


# Inovações e tendências no ensino e pesquisa em conforto ambiental e sustentabilidade do ambiente construído



Cláudia Naves David Amorim  
Gustavo de Luna Sales  
Joára Cronemberger Ribeiro Silva  
Luciane Cleonice Durante  
Simone Berigo Büttner  
(Organizadores)





# Inovações e tendências no ensino e pesquisa em conforto ambiental e sustentabilidade do ambiente construído

Cláudia Naves David Amorim  
Gustavo de Luna Sales  
Joára Cronemberger Ribeiro Silva  
Luciane Cleonice Durante  
Simone Berigo Büttner  
(Organizadores)

2022



## Equipe editorial

**Organizadores** Cláudia Naves David Amorim  
Gustavo de Luna Sales  
Joára Cronemberger Ribeiro Silva  
Luciane Cleonice Durante  
Simone Berigo Büttner

**Coordenação Geral VI ENANPARQ** Sylvia Ficher, Presidente de Honra, PPG-FAU/UNB;  
Ricardo Trevisan, Presidente, PPG-FAU/UNB;  
Pedro Paulo Palazzo de Almeida, PPG-FAU/UNB  
Carolina Pescatori Candido da Silva, PPG-FAU/UNB

**Coordenação Científica VI ENANPARQ** Ana Paula Campos Gurgel, FAU/UNB  
Benny Schvarsberg, PPG-FAU/UNB  
Cláudia Naves David Amorim, PPG-FAU/UNB  
Erica Mitie Umakoshi Kuniuchi, DAU/UNB  
Joára Cronemberger Ribeiro Silva, PPG-FAU/UNB  
Leandro de Souza Cruz, FAU/UNB  
Maria Fernanda Derntl, PPG-FAU/UNB  
Vanda Alice Garcia Zaroni, FAU/UNB  
Milena D'Ayala Valva, TECCER/UEG

**Projeto gráfico e diagramação** Isabella Capanema

Textos, imagens, figuras e ilustrações são de responsabilidade dos autores.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer meio sem a autorização dos autores.

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Inovações e tendências no ensino e pesquisa em  
conforto ambiental e sustentabilidade do  
ambiente construído [livro eletrônico] /  
organização Cláudia Naves David Amorim...  
[et al.]. -- 1. ed. -- Cuiabá, MT :  
Ed. dos Autores, 2022.  
PDF.

Vários autores.  
Outros organizadores: Gustavo de Luna Sales,  
Joára Cronemberger Ribeiro Silva, Luciane Cleonice  
Durante, Simone Berigo Büttner.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-00-54215-8

1. Acústica (Arquitetura) - Aspectos ambientais  
2. Arquitetura 3. Conforto ambiental 4. Projeto  
ambiental integrado 5. Sustentabilidade I. Amorim,  
Cláudia Naves David. II. Sales, Gustavo de Luna.  
III. Silva, Joára Cronemberger Ribeiro. IV. Durante,  
Luciane Cleonice. V. Büttner, Simone Berigo.

22-132135

CDD-720

### Índices para catálogo sistemático:

1. Conforto ambiental : Arquitetura : Projetos 720

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

# Índice

+ Prefácio	6
+ Apresentação	10
+ Parte 1. Ensino	13
14	O ensino de Conforto Térmico: uma busca por métodos mais integrados com as práticas projetuais Simone Berigo Büttner e Flávia Maria de Moura Santos
26	Relato da experiência de ensino-aprendizagem em Acústica Arquitetônica em Berçário localizado em Cuiabá/MT Luciane Cleonice Durante, Ivan Julio Apolonio Callejas e Daniela Barros Silva Freire Andrade
38	Metodologia ativa aplicada ao ensino integrado de Conforto Lumínico e Arquitetura de Interiores Karyna de Andrade Carvalho Rosseti, Everton Nazareth Rossete Junior e Elisa Pagliarini Cox
48	Exploraciones pedagógicas en confort y eficiencia energética realizadas por el Grupo de Investigación EMAT en Colombia Jorge Hernán Salazar Trujillo
58	Integrando graduação e pós-graduação no ensino de Conforto: Uma experiência na Universidade Federal de Minas Gerais Roberta Vieira Gonçalves de Souza e Rejane Magiag Loura
+ Parte 2. Pesquisa	69
70	Projeto Ambiental Integrado: ensino e pesquisa-ação no projeto de edifícios de balanço energético nulo Cláudia Naves David Amorim, Joára Cronemberger Ribeiro Silva e Ayana Dantas
84	Critérios de avaliação de sistemas de certificação e interface com o conforto ambiental de edificações residenciais Luciane Cleonice Durante, Carolina Mendonça Zina e Raquel Naves Blumenschein
94	Experimentos de condições ambientais na iniciação científica embasados nos princípios da Cultura Maker Vanda Alice Garcia Zanoni, Pedro Henrique Gonçalves e Caio Frederico e Silva
107	Ensino de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Design Circular em Arquitetura e Urbanismo: Resultados de Pesquisa-Ação no curso da Unicamp Vanessa Gomes
+ Perfil dos autores	122

# Prefácio

**Doris Catharine Cornelie Knatz Kowaltowski**

**Letícia de Oliveira Neves**

Universidade Estadual de Campinas

O livro “Inovações e tendências no ensino e pesquisa em conforto ambiental e sustentabilidade do ambiente construído” apresenta uma seleção de artigos apresentados no VI Enanparq, ocorrido em 2021, durante a pandemia de Covid-19. As contribuições trazidas por esse livro demonstram que teorias para o ensino de projeto arquitetônico e conforto ambiental ainda estão sendo discutidas e formuladas e que muitos experimentos vêm sendo desenvolvidos, na busca de melhores práticas. No âmbito da pesquisa e formação em conforto ambiental e arquitetura sustentável, destaca-se um ambiente variável, ambíguo e complexo, que demanda novas perspectivas para o ensino em cursos de Arquitetura e Urbanismo. Nesse contexto, faz-se destaque à pedagogia intitulada blended learning, ou aprendizagem híbrida, método que une elementos do ensino online e presencial, muito explorado durante a pandemia. Faz-se destaque também à sala de aula invertida, em que o estudante deve assistir a palestras e ler textos disponibilizados antes das aulas práticas, de forma a aumentar o tempo em sala de aula para a aplicação prática dos conceitos aprendidos. Os resultados dessas novas pedagogias para o ensino de projeto arquitetônico e conforto ambiental ainda não se demonstraram, no entanto, inteiramente positivos, sendo a discussão de estudos de caso bastante válida. Vale ressaltar, nesse sentido, que a tradição do ateliê para o ensino de projeto arquitetônico não se demonstra facilmente adaptável ao ensino à distância, tendo em vista o princípio da conversa reflexiva entre estudante e instrutor.

O ateliê é considerado o ambiente de todos os tipos de ensino de projeto. Este ambiente é criticado, pois falta, em muitos casos, uma síntese entre a teoria e a prática de projeto, sendo esta uma reivindicação antiga. Para superar a falta dessa síntese, várias práticas foram desenvolvidas em cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil e no mundo. Pesquisadores recomendam o incentivo à autonomia

dos estudantes e a aplicação de teorias diretamente no ambiente de ateliê, de forma a sintetizar os princípios da Aprendizagem Construtivista e da Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem Based Learning, PBL), de forma a envolver ativamente os alunos em suas atividades de projeto. O papel do instrutor neste ambiente é fundamental para ensinar novos conhecimentos científicos e, ao mesmo tempo, orientar as experiências educacionais dos estudantes, incentivando-os a aprender, explorar e aplicar novas informações de novas maneiras. No entanto, a pesquisa e o ensino de conforto ambiental e da arquitetura bioclimática e sustentável pertencem à área tecnológica e das ciências exatas. Por essa razão, ainda há um hiato na integração dessas disciplinas com o ensino de projeto em um ambiente de ateliê. As experiências relatadas nessa obra atestam as complexidades dessa integração.

Uma vasta literatura define o conceito de criatividade no ensino de projeto como a aplicação de conhecimentos e habilidades de novas formas. Na formação arquitetônica, a criatividade é frequentemente colocada como sendo o objetivo principal de aprendizagem. Os estudantes devem ser criativos para resolverem problemas de projeto pré-definidos. O ensino, enfatizando o imaginário, é considerado capaz de potencializar o pensamento criativo dos estudantes, levando a produtos e soluções inovadoras. Estudos mostram que o estímulo à criatividade no ensino de projeto em arquitetura depende da prática em ateliê direcionada à resolução de problemas realistas e de um treinamento organizado e sistemático, por longos períodos. Recomenda-se uma formação voltada a amplos conhecimentos e habilidades e, ao mesmo tempo, a temas específicos. No entanto, quando se trata do ensino de projeto com ênfase em conforto ambiental e sustentabilidade, não há consenso sobre métodos pedagógicos com resultados comprovados, o que é claramente demonstrado pelas diversas experiências apresentadas nos capítulos desse livro.

É importante notar, com relação ao ensino de conceitos específicos da sustentabilidade na arquitetura e na construção- como os conceitos da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), da eficiência energética e do Design Circular - que as ferramentas de simulação de desempenho na construção ainda não foram incorporadas como conteúdo obrigatório na maioria dos currículos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Isso é um exemplo de que o conhecimento em conforto ambiental é continuamente ampliado por pesquisas e o ensino de projeto deve ser dinâmico e flexível para absorver a complexidade da área e seus avanços científicos. As mudanças climáticas e a agenda 2030, por exemplo, são temas essenciais nos currículos. O ensino deve-se concentrar, portanto, em um engajamento ativo dos estudantes nas questões urgentes que se apresentam na atualidade, de modo a atingir as metas atuais de sustentabilidade ambiental e mitigar os efeitos das mudanças climática no mundo atual.

Os artigos presentes nesse livro foram expandidos em capítulos que relatam resultados de experiências didáticas bem sucedidas com pesquisas sobre o ensino de projeto e conforto ambiental em escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil e na Colômbia. Os métodos de pesquisa das experiências relatadas incluem estudos de caso e pesquisa-ação. A primeira parte do livro é composta por cinco artigos com enfoque na temática de ensino. Os artigos foram desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Mato Grosso, Universidade Nacional de Colômbia e Universidade Federal de Minas Gerais. As temáticas desenvolvidas nos artigos relacionam-se às metodologias de ensino das disciplinas de conforto ambiental no curso de Arquitetura e Urbanismo, com abordagem e discussão sobre o uso de tecnologias computacionais; o uso de metodologias alternativas de ensino, como a sala de aula invertida; a integração entre estudantes de diferentes anos (ateliê integrado) ou entre estudantes de graduação e pós-graduação; a inovação na aprendizagem e o estímulo à autonomia acadêmica. A segunda parte do livro é composta por quatro artigos com enfoque na temática de pesquisa. Os artigos foram desenvolvidos por pesquisadores da Universidade de Brasília, Universidade Federal de Mato Grosso, Universidade Federal de Goiás e Universidade Estadual de Campinas. As temáticas abordadas abrangem também experiências inovadoras sobre o ensino. A prática de projeto de edificações de balanço energético nulo ou quase nulo

é apresentada com um levantamento sobre critérios de conforto ambiental presentes nos sistemas de certificação ambiental e como estes estão presentes no ensino de conforto ambiental no Brasil. Além disso uma experiência de ensino envolvendo a construção de sistemas para monitoramento das condições ambientais e relatada. O último capítulo traz uma experiência prática de pesquisa-ação direcionada à aplicação dos tópicos teóricos Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), pegada ecológica e projeto para economia circular no desenvolvimento do projeto de uma edificação. Os resumos dos capítulos apresentados a seguir demonstram essa riqueza de foco e abordagem.

O primeiro capítulo, “O ensino de Conforto Térmico: uma busca por métodos mais integrados com as práticas projetuais”, da parte um do livro, traz uma discussão sobre metodologias de ensino das disciplinas de Conforto Ambiental no curso de Arquitetura e Urbanismo. Para dar luz à discussão, as autoras relatam sua experiência de ensino na área, como docentes da Universidade Federal de Mato e salientam para a necessidade de trocas de experiências bem-sucedidas entre educadores de diferentes instituições brasileiras, de modo a enriquecer o repertório dos educadores da área.

O segundo capítulo, “Relato da experiência de ensino-aprendizagem em Acústica Arquitetônica em Berçário localizado em Cuiabá/MT”, traz uma experiência pedagógica de acústica em um curso de arquitetura e urbanismo. Demonstra a complexidade do ensino desse conforto ambiental e as dificuldades na aplicabilidade ao ensino de graduação de arquitetura de programas computacionais que permitem maior interação, tendo em vista principalmente a complexidade envolvida nos procedimentos de modelagem e simulações computacionais.

O terceiro capítulo, “Metodologia ativa aplicada ao ensino integrado de Conforto Lumínico e Arquitetura de Interiores”, relata uma discussão sobre o ateliê integrado como forma de articulação de disciplinas de diferentes áreas do curso de Arquitetura e Urbanismo, de forma a aproximar os estudantes da realidade prática e facilitar sua compreensão sobre os desafios da profissão. Os autores trazem, a título de exemplo, a aplicação do ateliê integrado às disciplinas de Iluminação e Arquitetura de Interiores, implantado em um curso de Arquitetura e Urbanismo.

O quarto capítulo, *“Exploraciones pedagógicas en confort y eficiencia energética realizadas por el Grupo de Investigación EMAT en Colombia”*, por sua vez, discute a necessidade de maior estímulo à autonomia acadêmica de estudantes do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, ou seja, à capacidade de aprender sem a necessidade de um professor ou instrutor, como forma de promover maior independência intelectual.

O quinto capítulo, *“Integrando graduação e pós-graduação no ensino de Conforto: uma experiência na Universidade Federal de Minas Gerais”*, relata uma experiência de ensino integrado de graduação e pós-graduação em disciplinas de conforto ambiental. O objetivo da integração é visto como importante para introduzir aos estudantes da graduação processos de simulação computacional e dar aos estudantes de pós-graduação experiência inicial de ensino, bem como integrar estudantes de pós-graduação no desenvolvimento dos seus temas de pesquisa.

A segunda parte do livro inicia-se com o artigo intitulado *“Projeto Ambiental Integrado: ensino e pesquisa-ação no projeto de edifícios de balanço energético nulo”*, que enfatiza a temática de pesquisa. O capítulo traz experiências inovadoras sobre o ensino e a prática de projeto de edificações de balanço energético nulo ou quase nulo, envolvendo disciplinas de graduação e pós-graduação da Universidade de Brasília. Tal experiência resultou no desenvolvimento de um projeto selecionado em uma chamada pública para construção de um edifício demonstrativo no campus universitário.

O segundo capítulo da parte dois, intitulado *“Critérios de avaliação de sistemas de certificação e interface com o conforto ambiental de edificações residenciais”*, apresenta um estudo sobre critérios de conforto ambiental presentes nos sistemas de certificação ambiental e como o ensino de conforto ambiental em algumas instituições de ensino superior no Brasil tratam da temática das certificações.

O terceiro capítulo, intitulado *“Experimentos de condições ambientais na iniciação científica embasados nos princípios da Cultura Maker”*, traz uma experiência de ensino que inclui a construção de sistemas para medições e monitoramento em campo das condições ambientais do ambiente construído. Os

resultados mostram que a Cultura Maker contribuiu na elaboração e construção de diversas possibilidades de sistemas ou ferramentas de baixo custo, importantes para o cenário Brasileiro.

O último capítulo, *“Ensino de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Design Circular em Arquitetura e Urbanismo: Resultados de Pesquisa-Ação no curso da Unicamp”*, apresenta uma experiência de pesquisa-ação implementada na disciplina Arquitetura e Construção Sustentável do curso de Arquitetura e Urbanismo. Baseando-se no desenvolvimento do projeto de uma edificação, os tópicos teóricos da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), pegada ecológica e projeto para economia circular foram abordados em exercícios cujo nível de dificuldade foi gradualmente elevado ao longo do semestre de oferta.

Este breve relato sobre o tema do ensino e pesquisa em projeto e conforto ambiental tem por objetivo ressaltar a importância desse livro como objeto de fomento à discussão atual sobre a temática. Docentes de diferentes instituições mostram-se alinhados nesse intuito, esforçando-se para inovar e mostrando seriedade e responsabilidade no ensino desses tópicos complexos. Os relatos aqui apresentados mostram dinâmica e experimentação, que se reflete na busca por novas pedagogias. Cada capítulo aborda as questões aqui apresentadas com um olhar particular, trazendo contribuições práticas e exemplos de aplicação que fomentam o aprimoramento do ensino em cursos de Arquitetura e Urbanismo na atualidade.

# Apresentação

Cláudia Naves David Amorim, Gustavo de Luna Sales, Joára Cronemberger Ribeiro Silva, Luciane Cleonice Durante e Simone Berigo Büttner (Organizadores)

A área de Arquitetura e Urbanismo vem, ao longo das últimas décadas, crescendo em expressividade e atuação, atendendo às novas demandas - sociais, ambientais, tecnológicas, dentre outras. A complexidade nela inserida conduz para abordagens mais específicas, notadamente dividindo-se em projeto, representação gráfica, teoria/história e tecnologia que, embora segmentadas, encontram sua síntese no profissional Arquiteto e Urbanista, que hoje tem novas necessidades de formação frente aos desafios profissionais e exigências normativas cada vez maiores, num contexto de integração com as demais áreas de conhecimento que se ocupam do ambiente construído.

Sob essa ótica, a tradicional área de conforto ambiental tem crescido de maneira exponencial, alargando sua abrangência, inclusive para abarcar novas perspectivas e demandas relacionadas à sustentabilidade de maneira geral. Incluem-se hoje novos conceitos, para além das tradicionais abordagens de conforto térmico, luminoso, sonoro e ergonomia, tais como eficiência energética, qualidade ambiental, análise do ciclo de vida, emissões de CO<sub>2</sub>, balanço energético nulo, interoperabilidade BIM, dentre outras, refletindo o aumento de complexidade da área, relacionada ao conceito mais abrangente de sustentabilidade no ambiente construído.

Nesse contexto, naturalmente as abordagens de ensino e pesquisa relacionadas ao conforto ambiental e à sustentabilidade no âmbito da Arquitetura e Urbanismo também se alargam. A pesquisa, neste sentido, torna-se ferramenta poderosa para o ensino, pois permite que resultados de investigações recentes sejam utilizados neste processo. O projeto torna-se palco de aplicação de pesquisas e ele próprio é objeto de pesquisa. A integração entre graduação e pós-graduação também é estratégia importante, tanto na pesquisa como no ensino, permitindo trocas de conhecimentos entre os vários níveis de formação

acadêmica. Os diálogos necessários entre conforto ambiental e sustentabilidade dentro da Arquitetura e Urbanismo são, desta maneira, mantidos atualizados e em constante evolução graças à integração da pesquisa e do ensino em diversos níveis.

Neste sentido, os eventos na área de arquitetura e urbanismo têm refletido estas mudanças e evoluções. Em especial o Enanparq – Encontro Nacional de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo – vem desde o seu primeiro evento em 2010, incorporando as áreas de conforto ambiental e sustentabilidade de maneira cada vez mais ampla.

O debate no âmbito do Enanparq ocorre primordialmente “entre pares”, diferentemente de outros eventos nacionais na área, que possuem muita participação de pesquisadores de áreas como engenharias, física e outras. É uma discussão importante, uma vez que a abordagem de tecnologia, conforto e sustentabilidade entre arquitetos e urbanistas tende a uma adequação no sentido de linguagem e, sobretudo, da forte relação com as atividades fim da arquitetura e urbanismo, dentre as quais o projeto e seus processos. Também compõem importantes questões relacionadas ao ensino, de maneira mais premente. É notória, neste fórum, a importância da adaptação da linguagem científica e seu posicionamento no sentido de permitir a inserção dos aspectos tecnológicos relacionados à obtenção do conforto ambiental e de sustentabilidade aplicados ao ensino e pesquisa em projeto e à prática de projeto. Também se verificam as discussões em torno da cidade e do impacto das decisões do urbanismo na sustentabilidade urbana e dos edifícios.

Em todos os encontros ENANPARQ, se percebe uma organização de conteúdos em grupos temáticos voltados para o ensino e pesquisa, para a escala do edifício e seu processo de projeto e para as questões sociais, urbanas e coletivas. Uma análise mais detalhada de algumas de suas edições, em

seus eixos mais aderentes ao conforto ambiental, sustentabilidade, inovações e ensino, subsidia a elaboração de um panorama retrospectivo quanto à abordagem destes temas no evento.

O primeiro evento **ENANPARQ 1: Arquitetura, Cidade, Paisagem e Território: percursos e prospectivas**, buscou compreender as possibilidades subjacentes às pesquisas em Arquitetura e Urbanismo e contribuir para a formulação de prioridades e diretrizes, abrangendo a escala do edifício, da cidade, da paisagem e do território. Observando-se os discursos teóricos, a prática e os diversos temas do fazer arquitetural, urbanístico, paisagístico e do ensino, as contribuições foram solicitadas e organizadas a partir dos seguintes blocos temáticos: teoria, história e crítica; projeto; tecnologia e conforto; análise e representação. As temáticas da habitação social e as abordagens sobre o ambiente urbano na perspectiva ambiental estiveram fortemente presentes, permitindo, também, discussões acerca do ensino de projeto e o papel da pesquisa na formação do profissional arquiteto com olhar multi e interdisciplinar. É notória a ênfase nas questões de ensino aplicadas ao campo da Arquitetura Urbanismo, reforçando a importância e preocupação com o desenvolvimento de projetos e o “fazer arquitetura”, enquanto um processo de planejamento.

