

## Avaliação de edifício escolar pela certificação LEED BD+C versão 4.1

### *School building assessment by LEED BD+C certification version 4.1*

**Hamilton Gusmão Júnior, Engenheiro de Produção Civil, CEFET-MG.**

hamiltongjunior@gmail.com

**Júlia Cordeiro Vieira, Eng. e Mestranda em Eng. Civil, CEFET-MG.**

juliacordeiroengcivil@gmail.com

**Raquel Diniz Oliveira, Professora Doutora, CEFET-MG.**

raqueldo@gmail.com

**Fernanda Mourão Dutra de Oliveira, Mestre, CEFET-MG.**

fmouraodutra@gmail.com

### **Resumo**

A construção civil gera impactos significativos no meio ambiente e na sociedade. Visando contornar estes efeitos, a certificação ambiental LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é reconhecida como aquela com maior número de “edifícios verdes” acreditados no Brasil. Neste trabalho, avaliou-se o impacto ambiental causado por uma edificação escolar pública, ainda em fase de projeto, segundo o referencial LEED BD+C (*Building and Design Construction*): *Schools* v4.1. Em seguida, propôs-se intervenções tecnicamente possíveis de serem executadas ao empreendimento, visando a obtenção do nível Certificado com o menor impacto ao conceito original do projeto. Portanto, o estudo apresenta contribuição prática, ao servir de orientação à continuidade da elaboração do projeto, além de servir de base para estudos análogos.

**Palavras-chave:** Certificação ambiental; Edifício escolar; LEED

### **Abstract**

*Civil construction generates significant impacts on the environment and society. In order to overcome these effects, the LEED environmental certification is recognized as the one with the highest number of “green buildings” accredited in Brazil. This work presents the environmental impact caused by a public-school building, still in the design phase, according to the LEED BD+C (Building and Design Construction): Schools v4.1. Afterwards, feasible interventions were proposed to the project aiming for the building to reach the Certified level, with the least impact on the original concept. Therefore, this study presents a practical contribution by serving as a guide for the continuity of the project’s development, in addition to serving as a basis for similar studies.*

**Keywords:** *Environmental certification; School Building; LEED*

## 1. Introdução

A eficiência energética em edificações representa grande potencial de economia de eletricidade no mundo e mitigação de emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, as edificações consomem cerca de 52% do total de eletricidade, sendo 9% referente ao setor público (BRASIL, 2020; EPE, 2020). Desse modo, o diagnóstico energético de um edifício torna-se importante para identificar pontos a serem melhorados, tais como a substituição de equipamentos ineficientes. A mudança de hábito e a conscientização também são passos importantes para reduzir o uso elétrico em edificações (MME; GIZ; PROCOPRE, 2019).

A utilização acertada de variáveis climáticas, como radiação, vento e umidade, pode propiciar o aproveitamento dos recursos naturais locais, bem como reduzir a necessidade de sistemas artificiais para iluminação e/ou climatização de ambientes. Neste contexto, os programas de certificação edilícia atuam na promoção da eficiência de equipamentos, tecnologias construtivas e edificações (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

No Brasil, a certificação ambiental LEED tem sido aplicada a edificações desde 2007 com grande protagonismo, garantindo ao país a 5ª posição no *ranking* mundial. Esta certificação é aplicável a qualquer tipo de construção e em qualquer fase de desenvolvimento da edificação. Os edifícios são classificados em quatro níveis de certificação: Certificado (menos eficiente), Prata, Ouro e Platina (mais eficiente) (USGBC, 2020; GBCB, 2020a).

Os edifícios têm grande influência no bem-estar, impactando diretamente nas funções cognitivas e saúde humana (GBCB, 2020b). Neste contexto, MacNaughton *et al.* (2017) avaliaram as condições de trabalhadores de edifícios certificados ou não pelo LEED. Dos participantes dos edifícios com certificação verde, 30% apresentaram menos sintomas de doenças, 26,4% obtiveram notas mais altas em testes cognitivos e 6,4% demonstraram ter tido melhor qualidade de sono que os demais participantes, mesmo considerando outras variáveis que possam interferir nos resultados, como escolaridade, renda e profissão.

Essas questões são relevantes em instituições de ensino, uma vez que as práticas em busca do desenvolvimento sustentável contribuem para formar uma sociedade mais consciente com o meio ambiente. No Brasil, vários estudos vêm sendo desenvolvidos para estimar o nível da certificação ambiental LEED de instituições de ensino e propor adequações para a melhoria da sua classificação, tais como os realizados por Bastos (2012), Martins, Becker e Campos (2014) e Silva e Freitas (2016).

Tendo em vista o destaque da certificação no Brasil e os potenciais benefícios ambientais e de conforto proporcionados a alunos e funcionários, propõem-se neste trabalho a avaliação de um edifício escolar público, ainda em fase de projeto, localizado em Belo Horizonte/MG, segundo a certificação LEED *Building Design and Construction (BD+C): Schools* v4.1 (2020). A partir disso, identificaram-se estratégias projetuais complementares, aplicáveis ao edifício, que possibilitem a obtenção do nível “Certificado”.

