

Conceitualização e Modelagem de um Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente para Instituições de Ensino

Conceptualization and Modeling of an Eco-efficient Multidisciplinary Laboratory for Educational Institutions

Antônio Augusto Martins Pereira Júnior ¹  orcid.org/0000-0003-2265-952X

Eveline Oliveira Malaquias ²  orcid.org/0000-0002-7336-3270

Pamela Pinto Neves ¹  orcid.org/0000-0001-7396-6023

Leandra Altoé ³  orcid.org/0000-0002-4456-6888

¹ Estudante de Mestrado em Ciências dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

² Estudante de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo, Brasil.

³ Professora do Departamento de Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo, Brasil.

E-mail do autor principal: Antônio Augusto Martins Pereira Junior antonio.cinetics@gmail.com

Resumo

A sociedade moderna anseia por tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável e o uso racional dos recursos essenciais à vida e ao progresso. A implementação de edifícios energeticamente eficientes é uma alternativa no controle do consumo de energia para diminuição de gases causadores do efeito estufa. As tecnologias empregadas nos edifícios verdes, quando inseridos em instituições de ensino, podem ser exploradas por cursos de Engenharia e Arquitetura, contribuindo para o aprimoramento teórico-prático dos estudantes, bem como a inserção desses em um processo de gestão verde coordenada e participativa. Objetivou-se com este trabalho conceitualizar e modelar um Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente para instituições de ensino. O partido arquitetônico idealizado se pautou em técnicas construtivas e alternativas tecnológicas que visam menor impacto ao meio ambiente, como, por exemplo, uso de madeira de demolição, telhado verde, sistemas de geração de energia renovável e sistema de coleta pluvial. Para o desenvolvimento do modelo tridimensional do laboratório, optou-se pelo software *Sketchup for Schools*. A proposição de um modelo de Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente mostra-se como um instrumento em prol do desenvolvimento técnico-científico, economia verde, acessibilidade, promoção da cultura e incentivo às técnicas de ensino em um ambiente inovador e versátil.

Palavras-Chave: Engenharia sustentável; Edifícios verdes; Eficiência energética; Energia renovável; Ensino e aprendizagem; Ecoeficiência.

Abstract

Modern society yearns for technologies that promote sustainable development and rational use of resources essential to life and progress. The implementation of energy-efficient buildings is an alternative without controlling energy consumption to reduce greenhouse gases. The technologies

used in green buildings, when inserted in educational institutions, can be explored by Engineering and Architecture courses, contributing to the theoretical and practical improvement of students, as well as their insertion in a coordinated and participatory green management process. The objective of this work was to conceptualize and model an Eco-efficient Multidisciplinary Laboratory for educational institutions. The idealized architectural party was based on constructive techniques and technological alternatives that aim to have less impact on the environment, such as, for example, the use of demolition wood, green roof, renewable energy generation systems and rain collection system. For the development of the three-dimensional model of the laboratory, the software Sketchup for Schools was chosen. The proposal of an eco-efficient multidisciplinary laboratory model is shown to be an instrument in favor of technical-scientific development, green economy, accessibility, promotion of culture and encouragement of teaching techniques in an innovative and versatile environment.

Key-words: Sustainable engineering; Green buildings; Energy efficiency; Renewable energy; Teaching and learning; Eco-efficiency.

1 Introdução

A indústria da construção civil é um expoente importante para economia e é considerado um indicativo de progresso de uma dada região ou país. Ademais, esse setor atua como instrumento coadjuvante frente ao aumento da taxa de urbanização, crescimento demográfico e no que diz respeito ao estilo de vida e padrão de consumo da sociedade contemporânea. Entretanto, tal progresso é, comumente, acompanhado por um conjunto de efeitos nocivos que repercutem sobre os pilares da sociedade e da natureza, comprometendo dessa forma o tripé da sustentabilidade (desenvolvimento ambiental, social e econômico), por conseguinte a dinâmica natural do planeta [1]. Dentre os principais impactos preconizados pelas atividades dessa indústria pode-se destacar: a geração em macroescala de resíduos sólidos, poluição de mananciais hídricos e do ar, contaminação de solos e escassez compulsória de recursos naturais [2].