Na terceira edição, **ENANPARQ 3: Arquitetura, cidade e projeto: Uma construção coletiva**, o evento aprofundou o debate sobre a dimensão estratégica do Projeto, bem como os desdobramentos que articulam teoria e prática e integram os processos históricos e socioculturais que produzem a Arquitetura e a Cidade. Revelou-se no âmbito do Ensino, Pesquisa e da Prática Profissional, o compromisso social da Área de Arquitetura e Urbanismo. Considerando o eixo temático – Ambiente e Sustentabilidade, comparado ao primeiro encontro, mantém-se a discussão sobre o ambiente urbano, sob a ótica do planejamento, gestão do espaço físico e social, inclusive com abordagens sobre a resiliência e o turismo. Na escala do edifício, há a inclusão do eixo Iluminação, Qualidade e Eficiência Energética, com o conforto ambiental tratado em contextos específicos. Já as discussões acerca do ensino, formação e atuação profissional incorporam questões de design e processos digitais de projeto de arquitetura, bem como da inserção de tecnologias para agendas de cidades mais sustentáveis, que foram incentivadas pelo eixo Novos processos e Tecnologias.

A quarta edição, **ENANPARQ 4: Pesquisa em projeto e Extensão na pós em arquitetura e urbanismo**, teve por objetivo o reconhecimento do campo disciplinar,

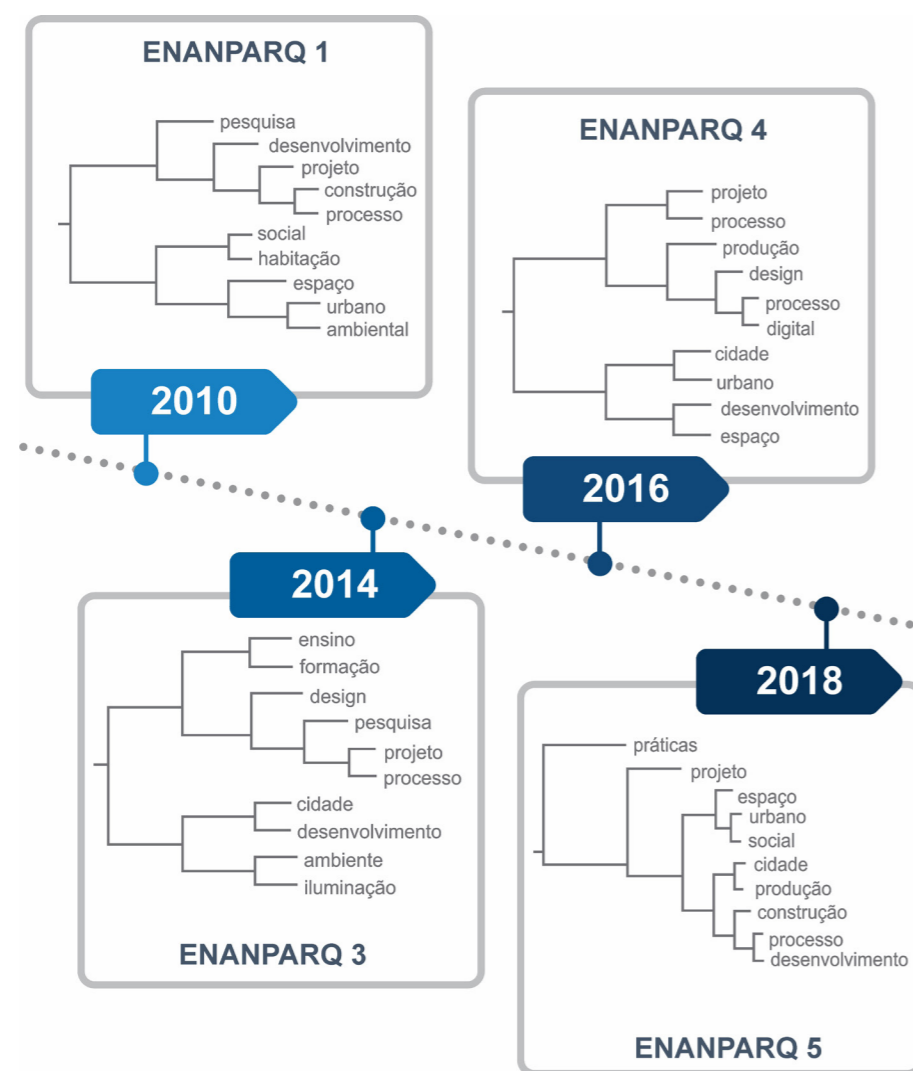
oferecendo um estado da arte da pesquisa em arquitetura e urbanismo, tendo em vista o cenário brasileiro, suas correlações internacionais e a tendência para as novas fronteiras de investigação. Assim, foi apresentado um quadro atualizado dos avanços da investigação em arquitetura e urbanismo em termos contemporâneos, apontando no cenário nacional e identificando os esforços recorrentes para a ampliação e aprofundamento dos saberes disciplinares. As sessões temáticas abrangeram quatro eixos voltados para o urbanismo, nas quais o ensino permeou as discussões sobre concepção, criatividade, design, decisões projetuais, construção e desenvolvimento sustentável. A fabricação digital foi discutida como uma alternativa para processos inovadores e mais sustentáveis de construção, assim como as interfaces digitais aplicadas ao contexto das cidades inteligentes.

No **ENANPARQ 5**, com o tema “Arquitetura e Urbanismo no Brasil atual: crises, impasses e desafios” ampliou-se o olhar para fora do Brasil, reconhecendo-se a interface comum entre o campo das políticas públicas, o projeto e a cidade. Objetivou-se discutir de modo transversal, o contexto atual desta área de conhecimento, fomentando a reflexão crítica sobre permanências e perspectivas num contexto de crises, impasses e desafios. Os debates se concentraram na produção científica recente nas universidades brasileiras, em diálogo com as práticas e produtos internacionais e em como os resultados destas atividades acadêmicas têm atendido as demandas e desafios do contexto atual. Por último, reforçou o compromisso socioambiental inerente a esta área, como uma busca constante e necessária nas atividades acadêmicas e, conseqüentemente, no avanço das práticas profissionais.

A imagem abaixo ilustra a trajetória acima descrita por meio dos dendogramas dos termos mais recorrentes nos registros dos eventos.

A ideia deste livro surge justamente no **VI ENANPARQ**, Limiaridade: Processos e práticas em Arquitetura e Urbanismo, em 2021, sediado “virtualmente” em Brasília, em plena pandemia de Covid-19. As discussões ocorridas nas sessões livres “Tendências atuais do ensino e da pesquisa em conforto ambiental e eficiência energética” e “O Ensino de Conforto Ambiental: práticas atuais e perspectivas”, organizadas respectivamente pelos professores Joára Cronemberger e Gustavo Luna (FAU/UnB) e Luciane Durante e Simone Berigo (UFMT), aproximou ambas as instituições. Na região Centro-Oeste brasileira a

Figura 1: Dendogramas Enanparq



Fonte: Elaboração própria

UnB foi uma das universidades pioneiras a ofertar cursos de graduação e pós-graduação na área e a UFMT tem sido um agente de integração e de capilarização de conhecimentos da área na região sul-amazônica. Posteriormente, a partir de conversas no âmbito do Diálogo Internacional 2, que trouxe temas como a aprendizagem autônoma com o Prof Jorge Trujillo (UNAL/Colômbia) e o ensino de projeto para sustentabilidade, com a Profª Vanessa Gomes (FEC/Unicamp), tendo como mediadora a Profª. Cláudia Amorim (FAU/UnB), levantou-se a necessidade de discutir aspectos inovadores e tendências atuais do ensino e da pesquisa em conforto ambiental e sustentabilidade, de maneira mais ampliada. Consolidou-se então o propósito dessa publicação.

O presente livro, portanto, organizado a partir das contribuições dos autores participantes das mencionadas sessões realizadas no ENANPARQ VI, aborda aspectos de ensino na área de arquitetura e urbanismo, integração com projeto, pesquisa-ação, integração entre graduação e pós, estendidas do

conforto ambiental para a sustentabilidade, e outros temas relevantes neste contexto. Os capítulos estão organizados em duas partes principais: Ensino e Pesquisa, a primeira trazendo abordagens inovadoras e seus relatos sobre ensino na área de conforto e sustentabilidade e a segunda com experiências de pesquisa na área. Em alguns momentos, confundem-se e misturam-se, como deve ser, as experiências e lições a partir de ensino e pesquisa, sendo desafiador traçar limites entre uma e outra.

Não se encerra aqui o debate. Pelo contrário, a ideia é semente para iniciativas semelhantes que possam registrar a evolução da área de conforto ambiental e sustentabilidade, na ponte entre tecnologia e projeto, que tem ocorrido em velocidade surpreendente. E que esta seja base para muitos debates futuros que permitam o aperfeiçoamento e a evolução dos estudos e pesquisas e a inserção de novos saberes, ferramentas e metodologias na área de Arquitetura e Urbanismo.

# O ensino de Conforto Térmico: uma busca por métodos mais integrados com as práticas projetuais

**Simone Berigo Büttner**

Universidade Federal de Mato Grosso, simonebuttner@ufmt.br

**Flávia Maria de Moura Santos**

Universidade Federal de Mato Grosso, flavia.santos@ufmt.br

O capítulo visa discutir metodologias de ensino para o ensino de conforto ambiental, com base na experiência obtida pelas professoras desta área de conhecimento no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. Compartilhando relatos quanto aos métodos, ferramentas, desafios e tentativas de solucioná-los, propõe-se um espaço para reflexões entre docentes, com o objetivo principal de buscar novas ferramentas, estratégias e abordagens do processo de ensino - aprendizagem para se adequar ao contexto atual do ensino de arquitetura e urbanismo no Brasil e buscar métodos de ensino mais integrados e aplicáveis às práticas projetuais atuais, e assim, contribuir para a atuação docente de outras instituições, refletindo na formação e capacitação dos futuros arquitetos e urbanistas brasileiros para uma prática profissional mais integrada e sustentável.

## 1. Introdução

O Arquiteto e Urbanista tem uma formação generalista sendo de suma importância a integração entre as diferentes áreas de conhecimento e a aplicação destas durante o planejamento dos espaços edificados e urbanos. Apesar disto, é notório que, na maioria dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, o ensino ainda se dá de maneira não integrada, em que as diversas disciplinas que compõem a grade curricular não se comunicam, perdendo, assim, uma grande oportunidade de enriquecer as discussões que o olhar abrangente e multidisciplinar pode agregar na formação do aluno. Compromete-se, assim, a sua formação, com um pensamento limitado em relação ao “fazer arquitetura”, no que diz respeito aos seus princípios primordiais e às demandas atuais dos mais diversos aspectos: social, econômico, político e ambiental, que são elementos condicionadores e ao mesmo tempo condicionados pela Arquitetura.

Em paralelo, estão as discussões sobre a atuação do arquiteto diante do atual panorama mundial, de escassez de recursos naturais, de impactos ambientais e mudanças climáticas, o que reforça a importância de que, durante a formação deste profissional, haja uma ampla conscientização da responsabilidade na atuação do arquiteto enquanto agente modificador do espaço, principalmente no ambiente urbano.

As evidências científicas sobre o efeito da urbanização e das modificações das características naturais do

solo e de toda geometria urbana deixam clara a necessidade da adequação do edifício ao clima, sendo este um elemento determinante nas tomadas de decisões projetuais ao longo do processo de projeto, visando o desempenho térmico e energético da edificação e a redução dos impactos ambientais causados pela construção civil.

Está prevista entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS<sup>1</sup> (GOVERNO DO BRASIL, 2021), a ação contra a Mudança Global do Clima (13º ODS), sendo essa uma responsabilidade de toda a sociedade, em especial daqueles setores diretamente relacionados e determinantes para este fenômeno, como por exemplo, o setor de planejamento urbano e da construção civil. Para alcançar esta meta é fundamental a capacitação do arquiteto e urbanista para “projetar de forma a atender requisitos de desempenho do edifício embora ainda não exigíveis; e projetar com base em requisitos de sustentabilidade ambiental”, o que só é possível a partir dos conhecimentos fundamentais de conforto ambiental, cuja grade curricular é apresentada de diferentes maneiras nas diversas instituições de ensino brasileiras e internacionais. O grande desafio para os docentes do ensino superior é desenvolver metodologias didáticas que promovam nos estudantes a capacidade de solucionar problemas, a partir da síntese e interface dos diversos campos disciplinares e complementares da Arquitetura e do Urbanismo que constituem a essência do ato de projetar, de maneira integrada e integradora.

Apesar da abrangência no campo de atuação desta profissão, a sua formação é voltada para as práticas de projeto, ou seja, é uma exigência básica que o futuro arquiteto esteja capacitado para desenvolver projetos, considerando todas as fases do processo e todos os fatores envolvidos, que se relacionam de maneira interdependente. Percebe-se a partir da literatura, que os problemas relacionados ao ensino da disciplina Projeto Arquitetônico, ainda que há décadas muito discutidos e diagnosticados, não têm uma solução. Além das antigas questões sobre métodos de ensino-aprendizagem, atualmente encontram-se ainda os novos desafios relacionados às

1. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos pelos 193 países membros da ONU (Organização das Nações Unidas), em setembro de 2015, durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, na Assembleia Geral da ONU. A agenda é composta por 17 itens, que devem ser implementados por todos os países do mundo até 2030. (<https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em 21 de outubro de 2021).

conquistas tecnológicas e às rápidas transformações da sociedade, exigindo do profissional arquiteto um perfil cada vez mais flexível e multidisciplinar.

Evidencia-se cada vez mais um olhar para a prática de projeto como um desenvolvimento coletivo, considerando vários agentes envolvidos em suas diversas etapas. Principalmente em propostas de maior complexidade é imprescindível que se formem equipes multidisciplinares, com gestores e técnicos com diferentes competências, para a incorporação de processos de colaboração e de gestão integrada. Cada vez mais serão exigidos o diálogo e a integração constantes destes profissionais, desde as etapas iniciais do processo de concepção projetual até a entrega da obra. Embora na prática profissional essa interação ocorra constantemente, no campo acadêmico ainda se observa uma segregação das disciplinas durante a atividade projetual.

Reforçando as indagações que já perpetuam no ambiente acadêmico destes cursos, é preciso aprofundá-las visando aprimorar o aprendizado e buscar soluções para capacitar o aluno para as novas demandas sociais, econômicas e ambientais são: Que métodos de ensino são eficazes no que se refere ao ensino integrado de projeto? Como superar as dificuldades para a inserção e consolidação de uma cultura projetual multidisciplinar no ambiente acadêmico brasileiro? Que práticas pedagógicas podem estimular a ambiência colaborativa, em substituição ao modelo tradicional de ateliê?

As universidades têm o papel, entre outros, de promover reflexões, apontar e/ou desenvolver caminhos que não se limitem somente a um fazer prático-profissional. É o espaço propício para as experimentações que enriquecerão o campo de trabalho. Assim, cada faculdade / curso deve procurar focar especificidades que são mais desejadas para o mercado de trabalho a sua volta, pois é dela que sairão os futuros profissionais.

Grandes são as contribuições de Neves (1989), referência até hoje muito adotada nas aulas de projeto dos cursos de Arquitetura do Brasil, a qual aborda o processo de adoção do partido arquitetônico. Contudo, apesar das tentativas em se estabelecer um método eficaz, o que se pode afirmar até o momento é que não há uma fórmula “mágica” para ensinar o processo de concepção arquitetônica, mas ainda assim, o projeto como processo ensinável, busca meios objetivos de desenvolvimento, mesmo não desprezando a subjetividade no ato projetual.



É preciso testar metodologias, principalmente atividades que proporcionam um maior desempenho dos alunos, resultante de uma maior assimilação do conteúdo teórico e da capacidade de aplicá-lo nas atividades práticas de projeto.

Muitas experiências bem-sucedidas já foram compartilhadas, na tentativa de aprofundar esta reflexão, contribuindo para as práticas docentes em sala de aula e conseqüentemente para o processo de ensino-aprendizado do aluno. Porém, observa-se ainda pouco espaço para estas discussões quanto às metodologias de ensino no meio científico e acadêmico, prevalecendo ainda as linhas de pesquisa e temáticas que conferem um suporte mais científico à sua formação

É importante salientar que as dinâmicas profissionais estão mudando em resposta aos avanços que ocorrem no mundo, como em todo processo histórico da humanidade, porém com uma velocidade cada vez maior: avanços tecnológicos, científicos, econômicos e sociais. A cidade é o local onde as pessoas habitam, trabalham, se relacionam e satisfazem todas as suas necessidades. A dinâmica de um centro urbano é intrínseca à sua complexidade, nada é estático ou permanente.

Portanto, planejar ou intervir no espaço físico, requer consciência e compreensão de todos os fenômenos envolvidos, e esta sensibilidade precisa ser despertada no estudante de arquitetura e urbanismo, cuja consciência sócio-ambiental é fundamental em sua atuação profissional, em especial no que se refere às questões de sustentabilidade e de inovação tecnológica, de maneira que estejam aptos a criar soluções de uma maneira potencialmente nova, criativa e contributiva para as novas demandas e contextos sociais, ambientais e econômicos.

## **2. Métodos adotados: desafios e perspectivas em busca de um método mais integrado**

A falta de diálogo entre as disciplinas e os diversos saberes que caracterizam a multidisciplinaridade nos cursos de Arquitetura e Urbanismo pode ser considerado um dos maiores desafios para o ensino e formação destes profissionais em nosso país (VELOSO; ELALI, 2014; BRASIL ESCOLA, 2021). Ainda se percebe no mercado de trabalho a fragmentação entre as diversas áreas que se complementam e interagem entre si, reflexo de um modelo educacional também fragmentado. O resultado desta maneira de “pensar e fazer a arquitetura” traz

prejuízos à qualidade dos edifícios e das cidades, onde o processo construtivo muitas vezes não é compatível com o conceito arquitetônico, que por sua vez não tem um planejamento integrado entre arquitetura e projetos complementares, assim como não tem uma previsão das condições ambientais que oferecerá aos usuários, impactos que gerará no microclima e entorno e o consumo energético para o seu funcionamento.

Prever estas condições é uma condição essencial para atingir os níveis de desempenho energético atualmente almejados segundo as metas de mitigação de impacto ambiental, entre tantas outras metas estabelecidas, por exemplo, pelas nações membro da ONU, nos ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, para reduzir os efeitos do aquecimento global e impactos das mudanças climáticas. Não seria coerente desassociar o ensino destas problemáticas atuais, afinal é papel das universidades aproximar os assuntos acadêmicos e científicos das práticas e realidades sociais, econômicas, culturais e políticas. Portanto, pensar em metodologias que instigam o aluno a participar de forma mais ativa na construção do conhecimento e na busca por soluções para os problemas atuais têm sido o objetivo de muitos docentes.

## **3. Grade curricular e objetivos das disciplinas de conforto térmico e conforto integrado à prática projetual**

Toma-se como objeto de estudo as disciplinas de Conforto Ambiental do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Mato Grosso, que possui uma grade curricular em sistema seriado. Nesta, são ofertadas quatro disciplinas de Conforto Ambiental com carga horária de 30 horas cada, denominadas Conforto Ambiental 1, 2, 3 e 4, responsáveis pelo cumprimento dos conteúdos de conforto térmico, lumínico, acústico e conforto integrado e aplicado ao Projeto, respectivamente. Esta estrutura é adotada na maioria dos cursos de Arquitetura e Urbanismo das universidades brasileiras. De acordo com Neves (2016) uma parcela significativa dos cursos de Arquitetura e Urbanismo oferecidos em universidades públicas estaduais e federais brasileiras, após mudanças ocorridas na estrutura curricular deste período (2016), já apresenta desde então, quatro disciplinas obrigatórias sobre a temática.

As duas disciplinas de Conforto que enfatizam as questões térmicas são as de Conforto Ambiental

1 e 4, sendo nesta última trabalhados de maneira integrada todos os aspectos, porém com grande foco no conforto térmico e desempenho energético. Por isso, essas duas disciplinas foram escolhidas como recorte desse estudo. Compartilha-se, aqui, algumas metodologias adotadas ao longo dos últimos semestres, assim como as demandas atuais vêm trazendo a necessidade de ajustar e adaptar o processo de transmissão de conhecimento, das atividades propostas, visando maior absorção do conteúdo por parte do aluno e maior aplicabilidade prática com as demais disciplinas.

