcançar um nível de certificação mais elevado, foi necessário fazer algumas alterações no canteiro de obras. É importante salientar que algumas das exigências já estavam sendo seguidas, como a proteção dos limites do canteiro para contenção de resíduos provenientes das atividades (Figura 6), a destinação de uma área para lavagem e operação da betoneira (Figura 7), e a outra para corte de madeira (Figura 8). Essas ações correspondem, respectivamente, aos créditos de armazenamento e coleta de recicláveis, otimização do uso de água do processo e redução da poluição proveniente das atividades de construção.



Figura 6: Proteção de todo limite do canteiro com tapume metálico



Figura 7: Área de operação e lavagem de betoneira isolada

A seguir são apresentadas algumas das mudanças no canteiro de obra que foram necessárias para preencher alguns requisitos da certificação LEED. As mudanças referem-se:

- a estabilização dos acessos ao terreno (Figuras 9 e 10);
- separação de resíduos por tipologia – o que auxilia na coleta e possíveis reciclagens dos materiais utilizados ao longo da construção (Figura 11);
- a fixação de placas de orientação de segurança no trabalho, visando orientar os colaboradores acerca de medidas que buscam garantir segurança e bem-estar, por exemplo,



Figura 8: Área de corte de madeiras isolada



Figura 9: Acesso à obra estabilizado com brita

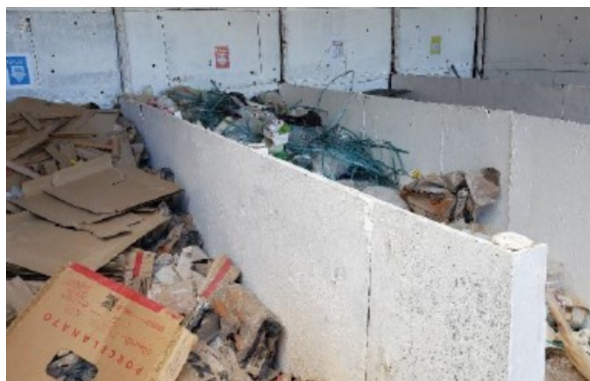


Figura 10: Baías de separação de resíduos por tipologia

instalação de placas para manter o ambiente limpo e organizado e placas de alertar aos locais que são proibidos de fumar (Figura 12);



Figura 11: Via interna da obra estabilizada com brita e entulho



Figura 12: Placas para orientação de trabalhadores

- a designação de área para lavagem de rodas dos veículos que saem do canteiro (Figura 13);
- a proteção contra entrada de resíduo ao redor das bocas de lobo (Figura 14) – que evitam enchentes em período de fortes chuvas e intoxicações nas redondezas, além que auxiliam também com a qualidade de vida da vizinhança;





Figura 13: Lavagem das rodas de veículos que saem da obra



Figura 14: Caixa-ralo com manta geotêxtil para evitar entrada de resíduos

- a proteção de materiais absorvíveis, dutos e tubulações (Figura 15);
- a construção de baias para areia e brita (Figura 16) – o que direciona para um canteiro de obra organizado e prático durante a construção;

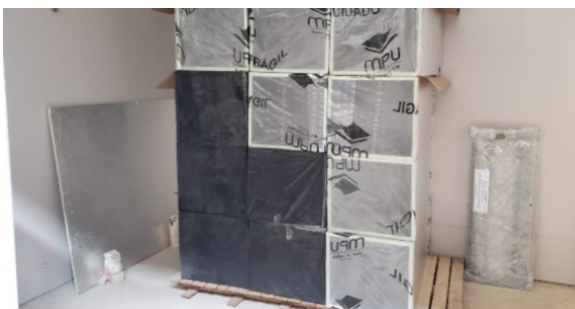


Figura 15: Proteção de dutos de ar condicionado



Figura 16: Baias de areia e brita

- o isolamento de ambientes com realização de atividades (Figura 17) – importante medida para alertar os colaboradores durante a execução de certas atividades, visando minimizar acidentes; e
- e, por fim, a proteção das espécies existentes antes do início da construção (Figura 18).