Um exemplo de tal problemática refere-se ao consumo exacerbado de energia que culminou em um racionamento ocorrido no Brasil em 2001. Tal episódio corroborou para a promulgação da chamada lei de eficiência energética, Lei no 10.295/2001, que dispõe sobre as diretrizes e esferas regulamentares relativas à Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Essa lei concedeu ao poder executivo a responsabilidade de criar mecanismos com objetivo de incentivar a promoção da eficiência energética de equipamentos, máquinas e edificações [3].

Os edifícios são responsáveis por aproximadamente 20 a 40% do consumo de energia nos países desenvolvidos e, em alguns casos, têm superado os setores industrial e de transportes [4, 5]. Além disso, estima-se que os edifícios são responsáveis por cerca de um terço das emissões antrópicas de gases de efeito estufa no mundo, as quais em altas concentrações têm contribuído para alterações climáticas, incluindo o fenômeno de aquecimento global [6].

Em virtude desse panorama, pode-se inferir que a busca por tecnologias limpas se tornou crucial tanto na idealização, como na implantação de novas edificações, sejam estas de caráter habitacional, administrativo ou empreendimentos do setor público [2, 7]. Vários países contam com políticas públicas que visam a contenção de desequilíbrios deflagrados pela construção civil, auxiliando na mitigação de danos socioambientais e na prospecção de novas receitas. Dentre essas tecnologias sustentáveis, pode-se destacar: o emprego de eco materiais, reciclagem de rejeitos, implementação de softwares de gerenciamento de água e energia, assim como projetos de eficiência energética [5].

A partir deste cenário, pode-se elucidar que a implementação de edifícios energeticamente eficientes é uma alternativa para a redução da emissão de gases poluentes, bem como no controle do consumo de energia. Segundo a instituição *World Resources Institute* (WRI), para cada 1 dólar investido, 2 dólares são economizados em novos custos de geração e distribuição de energia elétrica. Ademais, as edificações ecoeficientes contam com

uma gama de atributos e ferramentas tecnológicas que servem como suporte para uma gestão mais adequada no que se refere ao contingenciamento de recursos hídricos, energia e gás, permitindo o monitoramento em tempo real do consumo [8]. Vale mencionar que os dados de saída fornecidos por essas ferramentas podem ser controlados remotamente mediante emprego do armazenamento em nuvem [7].

Um exemplo de edifício ecoeficiente que emprega tecnologias relativas ao uso racional e gestão de recursos é o Edifício Lucia, utilizado para fins de atividades de ensino e pesquisa pela *Universidad de Valladolid* (UVa), Espanha. Essa edificação conta com um arcabouço de atributos arquitetônicos que contribuem não apenas para a estética, mas também em relação a otimização dos recursos bioclimáticos e fatores exógenos, contribuindo assim para adaptação às condições meteorológicas do local, geração de energia por intermédio de painéis fotovoltaicos, aproveitamento da biomassa e projetos atrelados ao uso da energia geotérmica. Além disso, o prédio ainda possui um plano arrojado no que se refere a gestão de resíduos líquidos e sólidos gerados em seu interior [9].

É importante destacar que o Brasil também conta com empreendimentos que reafirmam os princípios que norteiam a sustentabilidade e critérios relativos à gestão energética, como por exemplo, o edifício Birmann 21, localizado em Pinheiros na capital paulista. Dentre os recursos empregados nesta edificação pode-se mencionar o sistema *Follow Energy* que consiste em uma tecnologia capaz de atuar em prol do controle, gerenciamento e redução do contingente de gastos com energia elétrica e outros insumos [10]. Ainda, pode-se ressaltar que essa edificação possui a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (Leed), a qual atesta padrões internacionais em gestão de sustentabilidade dos edifícios, como, por exemplo, a eficiência energética e dados relativos ao consumo de água [11].

A sede administrativa da Petrobrás, localizada em Vitória, capital do Espírito Santo, também vai de encontro aos preceitos que tangenciam a sustentabilidade e contempla alternativas ecoeficientes, como por exemplo, sistema inteligente de iluminação, ventilação natural e tecnologias que possibilitam uma integração “simbiótica” entre as instalações do edifício e o ambiente externo,

contribuindo, nesse sentido para melhoria das condições ambientais dos espaços internos. O prédio ainda conta com estações de tratamento de água e esgoto [12].