## 2. Revisão da Literatura

No contexto da adequação das técnicas construtivas ao modelo de desenvolvimento sustentável, surge a proposta de edificações que se integrem ao meio ambiente, visando promover qualidade de vida ao indivíduo, integrando conforto e consumo inteligente de recursos naturais às características locais. Assim, a certificação LEED surgiu com o intuito de

padronizar métricas e normas ambientais edifícias. A partir da análise de ciclo de vida do empreendimento e por meio de um projeto integrativo, o sistema estimula a adoção de estratégias para tornar as construções não só mais eficientes energeticamente, mas também de baixo impacto ambiental, visando: reverter a contribuição negativa nas mudanças climáticas globais; melhorar a saúde humana e bem-estar; proteger e promover a biodiversidade e serviços ecossistêmicos; promover ciclos de materiais sustentáveis; proteger e restaurar fontes de água; e melhorar a qualidade de vida da comunidade (USGBC, 2019; GBCB, 2020a).

A avaliação é feita por meio da análise do atendimento a pré-requisitos e créditos segundo categorias definidas, ou seja, ações indispensáveis em qualquer empreendimento e medidas complementares, focadas no desempenho e performance da edificação. São disponíveis 110 pontos distribuídos em 9 categorias (Quadro 1). Assim, os projetos, obras ou edificações em fase de operação poderão ser ranqueados em uma das qualificações, de acordo com quantidade de pontos adquiridos nas análises (Quadro 2) (USGBC, 2020).

Quadro 1: Disposição da pontuação LEED BD+C: *Schools* v4.1.

Categorias e Pontuação (créditos possíveis de serem obtidos)								
IP (1)	LT (15)	SS (12)	WE (12)	EA (31)	MR (13)	IEQ (16)	IN (6)	RP (4)
Legenda: Processo Integrativo (IP); Localização e Transporte (LT); Terrenos Sustentáveis (SS); Eficiência Hídrica (WE); Energia e Atmosfera (EA); Materiais e Recursos (MR); Qualidade do Ambiente Interno (IEQ); Inovação (IN); e Prioridade Regional (RP).								

Fonte: Adaptado de USGBC (2020).

Quadro 2: Níveis de certificação LEED.

Certificação	Certificado	Prata	Ouro	Platina
Número de Pontos	40 a 49	50 a 59	60 a 79	80 a 110

Fonte: USGBC (2019).

### 3. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, seguiu-se 3 etapas metodológicas com base no objeto de estudo: 1) caracterização; 2) classificação segundo o LEED BD+C v4.1; e 3) reclassificação considerando proposições de melhoria ao projeto.

#### 3.1. Caracterização do estudo de caso

Selecionou-se como objeto de estudo o Departamento de Engenharia Mecânica (DEM), do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), que será construído no Campus Nova Gameleira (NG), em Belo Horizonte, MG. Trata-se de uma edificação destinada a atividades educacionais e administrativas. Seu anteprojeto ainda está em fase de desenvolvimento. O prédio será composto por três pavimentos, com 2.780 m<sup>2</sup> de área construída. Seus ambientes são compostos por salas de aula, laboratórios, salas técnicas, sala dos professores, escritórios, banheiros e corredores. A fachada frontal é orientada para o Leste, a fachada posterior para o Oeste, a fachada lateral esquerda para o Sul e a fachada lateral direita para o Norte, conforme apresentado na Figura 1.

Uma vez que o projeto ainda está em fase de desenvolvimento, bem como devido à ausência de informações acerca do memorial, algumas considerações foram tomadas com o intuito de complementá-lo. Neste sentido, foram investigadas características construtivas, bem como de

sistemas de iluminação, ventilação e hidrossanitários utilizadas em projetos previamente executados pela instituição. Portanto, o projeto utilizado como referência para coleta de dados foi o Prédio 20 do Campus NG, edificação mais recente do CEFET-MG, concluída em 2017 (Figura 2) e próxima do local previsto para a construção do novo prédio em estudo (Figura 1d).

