ENSINO DE CONFORTO AMBIENTAL: EXPERIÊNCIAS DIDÁTICO - PEDAGÓGICAS NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UFS

Italo César Montalvão Guedes (1); Pedro Vitor Sousa Ribeiro (2)
(1) Dr., Prof. italomontalvao@academico.ufs.br, Dep. de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Sergipe, Pr. Samuel de Oliveira, 1 - Centro, Laranjeiras - SE, CEP 04917-000.
(2) Dr., Prof., pedrovsribeiro@academico.ufs.br, Dep. de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Sergipe, Pr. Samuel de Oliveira, 1 - Centro, Laranjeiras - SE, CEP 04917-000.

RESUMO
Este artigo relata experiências de ensino de conforto ambiental no âmbito do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Sergipe. As experiências trazidas abrangem disciplinas teóricas e práticas, como 'Conforto Ambiental – 2019.2 e 2020.2', 'Tópicos Especiais em Conforto Ambiental – 2019.4' e 'Laboratório de Conforto Ambiental – 2021.2'. Esse recorte contempla, como 'pano de fundo', os desafios didático-pedagógicos enfrentados pela comunidade acadêmica na pandemia da COVID-19 em diferentes contextos de restrições vivenciados pela universidade. O artigo inicia com breve contextualização sobre tendências de ensino e informações do Projeto Político Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFS quanto à matéria de ensino 'Conforto Ambiental'. Nos resultados e discussões, são apresentadas as disciplinas, descrevendo suas abordagens metodológicas e formas de avaliação. Os produtos e relatos de alunos das experiências vivenciadas são discorridos na sequência. Compreende-se que os resultados alcançados das metodologias de ensino relatadas foram satisfatórios, uma vez que possibilitaram a construção do conhecimento através de exercícios envolvendo situações – problema possíveis no cotidiano do arquiteto e urbanista. Espera-se que o artigo contribua para área de conforto ambiental com a socialização de práticas de ensino a fim de incentivar debates e reflexões sobre o ensino e aprendizagem na arquitetura e urbanismo.

Palavras-chave: ensino de conforto ambiental, situação – problema, experimentos de medição e simulação.

ABSTRACT
This paper reports experiences in teaching environmental comfort within the faculty of architecture and urbanism at Federal University of Sergipe. The experiences approached here involves theoretical and practical disciplines, such as 'Conforto Ambiental – 2019.2 and 2020.2', 'Tópicos Especiais em Conforto Ambiental – 2019.4' and 'Laboratório de Conforto Ambiental – 2021.2'. This time window contemplates, as 'background', the didactic-pedagogical challenges faced by the academic community during the pandemic period of COVID-19 in different contexts of constraints experienced by university. The paper begins with a brief contextualization on teaching trends and information on the Political Pedagogical Project of the Architecture and Urbanism School at UFS regarding the teaching subject 'Conforto Ambiental'. In the results and discussions, the subjects are presented, describing their methodological approaches and forms of evaluation. Afterwards, the products and students' reports of the experiences are discussed. The results achieved through the reported teaching methodologies were satisfactory, since they allowed the construction of knowledge through exercises involving possible problem situations of the architect and urban planner. We hoped that this paper contributes to the area of environmental comfort with the socialization of teaching practices in order to encourage debate and reflection on teaching and learning in architecture and urbanism.

Keywords: environmental comfort teaching, problem situations, measurement and simulation experiments.

1. INTRODUÇÃO

O uso de novas abordagens pedagógicas no ensino de conforto ambiental e eficiência energética é uma tendência observada em várias universidades. O campo do desenvolvimento de métodos educacionais vem crescendo e criando possibilidades. Nesse contexto, a literatura ainda não é abundante no que tange às ciências sociais aplicadas, o que torna a discussão sobre o tema ainda mais relevante e incentiva a elevar a qualidade do ensino e da didática em sala de aula (TRUJILLO, 2020).

É importante que os conceitos de conforto estejam presentes durante todo o processo de projeto, inclusive na academia, com enfoque em aulas teóricas e práticas. Todas as áreas do conforto devem ser tratadas de forma integrada, a fim de que as discussões possam enriquecer a experiência de projeto (MÜLFARTH, 2018). O uso de abordagens computacionais, como a simulação, no ensino de conforto ambiental, permite superar algumas dificuldades dos alunos quanto à aplicação dos conceitos teóricos na materialidade da edificação. O uso de situações reais, e por consequência de limitações naturais de projeto, permite o desenvolvimento do processo criativo, estimulando o aluno a empenhar-se em obter uma solução adequada à problemática que se apresenta (KOWALTOWSKI et al., 2007).

Por outro lado, sabe-se que a educação formal abrange três principais elementos: o currículo, o ensino e a avaliação. O processo de educação tem focado no currículo e na avaliação, o que representa uma inversão de prioridades, segundo Robinson (2019). Nesse sentido, o mesmo autor destaca que "[...] Não importa o quão detalhado seja o currículo ou quão caros sejam os testes; a verdadeira chave para transformar a educação é a qualidade do ensino. Mais do que o tamanho das turmas, a classe social dos alunos, o ambiente físico e outros fatores, o centro da melhora educacional é motivar os alunos a aprender [...]" (ROBINSON, 2019, p. 94).

Face a essa reflexão, pergunta-se: quais estratégias de ensino poderiam ser adotadas hoje em dia para motivar os alunos a aprender? Mais recentemente, a comunidade científica internacional tem se debruçado sobre o processo de ensino – aprendizagem. No entanto, ao olhar para o contexto da educação brasileira, Fredic M. Litto, professor emérito da USP, alerta para a vasta lacuna existente entre as discussões brasileiras sobre aprendizagem e a literatura internacional recente, citando que "[...] o típico educador brasileiro, de qualquer nível de ensino, desconhece a terminologia e as principais correntes de pedagogia e didáticas modernas." (FILATRO; CAVALCANTI, 2018, p. 9).

Nesta perspectiva, Filatro e Cavalcanti (2018), Robinson (2019) e Amorim e Braga (2020) exploram em seus trabalhos essa relevante questão. Filatro e Cavalcanti (2018) agruparam diversas abordagens e inovações para o processo de ensino – aprendizagem em quatro principais metodologias: ativas, ágeis, imersivas e analíticas. Segundo Filatro e Cavalcanti (2018), as metodologias ativas são dependentes da atuação humana (professores, alunos, especialistas e representantes da comunidade). Já as demais metodologias são mais dependentes das mídias e tecnologias. Em linhas gerais, as metodologias ativas representam uma 'inovação incremental', que pode ser inserida em contexto escolar-universitário, preservando-se a organização clássica de ensino das instituições (FILATRO; CAVALCANTI, 2018).