Figura 17: Isolamento de ambiente com execução de atividade

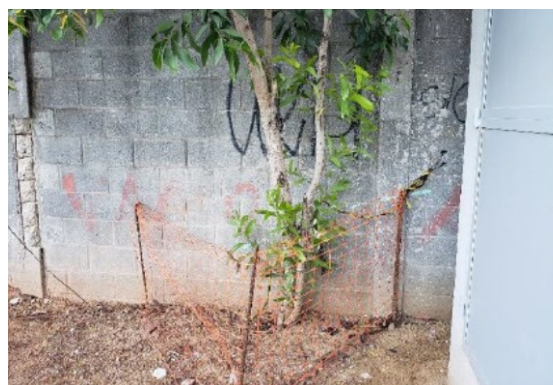


Figura 18: Proteção de espécie existente no terreno

Outras modificações efetuadas estão dispostas pela delimitação de uma área permitida para fumo, o aumento da frequência de limpeza interna, a implementação de lonas sobre as pilhas de solo com o intuito de mitigar perdas por condições adversas.

#### 4.1.1 Resíduos de obra

No planejamento de pontuação da certificação foi estabelecido uma meta de pelo menos 75% de desvio de aterro, então os resíduos seriam destinados para reuso, reaproveitamento ou reciclagem. Como o processo LEED iniciou com o decorrer da obra, a meta de 95% (necessária para ganhar mais pontos) já não era viável pois não existia comprovação de destino (Figura 19).

Pontuação LEED		Porcentagem Desviada do Aterro		
50% de desvio do aterro	1 ponto	80,22%		
75% de desvio do aterro	2 pontos			
95% de desvio do aterro	3 pontos			
Material	Quantidade (m <sup>3</sup> )			
	Reciclagem	Reuso	Aterro	
Papel/Papelão	5,00	0,00	5,00	
Gesso Acartonado	5,00	0,00	0,00	
Resíduos misturados	0,00	0,00	0,00	
Caliça	50,00	50,00	5,00	
Metal Geral	12,00	0,00	0,00	
Madeira	35,00	0,00	25,99	
Vidro	0,00	0,00	0,00	
Plástico Geral	15,00	0,00	0,00	
Concreto	0,00	0,00	0,00	
ICF	15,50	3,50	0,00	

Figura 19: Planilha de controle de Resíduos

##### 4.1.1.1 Resíduos de obra

Papel e papelão, plástico, madeira e gesso: Uma empresa especializada em serviços de recolhimento de resíduos foi contratada para garantir a destinação correta dos resíduos provenientes de papel, plástico, madeira e gesso. Além disso, a empresa cumpri com a emissão do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) e com o Certificado de Destinação Final (CDF) de todo o quantitativo retirado, dessa forma compromete-se com mais um dos requisitos para alcançar a certificação.

##### 4.1.1.2 EPS e entulho geral

No início da obra, os entulhos eram encaminhados para aterros. No entanto, no decorrer da obra houve alterações importantes, e os resíduos passaram a ser reutilizados em obra provendo a estabilização da via interna e nivelamento da cota do palco no auditório. Este processo foi documentado e validado através de uma declaração.

A mudança do modelo construtivo, alterando-se de alvenaria convencional para o ICF (*Insulated Concrete Forms*, isto é, fôrmas para concreto armado) método construtivo que consiste na utilização de painéis modulares com fôrmas de EPS (Poliestireno Expandido [27]). A alteração resultou na mitigação significativa dos resíduos de modo geral, porém, sucedeu no aumento do EPS. O isopor foi destinado ao reuso como material para enchimento de laje. Além disso, a empresa fabricante fornecedora realizou o recolhimento e o reaproveitamento do material. Este processo foi evidenciado e documentado conforme laudo conclusivo nas Figuras 20 e 21.



Figura 20: Reuso de resíduos de ICF para enchimento de laje

<b>LAUDO TÉCNICO – EPS TRITURADO TIPO AV40</b>		FOR. Nº: 56 FOLHA: 1/1 REVISÃO: 00 DATA: 15/08/2019
Emissor:		
Responsável técnico da produção:		
Solicitante:		
Endereço:		
PARECER:		
<p>Atestamos que o material acima descrito foi produzido nas instalações da Thermopor Indústria e Comércio de Poliestireno Expansível Ltda, inscrita no CNPJ nº: 09.060.193/0001-40, localizada na rua Pascoinha Cel. s/nº, Bairro Juuú, no município de Viana/ES, e as sobras de construção foram retiradas no sítio citado para trituração e reciclagem na quantidade total de 7,5m³ conforme fotos abaixo.</p>		
<p>Itens do processo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sobras enviadas em sacos;</li> <li>2) Material pronto para trituração;</li> <li>3) Triturador;</li> <li>4) Material sendo triturado;</li> <li>5) Material armazenado em silos após trituração;</li> <li>6) Material ensacado pronto para venda.</li> </ol>		