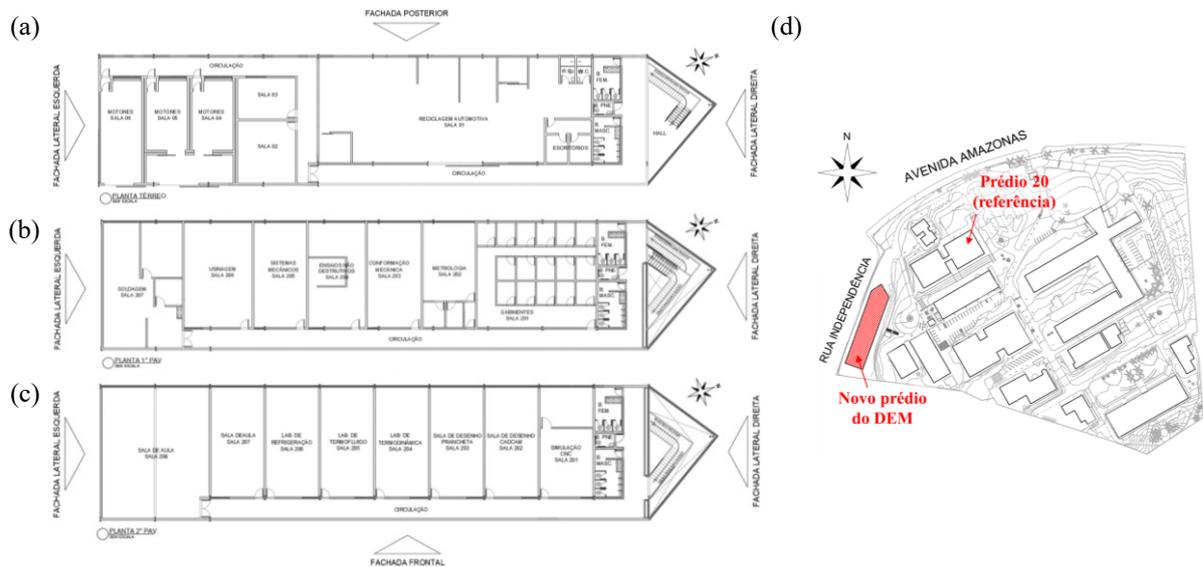


Figura 1: Plantas do prédio a ser construído no Campus NG: (a) pavimento térreo, (b) 1º pavimento; (c) 2º pavimento; e (d) implantação. Fonte: Adaptado de Divisão de Projetos do CEFET-MG.

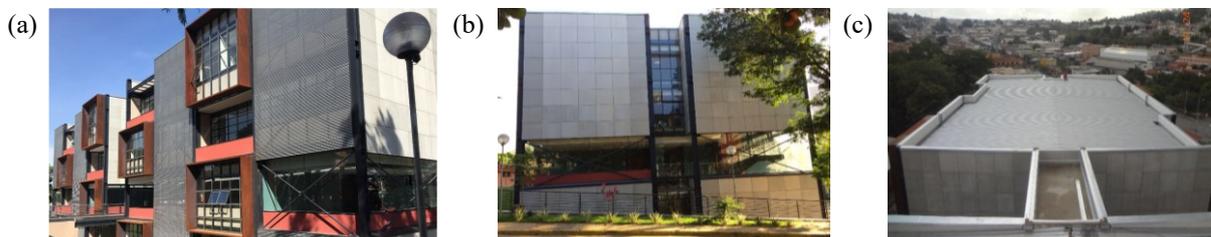


Figura 2: Fotos do Prédio 20 (edifício de referência): (a) fachada frontal; (b) fachada lateral esquerda; e (c) cobertura. Fonte: Vieira *et al.* (2019).

A descrição completa dos materiais e sistemas construtivos que compõe a envoltória, bem como do sistema de iluminação do Prédio 20, pode ser consultada em Vieira *et al.* (2019). A absorvância dos materiais da fachada aferida *in loco* está apresentada na Tabela 1. Além disso, considerou-se a área de janelas de 1/6 da área de piso, pé direito de 5 metros para o pavimento térreo e 3,85m para os demais pavimentos.

Tabela 1: Absortância e refletância de materiais do Prédio 20.

Elemento	Piso Cerâmico Branco	Tinta Acrílica Branca (teto e paredes)	Telha Metálica Prata
Absortância	0,198	0,102	0,73
Refletância	0,802	0,898	0,27

Fonte: Adaptado de Vieira *et al.* (2019).

Para o sistema hidráulico, consideraram-se os equipamentos apresentados na Figura 3. Nos banheiros: bacias sanitárias da marca Icasa, linha Speciale 6lpf; mictórios da marca Icasa com

válvulas de descarga Acquapress da Fabrimar; e torneiras Alfa PressMatic com arejadores de acionamento automático da Docol. Não foi possível identificar o modelo das torneiras dos laboratórios. Portanto, considerou-se uma torneira similar da marca Blukit.



**Figura 3:** Instalações hidrossanitárias: (a) bacia sanitária; (b) mictório e válvula de descarga; (c) torneira para banheiro; e (d) torneira clínica de parede. Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.2. Aplicação do LEED BD+C: *Schools* v4.1 (2020)

Nesta etapa, realizou-se a avaliação do empreendimento selecionado conforme o método prescrito pela certificação ambiental LEED BD+C: *Schools* v4.1 (2020). Para isso, avaliou-se o potencial de atendimento do empreendimento aos pré-requisitos e créditos, com o auxílio das bases de dados e mapas da Prefeitura de Belo Horizonte (BHMap), BHBUS, Google Maps e informações técnicas de equipamentos. Posteriormente, computou-se a pontuação obtida em cada uma das 9 categorias. Após estimado o nível de certificação pelos critérios pontuados no projeto original, foram identificadas e avaliadas as possíveis estratégias de aprimoramento, segundo estudos correlacionados, para melhorar a pontuação final e atingir a classificação “Certificado”.