De acordo com o plano de ensino aplicado atualmente no curso da UFMT, que é baseado na ementa estabelecida no PPC – Projeto político-pedagógico do curso (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO / UFMT, 2008), o objetivo geral da disciplina de Conforto Ambiental 1 (conforto térmico) é trazer ao conhecimento do aluno os conceitos da física aplicada à arquitetura e instrumentalizá-lo para a aplicação desses conhecimentos na atividade de projeto, subsidiando a tomada de decisões que impliquem em adequação da arquitetura ao clima e, melhoria do conforto térmico de seus usuários.

A ementa propõe, além de conceitos de física aplicada à Arquitetura, um estudo da problemática da habitabilidade dos espaços internos, externos e dos conjuntos arquitetônicos, sob o ponto de vista da ventilação e conforto térmico. Nos últimos anos, têm-se buscado uma abordagem que apresenta o panorama atual de impactos ambientais e os conceitos de sustentabilidade, já que é o primeiro contato do aluno com o tema e considerou-se coerente introduzir o conforto térmico contextualizando a problemática da sustentabilidade e a sua relação direta com as práticas da arquitetura e o processo de urbanização das cidades.

A disciplina é nitidamente dividida em duas etapas: Conceitos Fundamentais e Geometria da Insolação. A primeira consiste na etapa teórica, na qual após uma introdução e contextualização do panorama mundial e regional dos impactos ambientais gerados nos centros urbanos, são apresentados os conceitos de sustentabilidade, conforto térmico, variáveis climáticas e tipos de clima e fisiologia humana; física e dinâmica dos fluídos (trocas térmicas e propriedades termo-físicas dos materiais); estratégias de projeto para o conforto térmico; normas técnicas (NBR

15575<sup>2</sup> e NBR15220<sup>3</sup>) e introdução à ventilação natural. A etapa de geometria da insolação inclui os movimentos de rotação e translação (dia/noite e as estações do ano), latitudes e longitudes, azimute e altura solar, cartas solares, máscaras de sombra e o projeto de proteções solares.

A disciplina de Conforto Ambiental 4 (conforto integrado e aplicado ao Projeto) tem como objetivo principal desenvolver uma práxis projetual integrando os conceitos de conforto ambiental. Desta forma, é desenvolvido um projeto de arquitetura aplicando simultaneamente todos os conceitos bioclimáticos, e teorias aprendidas nas três disciplinas básicas de conforto, hierarquizando, sintetizando e compatibilizando as soluções, considerando tanto os aspectos relativos ao urbano como os do edifício no âmbito das condicionantes térmicas (minimização do uso de recursos ativos de condicionamento térmico), condicionantes lumínicas (maximização do uso da iluminação natural e utilização da iluminação artificial eficiente), condicionantes acústicas (relação do ruído com a morfologia e uso do espaço urbano), com aplicação sistemática de instrumentos de informática para tratamento de informações e representação aplicada ao conforto ambiental.

O desafio desta disciplina, na qual os alunos já obtiveram o conhecimento teórico nos semestres anteriores, é como desenvolver a atividade projetual de maneira que haja maior assimilação destes aprendizes, não apenas na atividade proposta

2 A ABNT NBR 15575, sob o título geral “Edificações habitacionais- Desempenho”, foi elaborada no Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Desempenho de Edificações (CE-02.136.01) e contém as seguintes partes: Parte 1: Requisitos gerais; Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais; Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas; Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

3 NBR 15220, de 2003, sob o título geral “Desempenho térmico de edificações”, tem previsão de conter as seguintes partes: Parte 1: Definições, símbolos e unidades; Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social; Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida; Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

durante esta disciplina, mas acima de tudo, para as futuras práticas, adotando-as como metodologia de projeto e princípios sólidos no ato de pensar e conceber a arquitetura. A seguir serão apresentadas algumas tentativas, desafios e a busca por soluções para aprimorar o ensino de práticas projetuais, inserindo o conhecimento de conforto ambiental de maneira integrada às demais áreas de conhecimento da arquitetura e do urbanismo.

### 3.1 Conforto Ambiental 1 (térmico)

Em conforto ambiental 1 (CA 1), o aluno tem o primeiro contato com esta área de conhecimento, portanto, é uma disciplina teórica e abrangente, onde se introduz toda a base da física aplicada às trocas térmicas nas edificações e seu entorno, noções básicas de sustentabilidade e tipos climáticos e estratégias de projeto, sem haver ainda uma abordagem prática de projeto.

Desta forma, a aplicação de uma metodologia sistemática que contemple todas as diretrizes da área tem sido o desafio. O conteúdo programático da disciplina é extenso, dificultando o aprimoramento de todos os assuntos previstos. O principal desafio é levar o conhecimento dos conceitos teóricos de maneira estimulante, envolvendo o aluno, e trabalhar com uma metodologia que consiga trazer o entendimento mais abrangente das práticas projetuais e das ferramentas que permitam a assimilação do conteúdo teórico e a sua aplicação prática.

No campo da pedagogia, diversos educadores, entre eles Freire (2014), defendem a ideia de que o conhecimento, quando construído junto com o aluno e até mesmo por ele, através de exercícios que o estimulem a pensar e criar soluções, são as maneiras mais eficazes de assimilar o conhecimento. O autor defende a pedagogia da autonomia, que se opõe à transferência de conhecimento onde o professor é o transmissor e o aluno é apenas o receptor. Cabe ao professor conduzir as reflexões e orientações neste processo de ensino-aprendizagem. Não é objetivo deste capítulo aprofundar nas questões metodológicas no âmbito geral da educação, porém não há como não as incluir nas discussões propostas para o ensino de conforto no curso de arquitetura e urbanismo.

Em princípio, em CA 1 era adotada uma metodologia tradicional, onde o professor transmite o conhecimento e propõe atividades práticas para melhor absorção do conteúdo. No entanto, observou-se que nem sempre o desempenho dos

alunos era satisfatório nas avaliações teóricas, o que impulsionou a buscar novas possibilidades de metodologias mais ativas e participativas, como por exemplo, estudos de casos de projetos inovadores, variação entre aulas expositivas e exercícios práticos de pequenas intervenções em projetos fornecidos pelo professor para instigar discussões. Aos poucos, a forma tradicional de transferir o conhecimento foi substituída, em alguns momentos, por metodologias ativas de ensino, popularmente conhecida como sala de aula invertida (flipped classroom) (MORAN, 2015). Nestas metodologias, o foco do processo de ensino e de aprendizagem está no aprendiz, por meio da investigação e resolução de problemas. O professor cria situações de aprendizagem, despertando no aluno a construção do conhecimento sobre os conteúdos envolvidos, além de desenvolver a capacidade crítica, de reflexão sobre as experiências, de fornecer e receber feedback, de interagir com colegas e professor, além de explorar atitudes e valores pessoais (BACICH; MORAN, 2018).

Buscando uma maior aplicação prática, houve algumas tentativas de atividades projetuais para que as aulas fossem mais dinâmicas e com uma abordagem mais prática, porém, a carga horária reduzida inviabilizou estas atividades didáticas. Em certo momento, a solução encontrada foi a integração com a disciplina de Projeto Arquitetônico, porém um outro problema encontrado foi conciliar o ritmo das duas disciplinas e o tempo de desenvolvimento das mesmas, já que não coincidiam. Então, por este motivo cogitou-se a possibilidade de ser adotado um projeto já desenvolvido no semestre anterior, servindo de base para o estudo das condições de conforto térmico e propostas de adaptações, sem exercitar o processo criativo da concepção arquitetônica (primeiras decisões projetuais) a partir de uma análise de condicionantes climáticos. Contudo, ainda assim, por se tratar de um conteúdo extenso em uma carga horária muito reduzida, não havia tempo necessário para discussões e um aprofundamento mínimo, optando para que este aprofundamento ocorresse posteriormente, três semestres depois (após cursar as disciplinas de conforto ambiental 2 e 3, de conforto lumínico e acústico, respectivamente), na disciplina de Conforto Ambiental 4, retirando então o processo projetual desta disciplina. A vantagem é que esta disciplina é a última da cadeia de conforto ambiental, na qual os estudantes já se encontram com mais maturidade projetual e conhecimentos teóricos das três sub-áreas de conforto ambiental: térmico, lumínico e acústico. Sendo o principal objetivo a aplicação prática em projeto e de maneira integrada

às problemáticas encontradas quanto aos diversos aspectos do conforto, têm-se toda a carga horária disponível para um maior aprofundamento.

Outro ajuste necessário foi na distribuição da carga horária para as duas etapas da disciplina. Com o decorrer dos semestres letivos, notou-se a necessidade de maior carga horária para Geometria solar, assim, os demais assuntos contemplados na disciplina tiveram que ser ajustados. Percebeu-se que havia um déficit em conhecimento quanto a aplicação de geometria solar nos projetos de arquitetura. Os alunos, quando exigidos em Conforto Ambiental 4, não conseguiam utilizar de forma satisfatória a aplicação da carta solar em projetos, assim como em disciplinas de projeto. A dúvida recorrente é se esse déficit foi devido a diferença temporal da teoria e prática ou pela quantidade insuficiente de horas destinada ao desenvolvimento do conhecimento do assunto. O que ficou claro é que uma ênfase maior neste tema era necessária, uma vez que o estudo de insolação e o projeto e dimensionamento de brises é algo fundamental no desenvolvimento de um projeto arquitetônico em qualquer condição de clima.

A etapa de geometria solar se inicia com a introdução dos conhecimentos de Astronomia: movimentos de rotação e translação (dia/noite e as estações do ano), latitudes e longitudes, azimute e altura solar, cartas solares e máscaras de sombra e o projeto de proteções solares. Nesta segunda etapa da disciplina, percebe-se uma grande dificuldade dos alunos de visualização espacial do movimento e das posições do Sol, nos diferentes pontos terrestres e nas diferentes épocas do ano.

O maior desafio está em converter as características terrestres para uma lógica geométrica, e compreender a representação disto em projeção, tal como se apresenta nas cartas solares. Uma vez compreendido, torna-se mais fácil a aplicação da carta solar como ferramenta de projeto, sendo de extrema importância a leitura e a compreensão do que representam os elementos contidos nela e como aplicar em projeto. Portanto, se fazem necessários recursos lúdicos e ferramentas visuais auxiliares, como vídeos explicativos, uso do Heliodon (Figuras 01 e 02) e demonstrações complementares com a participação dos discentes, com o uso de globo terrestre e lanterna, simulando-se os fenômenos e movimentos da Terra em relação ao Sol.

A prática de exercícios foi fundamental para melhor assimilação do conteúdo e uma evolução gradual

do raciocínio até chegar na representação da carta solar. Nota-se a diferença no desempenho final dos alunos quando em determinados semestres a prática de exercícios é menor em relação a outros. Em um dado semestre experimentou-se lançar um material didático introdutório para leitura, com uma lista de exercícios para serem resolvidos fora da sala de aula e discutidos durante a aula seguinte. Assim, o aluno primeiro buscou a informação necessária, propôs uma solução e sanou as dúvidas que não conseguiu resolver sozinho, em sala de aula, junto a um grupo de discussões. Com base nos princípios da “sala de aula invertida”, estas experiências demonstraram bons resultados tanto quanto à assimilação do conteúdo e melhor aplicabilidade no desenvolvimento dos brises e nas propostas de intervenção para melhoria do conforto, quanto na condução do conteúdo geral por parte do professor, dentro da carga horária disponível e na motivação e envolvimento dos estudantes nas atividades.

Porém, constatou-se que esta inversão, onde a transmissão é feita de maneira autônoma pelo aluno, mostrou-se satisfatória para aqueles alunos que tem perfil pró-ativo, percebendo-se uma certa fragilidade para um outro grupo de alunos. Acredita-se que isto se deve ao hábito que a maioria dos alunos têm, em decorrência do modelo educacional adotado na maioria das escolas, de receber a informação de maneira passiva e que reverter isso não só é possível, como deve ser estimulado, visando alunos mais críticos e criativos. Portanto, a partir de então, este modelo de sala de aula invertida foi adotado com mais frequência, otimizando o tempo em sala de aula e motivando os alunos a buscarem informações necessárias para a construção do conhecimento.

Outra questão é sobre o uso da tecnologia, principalmente dos softwares de simulação: até que ponto as ferramentas de simulação computacional auxiliam, levando em consideração a agilidade e facilidade de se obter os resultados? Do ponto de vista da carga horária enxuta, é uma ferramenta a ser pensada, inclusive para uma maior dinamicidade do ensino, para que o conteúdo não seja transmitido sempre da mesma maneira pelo professor: aulas expositivas (transmissão oral e por leitura). Notou-se que o uso de vídeos e aplicativos facilitaram a compreensão. Por outro lado, estes podem ser transmitidos fora do horário da aula para que o aluno já chegue com uma base sobre o conteúdo a ser tratado e se otimize o tempo de aula para aprofundamentos e discussões.

Outra observação ao se comparar o uso de ferramentas computacionais, como o Revit, por exemplo, com ferramentas artesanais, como o Heliodon. Quando se trata de alunos iniciantes do curso, a compreensão espacial dos movimentos da Terra em volta do Sol e como as diferentes posições impactam na incidência solar na superfície terrestre, é facilitada por ferramentas manuais, pois exige uma familiaridade e capacidade visual tridimensional do aluno. No caso da geometria da Insolação, o simulador Heliodon, ainda que uma ferramenta “artesanal”, adotada há muito tempo nas faculdades de arquitetura, continua sendo uma importante ferramenta didática de transmissão do entendimento para este conteúdo, sendo mais indicada que o uso de softwares, que é sugerido para um segundo momento, por permitir mais agilidade. Portanto, o uso de ferramenta computacional ou manual deve ser decidido pelo professor em função da disponibilidade do equipamento e do tempo destinado ao conteúdo, dando preferência, sempre que possível para a ferramenta que é mais “palpável”, no caso o Heliodon.

Devido à exclusão da prática projetual nesta primeira disciplina de Conforto, para tentar aproximar a teoria dos cálculos da geometria solar com exemplos próximos a realidade de projeto, utilizou-se como parâmetro inicial diretrizes recomendadas para zona bioclimáticas brasileiras, definida pela NBR 15220. Assim, optou-se por trabalhar este conteúdo com uma atividade prática, envolvendo decisões projetuais de intervenção, para a qual a turma é dividida em oito grupos (um grupo para cada zona bioclimática brasileira), cada qual trabalhando com uma cidade pertencente à zona bioclimática investigada. Assim, eles exercitam a interpretação da norma e aplicação desta em situações projetuais diferentes, compartilhadas entre os grupos e

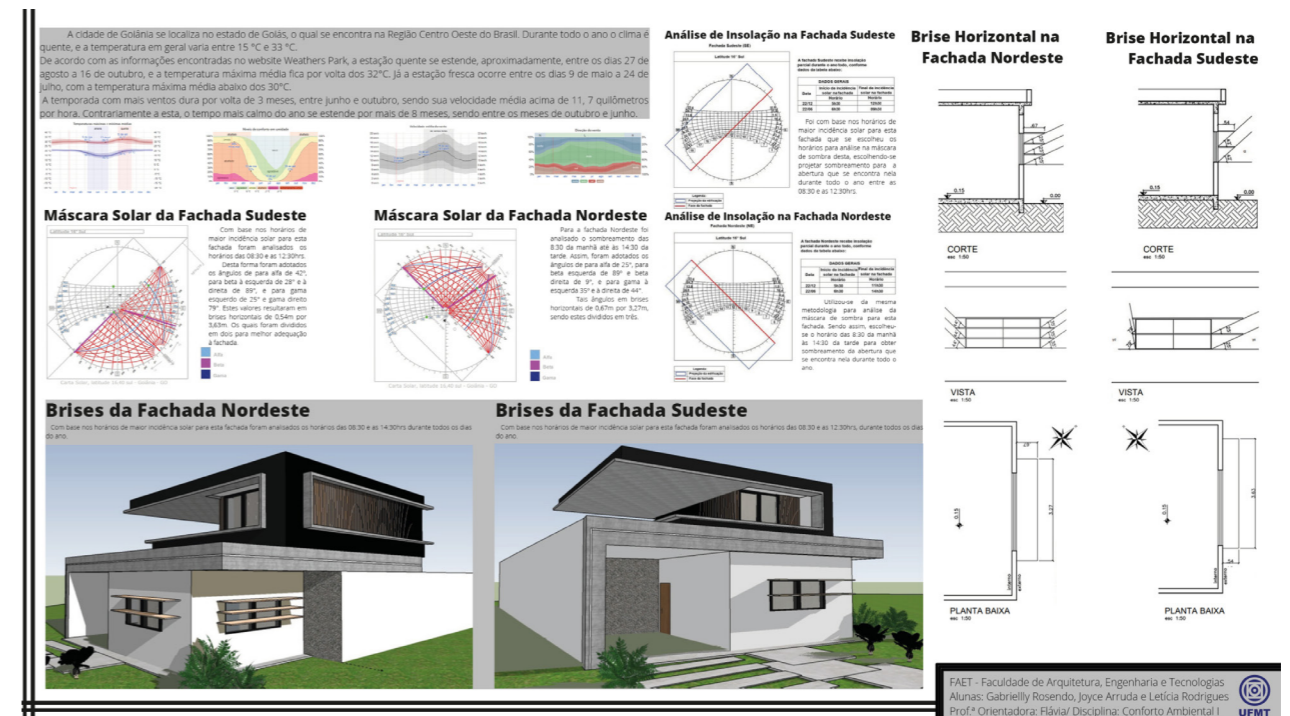
oportunizando momentos de ricas discussões para o aprendizado. Entre os objetivos desta atividade estão caracterizar o clima, definir as principais estratégias de projeto e, posteriormente, analisar por meio do estudo de insolação, as oito principais fachadas, das quais são selecionadas as duas mais ensolaradas, caso haja necessidade de proteção solar naquela localidade estudada (a ser justificado pelo grupo). Então são desenvolvidos os projetos de brises solares, atendendo às necessidades locais no que diz respeito às exigências da norma e orientações solares, a partir de projetos idênticos, com o mesmo tamanho de abertura. Os resultados foram satisfatórios, pois demonstraram um bom aproveitamento e assimilação do conteúdo pela maioria dos alunos, mesmo sem o desenvolvimento de projeto, que demandaria um tempo maior.

Na Figura 2, é apresentado um exemplo de resultado obtido nesse exercício, um painel bioclimático produzido pelos discentes para a Zona Bioclimática 6 – Goiânia, com todas as informações relevantes, como característica climática, fachadas trabalhadas, utilização da máscara de sombra, cálculo das proteções solares e implantação das mesmas em exemplo aleatório de projeto.

### 3.2 Conforto Ambiental 4 (conforto integrado e aplicado ao Projeto)

Apesar de ser uma disciplina prática desde o seu começo, considera-se um grande desafio aplicar uma atividade projetual no tempo que se tem disponível, principalmente porque não se pode tratar a arquitetura, em seus variados aspectos - técnica, funcional e estética- de maneira superficial. Por outro lado, a carga horária (30 horas) não permite que todas as discussões sejam realizadas durante esta

Figura 2: Exemplo de trabalho prático sobre estudo Bioclimático para Zona Bioclimática 6 – Goiânia, no semestre letivo de UFMT/2020-2021



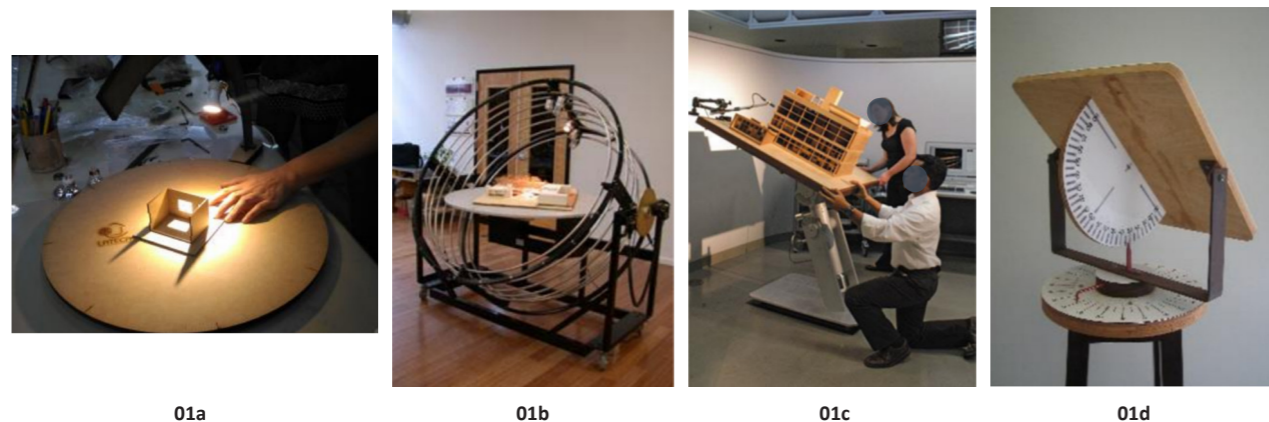
Fonte: Gabrielly Rosendo, Joyce Arruda e Letícia Rodrigues.

disciplina, sendo necessário focar nas questões de conforto, sem deixar de serem inseridas as questões arquitetônicas. Por isto, mais uma vez, reforça-se a necessidade de se integrar as disciplinas, em metodologias de Ateliê Integrado, onde o projeto de arquitetura é desenvolvido sob orientação de professores com áreas de conhecimentos diferentes, de maneira conjunta durante o processo de concepção. Enquanto não se implementa essa didática de Ateliê Integrado no curso da UFMT, uma alternativa proposta na última experiência na disciplina, para suprir os desafios anteriores e atender à demanda de aplicação projetual, foi disponibilizar

um projeto referência (Figura 3). Trata-se de um protótipo de habitação de interesse social adequado ao clima da cidade de Brasília – Zona Bioclimática 4 para ser adaptado conforme requisitos da NBR 15220 para a zona bioclimática que cada grupo trabalhou, condicionadas à manutenção da planta interna. Foram propostas análises de insolação, ventilação e eficiência energética.