Iniciativas desta natureza, quando empregadas em edifícios usadas para fins acadêmicos, como o Edifício Lucia, são verdadeiros expoentes para o fortalecimento dos processos pedagógicos de ensino-aprendizagem. Além disso, vale dizer que a infraestrutura dessas edificações pode ser empregada em aulas teóricas e práticas de áreas correlatas às Engenharias, Arquitetura e Sustentabilidade [5].

Torna-se importante destacar que as tecnologias empregadas nos edifícios verdes, como aquelas destinadas à geração de energia, reaproveitamento de recursos hídricos e gestão de resíduos sólidos, podem ser exploradas em pesquisas técnico-científicas e atividades de extensão. Além disso, construções dotadas de atributos ligados à eficiência energética servem como instrumentos de incentivo e conscientização ambiental dos indivíduos que visitam ou ocupam tais espaços [5].

A partir do exposto, o presente trabalho tem como objetivo conceituar e modelar um Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente para instituições de ensino, como universidades, institutos de tecnologia e faculdades. Pretende-se com esta proposição gerar discussões em diversas esferas, visando a criação de um espaço dedicado ao desenvolvimento do homem, do meio ambiente e de estímulo ao intercâmbio de ideias, olhares e percepções.

2 Metodologia

2.1 O conceito arquitetônico

Para o desenvolvimento do modelo tridimensional (3D) do Laboratório Ecoeficiente, optou-se pelo emprego de interfaces de concepção gráfica, cujo intuito foi definir a geometria da edificação, os componentes arquitetônicos (estéticos, funcionais e estruturais) e análise das condições ambientais e adequação do edifício às particularidades da área de locação da construção.

Esses parâmetros são necessários para avaliar a viabilidade técnica relativa às fases de planejamento e execução da obra, tendo em vista variáveis como: incidência solar, abundância de iluminação natural,

topografia, irregularidades do terreno e organicidade do edifício, com intuito de minimizar possíveis impactos ao meio adjacente. O *software* selecionado para o desenvolvimento deste estudo foi o *Sketchup for Schools* da empresa *Google* [13].

A Figura 1 apresenta as etapas de criação do projeto conceitual, partido arquitetônico e modelagem 3D do prédio e *design* de interiores.

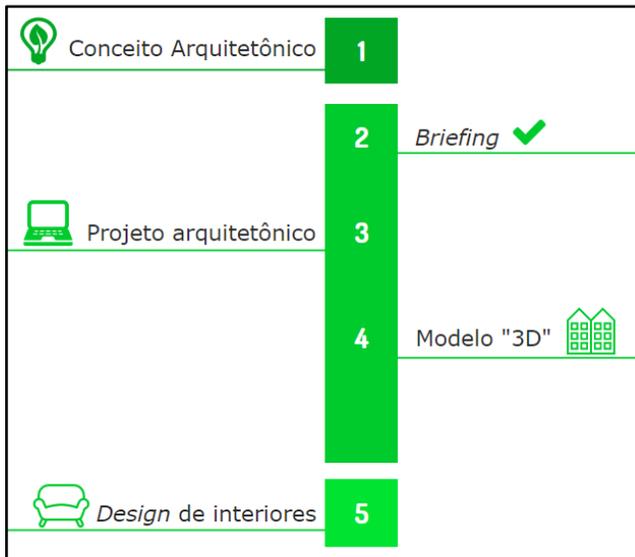


Figura 1: Projeto conceitual do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente.

2.2 Briefing

Consiste na coleta de dados, informações e pesquisas teórico-práticas para fomentar a tomada de decisão e execução de determinado serviço, projeto ou empreendimento. Com base nisto, pode-se dizer que o *briefing* do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente se pautou em uma pesquisa qualitativa sobre as propriedades dos materiais de construção propostos, bem como a exequibilidade das técnicas construtivas sugeridas para a fase executiva do projeto [14]. Dentre os materiais e recursos arquitetônicos sugeridos para a fase de implantação do edificado, destacam-se: madeira demolição, telhado verde, sistema solar fotovoltaico, jardim de inverno, sistema de captação de água pluvial e piso tátil [15].