A estimativa do consumo diário de água no interior no edifício consistiu nas seguintes etapas: estimar a população do edifício segundo o projeto; verificar a frequência de uso dos dispositivos hidrossanitários; calcular o consumo diário do edifício segundo seu projeto e segundo a base do manual LEED. Para isso, foram utilizados dados técnicos de cada dispositivo, fornecidos pelos fabricantes, bem como as orientações de cálculo disponíveis no Manual de Aplicação do RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) (BRASIL, 2016).

O conforto térmico foi avaliado por meio do método de simulação descrito no Manual do RTQ-C (BRASIL, 2016). A simulação termoenergética do Prédio 20 foi realizada com o auxílio do *software* Energy Plus, na qual concluiu-se que o conforto térmico é garantido em apenas 60% a 70% das horas de ocupação dos ambientes de longa permanência, segundo os índices propostos na norma ASHRAE 55/2017.

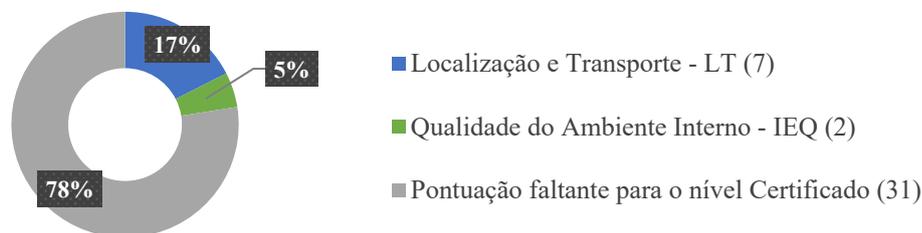
## 4. Resultados

Neste item, estão apresentados os resultados da aplicação do regulamento LEED *Building Design and Construction* (BD+C): *Schools* v4.1 (2020) ao projeto do novo edifício do DEM do CEFET-MG, assim como a sugestão de possíveis melhorias para obtenção do nível Certificado pelo empreendimento.

### 4.1. Avaliação do LEED BD+C: *Schools* v4.1

Na Figura 4, apresenta-se a pontuação total obtida para o projeto do novo prédio escolar, bem como sua proporção em relação à pontuação mínima para atingir o nível Certificado.

Verifica-se que edifício conquistou 9 pontos (sendo 7 para a categoria LT e 2 para IEQ), não sendo o suficiente para a sua classificação como “Certificado” uma vez que o mínimo seria 40 pontos. A seguir, apresenta-se a descrição dessas duas categorias, por serem apenas nelas que o projeto do edifício pontuou.



**Figura 4: Pontuação para o nível Certificado. Fonte: elaborado pelos autores.**

#### 4.1.1. Localização e Transporte (LT - *Location and Transportation*)

Na categoria LT, obteve-se 1 ponto no crédito “proteção das áreas sensíveis” pela área de implantação não ser ameaça a áreas consideradas sensíveis, como de preservação ambiental ou de produção agrícola, segundo a base de dados da prefeitura de Belo Horizonte (PRODABEL, [201-]). Obteve-se mais 4 pontos no crédito “acesso a transporte de qualidade”, devido à localização privilegiada do Campus NG e o fornecimento de opções multimodais de transporte público, segundo a mesma base de dados da Prodabel ([201-]), superando as condições estabelecidas para atingir pontuação máxima no crédito. O projeto também acrescentou 2 pontos no crédito “densidade do entorno e usos diversos” por estimular a construção em áreas com infraestrutura já existente, visto que a área avaliada do seu entorno atendeu aos valores mínimos de densidade combinada de terreno edificável e densidades residencial e não residencial estabelecidos.

#### 4.1.2. Qualidade do Ambiente Interno (IEQ – *Indoor Environmental Quality*)

Na categoria IEQ, o projeto do DEM obteve 1 ponto no crédito “vistas de qualidade”. Considerando o Prédio 20, verificou-se que os requisitos de vista a elementos de flora, céu e elementos em movimento são atendidos (Figura 5). Além disso, os ângulos de visão das janelas garantem ao menos o fator de vista 3, segundo os limites estabelecidos no relatório técnico da *California Energy Commission* (2003). No atual estágio de projeto, não há definição de elementos de sombreamento, como brises, o que poderia causar ofuscamento da vista exterior.



**Figura 5: Vistas a partir do Prédio 20: (a) ao norte; (b e c) ao sul. Fonte: elaborado pelos autores.**

O projeto do edifício também pontuou no crédito “iluminação interior”, por possuir sistema de controle da intensidade de iluminação nos ambientes de longa permanência, regulável em 3 níveis diferentes: ligado, desligado e meia luz. Outras estratégias desse crédito também foram atendidas, como: a lâmpada considerada no projeto de referência, fluorescente tubular T5

PHILLIPS, que apresenta Índice de Reprodução Cromática nominal maior que 80; e a refletância dos materiais de revestimento de teto, paredes e piso dos ambientes (Tabela 1), que também atendem aos valores mínimos exigidos. Porém, seriam necessárias mais 2 estratégias para a obtenção do total de pontos. Neste contexto, o objeto deste estudo recebeu mais 1 ponto na categoria IEQ.