Na Figura 4 é apresentado um exemplo de produto gráfico final para projeto na cidade de São Paulo, Zona Bioclimática 3. Após análise das condicionantes climáticas da cidade, observa-se modificações em

Figura 1: Diferentes Modelos de Heliodons



Fonte: Elaboração própria

Figura 3: Projeto referência – Protótipo de habitação de interesse social



Fonte: Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (PISAC)/UnB

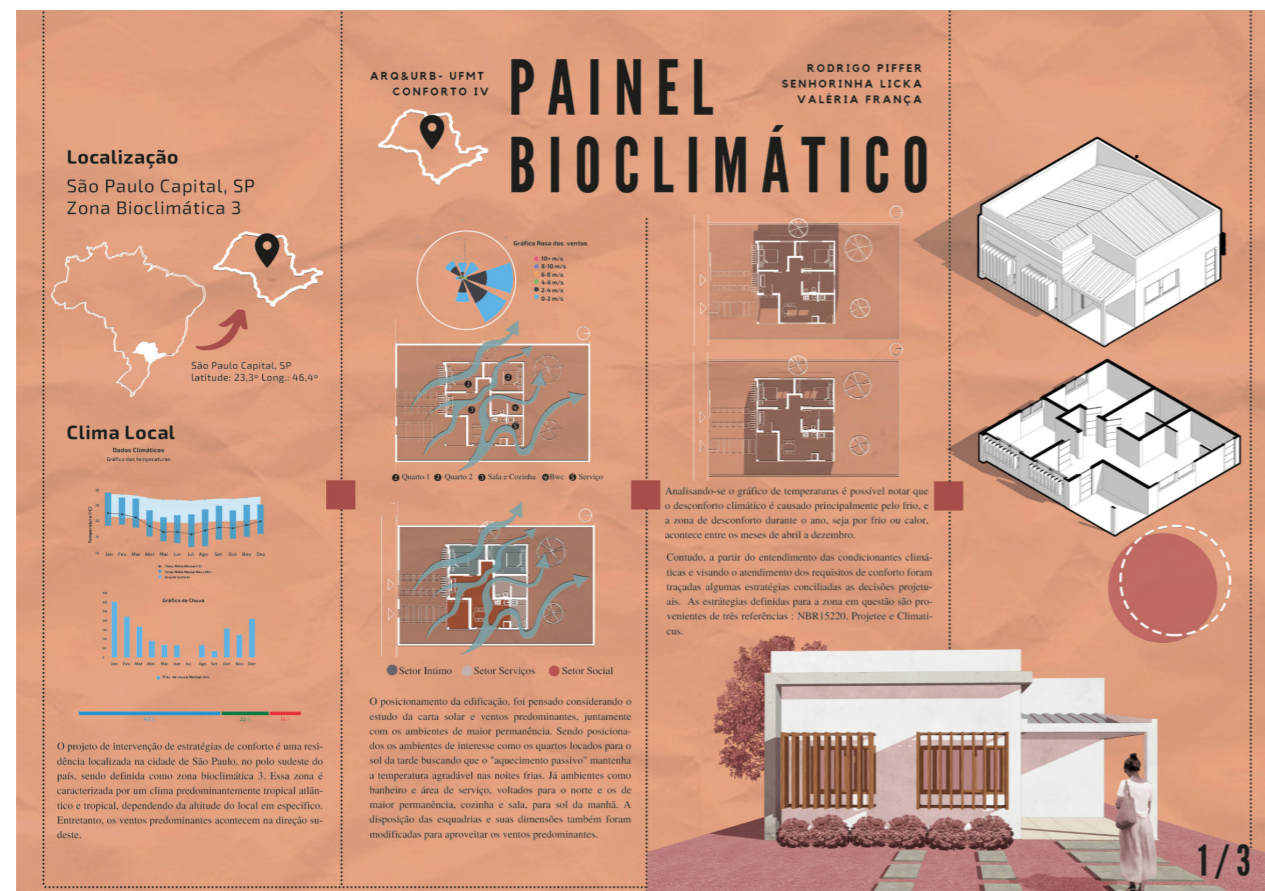
relação ao projeto referência, principalmente no uso de proteções solares nas janelas, além da previsão de materiais adequados para região de forma a garantir eficiência energética em nível A, de acordo com o regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais, o RTQ-R. (ELETROBRÁS/PROCEL EDIFICA, 2012)

O produto final de CA 4 incorpora análises mais detalhadas e que contemplem conforto lumínico e acústico, estudados nos semestres anteriores (4o e 5o), além de avaliação de eficiência energética e da influência das construções do entorno imediato ao terreno.

Em busca de um método “ajustado” para esta estrutura curricular, e sempre visando alcançar os

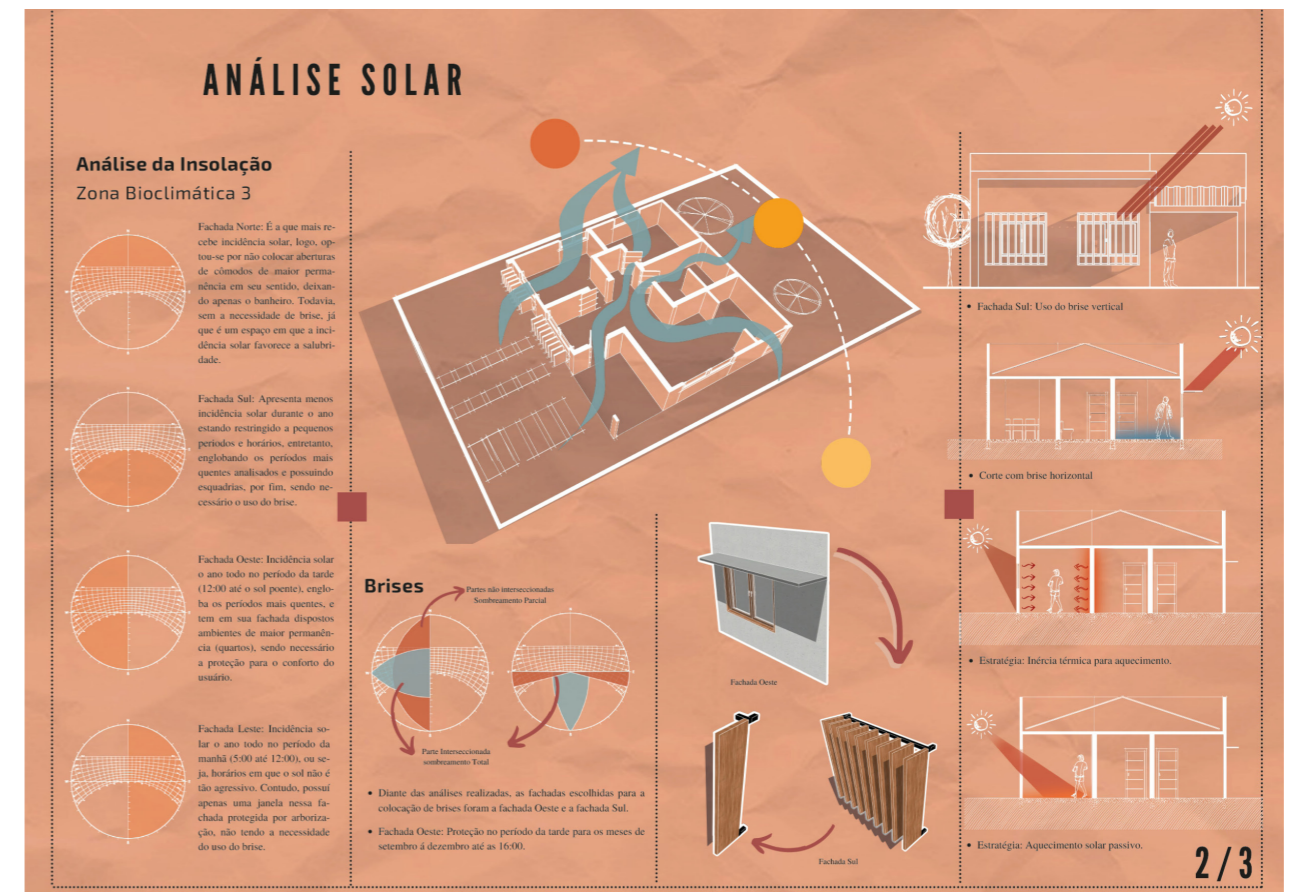
objetivos da disciplina, e acima disto, do ensino de arquitetura, variações semestrais têm sido experimentadas, como a área de estudo e detalhes do roteiro, que são modificadas a cada semestre. O uso das 8 zonas bioclimáticas é constante, assim como o objetivo de se adequar um projeto ao clima a partir da norma. Já o tamanho do terreno, orientação solar, configuração urbana do entorno, programa de necessidades, o uso de um projeto base ou livre são alterações feitas a cada semestre. De forma geral, os resultados são positivos no sentido de se observar, no produto final, características singulares na zona bioclimática que está inserida.

Figura 4a: Painel Bioclimático – Zona Bioclimática 3 – São Paulo



Fonte: Alunos Disciplina Conforto Ambiental 4 – UFMT/2020-2021.

Figura 4b: Painel Bioclimático – Zona Bioclimática 3 – São Paulo



Fonte: Alunos Disciplina Conforto Ambiental 4 – UFMT/2020-2021.

Figura 4c: Painel Bioclimático – Zona Bioclimática 3 – São Paulo



Fonte: Alunos Disciplina Conforto Ambiental 4 – UFMT/2020-2021.

#### 4. Considerações finais

Neste contexto, este capítulo visa contribuir com as discussões recorrentes sobre o tema de ensino de projeto de arquitetura e urbanismo, sob o olhar da sustentabilidade e do conforto ambiental, a partir de relatos de experiências vivenciadas nas disciplinas de conforto ambiental da UFMT, nos últimos 10 anos, na tentativa de agregar os fundamentos desta disciplina nas práticas de projeto, como princípios fundamentais e intrínsecos da arquitetura e como metodologia de projeto.

Em síntese, a partir das discussões acima apresentadas, pode-se concluir que o ensino de conforto ambiental, para ser de fato absorvido pelo aluno e aplicado em sua prática profissional no futuro, não pode estar desassociado das disciplinas de projeto de arquitetura e urbanismo e deve ser transmitido através de uma abordagem prática. Questões sobre metodologias mais adequadas, como integrar as disciplinas de maneira funcional e como o docente pode conduzir a construção do conhecimento de maneira mais ativa junto ao aluno, com a maior assimilação do conteúdo, ainda são questões que merecem um maior aprofundamento, sendo um dos objetivos deste capítulo instigar mais discussões entre as instituições de ensino brasileiras, cujos desafios geralmente são semelhantes.

Os principais desafios encontrados nas disciplinas de Conforto Ambiental 1 e 4 do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMT são: integração com demais disciplinas, principalmente de Projeto; adoção de práticas projetuais na própria disciplina, sem descaracterizar a essência da arquitetura em seus outros atributos e dentro da carga horária disponível, e a assimilação do conteúdo teórico, que provavelmente pode ser resolvido ao solucionar os dois primeiros desafios.

As causas encontradas para estes desafios são: a carga horária reduzida, a metodologia tradicional do modelo educacional, com transmissões de conhecimento de maneira passiva onde o professor é o principal agente, em contraposição a um modelo de metodologia ativa, fazendo com que o aluno seja o principal agente da transmissão de conhecimento, ou pelo menos, mais participativo. Este último tem sido testado e colhido bons resultados, propém ainda em fase de investigação e aprimoramento.

Possíveis soluções podem ser apontadas, entre elas o aumento da carga horária, apesar de somente o

aumento da carga horária, sem uma transformação no modo de transmitir o conhecimento e capacitar o aluno em aplicá-lo de maneira integrada, não ser suficiente. Na impossibilidade de se aumentar a carga horária, dentro da estrutura do curso, deve-se avaliar quais os conteúdos essenciais para a formação na graduação e quais podem ser tratados em cursos de pós-graduação com mais profundidade, evitando que todo o conteúdo seja transmitido de maneira superficial, sem que ao menos a base esteja bem consolidada no processo projetual do arquiteto. Esta avaliação deve ser feita em conjunto com docentes, preferencialmente de diversas instituições, onde a troca de experiências enriquece a discussão. Usar estratégias de “sala de aula invertida”, com conteúdos compartilhados antes das aulas, em horários extra-classe, para que os alunos cheguem com uma base teórica e dúvidas para serem discutidas e aprofundadas em sala de aula têm apresentado benefícios. Observou-se que excluir o desenvolvimento de projeto destas disciplinas também tem tido vantagens, no sentido e priorizar o tempo das disciplinas para aprofundamento das questões específicas de conforto, porém sempre dentro de uma aplicação prática, adotando-se um projeto base. Por esta razão, reforça-se a necessidade de integração nas disciplinas de práticas projetuais.

O uso da tecnologia computacional, com o uso de aplicativos de simulações tridimensionais, pode trazer contribuições por diminuir o tempo para explicações e resolução de exercícios. Porém, deve-se tomar o cuidado na disciplina inicial de CA 1, o conforto térmico, sendo mais recomendado neste estágio de formação do estudante, o uso de ferramentas manuais, como cartas solares, transferidores auxiliares e o Heliodon. Já em CA 4, a utilização de simulações computacionais têm se mostrado muito eficiente no aprendizado dos alunos, na compreensão do conforto ambiental como um fator-chave na qualificação do projeto em relação à eficiência energética por meio da avaliação, quantificação e visualização do mesmo. O maior benefício é permitir a percepção de como o uso de estratégias passivas no projeto arquitetônico pode ter um efeito positivo no conforto ambiental e na eficiência energética e como a capacidade de modelar, testar opções, comparando-as e avaliando as estratégias e especificações de projeto propostas, contribui para definir uma solução de projeto mais otimizada.

Para concluir, fica evidente que o olhar atento e crítico do educador do ensino superior às novas mudanças que ocorrem na sociedade é fundamental para que compreenda as demandas sociais e traga inovações

nas práticas didáticas, coerentes com o contexto local e atual. Sendo assim, considera-se de suma importância que ocorram trocas de experiências entre educadores de outras instituições locais e de outras regiões, principalmente quando se tem experiências bem-sucedidas, é sempre enriquecedor.

#### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.fablab.io/labs/labau>. Acesso em: 28 abr. 2020.

ALBERTO, K. C., CARMO, R. A., COLCHETE FILHO, A. F. O ensino de projeto no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora. In: VI ENCONTRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, Itaipava, v. 1, 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication>. Acesso em: 21 out. 2021.

ARSENIC, N.; LONGO, O. C.; BORGES, M. M. O ensino e aprendizagem da disciplina Projeto no curso de Arquitetura e Urbanismo. Revista CES, Juiz de Fora, v. 25, 2011.

BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BRASIL ESCOLA. A arquitetura do futuro é multidisciplinar! Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/>. Acesso em 21 out. 2021.

ELETRÓBRÁS/PROCEL EDIFICA. Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ-R para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, 2012. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/>. Acesso em 10 de fevereiro de 2022.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 48. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

LABAUMAKER. Disponível em: <https://labaumaker.wixsite.com/labau/single-post/2016/03/07/coming-up>. Acesso em: 21 out. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Universidade Federal de Mato Grosso. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Projeto político-pedagógico do curso de graduação em arquitetura e urbanismo: sistema seriado semestral. Cuiabá, 2008.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Vol. II. Carlos Alberto de Souza e Ofelia Elisa Torres Morales (orgs.). PG: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015.

NEVES, L. P. Adoção do partido na arquitetura. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1989.

NEVES, L. de O.; KOWALTOWSKI, Doris C.C.K.; RUSCHEL, R. C. Um panorama sobre a temática do conforto ambiental. PARC- Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 198-201, dez. 2016.

VELOSO, M. F. D., ELALI, G. A. Há lugar para o projeto de arquitetura nos estudos de pós-graduação? [S.l.], jan. 2002. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp117.asp>. Acesso em: 15 abr. 2008.

VELOSO, M. F. D., ELALI, G. A. Projeto como construção coletiva: da participação à colaboração – os desafios do ensino. ENANPARQ - III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2014.

GOVERNO DO BRASIL – GOV.BR. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, [s.d.]. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 21 out. 2021.

# Relato da experiência de ensino-aprendizagem em Acústica Arquitetônica em Berçário localizado em Cuiabá/MT

**Luciane Cleonice Durante**

Universidade Federal de Mato Grosso, luciane.durante@ufmt.br

**Ivan Julio Apolonio Callejas**

Universidade Federal de Mato Grosso, ivan.callejas@ufmt.br

**Daniela Barros Silva Freire Andrade**

Universidade Federal de Mato Grosso, freire.d02@gmail.com

O capítulo visa apresentar uma experiência de ensino-aprendizagem sobre acústica arquitetônica em um berçário da rede pública do município de Cuiabá/MT, no qual participaram alunos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Psicologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Buscou-se o entendimento do processo de construção histórica dos berçários, das relações sociais e de aprendizagem, bem como do desenvolvimento infantil que nele ocorrem, tendo o aspecto da acústica e das condições de trabalho como pano de fundo no processo de pesquisa participativa realizada pelos alunos. Os resultados foram encaminhados na forma de um projeto de intervenção que tem como premissa o conforto acústico, considerando os bebês e os profissionais da educação como protagonistas em seu uso. As contribuições buscam possibilitar um aprendizado mais prático do tema de conforto acústico e a integração entre os graduandos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Psicologia envolvidos na ação.

**Palavras-chave:** Conforto Acústico. Ruído. Processo de projeto.

## 1. Introdução

O Conforto Acústico integra os conteúdos obrigatórios do curso de Arquitetura e Urbanismo, com os quais se espera que o egresso tenha entendimento e percepção sobre as condições acústicas aplicada aos edifícios e à cidade, bem como ao domínio das técnicas apropriadas de avaliação e controle (BRASIL, 2006). Aprofundamentos do conteúdo mínimo ficam condicionados à disponibilidade de especialistas no corpo docente e aos discentes com maior interesse pela área. Estes, usualmente, buscam aprofundamentos pelo caminho das pesquisas, ou até mesmo pelo autodidatismo. Assim, é muito comum essa área do conhecimento ser exercida por especialistas, o que resulta, por um lado, um vasto campo de trabalho para esses profissionais, considerado como um “nicho de mercado” e, por outro, certa fragilidade na formação sobre o tema.

O estudo de Conforto Acústico requer o entendimento de conceitos da física aplicada, considerados complexos pela maioria dos alunos. Além disso, no ensino de Conforto Acústico, considerando o âmbito da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), ainda não se dispõe de ferramentas didáticas que permitam a elaboração do projeto acústico de forma integrada em um processo simultâneo de tomada de decisões, associando geometria das paredes e

forro, volumetria e comportamento dos materiais. Os recursos usados em sala de aula são na forma de planilhas e gráficos, muito embora já existam programas computacionais que permitem maior interação (Odeon Acoustics Simulation Software<sup>1</sup>, CadnaR<sup>2</sup>, COMSOL Multiphysics<sup>3</sup>, dentre outros). No entanto, a aplicabilidade ao ensino de graduação de Arquitetura ainda é restrita, tendo em vista a complexidade envolvida nos procedimentos de modelagem e simulações computacionais. Fato é que esta área do conhecimento não tem sido igualmente explorada pelo ensino de Arquitetura, em termos de ferramentas, tanto quanto as de conforto térmico e lumínico. Na prática da UFMT, o Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA) possui software para simulação computacional de acústica e o aplica em estudos de maior grau acadêmico, compatíveis com o tempo necessário para vencer a curva de conhecimento por ele demandada.

Ainda na UFMT, destaca-se a dificuldade em relação aos equipamentos de medição, fundamentais para a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos, os quais nem sempre estão disponíveis para exercícios de medição. Outro aspecto é a necessidade de se desconstruir o conceito de “conforto acústico” como sendo a ausência de barulhos ou ruídos. Para isso, visitas técnicas em ambientes acusticamente bem projetados tem se demonstrado como uma estratégia efetiva, sensibilizando o aluno sobre o que é um ambiente sonoro confortável.