A madeira é um material amplamente empregado em projetos e construções devido a sua polivalência, graças à sua funcionalidade e propriedades excepcionais. Tal matéria-prima configura-se como

um bom candidato em aplicações diversas, como, no revestimento de superfícies, elementos estruturais, vedação e outros.

Entretanto, torna-se importante destacar que o emprego descomedido da madeira comum e de lei contribui para deflagração de impactos socioambientais, afetando, assim, a dinâmica natural do meio e da vida de indivíduos que habitam em áreas de preservação ambiental [16]. Na conjectura para este cenário, pode-se dizer que uma alternativa ecológica, econômica e sustentável é a reintegração da madeira de demolição que após ser higienizada e tratada poderá ser empregada em diversas finalidades [17].

Dessa forma, propõe-se o uso desse material na composição estética e funcional do Laboratório Ecoeficiente, corroborando, assim, para a ampliação dos ganhos sociais e ambientais deste empreendimento. Torna-se importante ressaltar que o uso da madeira de demolição vai de encontro à uma metodologia semelhante à logística reversa, ao passo que se propõe a reutilização de um material que em outrora seria descartado de forma inadequada no meio ambiente [16].

É notório que o Brasil possui condições climáticas adequadas e que satisfazem preceitos inerentes ao uso e implantação de sistemas de geração de energia solar. No Laboratório Ecoeficiente, essa alternativa energética foi explorada de duas maneiras, por meio de painéis planos dispostos na cobertura da edificação e mediante uso de vidros fotovoltaicos. Os painéis fotovoltaicos convencionais são largamente empregados e consistem em estruturas metálicas de vidro, no qual aplicam-se células fotoelétricas que permitem a conversão de energia solar em elétrica. Já os vidros fotovoltaicos consistem em lâminas de células fotoelétricas fabricadas em silício, cujo objetivo é o aproveitamento da iluminação natural e geração concomitante de energia elétrica [18]. Esses sistemas foram empregados com intuito de promover a autossuficiência energética da edificação e, por conseguinte, diminuir a dependência do consumo de outras formas de energia.

Outra tecnologia proposta para o Laboratório Ecoeficiente foi o telhado verde, também conhecido como telhado vivo, ecotelhado ou ainda biocobertura, e caracteriza-se por ser a técnica de aplicação de solo e vegetação sobre coberturas de edifícios devidamente impermeabilizadas. A biocobertura idealizada contou com espécies vegetais de pequeno

porte, como gramíneas, que não necessitam de cuidados regulares e que podem ser cultivadas em camadas finas de solo, além de apresentarem a possibilidade de crescer extensivamente por toda a área do telhado e não apenas em pontos isolados.

A edificação contou ainda com um sistema de coleta de água pluvial composto por calhas, condutores, filtros, peneiras e por um coletor auxiliar que de forma integrada servem não apenas para a captação da água da chuva, mas também para o tratamento prévio deste contingente hídrico. Este recurso pode ser empregado para diversos fins, como na higienização dos ambientes internos, na rega dos jardins e no sistema hidrossanitário do laboratório.

Com intuito de contribuir para a acessibilidade, universalização e democratização do espaço construído, o Laboratório Ecoeficiente foi provido de elementos que atuam no sentido de respeitar a diversidade das pessoas. A exemplo disso, propõe-se a implantação de sinalização podotátil que consiste em faixas em alto-relevo fixadas no chão para fornecer auxílio na locomoção pessoal de deficientes visuais. O partido arquitetônico contempla ainda um banheiro acessível e inclusivo com área adequada e foram projetados com objetivo de garantir conforto, funcionalidade e segurança aos usuários.

O Edifício Multidisciplinar Ecoeficiente foi inicialmente idealizado para atender um dos *Campi* da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de São Mateus-ES. Portanto, foram consideradas condições ambientais de tal cidade, como incidência solar, pluviosidade, regime de ventos, características da paisagem, bioma e topografia. Porém, espera-se que o modelo apresentado possa ser empregado por instituições de ensino presentes em diferentes regiões do Brasil, fazendo-se as alterações necessárias para atender as particularidades do local de construção da edificação.

3 Resultados e Discussão

São apresentadas a seguir imagens do modelo tridimensional proposto, assim como o *design* de interiores que foram idealizados durante a fase de definição do partido arquitetônico e *briefing* do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente.