#### 4.2. Proposição de melhorias para alcançar nível “Certificado”

Na análise dos critérios de avaliação, foram identificados créditos com potencial de aplicação no projeto do DEM sem grandes alterações no seu escopo original, visando a obtenção da pontuação mínima de 40 pontos para a certificação. Assim, considerou-se o atendimento de todos os pré-requisitos e melhorias em todas as categorias, exceto na categoria LT, devido ao nível de dificuldade de implantação e a possibilidade de execução.

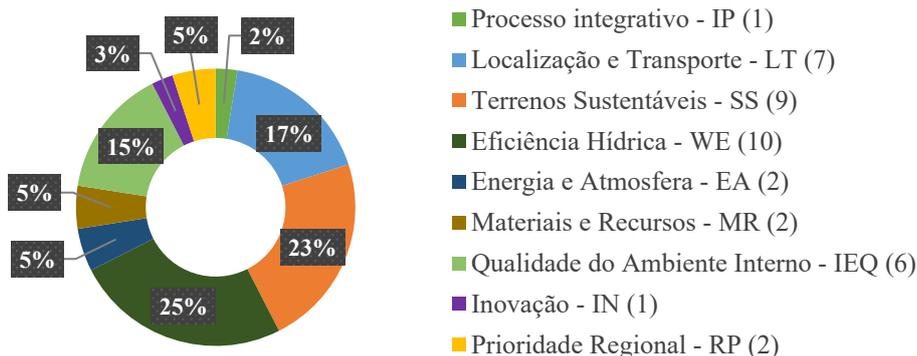
A seguir, apresenta-se um resumo da nova aplicação do regulamento LEED BD+C: *Schools* v4.1 (Quadro 3), bem como a distribuição dos pontos considerando as possíveis estratégias ao projeto (Figura 6), totalizando em 40 pontos na nova avaliação. Na sequência, apresenta-se a descrição somente das categorias avaliadas com potencial de serem atendidas pelas propostas de melhoria ao projeto.

Quadro 3: Avaliação do projeto do DEM no LEED BD+C: *Schools* v4.1 antes e após as sugestões de melhoria.

LEED v4.1 BD+C: <i>Schools</i>				Nome do projeto: Departamento de Engenharia Mecânica - CEFET-MG - Campus II			
Lista de verificação do projeto				Data: nov/2020			
S	P	N		S	P	N	
1			Crédito Processo integrativo (Integrative Process - IP)	1			
7	0	8	<b>Localização e Transporte (Location and Transportation - LT)</b>	15			<b>15</b>
		15	Crédito Localização do LEED <i>Neighborhood</i>				15
1			Crédito Proteção das Áreas Sensíveis	1			
		2	Crédito Local de Alta Prioridade e Desenvolvimento Equitativo				2
2		3	Crédito Densidade do Entorno e Usos Diversos				5
		4	Crédito Acesso a Transporte de Qualidade				4
		1	Crédito Instalações para Bicicletas				1
		1	Crédito Redução da Área de Projeção do Estacionamento				1
		1	Crédito Veículos Verdes				1
0	9	3	<b>Terrenos Sustentáveis (Sustainable Sites - SS)</b>	12			<b>12</b>
	P		Pré-req Prevenção da Poluição na Atividade de Construção				Obrigatório
	P		Pré-req Avaliação Ambiental do Terreno				Obrigatório
		1	Crédito Avaliação do Terreno				1
		2	Crédito Proteger ou Restaurar Habitat				2
		1	Crédito Espaço Aberto				1
		3	Crédito Gestão de Águas Pluviais				3
		2	Crédito Redução de Ilhas de Calor				2
		1	Crédito Redução de Poluição Luminosa				1
		1	Crédito Planejamento Geral do Terreno				1
		1	Crédito Uso Conjunto das Instalações				1
0	10	2	<b>Eficiência Hídrica (Water Efficiency - WE)</b>	12			<b>12</b>
	P		Pré-req Redução do uso de Água do Exterior				Obrigatório
	P		Pré-req Redução do uso de Água do Interior				Obrigatório
	P		Pré-req Medição de Água do Edifício				Obrigatório
		2	Crédito Redução do uso de Água do Exterior				2
		5	Crédito Redução do uso de Água do Interior				7
		2	Crédito Uso de Água de Torre de Resfriamento				2
		1	Crédito Medição de Água do Edifício				1
0	2	29	<b>Energia e Atmosfera (Energy and Atmosphere - EA)</b>	31			<b>31</b>
	P		Pré-req Comissionamento Fundamental e Verificação				Obrigatório
	P		Pré-req Desempenho Mínimo de Energia				Obrigatório
	P		Pré-req Medição de Energia do Edifício				Obrigatório
	P		Pré-req Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes				Obrigatório
		6	Crédito Comissionamento Avançado				6
		16	Crédito Otimizar Desempenho Energético				16
		1	Crédito Medição Avançada de Energia				1
		2	Crédito Resposta a Demanda				2
		5	Crédito Energia Renovável				5
		1	Crédito Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes				1
0	2	11	<b>Materiais e Recursos (Materials and Resources - MR)</b>	13			<b>13</b>
	P		Pré-req Depósito e Coleta de Materiais Recicláveis				Obrigatório
	P		Pré-req Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição				Obrigatório
		5	Crédito Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício				5
		2	Crédito Divulgação e Otimização do Edifício - Declarações Ambientais de Produtos				2
		2	Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Origem de Matérias-Primas				2
		2	Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Ingredientes do Material				2
		2	Crédito Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição				2
2	4	10	<b>Qualidade do Ambiente Interno (Indoor Environmental Quality - IEQ)</b>	16			<b>16</b>
	P		Pré-req Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior				Obrigatório
	P		Pré-req Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco				Obrigatório
	P		Pré-req Desempenho Mínimo de Acústico				Obrigatório
		1	Crédito Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior				2
		3	Crédito Materiais de Baixa Emissão				3
		1	Crédito Plano de Gerenciamento da Qualidade do Ar Interior na Construção				1
		2	Crédito Avaliação da Qualidade do Ar Interior				2
		1	Crédito Conforto Térmico				1
		1	Crédito Iluminação Interior				2
		3	Crédito Luz Natural				3
		1	Crédito Vistas de Qualidade				1
		1	Crédito Desempenho Acústico				1
0	1	5	<b>Inovação (Innovation - IN)</b>	6			<b>6</b>
		5	Crédito Inovação				5
		1	Crédito Profissional Acreditado LEED				1
0	2	2	<b>Prioridade Regional (Regional Priority - RP)</b>	4			<b>4</b>
		1	Crédito Específico - Ingredientes do Material				1
		1	Crédito Específico - Proteger ou Restaurar o Habitat				1
		1	Crédito Específico - Gestão de Águas Pluviais				1
		1	Crédito Específico - Energia Renovável				1
		1	Crédito Específico - Luz Natural				1
		1	Crédito Específico - Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior				1
9	31	70	<b>TOTALS</b>	110			<b>Possible Points: 110</b>
Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110							