As metodologias ativas são uma ferramenta nova, que vem sendo implementada em diversos cursos, especialmente, nas áreas de saúde. Um exemplo de fácil inserção na educação tradicional é o aprendizado baseado em problemas (ABP). Esta metodologia confere ao discente melhor percepção das problemáticas inerentes à sua vida profissional e melhores respostas frente a elas. Oportunizar ao aluno a interação direta com a situação-problema faz com que o processo de aprendizagem se adeque mais às particularidades de cada indivíduo, pois explora a multiplicidade de possibilidades de solução de um problema. Assim, cada discente "poderá interagir com a situação posta de maneira pessoal, utilizando-se de várias formas de aprendizagem, que se complementam e se integram na proposta da disciplina." (AMORIM; BRAGA, 2020).

Contudo, a maioria dos cursos de graduação no Brasil se mostra alheia a essas novas abordagens metodológicas de ensino – aprendizagem, aplicando ainda a forma tradicional. O desenvolvimento de estratégias e o compartilhamento de novas experiências são contribuições para a educação em todos os níveis, inclusive no ensino superior, o que refletirá na formação de profissionais mais preparados, resilientes e alinhados às transformações socioculturais, ambientais e tecnológicas em curso nas sociedades atuais e futuras.

Iniciativas didático-pedagógicas através de inovações metodológicas de ensino, tais como: aplicação de ferramentas computacionais, sala de aula invertida, ateliê integrado, autonomia acadêmica, são alternativas de revisão do *modus operandi* no ensino tradicional em arquitetura e urbanismo, especialmente, nas áreas de projeto arquitetônico, conforto ambiental e sustentabilidade do ambiente construído (AMORIM *et al.,* 2022). A partir dos trabalhos mostrados em Amorim *et al.* (2022), ainda não existe consenso em termos metodológicos para o ensino de conforto ambiental, lacuna que deve ser preenchida com debates e reflexões sobre ensino e pesquisa na arquitetura e urbanismo. Com este foco, o presente artigo busca contribuir, socializando experiências recentes no ensino de conforto ambiental no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFS.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do artigo é discorrer sobre um recorte de experiências didático-pedagógicas vivenciadas no ensino de conforto ambiental no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

3. MÉTODO

Para alcançar o objetivo geral foram desenvolvidas as seguintes etapas: A. Levantamento bibliográfico; B. Coleta de dados sobre o Projeto Político do Curso (PPC) de Arquitetura e Urbanismo da UFS e a matéria de ensino 'Conforto Ambiental' e C. Resultados e discussões, contendo descrições das disciplinas de Conforto Ambiental – 2019.2 e 2020.2, Tópicos Especiais em Conforto Ambiental – 2019.4 e Laboratório de Conforto Ambiental – 2021.2, bem como os resultados obtidos com aplicação da abordagem didático-pedagógica e relatos de alunos sobre as experiências vivenciadas.

Na etapa A, realizou-se breve levantamento bibliográfico sobre o ensino de conforto ambiental, especialmente, quanto as inovações e tendências. Na etapa B, levantou-se informações sobre o Projeto Político Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFS e a forma como a matéria de ensino 'Conforto Ambiental' é contemplada. Na etapa C, realizou-se uma descrição geral das disciplinas objeto deste artigo, trazendo informações dos seus planos de ensino, explorando suas experiências didático-pedagógicas.

4. A MATÉRIA DE ENSINO 'CONFORTO AMBIENTAL' E O PPC DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UFS

O curso de bacharelado em Arquitetura e Urbanismo da UFS foi criado em 2007, com a implantação do *Campus* de Laranjeiras (CampusLAR), abrigado no antigo 'Quarteirão dos Trapiches" no município de Laranjeiras - Sergipe, que foi requalificado através do PROGRAMA MONUMENTA (Ministério da Cultura - MinC) com apoio do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Em 2010, o Projeto Político Pedagógico (PPC) da época da criação do curso passou por reformulação para atualização às Novas Diretrizes Curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação (MEC) (DA SILVA, NOGUEIRA, 2012).

O curso de Arquitetura e Urbanismo da UFS possui carga horária total de 3.960 horas, distribuída em 10 períodos letivos e tempo de integralização mínimo de 5 anos. A estrutura curricular contempla os núcleos de Conhecimentos de Fundamentação; de Conhecimentos Profissionais; e de Estágio Obrigatório e Trabalho de Conclusão de Curso (UFS, 2010a). Dentre os objetivos específicos elencados no PPC, "buscar e preservar a qualidade de vida dos habitantes dos assentamentos humanos e a qualidade material do ambiente construído e sua durabilidade" e "buscar e preservar o equilíbrio ecológico e o desenvolvimento sustentável do ambiente natural e construído" estão diretamente relacionados com a área de conforto ambiental, que por sua vez, visa oferecer aos discentes, entre outras habilidades e competências para o exercício profissional com qualidade, "o entendimento das condições climáticas, acústicas, lumínicas e energéticas e o domínio das técnicas apropriadas a elas associadas" (UFS, 2010a, p.2).

O PPC contempla a matéria de ensino 'Conforto ambiental', que faz parte do Núcleo de Conhecimentos Profissionais. Segundo a resolução Nº 49/2010/CONEPE (UFS, 2010b), as disciplinas obrigatórias desta matéria de ensino são 'Conforto Ambiental' e 'Laboratório de Conforto Ambiental', e a optativa, 'Tópicos Especiais em Conforto Ambiental'. Ressalta-se que no PPC ainda consta a disciplina de 'Ergonomia', entretanto vinculada à matéria de ensino 'Desenho e Representação'. O Quadro 1 mostra as ementas das disciplinas da matéria de ensino 'Conforto ambiental'.

Quadro 1 – Ementas das disciplinas referentes à matéria de ensino 'Conforto Ambiental', extraídas da Resolução Nº 49/2010/CONEPE (UFS, 2010b).