A Figura 2 apresenta a planta de situação do edifício, na qual observa-se o telhado verde e o sistema de geração de energia solar, indicados pelos números um e dois, respectivamente. O sistema

fotovoltaico tem como propósito a autossuficiência energética do edifício, contribuindo, dessa forma, para uma maior economia financeira e ampliação do uso de fontes de energia de baixo carbono.

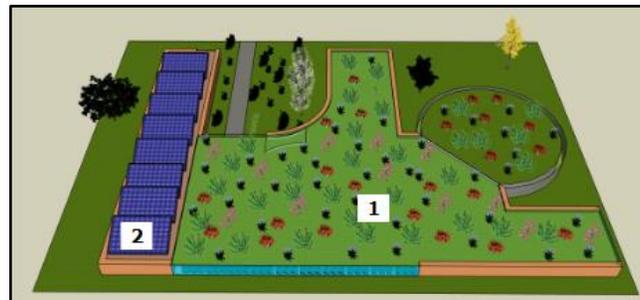


Figura 2: Planta de situação do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente - (1) Telhado verde e (2) Painéis fotovoltaicos.

Nas Figuras 3 (A) e 3 (B) são apresentadas, respectivamente, a perspectiva isométrica e a elevação lateral direita da edificação. Nas imagens, nota-se a volumetria externa do prédio, assim como a locação desta na paisagem externa. O telhado verde disposto na cobertura do edifício deve ser impermeabilizado, a fim de evitar patologias à construção como infiltrações e danos estruturais.

A biocobertura contribui para a redução da temperatura no microclima interno do laboratório, colaborando para uma menor dependência de equipamentos de climatização, além disso, funciona como um atributo estético adicional. A fim de ampliar os benefícios dessa tecnologia, propõe-se o emprego de espécies vegetais comestíveis e ervas medicinais de pequeno e médio porte, como, amendoim, tomate, alcaçuz, agrião e alecrim. O sistema fotovoltaico e o telhado verde podem ser utilizados também em atividades de ensino, pesquisa e extensão em diversas áreas do conhecimento, com ênfase para Engenharias, Agronomia e Biologia.

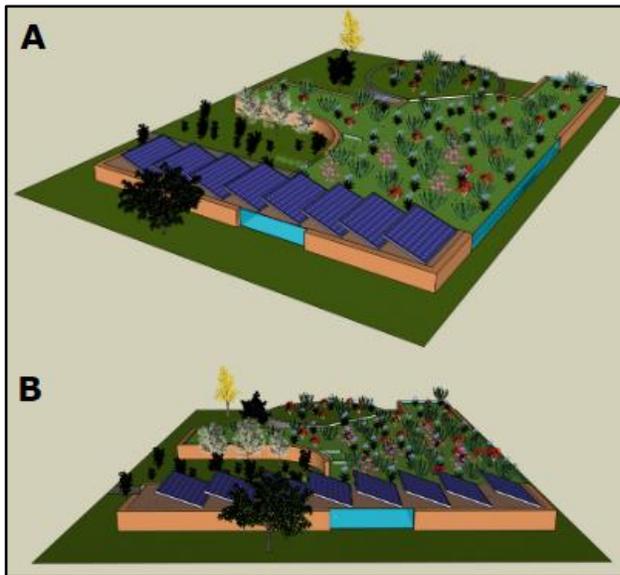


Figura 3: (A) Perspectiva isométrica e (B) Vista lateral direita do Laboratório Ecoeficiente.

Com vislumbre para o atendimento das premissas que regem o desenvolvimento sustentável, propõe-se o emprego de janelas inteligentes para geração de energia solar. Um dos principais benefícios dessa tecnologia é a economia, uma vez que a luminosidade do ambiente pode ser controlada por meio de um interruptor. Além do mais, as janelas solares são dotadas de nano partículas fluidas do ferro que permitem a modificação de suas propriedades ópticas, além de corroborar para a absorção e distribuição controlada de calor nos ambientes internos da edificação [7].