Legenda: Coluna cinza - pré-requisitos identificados como passíveis de serem cumpridos (P) pelas sugestões de melhoria; Coluna verde - pontuações atendidas pelo projeto do novo prédio do DEM; Coluna amarela – pontuação dos critérios com potencial de serem atendidos, após a aplicação das melhorias propostas; Coluna laranja – pontuação remanescente dos critérios que não são possíveis de serem implementados no projeto.

Fonte: Adaptado de USGBC (2020).



**Figura 6: Pontuação com possíveis melhorias. Fonte: elaborado pelos autores.**

#### 4.2.1. Processo Integrativo (IP – *Integrative Process*)

Devido à ausência de um plano analítico de inter-relacionamento entre os sistemas do projeto, sugeriu-se a estratégia de definição de objetivos de consumo a serem alcançados pelos sistemas de energia e água para receber 1 ponto no crédito “processo integrativo” da categoria IP (Quadro 3). O projeto deve ser desenvolvido considerando a interrelação entre as diferentes áreas envolvidas no processo de construção.

#### 4.2.2. Terrenos Sustentáveis (SS – *Sustainable Sites*)

Nessa categoria, são sugeridas estratégias nos seguintes créditos: “avaliação do terreno”, que documenta a relação entre as características do local com as estratégias de projeto adotadas; “espaço aberto”, tal como a praça de convivência que existe no campus, que fomenta a interação com ambiente externo por meio de espaços destinados à interação social, recreação e atividades físicas; “gestão de águas pluviais”, que ajuda a reproduzir a hidrologia natural por meio de sistemas de infiltração de água, como jardins com plantas nativas e pavimentação permeável que sejam capazes de reter 90% da precipitação local (equivalente a 245,7 l/m<sup>2</sup> no mês de maior precipitação); “redução de ilhas de calor”, pela mudança do material da cobertura para que tenha maior refletância; “redução de poluição luminosa”, com a utilização de luminárias nas áreas externas que cumpram com os requisitos mínimos, permitindo melhor apreciação do céu noturno; e “uso conjunto das instalações”, pela abertura da estrutura para o fornecimento de serviços à sociedade, como lanchonete, biblioteca, espaços de lazer e cursos (assim como já existem na instituição). Assim, obteve-se 9 pontos na categoria SS (Quadro 3).

#### 4.2.3. Eficiência Hídrica (WE – *Water Efficiency*)

Com base nos procedimentos de cálculo de consumo diário de água apresentados no manual RTQ-C (2016) e nas condições de utilização do espaço consideradas no projeto do edifício, estimou-se um consumo total de 11.095,5 litros/dia no edifício. Ao compará-lo com o consumo de base LEED (2020), verificou-se a necessidade de reduzir o consumo em 845,2 l/dia para atender ao referencial. Além disso, verificou-se que, dentre os dispositivos hidrossanitários previstos para serem instalados no edifício em estudo, somente o mictório apresentou consumo de água inferior aos valores de consumo base apresentados no manual de avaliação LEED (2020), com desempenho 68% mais eficiente.