Conforto Ambiental - Nº de créditos: 04, carga horária: 60 h, sem pré-requisito. Ementa: Conceito de conforto ambiental. Condicionantes fisiológicas e ambientais do projeto arquitetônico e urbanístico. Aspectos bioclimáticos e de controle ambiental. Tecnologias bioclimáticas para o controle acústico, luminoso e térmico da edificação, por vias passivas e ativas, com enfoque ecológico e da conservação de energia.
Laboratório de Conforto Ambiental - Nº de créditos: 02, carga horária: 30 h, sem pré-requisito. Ementa: Instrumentação e aplicação dos conhecimentos básicos relativos às diversas áreas do Conforto no Ambiente Construído, com a apreensão das técnicas de controle ambiental, através de experimentos, estudos práticos e pesquisa envolvendo condições de temperatura, ventilação, insolação, iluminação e acústica, capazes de afetar o ambiente natural, urbano e edificado.
Tópicos Especiais em Conforto Ambiental - Nº de créditos: 02, carga horária: 30h, pré-requisito: CONFORTO AMBIENTAL. Ementa: A fixar

As ementas de 'Conforto Ambiental' e 'Laboratório de Conforto Ambiental' englobam as subáreas, acústica, lumínica e térmica, nas escalas do edifício e da cidade com carga horária total de seis créditos. Isto

representa uma primeira limitação desta matéria de ensino, face a sua carga horária reduzida. Tal limitação evidencia a necessidade de estratégias metodológicas que possibilitem a otimização no processo de ensino. Outro aspecto limitante está na própria estrutura curricular tradicional, em que os conteúdos específicos, normalmente, são abordados dentro das suas respectivas disciplinas. Ou seja, a estrutura em si não favorece, a princípio, a necessária integração entre conteúdos de conforto ambiental e projeto arquitetônico, por exemplo. Ressalta-se que esta limitação não é exclusiva do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFS dentro da realidade brasileira, portanto, um desafio a ser enfrentado e superado, pois a formação do arquiteto e urbanista deve ser generalista, necessitando da conexão e integração das diferentes áreas do conhecimento para aplicação no planejamento dos espaços edificados e urbanos.

A oferta padrão das disciplinas obrigatórias da matéria de ensino 'Conforto Ambiental' ocorre no 4º semestre letivo, sendo uma turma, com 50 alunos para a disciplina teórica, e duas turmas, com 25 alunos para a disciplina prática. Em geral, a disciplina teórica tem sido ministrada em salas de aula tradicionais e a disciplina prática é desenvolvida no Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON) ou em campo. O LABCON, criado em 2009, objetiva apoiar atividades de ensino, pesquisa e extensão relativas às diversas áreas do conforto no ambiente construído, dando suporte instrumental aos experimentos e estudos práticos. Entretanto, salienta-se que uma dificuldade enfrentada na disciplina prática é a falta de serviço de manutenção dos equipamentos disponíveis, além da carência de *softwares* específicos das subáreas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentadas as disciplinas, 'Conforto Ambiental – 2019.2 e 2020.2', lecionadas pelos autores deste artigo, de 'Tópicos Especiais de Conforto Ambiental – 2019.4', ofertada em período especial pelo Prof. Pedro Ribeiro e 'Laboratório de Conforto Ambiental' – 2021.2', que por sua vez, foi ofertada pelo Prof. Italo Montalvão. Tais disciplinas são o recorte estabelecido para discorrer sobre experiências didático-pedagógicas. A disciplina de 'Conforto Ambiental' foi ofertada em 2019.2 e 2020.2 com abordagens metodológicas distintas, sendo uma das motivações para elaboração deste artigo.

No período 2019.2, a disciplina 'Conforto Ambiental' foi conduzida a partir de um plano, cujo conteúdo foi distribuído em unidade I – Conforto acústico, unidade II – Conforto luminoso e unidade III – Seminários em conforto ambiental. Nas unidades I e II, a disciplina se desenvolveu de forma tradicional com aulas expositivas e avaliações baseadas em prova contextualizada de conhecimento teórico/prático e lista de exercícios. Na unidade III, a estratégia dos seminários visou a consolidação dos conhecimentos adquiridos nas unidades anteriores e apresentação dos conceitos de conforto térmico. Tal medida foi uma tentativa de sair do ensino tradicional e buscar, na medida do possível, contornar o problema da carga horária reduzida para a exploração de todo o conteúdo da disciplina. Nesta etapa, houve sorteio de temas específicos entre as equipes, tais como: 'Conceito e avaliação de conforto térmico no ambiente construído'; 'Conforto e Clima - Projeto bioclimático em arquitetura'; 'Tipologia do clima em zonas tropicais. Tipologia climática do Brasil. Clima local. Clima urbano'; 'O cânion urbano e o clima da cidade'; 'Eficiência energética nas edificações'; 'Iluminação dirigida. Efeitos de luz. Cor e sua influência na percepção do espaço'; 'Novas ferramentas para avaliação do conforto ambiental (acústico, lumínico e térmico)'; 'Os efeitos biológicos das variáveis ambientais (som, luz e temperatura, etc.) no ser humano'; 'Acústica urbana' e 'Sistemas avançados em iluminação natural'. A avaliação da unidade III consistiu na apresentação oral dos seminários e entrega de parte escrita do tema pesquisado. Por fim, cabe dizer que a disciplina iniciou com aulas presenciais e finalizou de forma remota, face à suspensão das atividades acadêmicas presenciais por conta da pandemia.

No semestre letivo especial – 2019.4, a disciplina de 'Tópicos Especiais em Conforto Ambiental', ministrada ainda no formato remoto, abordou o tema 'Geometria Solar'. Esta disciplina explorou o conteúdo teórico previamente apresentado, através de exercícios práticos com foco em uma situação – problema. Na fase de matrícula foram oferecidas 15 vagas, ampliadas para 22, devido à demanda dos alunos. A parte inicial foi teórica, com inserção de conteúdo específico do tema não aprofundado na disciplina obrigatória de 'Conforto Ambiental', ofertada em 2019.2. Em seguida, abordou-se o assunto de projeção de sombras, insolação de fachadas e dimensionamento de protetores solares, informações corroboradas pelo relato a seguir.

> Após cursar as disciplinas de Conforto Ambiental e Laboratório de Conforto Ambiental despertei meu interesse sobre a área e acabei decidindo cursar a optativa de Tópicos Especiais em Conforto Ambiental. Durante a disciplina aprendi tópicos que tinham sido abordados de modo superficial nas disciplinas obrigatórias do curso. No decorrer da disciplina aprendi a dimensionar proteções solares adequadas para as características do local da edificação. [...] (Discente A).