Figura 21: Laudo de reaproveitamento de resíduos de ICF

## 4.2 Alterações de projeto

Para atender os pré-requisitos e conseguir mais pontos na Certificação, todos os projetos arquitetônicos, hidrossanitários, elétricos e de climatização foram revisados. Como a construção já tinha sido iniciada, não foi possível revisar o projeto estrutural.

Após análise, foi constatado que as pranchas de climatização e de elétrica não satisfaziam as exigências LEED, sendo necessárias mudanças significativas para o cumprimento dos requisitos. Também foi visto que o prédio não possuía nenhuma fonte de energia renovável, não satisfazendo as condições da certificação, então foi feito um estudo e, posteriormente, um projeto fotovoltaico.

### 4.2.1 Projeto de climatização

Após análise do projeto inicial de climatização foi observado que a qualidade do ar interno não atendia as especificações do plano de obra e que o sistema de ar-condicionado especificado (Split convencional), resultava num consumo energético elevado.

Como solução, foi projetado um sistema de renovação de ar (Figura 22) para melhorar a qualidade do ar, e foram previstos sensores de Monóxido de Carbono (CO) para automatizar o funcionamento desse sistema e diminuir o consumo energético. Também foi alterado o sistema de ar-condicionado (Figura 23) para VRF (*Split cassette*), que ajuda a reduzir o gasto elétrico.

### 4.2.2 Projeto elétrico

No projeto elétrico, foram necessárias algumas mudanças nos quadros elétricos para atender os requisitos mínimos descritos pela norma ASHRAE 90.1 [1]. Porém, as mudanças mais sig-





Figura 22: Condensadoras do sistema de ar-condicionado



Figura 23: Tubulação de renovação de ar protegida contra entrada de resíduos

nificativas foram em relação à iluminação. Com a finalidade de otimizar e diminuir o consumo de energia, foram especificadas luminárias dimerizáveis (Figura 24), que ajustam a intensidade da luz de acordo com a luminosidade existente no ambiente, para isso foram incluídos sensores de luminosidade. Também foram incluídos sensores de presença com a finalidade de acionar as luzes somente em ambientes que estejam ocupados.



Figura 24: Luminárias dimerizáveis

#### 4.2.3 Projeto fotovoltaico

O dimensionamento do projeto fotovoltaico foi feito utilizando o espaço da cobertura que teria maior incidência solar e, resultou na implementação de 99 módulos (Figura 25). O projeto foi dimensionado para gerar 33% do consumo anual simulado do empreendimento e foi desenvolvido através do software PVSyst, que consiste em realizar simulações termo energéticas para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Os módulos utilizados no projeto são da marca CanadianSolar, modelo Maxpower CS6U-330P e possuem eficiência de 16,97%.

#### 4.3 Custos

A partir de todas as mudanças de projetos foi realizado o cálculo de aditivo de contrato com a construtora o que ocasionou em acréscimo de aproximadamente 20% no valor do contrato



Figura 25: Instalação de módulos fotovoltaicos

de itens novos, e decréscimo de aproximadamente 23% de itens obsoletos em planilha. Como necessitava de processo licitatório, a implantação do sistema fotovoltaico foi contabilizada separadamente, tendo um custo de aproximadamente 2% do valor da obra.

#### 4.4 Discussão

A ação fundamental no processo de certificação LEED foi ajustar o cronograma para executar as alterações de projetos, e a reorganização do canteiro e a implementação dos planos de obra. Além disso, a redução de exposição dos colaboradores a riscos exponenciais, por meio da segregação das áreas de cada atividade. Portanto, somente o colaborador designado para o serviço era exposto aos riscos da atividade em questão, bem como a vizinhança, uma vez que houve a diminuição da poluição nas proximidades da obra.