Assim, os seguintes créditos são sugeridos: “redução do consumo de água no interior” do edifício, pela utilização de dispositivos mais eficientes que os do referencial LEED e que propiciem uma redução de 7,62% no consumo diário apresentado; “medição de água do edifício” individualizada, além de medição individual de ao menos 2 subsistemas, como de irrigação, abastecimento predial ou de outros processos; “redução do uso de água do exterior”,

por meio do plantio de espécies nativas que não dependam de irrigação artificial; e “uso de água de torre de resfriamento”, podendo ser considerado o reuso da água destinada a processos mecânicos e laboratoriais. Por meio dessas estratégias, obteve-se 10 pontos na categoria WE (Quadro 3).

#### 4.2.4. Energia e Atmosfera (EA – *Energy and Atmosphere*)

Nessa categoria, são sugeridos: “medição avançada de energia”, pela instalação de sistema de medição individualizada para o edifício e outro para um sistema que represente 10% do consumo predial, como o sistema de iluminação; e o “gerenciamento avançado de gases refrigerantes”, pela substituição do sistema de ar condicionado do edifício, que utiliza gás R22, um hidroclorofluorcarboneto (HCFC), por um gás ecológico como o R410A. Os demais créditos da categoria são de difícil implementação, pois o processo de comissionamento avançado depende de um profissional capacitado para executar as atividades de revisão, verificação e testes sazonais segundo as normas apresentadas. Os créditos em resposta à demanda e energia renovável abordam a geração ou participação de programas de geração de energia renovável com baixo impacto ambiental e estímulo ao consumo consciente. Além disso, como não foram obtidas informações sobre os equipamentos das atividades laboratoriais, não foi possível avaliar o desempenho energético, que é feito com base em simulação do projeto. Sendo assim, obteve-se 2 pontos da categoria EA (Quadro 3).

#### 4.2.5. Materiais e Recursos (MR – *Material and Resource*)

Os créditos desta categoria são de difícil avaliação, já que as informações necessárias de divulgação de origem para o cálculo de ciclo de vida normalmente não são fornecidas pelos fabricantes. Sendo assim, sugere-se apenas o crédito “gerenciamento de resíduos de construção e demolição”, por meio do planejamento e prática de reciclagem, reuso e descarte consciente dos materiais utilizados, sendo necessário que seu volume não ultrapasse 36,6 kg/m<sup>2</sup> de área construída, ou seja, um total equivalente a 101.748 kg. Com isso, obteve-se 2 pontos na categoria MR (Quadro 3).

#### 4.2.6. Qualidade do Ambiente Interno (IEQ – *Indoor Environmental Quality*)

Na categoria IEQ, foi proposta a aplicação de melhorias de critérios não atendidos nas categorias “estratégias avançadas de qualidade do ar interior”, “conforto térmico”, “iluminação interior” e “desempenho acústico”, totalizando em 6 pontos no projeto do DEM (Quadro 3). Para as duas primeiras categorias, sugere-se a instalação de sistema de ventilação mecanizada nas salas, para garantir a renovação do ar e sua qualidade e, conseqüentemente, contribuir para o conforto térmico, com a possibilidade de ajuste de velocidade de vento ou temperatura. Para sistema de iluminação dos ambientes internos, sugere-se a seleção de uma luminária com iluminância máxima 2.500 cd/m<sup>2</sup>, bem como a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED de vida útil superior a 24.000 horas, e limitar a iluminação indireta a 25% da carga lumínica. O desempenho acústico é avaliado por meio de medições dos ruídos locais. Apesar de ainda não obter essas informações pelo projeto, o atendimento ao ruído máximo de 35 dB é possível de ser atingido. Para as demais categorias, são necessárias alterações nos editais de licitação para a aquisição de materiais que atendam aos requisitos de baixa emissão e simulação computacional para consideração da contribuição da luz natural.

#### 4.2.7. Inovação (IN - *Innovation*)

O projeto do DEM não obteve desempenho exemplar em nenhum crédito avaliado, conforme as especificações no guia de referência LEED (2020), sequer apresentando características

inovadoras que pudessem ser contabilizadas. Assim, na categoria IN, propõe-se apenas a contratação de um “profissional acreditado LEED” pela USGBC ou o treinamento de um dos integrantes da equipe responsável pela elaboração do projeto, visando contribuir para o acompanhamento e integração efetiva de todos os sistemas requeridos pelo processo de certificação LEED, obtendo-se 1 ponto (Quadro 3).

#### 4.2.8. Prioridade Regional (RP – *Regional Priority*)

Esta categoria incentiva adoção de estratégias ambientais, sociais e de saúde pública relevantes à localização geográfica específica do projeto. Para a cidade de Belo Horizonte/MG, os critérios que têm potencial de serem atendidos são “gestão de águas pluviais” e “estratégias avançadas de qualidade do ar interior”, segundo o resultado obtido nos créditos de mesmo nome, obtendo-se 2 pontos na categoria RP (Quadro 3).