Na Figura 4, apresenta-se a planta baixa do edifício, bem como o *layout* e distribuição dos ambientes internos. Conforme elucidado na imagem, o Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente conta com seis setores: espaço do empreendedorismo; laboratório de informática e tecnologia; cúpula do conhecimento; banheiro acessível e inclusivo; banheiro feminino e masculino; e espaço da diversidade. Os espaços internos foram idealizados para fomentar o desenvolvimento de projetos acadêmicos, pesquisas de inovação tecnológica e atividades de fortalecimento do empreendedorismo local, sendo, portanto, um palco para discussões multidisciplinares e que tange aos processos pedagógicos de aprendizagem.

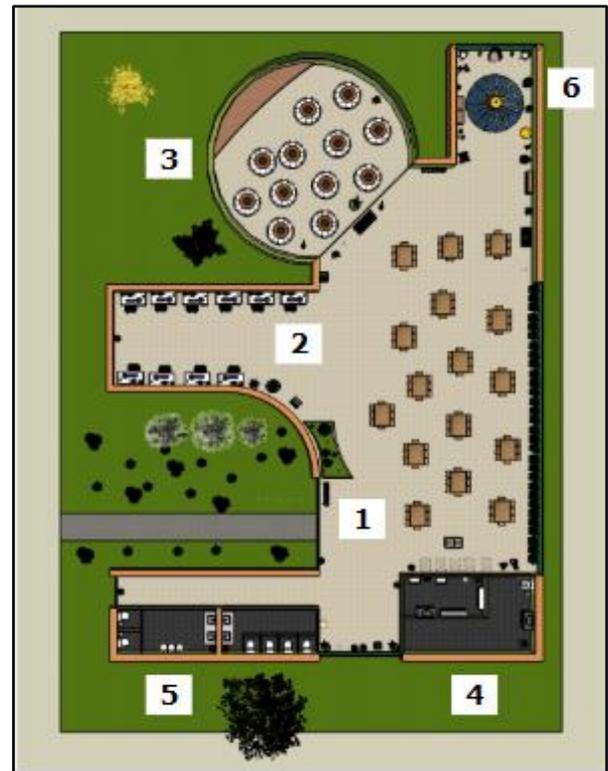


Figura 4: Planta baixa do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente - (1) Espaço do Empreendedorismo, (2) Laboratório de Informática e Tecnologia, (3) Cúpula do Conhecimento, (4) Banheiro Acessível e Inclusivo (5) Banheiro Feminino e Masculino e (6) Espaço da Diversidade.

Anseia-se que o Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente seja uma estrutura “viva”, dinâmica e interativa, permitindo que os indivíduos desfrutem de um ambiente confortável para o desenvolvimento de suas pesquisas, estudos e projetos acadêmicos. Ademais, pode-se dizer que o *layout* interno da edificação poderá ser adaptado de acordo com as necessidades e realidade das instituições de ensino, tendo em vista o cumprimento de critérios como: ética, sustentabilidade, economia verde, respeito à diversidade e promoção das esferas que regem o saber.

Nas Figuras 5 (A) e 5 (B) são apresentadas, respectivamente, a elevação frontal e a perspectiva isométrica do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente. Vale destacar que o conceito arquitetônico proposto se baseia nas premissas de um ambiente aberto e democrático, isto é, ausência de barreiras, anteparos, elementos estruturais e paredes de vedação entre os ambientes, contribuindo, dessa forma, para o

aproveitamento e ampliação do espaço construído, cujo intuito é compatibilizar ambientes de uma forma orgânica e integrativa.



Figura 5: (A) Elevação Frontal e (B) Perspectiva Isométrica Interna do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente.

Na Figura 5, pode-se observar o *Layout* do Espaço do Empreendedorismo. Com relação a mobília, propõe-se o emprego de materiais alternativos, de fácil obtenção e baixo custo, dentre os quais vale mencionar a madeira plástica que é fabricada mediante uso de matérias-primas recicláveis, como, resíduos plásticos que são processados e transformados em peças com aspecto semelhante ao da madeira natural.

Outro material que foi utilizado como mobiliário devido sua versatilidade e forma são os paletes que são estrados de madeira e possuem a função suporte de proteção para materiais de construção e de insumos diversos. Atualmente, os paletes tem sido considerado um elemento dinâmico com uma gama diversa de atribuições, por exemplo, na confecção de mesas, prateleiras, sofás e outros.