O método clássico de dimensionamento, com medições a partir da carta solar e transferidor, foi objeto de estudo. Entretanto, optou-se por desenvolver o objeto final da disciplina com uso de *softwares* de acesso livre. Para este fim, os alunos puderam aplicar o *Analysis* Sol-Ar 6.2 (LABEEE, 2023) ou o *TropMask* 6 (GRILU, 2023). Ambos os *softwares* abordam o cálculo da insolação em fachadas e permitem determinar os ângulos de proteção solar. A Figura 1 mostra as interfaces do *Sol-Ar* 6.2 e *TropMask* 6.

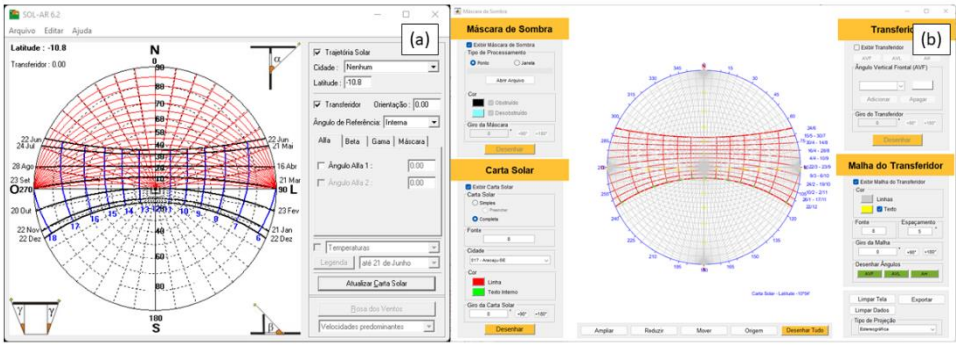


Figura 1 - Interfaces dos *softwares* (a) *Sol-AR* 6.2 (LABEEE, 2023) e (b) *TropMask* 6 (GRILU, 2023).

A avaliação consistiu em dimensionar os protetores solares em uma situação-problema pré-definida para a turma, cujo projeto – base foi uma residência unifamiliar de dois pavimentos, com 290 m² de área construída, contendo aberturas em todas as orientações de fachada. Os alunos tiveram que considerar o entorno edificado e a vegetação dentro do terreno. Interessante notar que os grupos adotaram soluções diferentes de proteção solar, como brises, pérgulas, prateleiras de luz, elementos mistos e vegetação junto à abertura. Os trabalhos foram compartilhados com os colegas a fim de gerar discussão acerca das soluções. Deve-se pontuar ainda que o uso desse tipo de exercício permitiu ao aluno avaliar certas situações em que a materialização da solução encontrada a torna inexequível, como marquises de grandes dimensões. A Figura 2 ilustra alguns dos produtos desenvolvidos na disciplina.

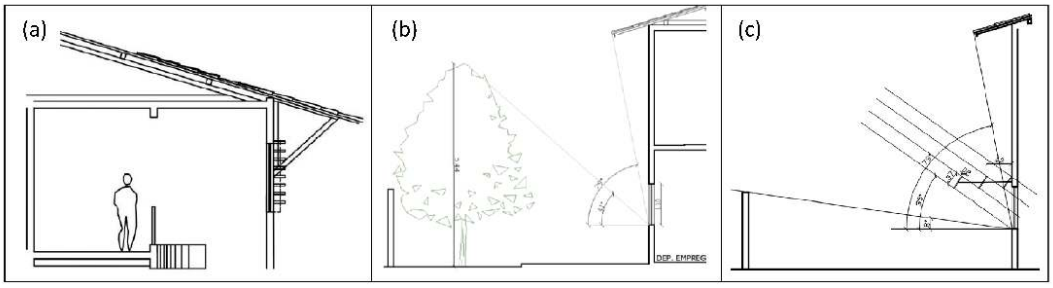


Figura 2 - Multiplicidade de propostas, como brises (a), vegetação (b) e elementos mistos (c), para a mesma situação-problema.

As experiências em ‘Conforto Ambiental – 2019.2’ e ‘Tópicos Especiais em Conforto Ambiental – 2019.4’ levaram aos professores à revisão da abordagem metodológica para ‘Conforto Ambiental – 2020.2’. Nesta nova proposta, foram considerados exercícios baseados em situações-problema para construção e consolidação dos conhecimentos. A hipótese era de que a substituição das listas de exercícios e provas adotadas na oferta anterior por atividades que refletissem situações-problema despertaria maior interesse aos alunos e traria melhor relação de ensino-aprendizagem.

Portanto, a disciplina ‘Conforto Ambiental’, ofertada em 2020.2, trouxe em seu plano de curso a ideia das atividades baseadas em situações – problema, na tentativa de ampliar o papel central do aluno no desenvolvimento das atividades propostas. Acompanhando algumas tendências de ensino de conforto ambiental observadas na literatura, a disciplina envolveu atividades que pudessem ser usadas ferramentas computacionais (*softwares* específicos de acesso livre) para auxílio nas tomadas de decisão. Devido à situação de pandemia, a disciplina ocorreu de forma remota, sendo mais um desafio didático-pedagógico enfrentado.

A metodologia se apoiou em aulas teóricas expositivas, seminários e videoconferências sobre temas específicos com uso de ferramentas de ensino remoto do GSUITE (*Google meet e Google Classroom*). A complementação do conteúdo trabalhado nas aulas síncronas e assíncronas foi feita com aplicação de atividades, como resenha crítica de vídeo, listas e exercícios para solução de situações – problema. O plano de curso manteve a distribuição do conteúdo em três unidades, semelhante ao período 2019.2. A disciplina iniciou com uma aula sobre aspectos gerais de conforto ambiental, permeando conceitos das três áreas e seguiu com

apresentação de conceitos específicos. A unidade I abordou iluminação artificial e natural, a unidade II, acústica arquitetônica e urbana e na unidade III foram propostos seminários de conforto ambiental com temas diversos. A seguir serão detalhadas as atividades de situação-problema desenvolvidas na disciplina.