Frente a essa realidade da UFMT, surge a problemática que serve de inspiração para este estudo, que enfoca um relato de experiência de ensino sobre o conforto acústico no âmbito da graduação, no qual realizaram-se medições e avaliações sonoras, seguidas de proposta de intervenção em um berçário do município de Cuiabá/MT. Assim, o estudo de Conforto Acústico se desenvolveu de forma interdisciplinar e transversal, trabalhando as questões relacionadas ao espaço físico e seus reflexos nas colaboradoras (Educadoras) e para o principal usuário ao qual toda a estrutura deve ser pensada – os bebês –, possibilitando melhoria das condições ambientais de trabalho e estímulos diferenciados ao desenvolvimento cognitivo dos bebês.

A ação foi desenvolvida como um projeto de extensão intitulado “Rede de Apoio à Educação Infantil: Interfaces entre Psicologia, Pedagogia e Arquitetura”,

1 <https://bitly.com/Q7p6st>

2 <https://bitly.com/h2Slea>

3 <https://bitly.com/RRD9Yu>

aprovado em Comitê de Ética da UFMT, no âmbito de uma parceria entre o Grupo de Pesquisa em Psicologia da Infância (GPPIN), Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA) e o município, responsável pela gestão das creches.

## 2. Referencial teórico

O referencial teórico se desenvolve a partir de abordagem interdisciplinar, buscando-se o entendimento do processo de construção histórica dos berçários, das relações sociais e de aprendizagem, bem como o desenvolvimento humano que nele ocorrem, tendo o aspecto da acústica e das condições de trabalho como pano de fundo na pesquisa participativa realizada pelos alunos.

A implementação da creche pública se deu com a abertura de vagas para a população de baixa renda, com um atendimento de caráter assistencialista, que se estende até os dias de hoje, apesar dos tensionamentos provocados por pesquisadores e profissionais da educação. Assim, pode-se dizer que as creches se desenvolveram acompanhando a estruturação do capitalismo, a crescente urbanização e a necessidade da reprodução da força de trabalho que incluiu as mulheres como sujeitos economicamente produtivos na sociedade. Ao saírem de casa para exercer suas funções, as mães de famílias menos favorecidas financeiramente, que não dispunham de recursos para pagar a pessoa que as substituiriam nos horários de trabalho, tiveram a necessidade de deixar seus filhos sob cuidados e guarda de outrem, em um espaço sem caráter educativo. Desta forma, organizava-se com base na lógica de que os serviços prestados não eram considerados direitos das crianças e de suas famílias, mas, sim, uma doação, que se fazia sem grandes investimentos.

Atualmente, considera-se como creche o espaço destinado à Educação Infantil de 0 a 3 anos e 11 meses, cuja disponibilização é dever dos municípios, opção das famílias e direito das crianças, cuja função compreende-se nas práticas de cuidado e educação amplamente divulgadas pelos documentos oficiais. Dentre eles destaca-se os Parâmetros Nacionais de Infraestrutura para as Instituições de Educação Infantil (BRASIL, 2006), documento que contribuiu para pensar as creches como ambiente que deve oferecer educação e assistência à saúde, com vistas a garantir o desenvolvimento físico, emocional, cognitivo e social da criança. Portanto, entende-se que as creches são instituições educacionais que reconhecem os direitos das crianças, suas

famílias e seus profissionais, dentre estes o direito a um espaço promotor de oportunidades de aprendizagem e desenvolvimento. Tal questão passa pela análise do ambiente construído, sob o ponto de vista da qualidade, estética e funcionalidade, uma vez que esse espaço atua como elemento ou artefato cultural que forja vivências de seus usuários, atuando como elemento potencialmente identificador destes, uma vez que os usuários, além de significá-lo, atribuí-lhe afetos (topofilia e topofobia) e sentidos, transformando o ambiente em lugar (TUAN, 1980; 1983).

Ao considerar que as profissionais da Educação Infantil, assim como as crianças passam, em média, um terço de seu dia no berçário, entende-se que o projeto político-pedagógico e o processo educacional ali desenvolvidos são afetados pela qualidade desses ambientes e, por consequência, afeta o desenvolvimento dos bebês e a saúde das profissionais. De todos os espaços contemplados em uma creche, este trabalho privilegiou analisar o ambiente do berçário, destinado às crianças de 4 meses a 1 ano. Este ambiente é constituído pela sala de repouso, sala de atividades, fraldário, lactário e solário. Idealmente, possui as seguintes características:

[...] As crianças de 0 a 1 ano, com seus ritmos próprios, necessitam de espaços para engatinhar, rolar, ensaiar os primeiros passos, explorar materiais diversos, observar, brincar, tocar o outro, alimentar-se, tomar banho, repousar, dormir, satisfazendo, assim, suas necessidades essenciais. Recomenda-se que o espaço a elas destinado esteja situado em local silencioso, preservado das áreas de grande movimentação e proporcione conforto térmico e acústico (BRASIL, 2006, p. 11).

Na concepção, planejamento e ocupação do berçário, é importante observar o ambiente físico, as atividades, a rotina, os recursos materiais e de pessoal, as interações desenvolvidas e o programa educacional adotado pela instituição. Faz-se necessária a existência de áreas externas ou espaços alternativos que propiciem às crianças a possibilidade de estar ao ar livre, em atividade de movimentação ampla, tendo seu espaço de convivência, de brincadeira e de exploração do ambiente enriquecido (BRASIL, 2006). Em um contexto de tantas carências nas creches brasileiras, a questão do desempenho acústico desses ambientes, não obstante a sua importância para o desenvolvimento cognitivo dos bebês e para a saúde das Educadoras, apresenta-se como supérflua ou em escala menor de prioridades, se comparada às demais questões envolvidas.

A estrutura, além de atender às necessidades das crianças, deve ser adequada para que as profissionais da Educação tenham sua saúde física e mental preservada. Ao permanecerem por longas horas em um único ambiente, na maioria das vezes com elevados níveis de ruídos provenientes de choros, ainda que sejam considerados elementos de uma pré-linguagem pelas profissionais, e outros sons emitidos pelos bebês, ou estímulos sonoros dos brinquedos e o próprio ruído de fundo do local, o estado emocional das educadoras pode ser afetado (SARAIVA, 2018). Segundo Pimentel-Souza (1992), o ruído a partir de 55dB (A) provoca estresse, gerando durável desconforto; em torno de 65 dB (A), eleva-se o risco de infarto, derrame cerebral, infecções e osteoporose, dentre outras doenças; por volta de 100 dB(A), pode ocorrer perda da audição. O ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando os indivíduos sem motivação própria, incapazes de suportar o silêncio. A dependência do ruído gera depressão nas pessoas na presença de ambientes silenciosos, promovendo agitação e incapacidade para suportar o silêncio. Marone (1996, p. 44) aponta que

[...] o ruído age sobre o metabolismo basilar, aumentando o consumo de oxigênio, a tensão sanguínea geral e intracraniana, a sudorese, o número dos batimentos cardíacos, mesmo do feto [...], o ritmo respiratório e a contração da musculatura corpórea. Numerosas glândulas são afetadas pelo ruído: a suprarrenal, a lacrimal, as do aparelho digestivo, entre outras. Ao atingir 140 dB o ruído desencadeia sensações desagradáveis, tais como vibração na cabeça, movimento de ar no nariz e perda de equilíbrio (devido à movimentação dos líquidos labirínticos), sensação de dor e calor na cabeça, vibrações nos globos oculares, etc.

O parâmetro recomendado para o conforto acústico das profissionais que atuam no berçário é de 65dB (A) (BRASIL, 2020), e o risco de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) aumenta quando a exposição está acima de 85 dB(A) em 8h de trabalho. As exposições contínuas são piores que as intermitentes e exposições a um ruído muito intenso por curto período de tempo também podem desencadear perdas auditivas. Destaca-se que pesquisas dos ambientes sonoros em berçários voltados para a ergonomia, segurança e saúde do trabalho são incipientes, podendo-se citar Vivan, Lins e Durante (2013), Campos et al. (2011), Andrade et al. (2011a; 2011b), Amorim (2010), Camargo (2010) e Valcanaia (2010). Saraiva (2018) entrevistou Educadoras de creches com problemas nas cordas vocais, que declararam possibilidade de haver relação com a atividade laboral, mas

desconheciam que o ruído laboral poderia afetar a saúde, e até gerar perda auditiva. Nessa pesquisa, o autor verificou que as crianças usavam elevado tom de voz dentro e fora da sala, assim como as profissionais por elas responsáveis. Para os bebês, os parâmetros de conforto acústico não são definidos. Parrado e Costa Filho (1992) sugerem que o nível de exposição ao ruído permitido ao recém-nascido não deva ultrapassar 58 dB (A), sendo este valor uma adequada referência para analisar preliminarmente os limites de exposição.

A interação dos bebês com o som no primeiro ano de vida é muito importante para o desenvolvimento da linguagem, por meio das percepções visuais, auditivas, sensoriais e cognitivas. Aos 3 meses, a criança já percebe de onde vem os sons e os procura. Com 6 meses, se arrisca a produzi-los na forma de palavras, a partir das vocalizações como forma de se expressar. À medida que os adultos interagem com essas expressões, as mesmas vão sendo empregadas pelos bebês com um sentido definido. Com 10 meses de vida a criança apresenta a capacidade de imitação dos sons que ouve. Com 1 ano, inicia-se o estágio linguístico, que é caracterizado pela maturação do aparelho fonador (PINTO, 2016). Deste modo, o desenvolvimento da fala depende de processos de aprendizagem social e da imitação, revelando que o excessivo silêncio também não se torna condição favorável ao desenvolvimento dos bebês.

No berçário, Duarte (2011, p. 128) cita a delicadeza de uma profissional no trato com os bebês e sua sensibilidade ao buscar interagir com as suas formas de expressão, construindo outras formas de relações e comunicações, uma vez que ainda não desenvolveram a linguagem oral. São olhares, choros e sorrisos que comunicam algo:

[...] aqui a gente fala muito baixo, sabe, é muito calmo, em outras turmas parece que tu tens que erguer muito a voz, [...] é tudo calmo, a música, o som, o toque, o jeito que tu coloca, o jeito que ele te olha, o jeito que tu percebes ele naquele momento, como ele está fazendo, está comendo, está sendo trocado (Entrevista 3).

[...] “eles não falam, mas falam”, falam através do choro, se comunicam através do choro, através do balbúcio, do olhar, dos gestos, então, isso já é uma grande diferença, não tendo a oralidade como tem nas demais turmas (Entrevista 1).

[...] Acho complicado no berçário, porque a gente não sabe o que está acontecendo com a criança, e tem que

começar a identificar pelos sinais que eles dão, que é o choro, sabe, é a única forma que eles têm de se manifestar (Entrevista 5).

Tem-se que no berçário o choro é a principal forma de os bebês se comunicarem, não existindo, assim, a possibilidade, como em outras profissões, de que as profissionais façam uso, por exemplo, de equipamentos de proteção auditiva (EPI), pois isso seria justamente eliminar o vínculo da relação educativa que constitui os princípios básicos do desenvolvimento humano.

### 3. Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada nessa experiência de ensino de conforto acústico parte do reconhecimento das questões teóricas envolvidas no problema, colocando os graduandos como agentes participativos que buscam encontrar soluções a partir da vivência, ou seja, sob o ponto de vista dos usuários. Nesse sentido, os alunos assumiram uma atitude de observação participativa para compreender o contexto e os usuários do ambiente estudado.

Um berçário de uma creche no municipal de Cuiabá/MT foi escolhido como objeto de estudo por ser o campo de estágio dos alunos do Curso de Psicologia, no qual os estagiários já relatavam a percepção de um ambiente de elevado estresse acústico, constituindo-se, assim, em uma oportunidade de integração e interdisciplinarização de conteúdos. Essa interação se deu nos momentos da pesquisa de campo e em momentos de sala de aula, para reconhecimento e discussão dos referenciais teóricos sobre conforto ambiental, bem como sobre a relação do espaço com o desenvolvimento humano, como apontam Kowaltowski (2011), Vigotski (2008) e Mahoney e Almeida (2004).

Com estrutura arquitetônica simples e linear, é uma construção típica do período moderno, com paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos, rebocadas em ambas as faces, pintura interna na cor branca, cobertura em telhas de barro, esquadrias externas em chapa metálica e vidro. Apesar da abundância de iluminação natural na região, as salas operam com iluminação artificial. O tráfego de veículos nas vias circundantes é baixo, possuindo uma linha de ônibus que passa em frente à creche, mas que não influencia no ruído dos berçários (Figura 1).

O berçário atende a 20 crianças, com faixa etária de 3 meses a 1 ano. As crianças frequentam a creche de segunda a sexta-feira, com rotina de atividades,

Figura 1: Implantação do Berçário na Creche.



Fonte: Adaptado de Google Earth

conforme mostra a Figura 2. A jornada de trabalho das profissionais é de seis horas diárias.

A experiência de ensino-aprendizagem aqui relatada desenvolveu-se nas seguintes etapas metodológicas: diagnóstico do ambiente acústico e elaboração de proposta de intervenção, conforme a seguir descrito. Ressalta-se a importância da etapa de diagnóstico para a compreensão das funções desempenhadas no berçário, de tal forma que as futuras propostas de intervenção não viessem prejudicar as atividades desenvolvidas quanto aos aspectos de alimentar, limpar, brincar, dentre outras. Durante a permanência das discentes no berçário, foi solicitado que observassem as condições normais do labor, o que oportunizou a obtenção de registro iconográfico e de subsídios para a elaboração de proposta de intervenção que atenda às reais necessidades do berçário.

### 3.1. Metodologia para o diagnóstico do ambiente acústico

Realizou-se o levantamento do espaço físico, equipamentos e layout. Na sequência, mediante a proposta de abordagem multidisciplinar, foram levantados dados qualitativos e quantitativos para fins do diagnóstico do ambiente acústico. Como técnica para obtenção de dados qualitativos, as Educadoras foram convidadas a responder um questionário estruturado com questões relacionadas ao ambiente acústico e às condições de trabalho, sem identificação nominal das respondentes. Os dados quantitativos referem-se ao monitoramento das condições acústicas, seguindo as recomendações da norma vigente à época (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). Os discentes realizaram medições acústicas na ausência de fontes sonoras atípicas, tais como chuva e vento forte.

Como forma de definir e esclarecer o conceito de ruído de fundo de forma participativa com os alunos, as medições dos níveis de pressão sonora equivalentes

Figura 2: Rotina do Berçário



Fonte: Elaboração própria

foram realizadas em duas situações distintas de uso. Na primeira, no período que antecede a chegada das crianças, apenas com as funcionárias presentes, por um período de 15 minutos. Na segunda, com as crianças e funcionárias, em um ponto fixo na sala, com duração de um período do dia.

Os discentes receberam treinamento para uso do equipamento antes da realização da medição em campo, antecedido do entendimento dos conceitos teóricos envolvidos: níveis de pressão sonora, frequência sonora, escala decibel, conceito e níveis admissíveis de conforto acústico, procedimentos normativos para medição de níveis de pressão sonora e critérios de avaliação.

Utilizou-se medidor acústico da marca INSTRUTHERM, modelo DEC 5020, Tipo 1, classe 1, devidamente calibrado, com analisador de frequência, o que permite obter níveis equivalentes medidos em cada frequência de banda de oitava e a análise por meio das Curvas de Avaliação de Ruído- Noise Criteria (NC), da ABNT (2000). Nesse sentido, discutiu-se previamente o conceito de frequência de banda de oitava, com vistas a orientar os alunos sobre o processo de medição e sobre os dados registrados pelo equipamento, expressos em dB(A) e por bandas de oitavas.

### 3.2. Metodologia para elaboração da proposta de intervenção

Foi elaborada proposta de intervenção no berçário, tendo como premissa o conforto acústico. Em diálogo com os discentes, definiu-se que a proposta deveria levar em consideração aspectos relacionados às necessidades de organização do espaço físico, que, se implantadas, poderiam proporcionar um espaço de melhor qualidade e, conseqüentemente, mais propício ao desenvolvimento físico e emocional das crianças, além de questões específicas relacionadas aos aspectos de conforto laboral e acústico. Ressalta-se que a vivência e a observação de campo foram fundamentais para que estes aspectos fossem considerados na proposta de intervenção.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Diagnóstico do ambiente de trabalho

Um aspecto que chamou a atenção dos alunos foi a presença constante do som da televisão (desenhos e músicas), que permanece como pano de fundo para as demais atividades desenvolvidas. O acompanhamento da rotina por meio da pesquisa participativa permitiu

que os alunos reconhecessem os postos de trabalhos, as atividades neles desenvolvidas e os fluxos.

O questionário trouxe dados importantes para a proposta de intervenção. Destaca-se que as profissionais declararam sentir mais cansaço mental do que físico. Segundo os relatos, o fato de as crianças chorarem e elas se sentirem sobrecarregadas com o número de crianças (Figura 3), as faz sentir estressadas e cansadas mentalmente, ao fim da jornada de trabalho. Esse relato indica a necessidade de melhorar as condições de trabalho em geral, sendo o ambiente acústico uma condição importante, diretamente relacionado a aspectos psicológicos, como cansaço, irritabilidade, dificuldade de concentração e variação de humor.

Figura 3: Número de crianças por profissional



Fonte: Elaboração própria

Figura 4: Atividade de abaixar ao chão



Fonte: Elaboração própria



Figura 5: Profissional com a criança na lateral do corpo



Fonte: Elaboração própria

Figura 6: Profissional ninando o bebê no chão



Fonte: Elaboração própria

Figura 7: Intervalo durante o sono dos bebês, sem mobiliário adequado



Fonte: Elaboração própria

As profissionais que atuam no berçário declararam sentir dores no corpo devido ao esforço e inadequação do ambiente de trabalho. De acordo com a percepção das entrevistadas, essas dores são provenientes dos movimentos executados, tais quais os movimentos repetidos de abaixar até o chão e levantar (Figura 4); pegar os bebês no colo (Figura 5); a atividade de ninar, pois precisam sentar-se no chão (Figura 6); e a ausência de mobiliário adequado, sem assentos para os intervalos em que os bebês dormem (Figura 7). Nesse sentido, a adoção de mobiliários adequados para a execução das tarefas são de fundamental

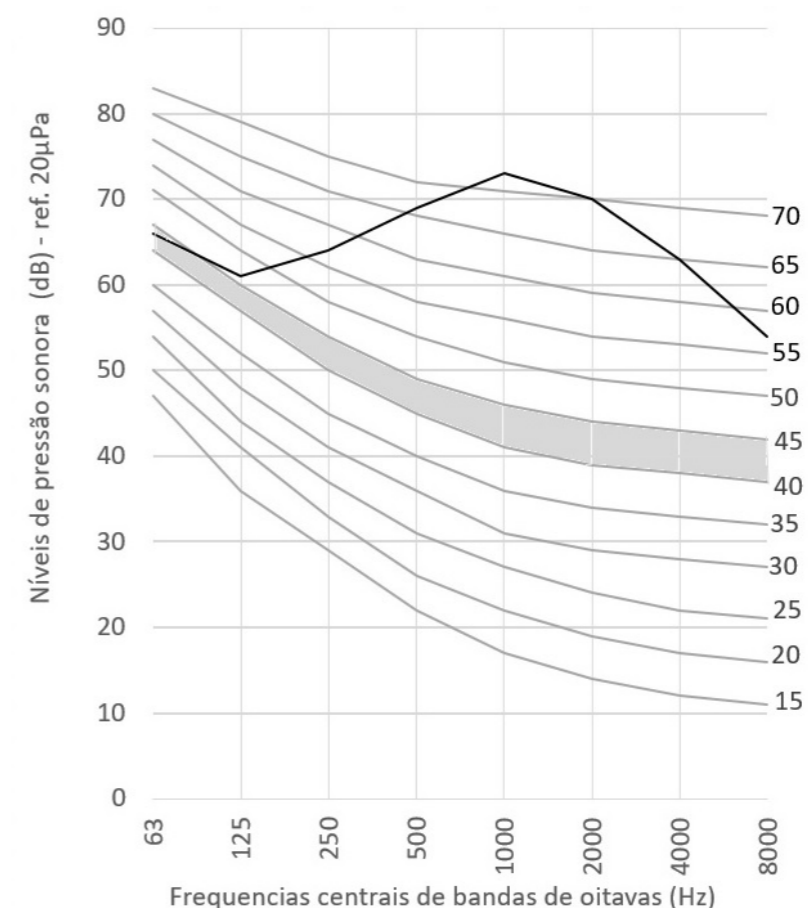
importância com vistas a reduzir os esforços físicos e movimentos repetitivos. Essa discussão permitiu identificar soluções arquitetônicas e organizacionais que foram posteriormente implementadas na fase de elaboração do projeto de intervenção.

Das quatro Educadoras, três delas declararam ter realizado exame de audiometria, e uma delas realizou recentemente, pois percebe que apresenta dificuldades de audição durante diálogos. Quando questionadas sobre o nível de ruído na sala, 50% declararam que consideram o barulho “normal”, 25% percebem o ambiente com “muito barulho” e 25%, como “barulhento”. Somente uma Educadora declarou não se incomodar com o barulho. Disseram ainda ter sintomas de cansaço ao final do dia, perda de apetite, desânimo, mudanças súbitas de humor, irritabilidade e dificuldade de atenção e concentração. Questionadas a que atribuíam esses sintomas, uma delas declarou ter porte físico inadequado, e as outras três disseram haver muita tensão no trabalho, pois a elas cabe a responsabilidade da segurança e o bem-estar das crianças. Uma profissional ainda acrescentou alguns problemas de saúde exemplificando com problemas nas articulações e coluna, problemas digestivos e estresse mental.