### 5. Considerações finais

Este trabalho avaliou o potencial de aplicação de estratégias de sustentabilidade, visando atingir o nível Certificado do LEED v4.1 BD+C: *Schools* do projeto do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) do CEFET-MG, localizado em Belo Horizonte/MG. O estudo preliminar avaliado não foi concebido com o intuito de atender medidas de sustentabilidade, o que implicou na não certificação pelo referencial LEED, em conjunto com a ausência de informações para uma avaliação mais assertiva.

O projeto apresentou o potencial para obter 7 dos 15 pontos possíveis na categoria Localização e Transporte (LT) e 2 dos 16 pontos possíveis na categoria Qualidade do Ambiente Interno (IEQ), totalizando 9 pontos. As demais categorias não são contempladas ou não apresentam informações suficientes para análise. A implementação das estratégias projetuais de melhoria propostas neste estudo possibilitariam a pontuação mínima de 40 pontos para a obtenção do nível “Certificado” no referencial LEED BD+C: *Schools* v4.1 (2020). Contudo, é importante ressaltar a necessidade da manutenção e preservação dos sistemas implantados para que seu funcionamento possa ser efetivo. Os ocupantes devem ser conscientizados ao uso eficiente das instalações, aproveitando da iluminação e ventilação natural, bem como a economia de água e energia elétrica.

Este trabalho proporcionou contribuição prática, ao servir de orientação para a equipe de projetos no prosseguimento da elaboração do objeto deste estudo de caso. Os pontos tratados no presente estudo poderão servir também como referência para estudos similares.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFETMG) pelo auxílio técnico prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

## Referências

- BASTOS, C. S. **Arquitetura institucional de ensino superior. ações sustentáveis projetuais baseadas nas categorias do LEED Schools n – v3**. 2012. 250 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
- BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2020**: ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. 292 p.
- BRASIL; INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA (INMETRO); ELETROBRAS. **Manual para aplicação do RTQ-C**. Rio de Janeiro, 2016.
- CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. *Technical Report: Windows and offices: a study of office worker performance and indoor environment*. Califórnia, 2003.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Atlas da eficiência energética**. Brasil 2020. Relatório de indicadores. Rio de Janeiro. 2020. 102 p.
- GBCB - GREEN BUILDING COUCIL BRASIL. **Anuário 2020**. Certificações LEED, GBC Brasil Casa & Condomínio e GBC Zero Energy. São Paulo: J.J.Carol, 2020a.
- GBCB. **Apoiar a saúde dos ocupantes significa priorizar a qualidade do ar interno**. São Paulo, 2020b. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/apoiar-a-saude-dos-ocupantes-significa-priorizar-a-qualidade-do-ar-interno/#:~:text=A%20Qualidade%20do%20Ambiente%20Interno,e%2C%20portanto%2C%20nossa%20sa%C3%BAde>. Acesso em: 28 nov. 2020.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2014. 366 p.
- MACNAUGHTON, P. *et al. The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. Building and Environment*, v.114, p.178-186, 2017.
- MARTINS, F.; BECKER, L.; CAMPOS, M. Diretrizes para projetos de SPHS, baseadas na certificação LEED para escolas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2014.
- MME – Ministério de Minas e Energia; GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit; PROCOBRE – Instituto Brasileiro do Cobre. **Quem é quem da eficiência energética no Brasil**. Itajubá: Excen, 2019. 82 p.
- PRODABEL. Mapa base: Ortofoto 2015. Belo Horizonte, [201-]. Disponível em: [https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=6&lat=7795049.90386&lon=604775.1871&baselayer=ortofoto\\_2015&layers=app%2Crisco\\_inundacao%2CBrejo%2Ccurso\\_dagua%2Cunid\\_de\\_conserv\\_ambiental%2Cestacao\\_metro%2Cponto\\_onibus%2Czoneamento\\_11181](https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=6&lat=7795049.90386&lon=604775.1871&baselayer=ortofoto_2015&layers=app%2Crisco_inundacao%2CBrejo%2Ccurso_dagua%2Cunid_de_conserv_ambiental%2Cestacao_metro%2Cponto_onibus%2Czoneamento_11181). Acesso em: 20 fev. 2022.
- SILVA, R. C. da; FREITAS, L. de S. Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 17, n. 4, p.767-780, out./dez. 2016.
- USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL (Washington). **Introduction to LEED v4.1 for Design + Construction**. 2019. Disponível em:

[https://www.usgbc.org/sites/default/files/opigno\\_scorm\\_extracted/scorm\\_848536/scormcontent/index.html#/](https://www.usgbc.org/sites/default/files/opigno_scorm_extracted/scorm_848536/scormcontent/index.html#/). Acesso em: 01 fev. 2022.

USGBC (Washington). **LEED v4.1**. *LEED v4.1 Building Design +Construction*. 2020. Disponível em: <https://www.usgbc.org/leed/v41#bdc>. Acesso em: 01 fev. 2022.

VIEIRA, J. C. *et al.* Estudo de classificação da eficiência energética do prédio 20 do CEFET-MG. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 11., 2019, João Pessoa. Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 2333-2342.