A atividade 1, 'Estudo de situação - problema aplicado à iluminação artificial e natural' teve como objetivo avaliar as soluções propostas pelos discentes frente à uma situação-problema apresentada. Os trabalhos foram feitos em dupla e cada equipe recebeu uma situação-problema diferente. Para que isso fosse possível, foram elencadas características fixas e variáveis, de forma a combinar cenários possíveis. Para as características fixas, foi definido que o ambiente de estudo possuía dimensões de 6,00 x 7,00 x 3,00 m (L x C x A), com janela centralizada no menor lado, com 1,10 m de altura e 1,00 m de peitoril. Foram definidas também as refletâncias das superfícies internas. Já as características variáveis foram agrupadas por uso do ambiente, entorno, cidade e orientação, conforme Figura 3.

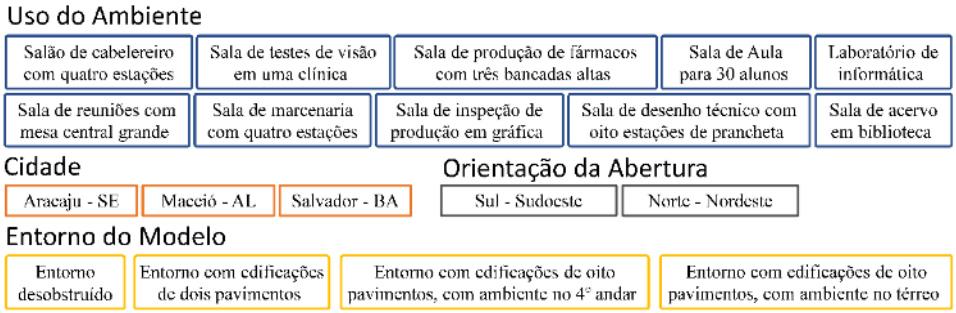


Figura 3 - Variáveis utilizadas no desenvolvimento da situação-problema para a unidade de conforto luminoso.

O entorno foi a única característica que todos os grupos estudaram as quatro possibilidades, para as demais, cada um recebeu uma combinação definida em sorteio. As variações de uso do ambiente buscaram explorar a capacidade de pensar o *layout* em função da disponibilidade e distribuição de luz, a fim de subsidiar a meta de iluminância do projeto luminotécnico. As variações de entorno do modelo, da orientação da abertura e da cidade foram objeto de estudo da iluminação natural para obter o dimensionamento adequado dos protetores solares. Destaca-se que a definição do uso do ambiente permitiu que os discentes determinassem os horários de ocupação do espaço e àqueles necessários para proteção da radiação solar direta.

O produto final da unidade consistiu em um memorial escrito baseado em um roteiro de perguntas. Para a iluminação artificial, a dupla elaborou um projeto luminotécnico no ambiente designado para determinação das iluminações geral e específica, com base no método das eficiências, usando a planilha de cálculo disponível em Osram (2008). As metas de iluminância e demais características de iluminação foram obtidas da NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Na apresentação dos resultados, os discentes discorreram sobre as seguintes questões: Qual a melhor disposição dos móveis para a situação de edificação/entorno existente? A quantidade de usuários/estações de trabalho é a recomendada para as dimensões do ambiente? A altura do ambiente é adequada para a iluminação artificial que se deseja utilizar? Qual a iluminância mínima no plano de trabalho necessária para essa atividade? Quais as características da iluminação, como temperatura de cor e IRC, mínimos/ideais para o uso do ambiente? Será necessária a utilização de iluminação dirigida? As características de cor das superfícies do ambiente são adequadas?

Para o estudo da iluminação natural, cada equipe propôs uma solução de protetor solar para a situação analisada, que atendesse aos requisitos de horário de uso do ambiente, cidade de estudo, orientação e entorno. A proteção solar poderia ser qualquer tipo de elemento externo, fixo ou móvel incorporado ou não à fachada. Para o dimensionamento desse elemento foi utilizado o *software TropMask* 6 (GRILU, 2023). A fim de facilitar o trabalho, dado o curto espaço de tempo da unidade, cada equipe recebeu o entorno modelado com as características necessárias para o estudo, ficando a cargo dos alunos apenas a modelagem das soluções de protetor solar. Na apresentação dos resultados, os alunos responderam as seguintes perguntas: Qual das duas orientações estudadas favorece o uso de protetores solares na fachada? Quais os horários de uso do ambiente? São os mesmos horários em que é preciso protegê-lo? As dimensões/posicionamento da abertura são adequadas para o ambiente? Quais os potenciais riscos de ofuscamento, horários e causas? O entorno favorece a proteção solar? As cores das superfícies do ambiente são adequadas? Ao fim do processo, foi pedido um memorial descritivo e de cálculo, com os dimensionamentos da iluminação natural e artificial e as respostas às questões apresentadas. Junto ao memorial deveriam constar as plantas baixas e corte com a solução escolhida para cada combinação de orientação e entorno, os arquivos do estudo no *TropMask*, as tabelas de dimensionamento luminotécnico, as plantas, com a disposição das luminárias em cada solução e um vídeo explicativo (entre 5 e

8 minutos). Ressalta-se que o roteiro desta atividade foi entregue no início da unidade e seu desenvolvimento foi intercalado com aulas síncronas/assíncronas e tutoriais em vídeo sobre o uso do *software* de simulação.

Iniciando a segunda unidade, a atividade 2 'Estudo de situação – problema aplicado à acústica arquitetônica e urbana' foi apresentada, contemplando três situações-problema. Na primeira situação – problema, realizou-se estimativa e avaliação do nível de pressão sonora em fachada de uma edificação (escola), inserida em área urbana com certo tipo de uso e ocupação do solo. Na segunda situação, os alunos avaliaram o isolamento acústico desta fachada, sendo constituída por parede de alvenaria e janelas. Esta fachada separava o ambiente interno estudado na terceira situação-problema e o ambiente externo da escola. Na terceira situação - problema, avaliou-se o condicionamento acústico de um ambiente interno com uso específico, sendo pedido o desenvolvimento de propostas para adequação do tempo de reverberação. Semelhante à atividade 1, os trabalhos foram feitos em duplas, que estudaram diferentes situações-problema com a combinação definida por sorteio das variáveis mostradas na Figura 4.