Apesar de, nesse momento, ainda não terem sido realizadas as medições para avaliar o ambiente acústico, os alunos relataram que consideravam o ambiente ruidoso, principalmente quando os bebês choravam, o que os instigou e motivou a realizarem as medições e a avaliação. Foi uma excelente oportunidade para discutir um aspecto importante que se relaciona ao fato de que, como muitas vezes estamos inseridos em ambientes ruidosos, nossa percepção fica comprometida, fazendo-nos crer que a condição existente é normal, o que nos induz a aceitá-la.

No caso do choro, ainda foi possível refletir sobre sua relação com a ausência de práticas educativas que proporcionasse aos bebês o sentido de vínculo, atenção voluntária aos brinquedos, exploração psicomotora do espaço educativo; fato que faz o ruído como choro ser uma variável possivelmente contornada, mas nunca eliminada, por medidas educacionais e atitude de continência por parte do profissional. Nesse momento, acredita-se ter atingido o objetivo de sensibilizar o futuro arquiteto para a importância do conforto acústico e seu olhar crítico para a complexidade das questões que envolvem os trabalhadores em seus ambientes laborais.

Figura 8: Níveis de pressão sonora nas bandas de oitava



Fonte: Elaboração própria

Um aspecto bastante discutido pelos discentes foi a questão do posicionamento dos medidores sonoros, quanto à importância da definição do tipo de análise que estaria sendo realizada, de tal forma que ela representasse de forma mais homogênea o comportamento acústico da sala, bem como a importância das normas técnicas no estabelecimento de critérios padrões a serem observados nesse tipo de medição. Nesse sentido, a medição foi feita no ponto central da sala. Os valores foram plotados no gráfico das curvas NC da NBR 10152 (ABNT, 2000), destacando na hachura a faixa de conforto (Figura 8).

Com auxílio dessa estratégia, foi possível demonstrar para os alunos que o nível de pressão sonora estava acima do recomendado para fins de conforto acústico em creches, cujos limites mínimo e máximo variam de 40 e 50dB(A). Foi possível ainda reconhecer que apenas as frequências de 63 a 125 Hz estavam no intervalo de conforto acústico, com o maior valor ocorrendo na frequência de 1000Hz, o que é característico das manifestações sonoras relativas aos desenhos animados e músicas que são mantidas ligadas na sala da creche e, até mesmo, das

vocalizações dos bebês. Portanto, a caracterização do berçário como um ambiente ruidoso ficou evidenciada pelas medições, inicialmente já percebido pelos alunos, indicando o elevado ruído de fundo antes das medições. Ainda a esse respeito, retomou-se a discussão anterior, com o intuito de ratificar a hipótese apresentada aos alunos, de que as pessoas, muitas vezes, toleram ambientes ruidosos por acreditarem que estes representam as condições usuais do ambiente de trabalho. Neste aspecto, vale a pena problematizar a relação estabelecida entre o sentido atribuído pelas profissionais ao ato educativo com bebês, cuja prática de exposição à tela da TV em demasia pode ser considerada inadequada. Sobre tal debate, Andrade (2015), em estudo desenvolvido pela equipe de psicologia, do mesmo projeto de extensão ora anunciado, identificou a ênfase no campo representacional das profissionais na rotina, no cuidado e na manutenção da integridade física dos bebês, fato que pode justificar a adesão a prática de expor os bebês à tela da televisão.

Outro aspecto gerador de discussão entre os alunos se refere à questão dos efeitos destes níveis elevados

de pressão sonora nos bebês. Compartilhou-se então os resultados da pesquisa de Evans e Maxwell (1997), que demonstraram que os níveis de ruído similares aos amostrados no berçário pesquisado podem influenciar no aprendizado das crianças, na sua capacidade de concentração e na sua capacidade linguística, além de poder causar elevação de sua pressão arterial, causando, dessa forma, problemas que teriam efeitos negativos ao longo de seu desenvolvimento cognitivo.

Diante dos valores registrados, reconheceu-se a necessidade de medidas corretivas para fins de melhorias do ambiente acústico, a partir de tratamento acústico da sala do berçário, objeto deste capítulo e a seguir detalhado.

#### 4.2. Propostas de intervenções surgidas para a sala da creche

A proposta de readequação dos espaços apresentada pelos alunos considerou tanto aspectos de layout e fluxos de trabalho quanto questões voltadas para a melhoria da acústica do ambiente. Nesse sentido, a área de banho não sofreu alterações, porém propôs-se que o espaço em que se localiza o trocador se tornasse mais reservada e mais funcional, separando-o do restante da sala por meio de armários, que serviriam tanto para guardar os pertences das crianças e brinquedos. Essa estratégia facilita a manutenção da ordem da sala e o trabalho das profissionais.

Redistribuiu-se de forma mais ergonômica os jogos de mesas e cadeiras, facilitando para as Educadoras alimentar as crianças e transitar entre uma mesa e outra. Foi proposto um “cantinho do soninho”, área da sala que fica reservada para receber os colchonetes onde as crianças teriam suas horas de sono e descanso.

Sob o ponto de vista arquitetônico e funcional, destaca-se que os alunos procuraram atender à demanda de todas as atividades, todavia maior ênfase foi dada na área de recreação. Considerou-se que, a partir de um local seguro e atrativo, as crianças poderiam se desenvolver com mais facilidade e autonomia ao longo do dia. Além disso, considerou-se que a relação da criança com o brinquedo pode favorecer a exploração do objeto, tanto isoladamente quanto em pequenos arranjos sociais com seus pares. Tal fenômeno impacta na diminuição do choro, na medida em que potencializa a construção de vínculos afetivos, inclusive entre as próprias crianças. Nesse

sentido, os alunos propuseram na área de recreação a instalação de uma piscina de bolinhas, bem como um armário para guardar brinquedos, como carrinhos, bonecas, blocos de montar e outros.

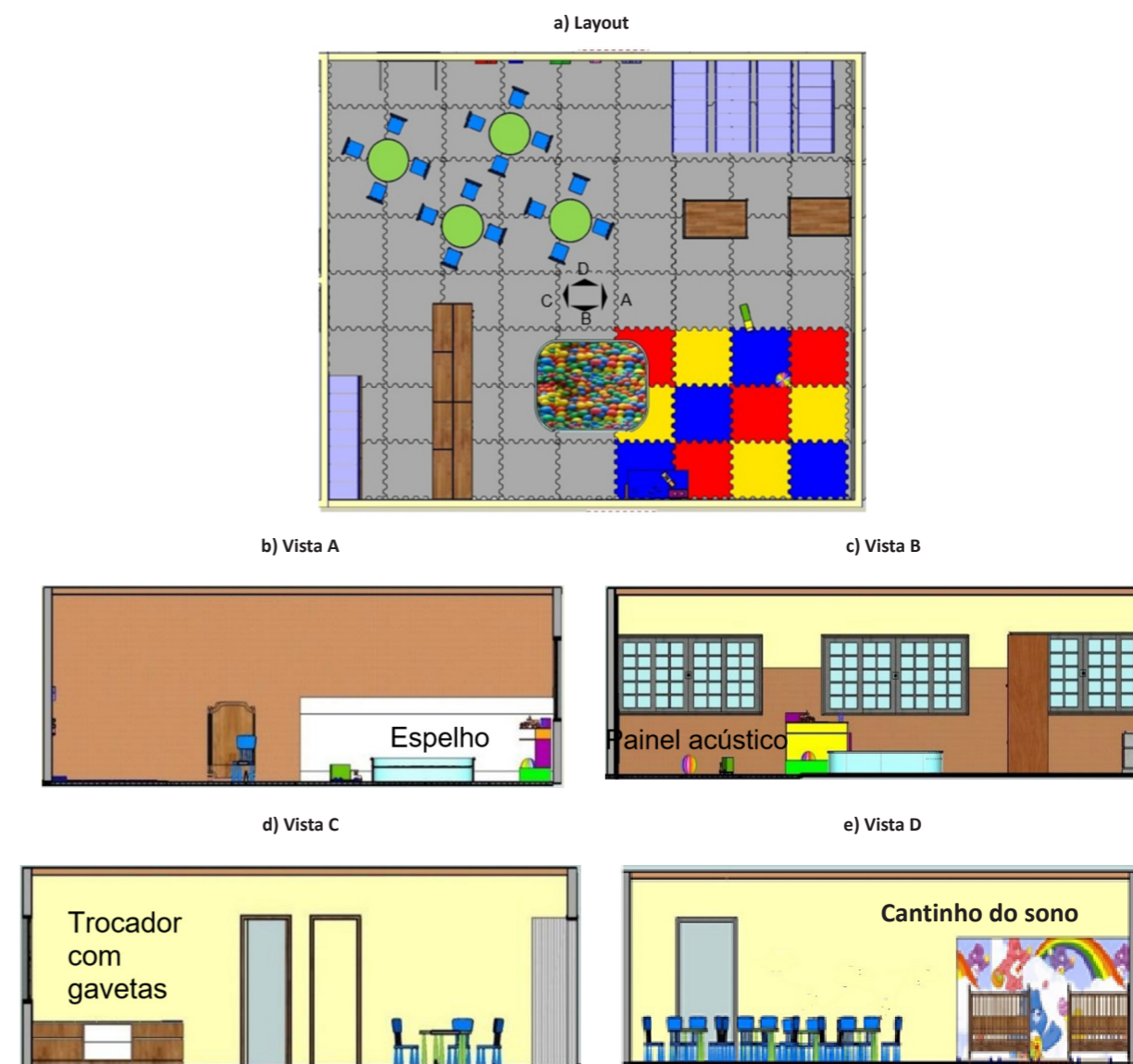
Com a definição do layout dos ambientes, partiu-se para a especificação dos revestimentos acústicos, aliando-se tanto aspectos de funcionalidade quanto de estética. O forro foi mantido em madeira, já que o pé direito é de 2,80m de altura, e dificulta qualquer trabalho de rebaixamento. As esquadrias foram mantidas, visando economizar os gastos e direcioná-los para o tratamento acústico. Com essa perspectiva estabelecida, os alunos sugeriram que as paredes em geral fossem pintadas com tinta amarela clara, e, em duas delas, considerou-se a aplicação de um painel de madeira perfurada, com altura de 1,6 (meia-parede). Este revestimento tem como principal função a absorção sonora e controle da reverberação. No canto inferior direito da parede do fundo sugeriu-se um espelho para promover a construção da imagem corporal pelos bebês, promovendo-lhes a representação do recorte corporal, conforme as contribuições da teoria Walloniana (MAHONEY; ALMEIDA, 2004). Para o revestimento do piso, foi sugerida a aplicação de revestimento vinílico emborrachado colorido, que oferece absorção acústica e segurança, ao mesmo tempo que é higiênico, também servindo-lhes de estimulador à percepção. As propostas sugeridas podem ser visualizadas na Figura 9.

#### 5. Considerações finais

Por meio deste relato de experiência, procurou-se evidenciar uma experiência de ensino e aprendizagem dos conteúdos da disciplina de Conforto Acústico no curso de Arquitetura e Urbanismo em um contexto interdisciplinar com os acadêmicos do Curso de Psicologia da UFMT. Diferentemente da prática tradicional, em que os alunos recebem de forma passiva toda a teoria e aplicam o conhecimento adquirido em ambientes hipotéticos, os alunos foram instigados a aprender, a partir da experiência prática, vivenciando uma situação na qual problemas reais de um berçário necessitavam ser solucionados. Nesse processo, os alunos passaram a atuar como sujeitos ativos na busca por conhecimento sobre a acústica das edificações, ficando o professor com a atribuição de tutor, instigando-os a encontrar o referencial prático-teórico necessário para solucionar os problemas.

A integração realizada junto às Educadoras permitiu que elas assumissem a perspectiva de pesquisadores,

Figura 9: Proposta de intervenção



Fonte: Elaboração própria

vivenciado as dificuldades enfrentadas por elas em relação aos aspectos físicos e ambientais, como layout inadequado que prejudicavam os fluxos dentro dos ambientes de trabalho, equipamentos inadequados que impunham às colaboradoras a execução de suas tarefas de forma ergonomicamente incorreta, ruído fora dos limites de conforto acústico e a relação de tais variáveis com os aspectos subjetivos da formação docente, bem como da identidade profissional das mesmas. Nesse sentido, as propostas de intervenções puderam ser idealizadas de forma ampla, focando tanto nos aspectos de bem-estar das profissionais quanto das crianças, enfatizando não só os aspectos técnicos voltados à acústica das edificações. Como a creche é administrada pelo poder público, houve a necessidade de se pensar as intervenções sob o ponto de vista de viabilidade econômica, que, ao mesmo tempo, fossem funcionais e efetivas.

Por meio da pesquisa participativa, os alunos vivenciaram a experiência de estudar o ambiente, refletindo sobre a percepção de ruído por não usuários do mesmo e evidenciando a capacidade de adaptação dos ser humano aos ambientes ruidosos, o que pode ocasionar riscos à saúde do trabalhador, pois muitas vezes estes não são treinados para o reconhecimento dos riscos a que estão expostos. Sob o ponto de vista de ensino e técnico, segundo relato dos próprios alunos, as atividades desenvolvidas demonstraram a relevância do projeto acústico para garantir níveis adequados de ruído no berçário, uma vez que este influencia o comportamento e bem-estar dos usuários que permanecem longos períodos dentro destes ambientes. Ainda é possível destacar, como altamente recomendável, o esforço em desenvolver uma prática de ensino de caráter multi e interdisciplinar, promovendo diálogos sobre uma mesma temática entre diferentes especialidades.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152. Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2000.

ANDRADE, D. B. S. F. O potencial narrativo dos lugares destinados às crianças: incursões do grupo de pesquisa em psicologia da infância GPPIN. *Fractal: Revista de Psicologia*, v. 27, n. 1, p. 16-21, jan.-abr. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fractal/a/CpyTBttBNBMgF67WVVfFYsr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ANDRADE, D. B. S. F. et al. Ambiente laboral de berçários de creches públicas: abordagem holística das relações entre Psicologia, Conforto Ambiental e a Segurança e Saúde Ocupacional In: II SEMANA ACADÊMICA E XIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFMT, 2011, Cuiabá. Resumos 2010-2011 II Semana Acadêmica e XIX Seminário de iniciação Científica da UFMT. Cuiabá: UFMT, 2011a. v. 1, p. 13.

ANDRADE, D. B. S. F. et al. Proposta de intervenção arquitetônica em berçário de creche pública. In: II SEMANA ACADÊMICA E XIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFMT, 2011, Cuiabá. Resumos 2010-2011 II Semana Acadêmica e XIX Seminário de iniciação Científica da UFMT. Cuiabá: UFMT, 2011b. v. 1, p. 105.

AMORIM, R. de. Conforto acústico em berçário de creche estadual. 2010. Monografia (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Perda auditiva induzida por ruído (PAIR) / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 40 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 17- Ergonomia. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 11 nov. 2021.

CAMARGO, Fábio. Conforto ambiental nos ambientes de trabalho: estudo aplicado aos berçários de creches

públicas. 2010. Monografia (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

CAMPOS, A. C. S. et al. Berçários e ruído: a influência das variáveis interação física e social presentes nas intervenções psicopedagógicas. In: II SEMANA ACADÊMICA E XIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFMT, 2011, Cuiabá. Resumos 2010-2011 II Semana Acadêmica e XIX Seminário de iniciação Científica da UFMT. Cuiabá: UFMT, 2011. v. 1. p.25.

DUARTE, F. Professoras de bebês: as dimensões educativas que constituem a especificidade da ação docente. 2011. 292 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

EVANS, G.W.; MAXWELL, L. Chronic Noise Exposure And Reading Deficits: The Mediating Effects Of Language Acquisition. *Environment and Behavior*. 1997. Disponível em <http://www.designshare.com/index.php/articles/chronic-noise-and-children>. Acesso em: 11 nov. 2021.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

MAHONEY, A. A.; ALMEIDA, L. R. (Org.). A constituição da pessoa na proposta Wallon. SP: Edições Loyola, 2004.

MARONE, S. Determinação de níveis de ruído em ambientes escolares e hospitalares de São Paulo. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, v. 34, ed. 2, p. 29-45, 1966. Disponível em: <http://oldfiles.bjorl.org/conteudo/acervo/acervo.asp?id=245>. Acesso em: 28 maio 2021.

PINTO, M. L. A. Compreendendo as linguagens dos bebês. In: XV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO. Anais...Educação e Interdisciplinaridade, Percursos Teóricos e Metodológicos. Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2016.

PARRADO, M. E. S.; COSTA FILHO, O. A. Berçário de alto risco e o ruído das incubadoras. *Pro-Fono- Revista de Atualização Científica*, v. 4, n. 1, p. 31-34, 1992.

PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral – ênfase urbana. *Revista Brasileira de Acústica e Vibrações*, v. 10, 1992.

Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/lpf/2-1.html>. Acesso em: 28 Mai 2010.

SARAIVA, L. L. Avaliação das condições de trabalho dos educadores infantis em uma creche privada localizada em Natal-RN. 2018. Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

VALCANAIA, I. C. Riscos ocupacionais em ambientes de trabalho: estudo aplicado aos berçários de creches da rede pública. 2010. Monografia (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

VIGOTSKI, L. S. A brincadeira e o desenvolvimento psíquico da criança. Tradução de Zoia Prestes. *Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais*, Rio de Janeiro: UFRJ, n. 11, p. 23-36, 2008. Disponível em: <http://www.ltds.ufrj.br/gis/antiores/rvgsi.s11.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

VIVAN, P. J.; LINS, J. F. A. B. de A.; DURANTE, L. C. Conforto Acústico: avaliação de uma UTI Neonatal. Saarbrücken, Germany: Novas Edições Acadêmicas, 2013.

TUAN, Yi-Fu. Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo/Rio de Janeiro: Difel, 1980.

TUAN, Yi-Fu. Espaço e lugar: a perspectiva da experiência. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo/ Rio de Janeiro: Difel, 1983.

# Metodologia ativa aplicada ao ensino integrado de Conforto Lumínico e Arquitetura de Interiores

**Karyna de Andrade Carvalho Rosseti**

Universidade Federal de Mato Grosso, karyna.rosseti@ufmt.br

**Everton Nazareth Rossete Junior**

Universidade Federal de Mato Grosso, everton.junior@ufmt.br

**Elisa Pagliarini Cox**

Universidade Federal de Mato Grosso, elisa.cox@ufmt.br

No sistema tradicional de ensino aplicado no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) a desarticulação de disciplinas de representação, projeto, tecnologia, teoria e história afasta o aluno da realidade prática e dificulta o entendimento dos seus desafios profissionais. Nesta condição, as disciplinas de Conforto Ambiental se inserem em uma abordagem teórica, na linha de tecnologia, sem aplicação do conhecimento ao exercício de projeto propriamente dito. Dentre algumas inovações pedagógicas para superar essa desintegração, destaca-se o Ateliê Integrado (AI), implantado no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMT, englobando as disciplinas de Conforto Ambiental II (Iluminação) e Arquitetura de interiores. As experiências chamaram a atenção para as potencialidades de aprendizado prático, por meio da aplicação de metodologias ativas de aprendizado, nas quais o aluno assume uma postura participativa, resolvendo problemas, desenvolvendo projetos e, com isso, criando oportunidades para a construção de conhecimento. O sucesso desta prática também se deu pelo uso da metodologia da sala de aula invertida (flipped classroom), na qual todo o conteúdo teórico

foi oferecido ao aluno fora da sala de aula (por meio de referências bibliográficas e videoaulas), estando o espaço/tempo da aula direcionado exclusivamente para assimilação do conhecimento. Esta abordagem apresentou grandes desafios na solução de conflitos entre as diferentes disciplinas, principalmente no que tange ao cronograma de conteúdo e produtos de entrega. No entanto, permitiu um aprofundamento da aplicação prática do conteúdo que não seria possível se não por meio dessa integração.

**Palavras-chave:** Conforto Ambiental. Ensino-aprendizagem. Sala de aula invertida. Ateliê integrado.

## 1. Introdução

O ensino de Arquitetura e Urbanismo (AU) na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) se estrutura em um modelo tradicional, baseado na fragmentação do “exercício do arquiteto” em distintas unidades curriculares que não necessariamente dialogam entre si. Nesse contexto de desarticulação,

as disciplinas de representação, projeto, tecnologia, teoria e história se afastam da realidade prática, comprometendo o entendimento, por parte do estudante, dos desafios profissionais do exercício da profissão (DIAS; SIMAS; CARVALHO, 2021).