Pode-se observar ainda nas Figuras 6 (A) e 6 (B) que o Laboratório conta com um jardim de inverno, que além de servir como elemento estético, permite a entrada de luz no interior do edifício, propiciando aos usuários maior interação com o ecossistema nativo da região onde a edificação for alocada. Por exemplo, para locais que contemplam o bioma Mata Atlântica, pode-se considerar ipê-roxo, bromélias, begônias e orquídeas.



Figura 6: (A) e (B) Layout interno do Espaço do Empreendedorismo.

Outro importante espaço interno é a Sala de Convenções 360°, apresentado na Figura 7 (A) e 7 (B). Este espaço foi projetado para ser um ambiente dinâmico em termos estruturais, estéticos e funcionais e visa contribuir para o fomento de conversas e debates multidisciplinares da comunidade acadêmica, sendo, portanto, um ambiente físico que atue em prol da transformação humana e progresso do conhecimento.

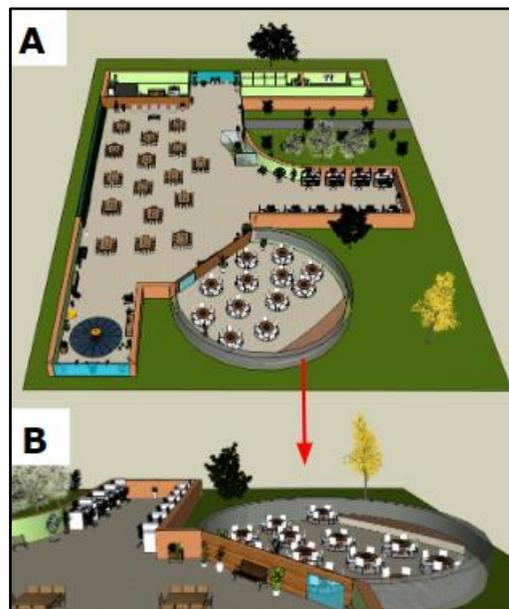


Figura 7: (A) Perspectiva isométrica do Laboratório Ecoeficiente e (B) Sala de Convenções 360° em destaque.

No espaço supramencionado, pretende-se que o usuário desfrute de uma experiência multis sensorial, uma vez que esses poderão vislumbrar a paisagem externa de diversos modos e ângulos, tendo, portanto, maior contato com a fauna e flora local. Ademais, pode-se dizer que esse ambiente conta com uma iluminação natural direta, permitindo, assim, uma redução mais efetiva no consumo de energia elétrica. Para a cúpula externa da sala de convenções, propõe-se o emprego do vidro fotovoltaico para integrar o sistema de geração de energia do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente.

Na Figura 8, é apresentado o Laboratório de Informática e Tecnologia, proposto para permitir o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas nas mais diversas áreas do conhecimento e para ser utilizado em aulas teórico-práticas. Espera-se que este sirva como um recurso de auxílio à docentes e discentes para o fortalecimento do processo de ensino-aprendizagem, além de proporcionar aos discentes um ambiente dinâmico e interativo.

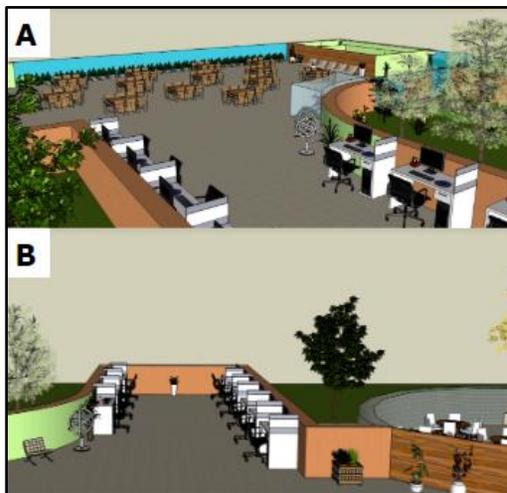


Figura 8: (A) Perspectiva isométrica e (B) Vista frontal do Espaço de Informática e Tecnologia.

O Espaço da Diversidade foi proposto para ser um ambiente dinâmico em termos estéticos e funcionais, contribuindo no fomento de debates nas mais diversas esferas do conhecimento, por exemplo, por meio de encontros técnico-científicos e manifestações socioculturais. As Figuras 9 (A) e 9 (B) apresentam, respectivamente, a elevação frontal e perspectiva isométrica do Espaço da Diversidade.