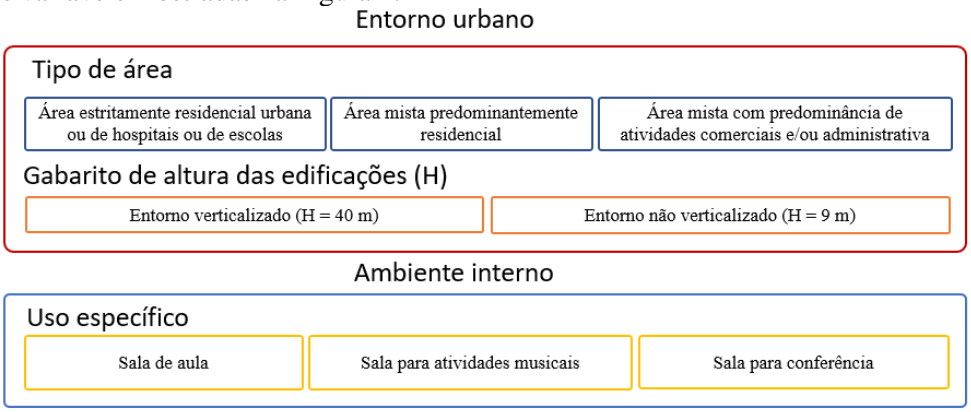
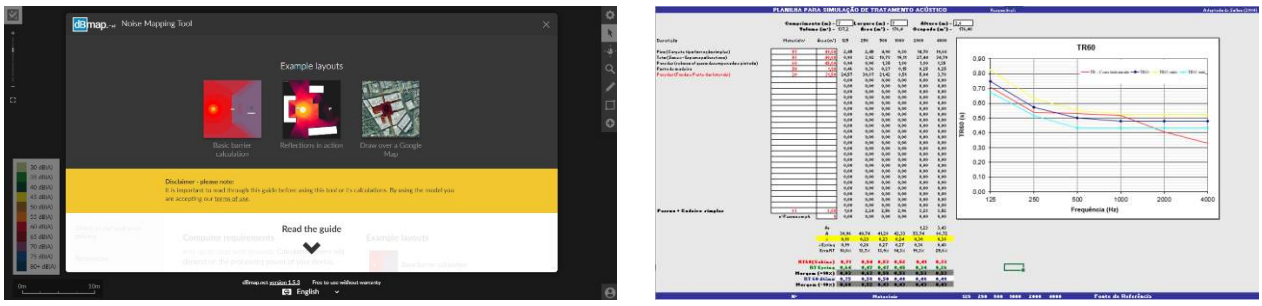


Figura 4 - Variáveis utilizadas no desenvolvimento da situação-problema para a unidade de conforto acústico.

Na primeira situação - problema, as equipes usaram o aplicativo *dBmap Noise Mapping Tool*, ferramenta para simulação de propagação sonora ao ar livre (Figura 5a). Esse aplicativo faz os cálculos com base na ISO-9613 (ISO, 1996). Com o *dBmap*, foram feitas estimativas do nível de pressão sonora na fachada em estudo, considerando as principais fontes de ruído no entorno urbano: um equipamento (fonte pontual) existente no lote da edificação oposta à escola (objeto de estudo) e o tráfego veicular da rua que margeia a sua fachada principal (fonte linear). As análises contemplaram três casos: CASO A (fonte de ruído linear ativa); CASO B (fonte de ruído pontual ativa) e CASO C (ambas as fontes de ruído ativas). O aplicativo possibilitou a criação de mapas acústicos no plano horizontal (altura de 1,5m em relação ao solo), contribuindo para a visualização da distribuição do ruído no entorno da edificação.



(a) (b)

Figura 5 – Interfaces das ferramentas computacionais aplicadas: a) *dBmap Noise Mapping Tool*, disponível em: https://noisetools.net/dbmap e b) Planilha Excel para cálculo do tempo de reverberação (TR), adaptado de Sólon (2006).

Nesta situação – problema, os alunos estudaram o tema 'Acústica urbana', compreendendo a diferença entre fontes de ruído pontual e linear, fatores que influenciam à propagação sonora ao ar livre, conceito de mapa acústico e seu papel na avaliação e controle de ruído urbano, seja na fonte, na trajetória ou no receptor, além de conhecer normas – por exemplo, NBR 10.151 (ABNT, 2019). A aproximação do graduando com ferramentas de simulação, além de ajudar na compreensão do conteúdo, oportuniza e desperta o interesse pelo tema em atividades futuras de ensino e pesquisa, como retratado nos relatos a seguir.

> A metodologia utilizada na disciplina de conforto ambiental 2020.2 não deixou a desejar, mesmo diante da pandemia e o sistema online. [...] Em muitas ocasiões, por ser necessário a

> utilização de cálculos e *software* específicos, os professores abordavam durante a aula e também nas assessorias, facilitando a compressão de como obter os dados e entendê-los. Assim, a disciplina impulsionou a curiosidade para as próximas que viriam e envolviam conforto, além de auxiliar para melhor desenvolvimento de projetos. (Discente B).
>
> [...] Em relação ao ensino da matéria de Conforto Ambiental os professores conseguiram adaptar ao formato EAD de forma efetiva, disponibilizaram materiais textuais e aulas gravadas para auxiliar no estudo [...] as matérias despertaram bastante interesse na área, sendo fator para ter entrado no grupo de pesquisa de Conforto Ambiental [...] (Discente C).

Na segunda situação – problema, os alunos fizeram análises de isolamento acústico, com o cálculo da perda de transmissão sonora da fachada estudada na primeira situação – problema. Para tanto, considerou-se uma partição de superfície composta, formada por parede simples com 25 cm de espessura e material de densidade igual a 600kg/m^3, com janelas de vidro simples (6 mm) com boa vedação. A perda de transmissão sonora da janela à 500 Hz foi de 27 dB. Em seguida, avaliaram se a redução sonora devido à fachada satisfaz ao uso do ambiente interno, segundo a NBR 10.152 (ABNT, 2017), apresentando propostas para adequação acústica, quando necessário. Com isso, os alunos tiveram a oportunidade de vivenciar um exemplo de avaliação do isolamento acústico de fachada, situação possível na prática do profissional arquiteto e urbanista. Neste contexto de resolução de problema, a compreensão da teoria sobre isolamento acústico se tornou mais 'palatável' que a adoção de listas ou provas com aplicação de equações diversas.