Nessa abordagem tradicional, o aluno executa as tarefas apresentadas de forma mecânica, sem exercitar a construção de seu pensamento crítico, apenas acumulando e armazenando um conhecimento, com pouca ou nenhuma reflexão sobre o processo de desenvolvimento do trabalho e suas possibilidades de correlação e aplicação em situações reais. Isso é resultado de uma educação vista somente como produto final, e não como meios para se tecer reflexões e correlações entre conhecimentos (MIZUKAMI, 1986). A construção do pensamento, de forma a criar correlações entre os conhecimentos trabalhados, não é estimulada no aluno, e a multidisciplinaridade não é valorizada, mesmo com as Diretrizes Curriculares e a Carta da Unesco/UIA para Formação em Arquitetura direcionando para o caráter generalista da formação do arquiteto (CAMPELLO; OLIVEIRA; DUQUE, 2015).

Considerando essa condição desarticulada, as disciplinas de Conforto Ambiental se inserem em uma abordagem teórica, na linha de tecnologia, destinada à construção de conhecimento em física aplicada direcionada ao entendimento dos seus impactos sobre o edifício e seus usuários, sem aplicação do conhecimento ao exercício de projeto propriamente dito. O professor oferece o aprendizado do conteúdo teórico, esperando que no restante da vida acadêmica e, conseqüentemente, profissional, o aluno possa aplicar o mesmo de forma madura e consciente, o que na maioria das vezes não é observado.

Quando se volta o olhar para a condição atual do mundo globalizado, percebe-se uma complexidade que não pode ser compreendida plenamente de forma fragmentada, direcionando para a necessidade de uma visão integradora de fenômenos e processos, a interdisciplinaridade, como uma das principais estratégias em busca da articulação entre os saberes (ELALI; PELUSO, 2011).

Nesse contexto, destacam-se as experiências de integração por meio do chamado “Ateliê Integrado” (AI) ou “Projeto Integrado” (PI), no qual se propõe uma conexão efetiva entre diferentes atividades curriculares de projetos, envolvendo representação gráfica, tecnologia, teoria, história, que sustentam a compreensão da importância de cada segmento no todo, bem como aproximam noções da teoria à prática (DIAS; SIMAS; CARVALHO, 2021).

As experiências realizadas na disciplina de Conforto Lumínico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMT chamaram a atenção para as potencialidades de aprendizado prático por meio da integração com disciplinas de Projeto, cursadas de forma simultânea pelos alunos. Nesse caso, as duas disciplinas são pensadas de forma conjunta, e os professores, a cada semestre, estruturam planos de ensino e roteiro de trabalhos integrados. Inspirado no conceito de AI, o conteúdo teórico é ofertado de forma direcionada à aplicação prática no exercício de projeto, desenvolvido no âmbito de outra disciplina, que não a de Conforto Ambiental.

Essa abordagem integrada no ambiente de ensino de AU, segundo Batistello, Balzan e Pereira (2019), aproxima o arquiteto do ambiente a ser vivenciado no mercado de trabalho, ampliando no aluno a possibilidade de se alcançar a chamada tríade de competências: “conhecimento como a teoria; habilidade como o saber fazer; e atitude como a ação de colocar em prática”.

É importante destacar ainda que os estudantes deste início de século XXI, na maioria das vezes motivados pelo uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), especialmente os do Ensino Superior, têm apresentado um comportamento diferenciado em sala de aula (BACICH; MORAN, 2018). Autores como Morán (2015) e Kenski (2013) reforçam que, em um contexto mais amplo, é a busca crescente por práticas pedagógicas que possibilita oportunizar uma formação mais personalizada, ampliando a autonomia dos alunos sobre o seu aprendizado – o grande desafio das instituições de ensino (SCHMITZ, 2016).

A partir desta busca, pode-se destacar as metodologias ativas como práticas pedagógicas alternativas ao ensino tradicional. Nelas, o aluno assume uma postura mais participativa, resolvendo problemas, desenvolvendo projetos e, a partir daí, torna possível a construção de conhecimento.

É crescente o número de estratégias que têm sido utilizadas na implantação das metodologias ativas, sendo uma delas a sala de aula invertida (flipped classroom). Instituições como MIT (Massachusetts Institute of Technology) e Harvard adotaram essa estratégia em algumas disciplinas, oportunizando a inovação de seus métodos de ensino, permitindo explorar os avanços das tecnologias educacionais, bem como combater a evasão e a reprovação (VALENTE, 2013).

A proposta deste capítulo é de apresentar as metodologias e os resultados obtidos a partir da integração das disciplinas de Conforto Ambiental II (lumínico) e Arquitetura de Interiores, complementada pela estrutura de sala de aula invertida, oferecendo ferramentas para sua replicação em outras instituições de ensino.

## 2. Metodologias tradicionais de ensino x Metodologias ativas de ensino

Nas metodologias ativas o foco do processo de ensino-aprendizagem está no aprendiz, por meio da descoberta, investigação ou resolução de problemas. A estratégia se baseia na criação de situações de aprendizagem estimulando o aluno a fazer, pensar e conceituar o que fazem e, a partir daí, construir conhecimentos sobre os conteúdos envolvidos, além de desenvolver a capacidade crítica, de reflexão sobre as experiências, de fornecer e receber feedback, de interagir com colegas e professor, além de explorar atitudes e valores pessoais (BACICH; MORÁN, 2018).

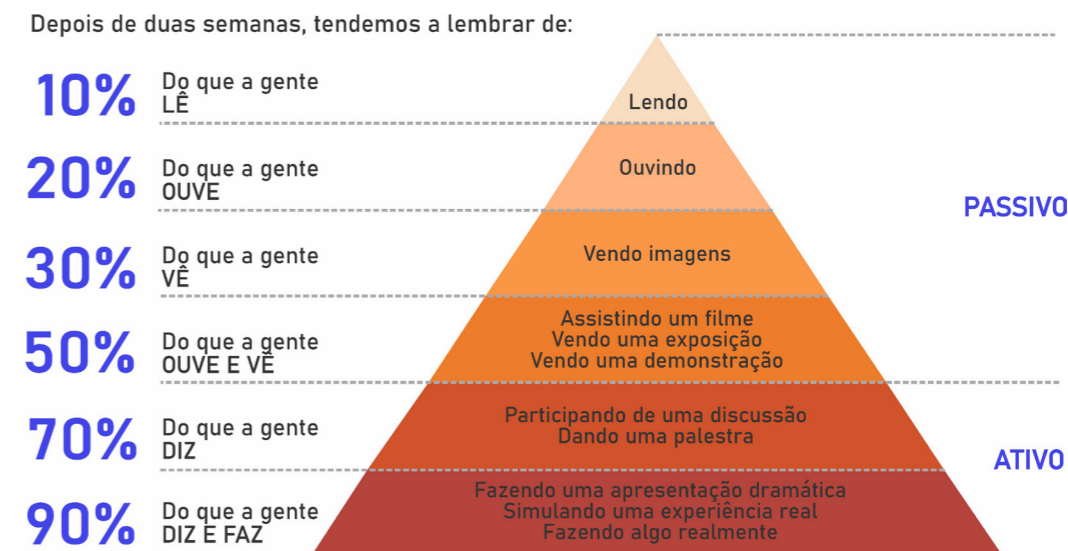
Tradicionalmente, as metodologias ativas têm sido implementadas por meio de diversas estratégias, utilizadas de forma isolada ou combinadas, em um ambiente popularmente conhecido como “sala de aula invertida” (“flipped classroom”), dentre as quais podemos destacar a aprendizagem baseada em projetos (project-based learning - PBL); a aprendizagem por meio de jogos (game-based learning - GBL); o método do caso ou discussão e solução de casos (teaching case); e a aprendizagem em equipe (team-based learning - TBL) (MORÁN, 2015).

Em um ambiente tradicional de ensino, o professor normalmente planeja suas aulas de forma a transmitir o conhecimento aos estudantes, assumindo um papel central de controle, de acesso e de distribuição dos conteúdos a serem explorados em sala de aula (SCHNEIDERS, 2018). Não são raras as vezes em que o estudante entra na sala de aula desconhecendo tanto os objetivos propostos àquela aula quanto os conteúdos a serem explorados. Além disso, os estudantes frequentemente recebem atividades para desenvolverem em casa, partindo do pressuposto de que o mesmo possui capacidade de assimilar, compreender e ressignificar os conteúdos da disciplina em horários extrassala de aula e de modo quase autônomo.

A metodologia ativa da sala de aula invertida (flipped classroom) consiste na inversão dessas ações sendo a transmissão do conhecimento realizada por meio extrassala, e a Assimilação do conhecimento por meio em sala (Figura 1). A adequabilidade da transmissão se fundamenta na construção de uma estrutura de apoio robusta, envolvendo materiais, vídeos, textos, livros, revistas, dentre outros, ao alcance dos estudantes extra sala (LITTO; FORMIGA, 2009; PEREIRA, 2010). Na assimilação, o professor avalia a qualidade e profundidade dos conteúdos e conceitos obtidos, mediando as discussões, a troca de conhecimentos obtidos pelos estudantes e o processo de consolidação dos conceitos (LITTO; FORMIGA, 2009; PEREIRA, 2010).

A maior eficiência dessa metodologia ativa em relação à tradicional pode ser evidenciada quando se aborda a teoria da Pirâmide da Aprendizagem, desenvolvida por Edgar Dale em 1946 a partir de pesquisas sobre

Figura 2: Pirâmide de retenção de aprendizado por Edgar Dale



Fonte: Adaptado de Litto e Formiga (2009, p.361).

os índices de retenção da informação, ao aplicar e analisar os resultados de diferentes métodos de aprendizagem (Figura 2). É possível perceber que os elementos no topo da pirâmide estão associados com um índice menor de retenção do aprendizado, enquanto os da base, com os elementos que geram maior retenção do aprendizado (SCHNEIDERS, 2018). Pode-se considerar também a relação dos métodos passivos (mais ao topo da pirâmide) com a transmissão dos conhecimentos e a assimilação dos conhecimentos com os métodos ativos de aprendizagem (mais na base da pirâmide).

## 3. Metodologia Ativa aplicada ao Ateliê Integrado englobando as disciplinas de Conforto Ambiental II (iluminação) e Arquitetura de Interiores

Para demonstrar o percurso metodológico que conduziu ao desenvolvimento do Ateliê Integrado vale destacar que, apesar da metodologia ativa ter sido utilizada desde o início no sentido da exploração de atividades práticas orientadas e conduzidas pelos professores das duas disciplinas como ferramenta de assimilação do conteúdo teórico transmitido, em um primeiro momento, o espaço da sala de aula exercia essas duas funções. Foi somente após o amadurecimento da estratégia de integração que a sala de aula invertida (flipped classroom) foi efetivamente explorada, usando o espaço da sala de aula unicamente para assimilação de conteúdo.

### 3.1. Fase 1: Integração

O Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMT possui uma grade curricular em sistema seriado, na qual

as disciplinas de Conforto Ambiental II (Conforto Lumínico) e Arquitetura de Interiores são ofertadas no 4º período do curso.

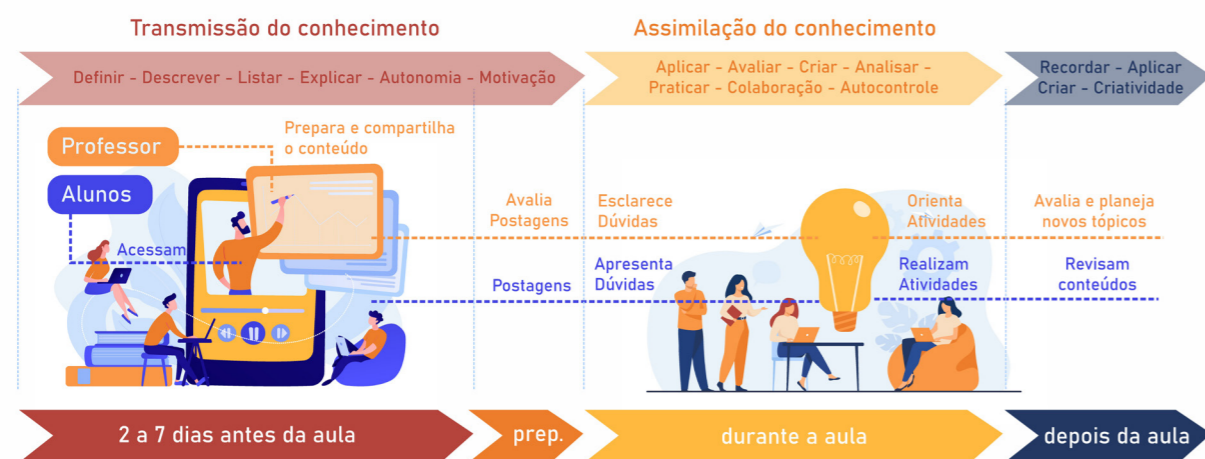
O objetivo da disciplina de Conforto Ambiental II é

trazer ao conhecimento do aluno os conceitos de Física aplicada a arquitetura e instrumentalizá-lo para aplicação desses conhecimentos na atividade de projeto, subsidiando a tomada de decisões que impliquem em adequação da arquitetura ao clima e melhoria do conforto de seus usuários. (ROSSETI, 2020, página)

A abordagem do conteúdo deve se dar com foco no espaço interior, como descrito nos objetivos específicos, com vistas a possibilitar a incorporação da luz como um elemento de projeto. No entanto, considerando limitação imposta pela carga horária de 30h destinada a disciplina, a assimilação do conteúdo normalmente é conduzida por meio de exercícios práticos e diagnósticos de espaços existentes (teaching case), com aplicação da metodologia estabelecida pela NBR 15215 por abordagem experimental e simulação computacional. Contudo, observou-se que a aplicação do conteúdo ao projeto, por muitas vezes, era explorada pelos alunos de forma voluntária e informal na disciplina de Arquitetura de Interiores, que estava sendo cursada pelos alunos.

As experiências possibilitadas pelo acompanhamento dos trabalhos desenvolvidos por esses alunos motivaram a exploração da integração das duas disciplinas, envolvendo não somente a unificação dos trabalhos práticos, mas, também, a reestruturação sequencial e cronológica dos conteúdos. Uma

Figura 1: Esquema ilustrativo da metodologia ativa de sala de aula invertida (flipped classroom)



Fonte: Adaptado de Schmitz (2016, p.67).

reformulação expressiva foi necessária, partindo da visão unificada, nas ações pré-aula, aula e pós-aula, envolvendo, inclusive, a definição e disponibilização dos conteúdos, práticas, avaliações e ações a serem trabalhadas com os estudantes.

Destaca-se que as duas disciplinas tinham como objetivo educacional o desenvolvimento de habilidades de Pensamento de Ordem Superior (HOTS, do inglês- Higher Order Thinking Skills), quando consideramos as classificações de níveis propostas pela Taxonomia de Bloom, o que direcionava o planejamento das atividades no sentido de percorrer todos os seis níveis, conforme ilustrado na Figura 3.

O planejamento foi realizado no sentido das Habilidades de HOTS (atividades práticas de diagnóstico ou projeto- PBLs e TBLs – identificadas como N1i, N2, N3 e N4i), em direção às Habilidades de Pensamento de Ordem Inferior (LOTS) (conteúdo-base para desenvolvimento das atividades), e organizado em pequenos blocos a partir dos diferentes PBLs e TBLs propostos.

Na disciplina de Conforto Ambiental optou-se pela compartimentação em dois blocos bem distintos, sendo o primeiro relacionado à iluminação natural (N1i), e o segundo à iluminação artificial (N4i). Arquitetura de Interiores também se desenvolveu em dois grandes blocos, mas acrescentou-se a cada um desses uma atividade prática complementar, sem relação com a integração. Para cada uma das atividades desenvolvidas nos dois blocos

era elaborado um roteiro que orientava o aluno quanto aos objetivos, conteúdo, desenvolvimento, aprofundamento, produtos e prazos requeridos pela atividade integrada.

Diante das demandas de conteúdo e tempo de amadurecimento requerido para cada uma das atividades práticas, foi realizada uma compatibilização do cronograma das disciplinas, o que foi viabilizado pelo fato de as duas serem ofertadas em um mesmo período do dia.

Vale destacar que a integração demandou reuniões frequentes de alinhamentos entre os professores das duas disciplinas, além de discussões com os discentes para entendimento das fragilidades e potencialidades da integração. A partir dessas discussões, entre o primeiro e o segundo semestre de 2019, alguns ajustes foram feitos, como por exemplo, a separação dos produtos de entrega referentes a cada uma das disciplinas nos roteiros específicos de cada atividade integrada, viabilizando uma avaliação mais específica do produto entregue para cada disciplina e uma facilidade maior de organização do trabalho por parte dos alunos.

A partir da experiência de dois semestres de integração, observou-se a necessidade de maior tempo de sala de aula para discussões, orientações e suporte ao uso da ferramenta computacional proposta para a disciplina de Conforto Ambiental II (software Relux). Sendo assim, no terceiro semestre de integração, optou-se por trabalhar

com a metodologia da sala de aula invertida, revertendo todo o tempo originalmente utilizado para transmissão do conhecimento para atividades de assimilação acompanhadas pelo professor.

### 3.2. Fase 2: Integração Assíncrona + Sala de aula Invertida

Apesar de se qualificar como uma metodologia predominantemente ativa, a primeira fase da integração ainda dispunha de tempo em sala de aula para transmissão de conteúdo, o que dificultava um acompanhamento mais aprofundado por parte do professor a cada um dos produtos gerados pelos alunos. Assim, nessa segunda fase, todo o conteúdo teórico foi apresentado aos alunos por meio de vídeos e documentos auxiliares, disponibilizados uma semana antes da aula na qual eles eram demandados.

A metodologia da sala de aula invertida (flipped classroom) implantada nessa fase da integração trazia para o início da aula discussões orientadas sobre o conteúdo apresentado no(s) vídeo(s) daquela semana, abrindo discussões normalmente relacionadas a aplicação do conteúdo ao trabalho prático que estava em desenvolvimento naquele bloco. Desta forma, todo o espaço da aula estava direcionado à facilitação da condução do aluno em todos os níveis de conhecimento requeridos para a conclusão dos diferentes PBLs e TBLs propostos, envolvendo discussões, desenvolvimento de exercícios práticos, orientações e reflexões sobre os temas chamados à discussão, bem como sobre a aplicação de tecnologias de equipamentos e softwares livres de modelagem computacional.

Uma questão de destaque para essa proposta metodológica, e que foi evidenciada pelos alunos, relaciona-se à importância de os vídeos serem planejados, concebidos e produzidos sob a minuciosa condução do professor, no sentido de permitirem, além da apresentação de conteúdo, um direcionamento para reflexões que posteriormente eram discutidas em sala de aula, permitindo que os alunos chegassem em sala munidos, não somente de conteúdo, mas também de uma opinião sobre ele. o mesmo.

Vale destacar que é possível se desenvolver a integração mesmo que as disciplinas não ocorram de forma simultânea. Foi o caso dessa segunda fase, na qual a disciplina de Arquitetura de Interiores iniciou algumas semanas antes da disciplina de Conforto Ambiental. Nesse cenário, houve um facilitador

quanto à construção do cronograma dos conteúdos e atividades, uma vez que os trabalhos N1i e N4i já estavam concluídos na disciplina de Interiores quando foram iniciados em Conforto Ambiental, com destaque para o roteiro integrado aplicado na condição de assincronia entre as disciplinas. No entanto, destaca-se uma fragilidade, no sentido de que não foi possível estabelecer uma influência direta do conteúdo teórico de conforto lumínico sobre as decisões projetuais de Arquitetura de Interiores. Assim, a ação da disciplina de Conforto se deu no sentido de conduzir um diagnóstico sobre o projeto já elaborado e, a partir daí, orientar possíveis soluções para os equívocos identificados.

Mesmo nesse cenário assíncrono, para que a integração ocorra de forma efetiva, o planejamento conjunto das duas disciplinas é de reconhecida importância.

### 4. Resultados obtidos

Primeiramente, é possível conduzir a uma investigação sobre o impacto destas metodologias nas médias dos alunos, que podem indicar ganhos ou perdas no processo de aprendizagem. A Figura 4 ilustra as médias de toda a turma quando consideradas apenas as notas obtidas a partir da avaliação dos trabalhos práticos, inicialmente trabalhados de forma individual (antes da integração) na disciplina de Conforto Ambiental II e posteriormente trabalhados de forma integrada a disciplina de Arquitetura de Interiores (depois da integração).

Mesmo antes da integração, buscou-se apropriar, dentro das possibilidades apresentadas, das experiências dos alunos nas atividades da disciplina de Arquitetura de Interiores para conduzir a elaboração dos trabalhos práticos em Conforto Ambiental II, mesmo que informalmente, sem comunicação entre os docentes das diferentes disciplinas. Essa estratégia buscava estimular um exercício de diagnóstico sobre as decisões projetuais, viabilizando, em alguns casos, interferências diretas sobre as decisões, no entanto era tratado como um trabalho separado, apesar de complementar, do desenvolvido na disciplina de Arquitetura de Interiores.