Figura 9: (A) Elevação frontal e (B) Perspectiva do Espaço da Diversidade.

Com intuito de ampliar os benefícios e em complemento com as soluções energéticas supracitadas, o projeto do Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente prevê um sistema de coleta e armazenamento de água pluvial apresentado na Figura 10. A água da chuva será coletada por canaletas e calhas dispostas nas laterais da edificação, bem como por uma torre de captação auxiliar, locada na área adjacente ao prédio.



Figura 10: Sistema de coleta pluvial.

O contingente hídrico captado passará por um tratamento prévio mediante uso de peneiras, filtros, separação gravitacional, além do emprego de uma solução química que seja capaz de inibir a proliferação de microorganismos e patógenos. Após o tratamento, a água seguirá para um compartimento localizado na base da torre de captação, onde será armazenada. A água pluvial captada pode ser utilizada em diversas atividades, por exemplo, na irrigação dos jardins, higienização dos ambientes internos e externos,

descarga de sanitários, dentre outros usos não potáveis.

4 Conclusões

A proposição de um Laboratório Multidisciplinar Ecoeficiente para ser implementado em instituições de ensino mostra-se como uma alternativa para promoção do desenvolvimento técnico-científico e cultural da comunidade acadêmica e da sociedade que ocupa tais espaços, com vistas em premissas de sustentabilidade ambiental. Tal modelo base pode ser aprimorado e adaptado para diferentes instituições do país, realizando-se ajustes quanto às particularidades locais, como relevo, clima e vegetação, e os anseios dos membros das instituições, incluindo corpo docente, técnico e estudantes.

Referências

- [1] QIN, Ji Ying; MA, He Hong. Ecological Environmental Pollution Caused by Construction Engineering in China and Relevant Energy-Saving and Cost-Reducing Measures. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 18, n. 2, p. 485-490, 2019.
- [2] KIOUPIS, D.; TSIVILIS, S.; KAKALI, G. Development of green building materials through alkali activation of industrial wastes and by-products. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 14, p. 27329-27336, 2018.
- [3] BRASIL. Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. 2001.
- [4] GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 3, p. 91-97, jul. 2000.
- [5] PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. A review on buildings energy consumption information. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 3, p. 394-398, jan. 2008.
- [6] ÜRGE-VORSATZ, D.; NOVIKOVA, A. Potentials and costs of carbon dioxide mitigation in the world's buildings. **Energy Policy**, v. 36, n. 2, p. 642-661, fev. 2008.
- [7] DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 3, p. 27-42, set. 2014.
- [8] SUN, C. et al. A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 23, n. 5, p. 764-779, 3 nov. 2015.
- [9] UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. **Edificio Lucia**. Disponível em: <<http://edificio-lucia.blogspot.com/>>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- [10] ENGIE. **Follow Energy: Gerenciamento e controle em qualquer lugar**. Disponível em: <<https://www.engie.com.br/para-sua-empresa/gerenciamento-de-energia/>>. Acesso em: 1 jun. 2020.
- [11] GBC BRASIL. **Compreenda o LEED**. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2020.
- [12] GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- [13] GOOGLE. **SketchUp for Schools**. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/>>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- [14] PHILLIPS, Peter L. **Briefing: a gestão do projeto de design**. Editora Blucher, 2017.
- [15] DIAS, Glauca Soldati; SANTOS, Ivan Mota. Criação de um Mapa Tátil através da Tecnologia Assistiva: mais Acessibilidade aos Deficientes Visuais com a utilização da Impressão 3D. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E

DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 12., dez. 2016, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: Blucher, 2016.

[17] CALADO, Isabel Almeida; BEZERRA, Riphate Pinheiro; CLEMENTINO, Thamyres Oliveira; FRANÇA, Marconi Luiz; Design e Logística Reversa na Empresa de Móveis Planejados aiam. *in*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 12., dez. 2016, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: Blucher, 2016.

[17] SILVA, W. C. DA; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. DE. Resíduos sólidos de construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286, 1 ago. 2017.

[18] FERREIRA, A. et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 181-191, jan. 2018.