O retorno econômico do investimento em sua implementação acontece gradualmente durante a operação do prédio por meio da alta economia de energia elétrica, pois as alterações no projeto de ar condicionado adotando o sistema VRF (que varia de acordo com a necessidade do ambiente), de iluminação na troca das luminárias para tecnologia LED e sistema DALI (dimerização da intensidade de acordo com a luz ambiente) e implantação dos módulos fotovoltaicos contribuem para um prédio que necessita de um consumo muito menor, comparado com o empreendimento previamente idealizado, já que tem um sistema de climatização mais automatizado, iluminação que funciona somente quando necessário e, ainda produz parte da eletricidade requerida com uma fonte de energia limpa.

Além disso, a obra contribui para minimização da poluição gerada, pois a troca do sistema de alvenaria reduz significativamente a quantidade de resíduos. As ações de contenção de poeira, descarte correto dos detritos, reuso em canteiro, reciclagem em empresas especializadas e reaproveitamento de resíduos vendidos também contribuem muito na mitigação dos impactos no meio ambiente.

Outra vantagem deste empreendimento está no campo da inovação, pois até no ano de 2019, no estado do Espírito Santo existia apenas um prédio com a certificação LEED. Servindo também como uma forma de divulgar e aumentar a visibilidade da mesma no âmbito regional e encorajar novos projetos a seguirem esses exemplos de construção sustentável

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo mostrar os impactos causados em um canteiro de obras para a implantação da certificação LEED de um edifício educacional. Para isto, foi realizado um estudo de caso e, por meio de visitas a obra foram analisados os projetos, as atividades executadas

e as modificações dos processos no canteiro de obras. Com o objetivo de atingir os requisitos exigidos pelo órgão certificador GBC Brasil.

Durante a pesquisa, os registros para certificação e os documentos necessários haviam sido enviados e as taxas necessárias pagas. A expectativa era de que se alcançasse o nível ouro, esperando somente a análise por meio da GBC Brasil. São claros e reais os benefícios que o processo de certificação causa na organização de canteiro, custos de operação do projeto, e na esfera sustentável, além de tornar o ambiente do empreendimento mais confortável, fazendo-se necessárias normas e procedimentos que incentivem a adoção dessas medidas em quaisquer tipos de edificações para uma melhora na qualidade de vida da população em geral e menor impacto ambiental.

Apesar de existirem diversos artigos e trabalhos relacionados a certificação LEED, nota-se a carência de estudos de casos que demonstrem as atividades e as mudanças que ocorrem de fato durante todo o processo de execução da obra. Em pesquisas futuras, um levantamento quantitativo dos índices e impactos acerca da implementação da certificação LEED faz necessário, visando comparar o empreendimento antes e depois do selo LEED, tendo em vista que o presente estudo enfatizou uma natureza qualitativa acerca do processo

## REFERÊNCIAS

- [1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *ASHRAE 90.1 Energy standard for buildings except low-rise residential buildings*. ASHRAE, 2010.
- [2] M. A. A. Araújo. *A moderna construção sustentável*. IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, 2008.
- [3] N. C. Cornelli. *Sustentabilidade e as certificações ambientais na construção civil: estudo de caso da certificação LEED em edifício comercial na cidade de Canoas/RS*. Monografia de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo – RS, Brasil, 2022.
- [4] L. R. Corrêa. *Sustentabilidade na construção civil*. Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, Brasil, 2009.
- [5] D. Cudjoe e P. M. Acquah. Environmental impact analysis of municipal solid waste incineration in african countries. *Chemosphere*, 265:129186, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129186>.
- [6] F. Faria. Uma marca histórica. In *Revista GBC Brasil*, p. 6. São Paulo – SP, Brasil, 2014.
- [7] F. Faria. *Movimento de Green Buildings em 2022*. Green Building Council Brasil. Disponível em <<https://www.gbcbrazil.org.br/movimento-de-green-buildings-em-2022/>>. Acessado em outubro de 2023.
- [8] A. O. Fonseca, J. G. F. Gagliardi, V. B. Teixeira e C. L. de Moura. Implementação e eficácia da certificação leed em empreendimentos de baixo padrão. *Repositório Universitário da Ânima (RUNA)*, p. 1–29, 2022.
- [9] A. M. G. D. Ganhão. *Construção sustentável — propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação*. Dissertação de mestrado em engenharia civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.
- [10] T. E. Gerhardt e D. T. Silveira. *Métodos de pesquisa*. Plageder, 1ª edição, 2009.
- [11] A. C. Gil. *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas, 4ª edição, 2002.
- [12] Green Building Council Brasil. *Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas pela ferramenta internacional LEED*. Disponível em <<https://www.gbcbrazil.org.br/brasil-ocupa-o-4o-lugar-no-ranking-mundial-de->