Na terceira situação-problema, estudou-se o condicionamento acústico de uma sala com uso definido por sorteio. Após a compreensão dos fenômenos e parâmetros envolvidos, os alunos estimaram o tempo de reverberação (TR), percebendo a influência do volume e da absorção sonora das superfícies internas e mobiliário neste parâmetro. Para tanto, adotou-se a planilha eletrônica desenvolvida por Sólon (2006) (Figura 5b). Em seguida, analisaram se o TR da sala atendia ao tempo ótimo de reverberação (TRo). Para este fim, os alunos adotaram a NBR 12.179 (ABNT, 1992) e gráfico de fator de correção do TRo em 500 Hz por frequência (CARVALHO, 2010). Quando o TR estimado não atendia ao TRo, foram propostas adequações acústicas nas frequências relevantes para o uso da sala. Ao fim do processo, as duplas entregaram um memorial descritivo e memória de cálculo, com inserção de mapas acústicos, *link* para visualização da modelagem feita por eles no *dBmap*, plantas baixas, cortes e/ou 3D com as soluções acústicas, arquivos da planilha eletrônica para cálculo de TR e vídeo explicativo. O roteiro da atividade foi entregue no início da unidade e o desenvolvimento foi intercalado com aulas síncronas/assíncronas e tutoriais em vídeo para o uso do *software* de simulação.

Na última unidade houve os seminários sobre temas diversos, como: 'Conceito e avaliação de conforto térmico no ambiente construído', 'Estratégias arquitetônicas para promoção da ventilação natural em edificações', 'Paisagem sonora urbana', 'Os efeitos biológicos das variáveis ambientais no ser humano: som, luz e temperatura', 'Avaliação de conforto ambiental em habitação de interesse social: estudos de caso', etc. Os trabalhos foram desenvolvidos em equipe, com entrega de material infográfico e vídeo explicativo (15min ± 5 min). As Figuras 6a e 6b mostram produtos desenvolvidos em 'Conforto ambiental – 2020.2'.

No período 2021.2, a disciplina 'Laboratório de Conforto Ambiental' adotou atividades baseadas em problema com avaliações acústicas, térmicas e lumínicas de salas de aula do CampusLAR. As avaliações acústicas se basearam em medições de níveis de pressão sonora externas e internas, e obtenção de TR das respostas impulsivas gravadas *in loco*. As normas adotadas foram: NBR 10.151 (ABNT, 2019), NBR 10.152 (ABNT, 2017), NBR ISO 3.382-2 (ABNT, 2017) e NBR 12.179 (ABNT, 1992). Nas avaliações térmicas, adotou-se o método de FANGER (ISO, 2005) e o *software Analysis* CST (LABEEE, 2023) e as avaliações lumínicas basearam-se na iluminância média e no grau de uniformidade (obtidos das medições lumínicas), e na NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Na avaliação lumínica, os alunos criaram curvas de ISOLUX com SURFER®, versão *free trial* (GOLDEN SOFTWARE, 2023), para visualização da distribuição da luz no ambiente. O método avaliativo da disciplina baseou-se em elaboração de relatórios, artigo científico e seminários. A Figura 6c mostra produtos de uma das equipes da disciplina.

Compreende-se que a inserção da ABP trouxe ganhos ao ensino-aprendizado, como se ver nos relatos:

> As aulas de conforto ambiental na modalidade remota, foram lecionadas com teoria atrelada a um trabalho prático e digital, envolvendo *softwares* de modelagem 3D [...], acredito que esta didática colaborou bastante para a uma melhor compreensão da matéria e pouca dispersão de minha parte. Senti que estudei mais procurando soluções para a atividade prática, pesquisando nas normas e nos documentos apresentados durante a aula via Google Meet. [...]" (Discente D).
>
> Na primeira vez que fiz a disciplina de conforto ambiental, os professores utilizaram o método tradicional [...] me senti muito confuso mesmo com as explicações e exemplos [...] acabei reprovado na disciplina. Quando fiz a disciplina pela segunda vez, os professores

modificaram a metodologia, com aulas apresentando e ensinando o conteúdo mais a prática apresentando problemas para resolvermos [...]. No final dessa segunda vez consegui compreender bem o conteúdo e aplicá-lo com êxito na disciplina e em todas as outras disciplinas, como projeto a exemplo, principalmente na área de conforto acústico a qual tinha mais dificuldade de desenvolver." (Discente E).