- [construcoes-sustentaveis-certificadas-pela-ferramenta-internacional-leed/](#)>. Acessado em outubro de 2023.
- [13] P. R. M. Grünberg, M. H. F. D. Medeiros e S. F. Tavares. Certificação ambiental de habitações: comparação entre leed for homes, processo aqua e selo casa azul. *Ambiente & Sociedade*, 17(2):195–214, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200013>.
- [14] M. V. John e R. T. A. Prado. *SELO CASA AZUL – Boas práticas para habitação mais sustentável*. Páginas & Letras-Editora e Gráfica, 2010.
- [15] V. F. Leite. *Certificação ambiental na construção civil-Sistemas LEED e AQUA*. Monografia de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, Brasil, 2011.
- [16] V. F. Leite. *Análise comparativa entre as certificações HQE-AQUA e LEED na construção civil*. Monografia de Conclusão de Curso de Graduação em Economia Ecológica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, Brasil, 2022.
- [17] R. Mateus. *Avaliação da sustentabilidade na construção: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis*. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2009.
- [18] L. N. Melo, A. Kalbusch, L. R. Leite e C. R. Pereira. A relação entre o lean construction e a certificação leed: uma revisão sistemática de literatura. *Impact Projects*, 2(1):13–26, 2023.
- [19] M. L. Oliveira, J. E. Ruppenthal e L. G. L. Vergara. Indústria da construção sustentável: uma análise da certificação leed no mercado brasileiro. *Brazilian Journal of Development*, 6(5):24942–24950, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-083>.
- [20] A. F. Pardini. *Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED e do conceito de custos no ciclo de vida em empreendimentos mais sustentáveis no Brasil*. Dissertação de mestrado em arquitetura e construção, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, Brasil, 2009.
- [21] P. I. Pereira. *Construção sustentável: o desafio*. Monografia de conclusão do curso de especialização em engenharia civil, Universidade de Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2009.
- [22] H. C. D. Pimenta e R. P. Gouvinhas. *Ferramentas da gestão Ambiental competitividade e sustentabilidade*. CEFET/RN, 2008.
- [23] M. D. Pinheiro. *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, 2006.
- [24] A. S. Rech, J. Debrassi, L. H. Lira, O. Thomaz e M. A. de Souza. Certificação leed e sua importância nas construções brasileiras. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 7(2):300–312, 2018. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018300-312>.
- [25] M. C. Rodrigues, G. Duarte, M. Souza e P. Vieira. Aplicação da ferramenta de certificação leed para avaliação de edifícios sustentáveis no brasil. In *Anais do Congresso Latinoamericano da Construção Metálica*, p. 1–13. Construmental, 2010.
- [26] R. A. L. Roque e A. C. Pierri. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. *Research, society and development*, 8(2):e3482703, 2019. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i2.703>.
- [27] T. C. C. Santos. *Sistema construtivo insulated concrete forms (ICF): estudo de caso viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade na construção civil*. Monografia de conclusão do curso de engenharia ambiental, Faculdade Doctum, Juiz de Fora – MG, Brasil, 2020.
- [28] J. V. Silva Junior. *Edificações com certificação LEED: análise qualitativa do impacto financeiro gerado para obtenção da certificação em edificações de classe média*. Mono-

grafia de conclusão do curso de especialização em construção civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brasil, 2014.

- [29] F. P. Torgal e S. Jalali. Construção sustentável. o caso dos materiais de construção. In *Anais do Congresso Construção 2007*, p. 1–10. Coimbra, Portugal, 2007.
- [30] S. Vosoughkhosravi, L. Dixon-Grasso e A. Jafari. The impact of leed certification on energy performance and occupant satisfaction: A case study of residential college buildings. *Journal of Building Engineering*, 59:105097, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105097>.