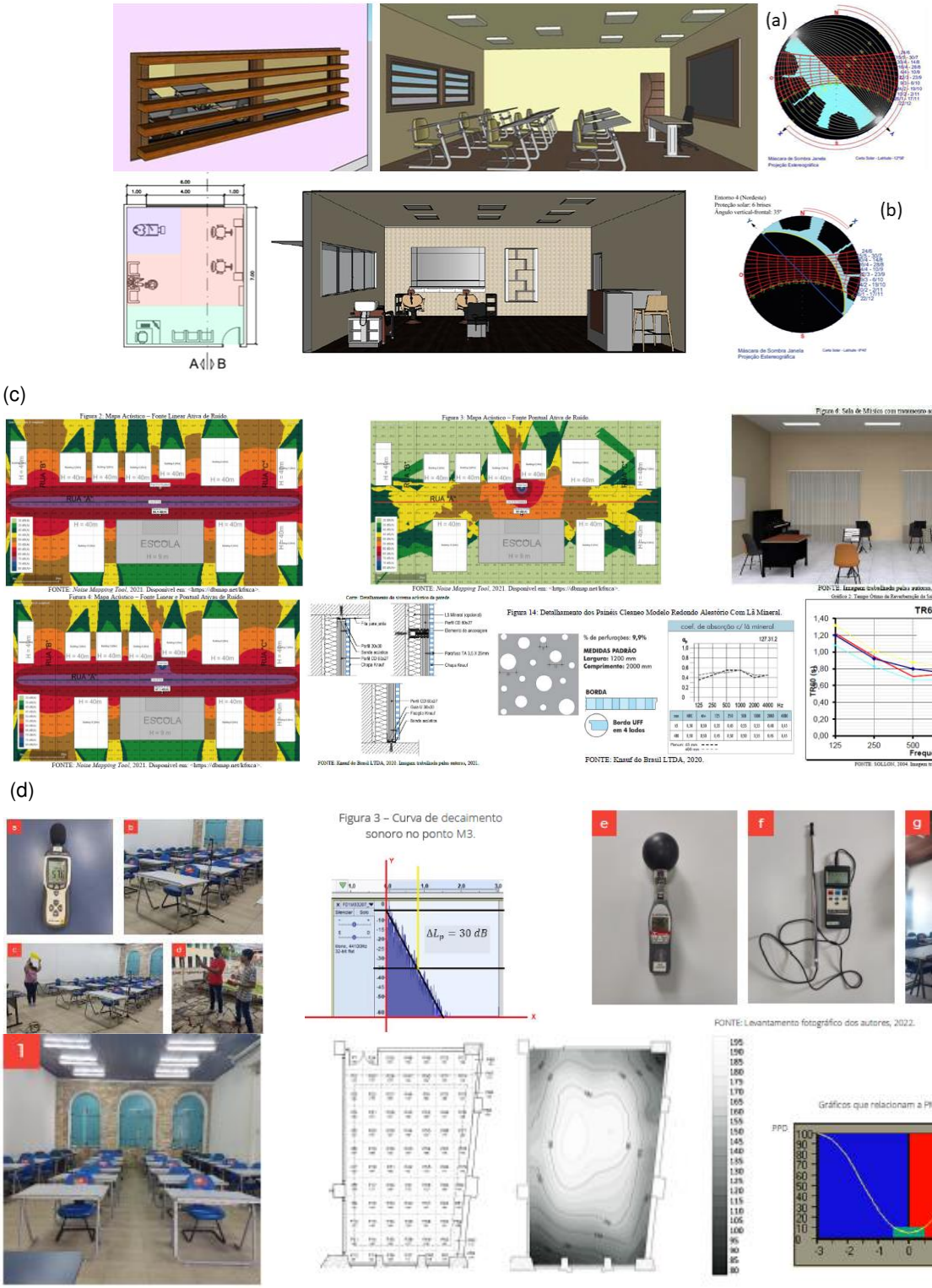


Figura 6 – a), b), c) Estudos de iluminação (sala de desenho técnico e cabelereiro), de acústica (sala de música) - 'Conforto Ambiental' e d) Avaliação de conforto (sala de desenho técnico) - 'Laboratório de Conforto Ambiental'.

5. CONCLUSÕES

As experiências de ensino aqui relatadas, baseadas em situações-problema, mostraram-se satisfatórias, havendo maior envolvimento dos alunos. Os relatos dos alunos apontam que a revisão da metodologia feita pelos professores, com as estratégias de ABP, contribuiu para maior autonomia discente na construção do

conhecimento. As ferramentas computacionais ajudaram os alunos nas tomadas de decisão, na vinculação dos conceitos nas soluções dos problemas, e nas discussões diversas, inclusive sobre viabilidade de execução. Possivelmente, houve maior interesse dos alunos pela área, face à participação de egressos das turmas em pesquisas posteriores. Porém, deve-se citar que a metodologia adotada gerou mais trabalho aos docentes e discentes. No ensino tradicional, os materiais disponibilizados aos alunos se resumiam em *slides* de aula, listas de exercícios/provas e bibliografia. Já na nova abordagem, foram elaborados, além dos *slides* de aula, roteiros, tutoriais para uso dos *softwares* e explicações dos problemas propostos. Os métodos avaliativos com provas foram substituídos por trabalhos práticos com soluções específicas, exigindo mais tempo do docente no processo de *feedback*. Mesmo assim, o contexto de ABP se mostrou mais prazeroso e efetivo. A metodologia baseada em problemas trouxe benefícios pedagógicos, possibilidades maiores de rebatimento dos conteúdos em outras disciplinas (ex. projeto arquitetônico) e engajamento de alunos em pesquisas de conforto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179** - Tratamento acústico em recintos fechados, Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações, Rio de Janeiro, 2005.

_____.**NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de Ambientes de Trabalho - Parte 1 - Interior. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 10152**: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, Rio de Janeiro, 2017.

_____.**NBR ISO 3382-2:** Acústica — Medição de parâmetros de acústica de salas Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns. 2017.

_____. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Rio de Janeiro, 2019.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. 2. ed. Brasília: Thesaurus, 2010

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias Inov-Ativas**: na educação presencial, a distância e colaborativa. São Paulo: Saraiva Uni. 2018.

GOLDENSOFTWARE. **Software Surfer**. Disponível em < https://www.goldensoftware.com/products/surfer/trial >. Acesso em 14 de abril de 2023.

GRILU – GRUPO DE PESQUISA EM ILUMINAÇÃO. **Software TropMask**. Universidade Federal de Alagoas. Disponível em <https://ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/?page_id=71>. Acesso em 14 de abril de 2023.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9613-2**: Acoustics attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: general method of calculation. Genebra: ISO, 1996.

_____. **ISO 7730:** Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2005.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; PAIVA, V. T.; BIANCHI, G.; MÖSCH, M. E. Ensino de projeto bioclimático: o papel dos problemas e restrições no processo criativo. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: ANTAC, 2007. p. 280-291.

LABEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Software Analysis Sol-Ar**. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>. Acesso em 14 de abril de 2023.

_____. **Software Analysis CST**. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/softwares>. Acesso em 14 de abril de 2023.

MÜLFARTH, R. C. K. Ensino e conforto ambiental: discussão sobre a inserção da ergonomia no processo de projeto / teaching and environmental comfort. **Oculum Ensaios**, v. 15, n. 1, p. 171, 3 abr. 2018.

NOGUEIRA, A; DA SILVA, E.D. **A Cidade, o Trapiche e a Universidade**: UFS campus de Laranjeiras. São Cristóvão: Editora UFS, 2012, 249p.

OSRAM. **Iluminação**: Conceitos e Projetos. Rio de Janeiro: OSRAM. 2008.

ROBINSON, K.; ARONICA, L. **Escolas Criativas**: A Revolução que está Transformando a Educação. Porto Alegre: Editora Penso. 2019. Tradução de Luís Fernando Marques Dorvillé.

SOLÓN, V. **Manual prático de acústic**a. Rio de Janeiro: Música & Tecnologia, 2006, 355p.

TRUJILLO, J. H. S. Exploraciones pedagógicas en confort y eficiencia energética. In: VI ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 6, 2020, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: UNB, 2020. p. 3-6.

UFS – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. **Resolução 148/2010/CONEPE**: Aprova alterações no Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Campus de Laranjeiras e dá outras providências. São Cristóvão: UFS, 2010a.

_____. **Resolução 149/2010/CONEPE**: Aprova a Departamentalização e o Ementário do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, do Campus de Laranjeiras e dá outras providências. São Cristóvão: UFS, 2010b.

AGRADECIMENTOS

Ao Rodrigo Maia, técnico de laboratório, pelo apoio às disciplinas e aos alunos, pelos relatos do artigo.