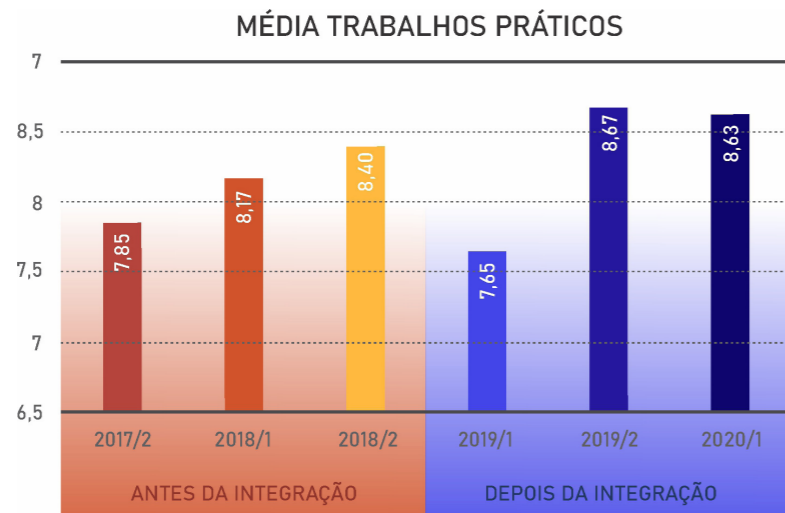
No primeiro semestre de integração, verificou-se uma queda significativa na média geral dos trabalhos. Isso foi motivado, principalmente, pela dificuldade dos alunos em interpretar o roteiro integrado dos trabalhos, o que motivou a separação dos roteiros no semestre seguinte.

Figura 3: Planejamento das unidades de aprendizagem



Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 4: Gráfico ilustrando as médias obtidas nos trabalhos práticos de 2017/1 a 2020/1



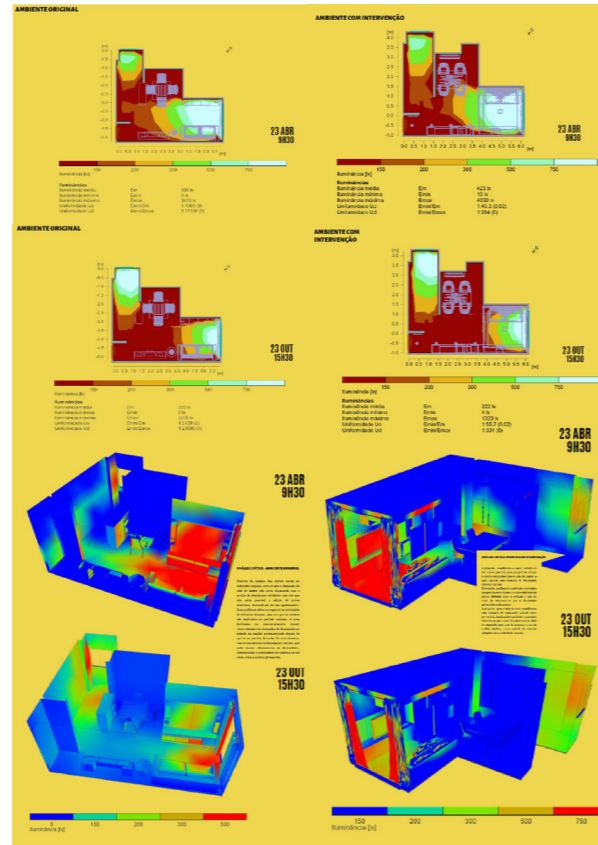
Fonte: Elaboração própria (2021).

Não se observou variabilidade significativa entre as médias do segundo semestre da fase 1 de integração e a fase 2 de integração. Isso pode indicar que, quanto ao desempenho quantitativo das notas, a mudança para a estrutura de sala de aula invertida (flipped classroom) não causou impactos expressivos. No entanto, no aspecto qualitativo de aprofundamento e apresentação dos trabalhos, de uma forma geral, a fase 2 apresentou resultados superiores, reforçando a importância da

proximidade com o professor no processo de assimilação do conhecimento, o que elimina ruídos de comunicação e compreensão do conteúdo por meio dos feedbacks, desenvolvidos de forma particular e individual no processo de elaboração de cada um dos trabalhos.

A seguir, nas figuras 5 a 8, é possível visualizar alguns painéis de apresentação de trabalhos desenvolvidos nas duas fases de implantação da integração das disciplinas.

Figura 5: Exemplo do trabalho prático N1i no semestre letivo 2019/2 – Fase 1 (Alunos: Andrews Storque, Gustavo Vinicius Niszczak, Luiz Davi Vardasca e Wesleyne dos Santos Silveira).



Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 6: Exemplo do trabalho prático N1i no semestre letivo 2020/2021 – Fase 2 (Aluno: Renan Antonio Lorenzon Rigotti)



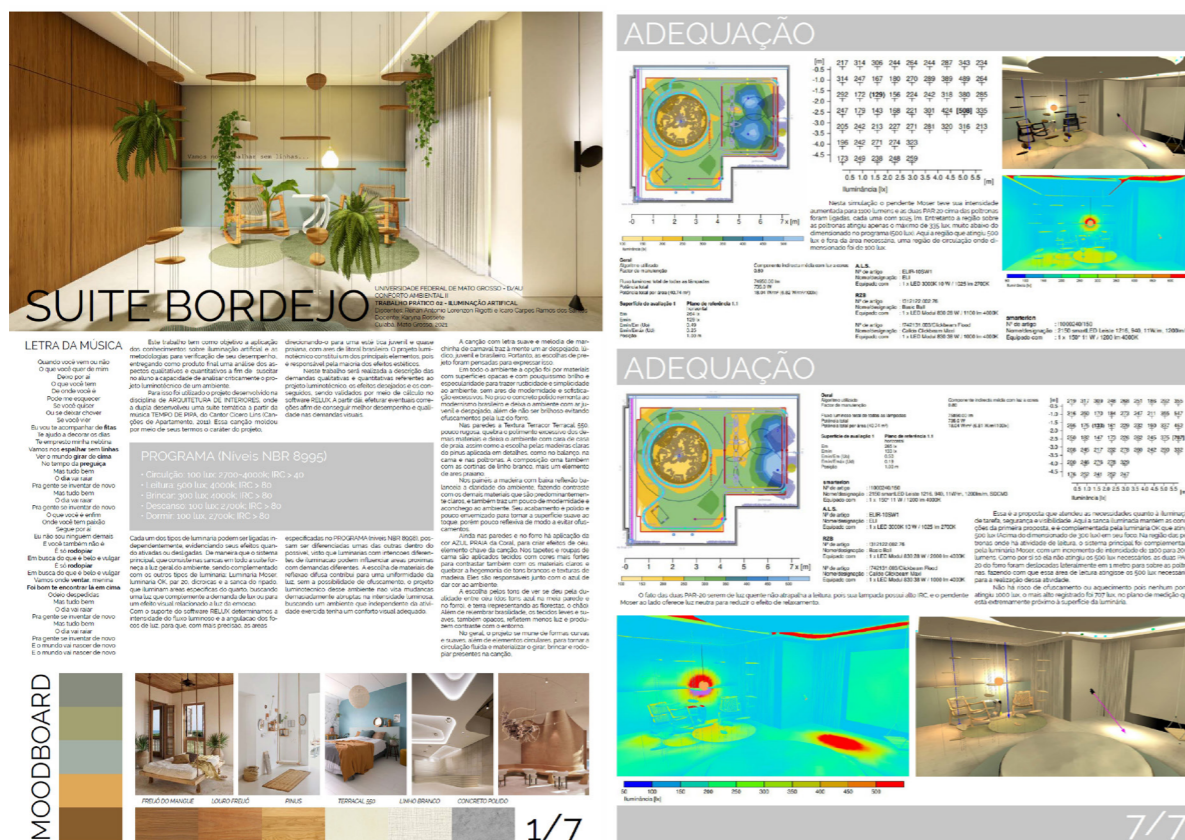
Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 7: Exemplo do trabalho prático N4i no semestre letivo 2019/2-Fase 1 (Autores: Gustavo Vinicius Niszczak, Luiz Davi Silva Vardasca e Wesleyne dos Santos Silveira).



Fonte: Elaboração própria (2021).

**Figura 8:** Exemplo trabalho prático N4i no semestre letivo 2020/2021-Fase 2 (Autores: Icaro Carpes Ramos dos Santos e Renan Antonio Lorenzon Rigotti).



Fonte: Elaboração própria (2021).

**5. Considerações finais**

As experiências de integração realizadas nas duas fases de implementação apresentadas neste capítulo evidenciaram o ganho de aprendizado e de maturidade nos produtos desenvolvidos pelos alunos. Vale destacar que a integração pode demandar algum tempo para se efetivar de forma eficiente, dependendo da condição de cada disciplina envolvida e do número e dimensão das demandas de ajustes na estrutura das mesmas. No curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMT, a integração das disciplinas de Conforto Ambiental II e Arquitetura de Interiores levou um semestre letivo para se efetivar, trazendo, a partir daí, ganhos expressivos na qualidade dos trabalhos nos dois blocos da disciplina.

O uso da metodologia de sala de aula invertida não provocou alterações expressivas nas notas dos trabalhos, porém possibilitou maior otimização do tempo de sala de aula, viabilizando um acompanhamento individual por parte do professor a todos os alunos, facilitando a comunicação e conduzindo à maior maturidade e aprofundamento no aprendizado.

**Referências**

BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BATISTELLO, P.; BALZAN, K. L.; PEREIRA, A. T.C. BIM no ensino das competências em Arquitetura e Urbanismo: transformação curricular. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019019, abr. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653989>. Acesso em: 27 abr. 2019. doi:<https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653989>.

CAMPELLO, M.; OLIVEIRA, G.; DUQUE, R. Uma estratégia pedagógica para o ensino da arquitetura e do urbanismo no Brasil: Abordagem experimental como complemento ao método tradicional. In: VII SEMINÁRIO PROJETAR: ORIGINALIDADE, CRIATIVIDADE E INOVAÇÃO NO PROJETO CONTEMPORANEO: ENSINO, PESQUISA E PRÁTICA. Natal, 2015.

DIAS, L. N.; SIMAS, Tarciso Binoti; DE CARVALHO, C. M. O contexto de ateliês e projetos integrados no ensino

público brasileiro de Arquitetura e Urbanismo. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 7, n. 1, p. 12305-01-12e, 2021.

ELALI, G. A.; PELUSO, M. L. Interdisciplinaridade. In: CAVALCANTE, S., ELALI, G. A. Temas básicos em Psicologia Ambiental. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011. p. 227-238.

KENSKI, V. M. Tecnologias e ensino presencial e a distância. São Paulo: Papirus, 2013.

LITTO, F. M.; FORMIGA, M. Educação a distância: o estado da arte. São Paulo: Pearson, 2009. v. 1.

MIZUKAMI, M. da G. N. Ensino: as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.; TORRES-MORALES, O. E. (Org.). Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens. Ponta Grossa, PR: UEPG, 2015. p. 15-33. (Mídias Contemporâneas, v. 2).

PEREIRA, D. S.de C. O ato de aprender e o sujeito que aprende. Construção psicopedagógica, São Paulo, v. 18, n. 16, p. 112-128, jun. 2010. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-69542010000100010&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-69542010000100010&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 28 nov. 2020.

ROSSETI, K. de A. C. Plano de ensino da disciplina de Conforto Ambiental II 2020/1. Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020. Disponível em: <https://www1.moodle.ufmt.br/portacademico/professor/plano-ensino/visualizar/curso/317/ano/2020/periodo/20201/codigoDisciplina/30929281/turma/A1Q>. Acesso em: 23 jan. 2021.

SCHMITZ, E. X. da S. Sala de aula Invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem. 2016. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em tecnologias Educacionais em Rede, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

SCHNEIDERS, L. A. O método da sala de aula invertida (flipped classroom). Lajeado, SC: Ed. da Univates, 2018.

VALENTE, J. A. Aprendizagem ativa no Ensino Superior: a proposta da sala de aula invertida. Depto. de Múltiplos, Nied e GGTE-Unicamp & Ced-PucSP, 2013.



## Exploraciones pedagógicas en confort y eficiencia energética realizadas por el Grupo de Investigación EMAT en Colombia

**Jorge Hernán Salazar Trujillo**

Universidad Nacional de Colombia, jhsalaza@unal.edu.co

Educamos para que nuestros estudiantes lleguen a comprender más de lo que hoy comprendemos nosotros, sus profesores. Para lograrlo será necesario que ellos aprendan por su cuenta lo que hoy aún no sabemos. La Autonomía Académica necesaria para alcanzar esa meta será lo más importante que se podrá adquirir en nuestras clases y es frecuente leer exhortaciones en torno a esta “liberación intelectual”, aunque son menos habituales las advertencias acerca de que no es algo automático, sino que toma tiempo y, sobre todo, exige situaciones favorables para adquirir una postura intelectual adecuada. La capacidad de aprender sin necesidad de que alguien se haga cargo de la enseñanza es prerrequisito de cualquier investigación, es una herramienta esencial en los cursos de posgrado, pero se aplica poco en cursos de graduación, opinamos que equivocadamente. Tal vez sea por ello por lo que más tarde muchos aspirantes a un título de Maestría enfrentan su poca Autonomía Académica con la típica crisis que les genera la realización de su propia tesis. En el Grupo de investigación EMAT hemos procurado cerrar esa brecha y educar personas orientadas a la producción de nuevo conocimiento, procurando que en el pregrado de arquitectura los proyectos de investigación y los de enseñanza sean una sola cosa. Durante casi 25 años hemos explorado muchas alternativas para abordar la enseñanza e investigación en tecnología en arquitectura y en el proceso se han requerido muchos ajustes pedagógicos y metodológicos. Los resultados de la exploración son un patrimonio investigativo enorme, pero sobre todo un conjunto de aprendizajes acerca de cómo crear grupos de investigación con

escaso recurso docente, personas muy jóvenes y nula experiencia en investigación para empoderarlas y darles las herramientas para que aprendan de manera autónoma.

**Palabras clave:** Autonomía Didáctica. Investigación. Pregrado.

### 1. Introducción

Hace poco más de dos siglos la humanidad estaba mayoritariamente dividida en imperios y colonias. Luego, durante el período de las nacientes repúblicas, las gestas de independencia hicieron necesario que las relaciones previamente instituidas entre colonizadores y colonizados fueran redefinidas y en ese proceso las divisiones entre los que dominan y los que obedecen, entre los que tienen y los que no tienen, en vez de desaparecer mutaron. Hoy son evidentes las diferencias que existen entre las naciones que producen tecnología y aquellas que la consumen. Tristemente tras casi tres siglos de historia las relaciones entre el primer y tercer mundo permanecen, en lo fundamental, intactas.

Similarmente al resto de las naciones del continente, Colombia continúa siendo una nación que consume más tecnología de la que produce y tal vez por esta razón la mayor parte de los colombianos hemos heredado una arraigada mentalidad de colonialismo tecnológico. Esta mentalidad se ejemplariza en la

infundada creencia de que los productos y técnicas importadas son siempre mejores que la industria nacional, atavismo colonial que nos impide sentirnos en propiedad para tomar el mando tecnológico sino de todos, de muchos aspectos de la vida y realidad nacional. Para la mayor parte de los colombianos publicar en una revista extranjera, ser ponente invitado en un congreso mundial, obtener una patente de un procedimiento que revolucione un sector de la economía a escala planetaria o vender servicios de consultoría a una multinacional son utopías, no se consideran metas alcanzables y mucho menos la consecuencia natural de todo trabajo hecho con calidad y excelencia. No es momento de emprender el análisis de las causas y consecuencias vinculadas a esta mentalidad tecnológicamente dependiente, sino indagar en las formas cómo se podrían comenzar a transformar algunos aspectos de nuestro legado cultural para fomentar el desarrollo y la innovación tecnológica en Colombia. Hay algunas tradiciones que los colombianos del futuro no deberán atesorar, herencias culturales que convendría olvidar para avanzar por una senda en la cual nuestro atraso con respecto a otras naciones es apreciable.

El excelente trabajo de numerosas instituciones, científicos y empresas ha demostrado que en el contexto colombiano sí es posible alcanzar estándares de calidad y competitividad internacionales. Sin embargo, la inquietud fundamental subyace: ¿hasta qué punto las personas que están a cargo de estas empresas, programas y grupos de investigación han logrado superar obstáculos y vencer el escepticismo gracias a una particular condición y postura mental? ¿Hace investigación y desarrollo quien tiene buenas relaciones personales, un apellido extranjero, abundante capital o una mente fuera de lo común? No estoy insinuando que la élite científica haya olvidado exponer ante el ciudadano corriente el hecho de que efectivamente estamos en capacidad de hacer desarrollo e innovación tecnológica en el país, sino que esta necesaria labor la debemos hacer entre todos. Se requiere mucho trabajo de base y al menos una parte se debería hacer durante las primeras etapas de formación del recurso humano.

Todas las personas involucradas en los procesos de formación de las generaciones futuras, incluidos los propios estudiantes, nos deberíamos cuestionar acerca de cómo propiciar una mentalidad tecnológicamente innovadora para transformar los hábitos culturales vigentes. Los colombianos del futuro necesitan reconocer que poseen las capacidades y cuentan con las habilidades y permisos

necesarios para transformar nuestra realidad nacional. Es nocivo que los profesionales del país creen que les corresponde el papel de espectadores y que son otros los que deciden y actúan por ellos. Uno de los retos que hemos asumido en el programa de Arquitectura en la Universidad Nacional de Colombia en Medellín no reside en impartir conocimientos muy actualizados en las asignaturas relacionadas con lo tecnológico y lo ambiental, sino en aprovechar esos contenidos de forma que además de informar a los futuros profesionales acerca de las soluciones tecnológicas ya disponibles, sirvan de oportunidad educativa para transformar los preconceptos acerca del papel que puede asumir un individuo en el desarrollo y transformación del sistema tecnológico y ambiental del país.

Las necesidades y problemáticas en las que está inmersa una sociedad son los puntos de partida de los compromisos que asume una comunidad académica con ella, compromisos que serán reflejo de un contexto espacial y temporal específicos. Por ello todo Programa de Arquitectura debería resonar con las particularidades geográficas, territoriales, sociales, climáticas y ambientales de su contexto, justamente las características que impiden que lo foráneo se acople exitosamente al lugar. De manera análoga, en la dimensión temporal deberá existir coherencia entre el Programa y las circunstancias históricas de su contexto; toda situación tiene un momento y también un lugar, trabajar a partir de ello es prerrequisito de la coherencia. La misión de toda comunidad académica es hacer una correcta lectura de su contexto para orientar sus esfuerzos disciplinares en las direcciones que resultan estratégicas para el beneficio de la sociedad que legitima sus logros y la salud de los territorios de los cuales depende el bienestar colectivo. Toda institución educativa debe saber reconocer y asumir con agudeza su responsabilidad histórica, para no perpetuar situaciones indeseables como las ya mencionadas.

Formar profesionales intelectualmente autónomos no es algo automático. Exhortar a que cada estudiante ejerza su libertad intelectual y no hacer nada diferente a esperar resultados es una ingenuidad, equivale a creer que cuando se tiene un grupo de aves prisioneras basta abrir la jaula para que aprendan a volar. Para muchas aves la habilidad de volar es innata, pero se requieren condiciones propicias para su aprendizaje. Una jaula cerrada indiscutiblemente impide el vuelo, pero eso no significa que una jaula abierta sea condición suficiente para aprender a volar.

Los primeros años de la formación preescolar de algunos niños y niñas son generosos porque sus padres, familiares y educadores les brindan abundantes oportunidades para su aprendizaje autónomo. Justamente en esa edad es cuando más se explora el mundo en libertad y conviene reseñar que coincide con el periodo en que estos aprendices aún no tienen profesores. Por esa razón a los pequeñines no se les impone una mirada del mundo ni se les llega con explicaciones que anteceden a su experiencia, en parte porque ellos todavía no disponen de lenguaje oral ni abstracto, por lo que es jugando e interactuando con el entorno que comienzan a aprender acerca de muchos de sus fenómenos de la naturaleza. Pero durante la etapa siguiente, cuando niños y niñas ya fueron escolarizados, este tipo de dinámicas exploratorias y que juegan el entorno comienzan a escasear. Todavía muchos colegios e institutos aplican sistemas educativos orientados a la formación por troquelación y adoctrinamiento, con profesores que suministran explicaciones a cosas que nadie se ha preguntado, con guías de aprendizaje y currículo rígido, conformando un sistema académico que aleja a los estudiantes de la exploración autónoma de su entorno.

La escolarización coincide con el momento en que se comienza a perder la libertad intelectual. Ahora no se aprende acerca de lo que dicta la curiosidad de cada uno, sino que hay toda una agenda de aprendizajes pendientes por cumplir. Agenda diseñada por alguien que anticipadamente dictaminó qué corresponde aprender cada día, cada mes, cada año. No es una crítica, parece ser lo que mejor ha funcionado. Hay que reconocer que de manera espontánea pocas personas inventarían de nuevo la matemática, el álgebra, la física... El sistema educativo tal como lo conocemos es lo mejor que hemos ideado para no repetir, una tras otra vez, el primer capítulo de la prehistoria. Lo malo es que cuando se pasan tantos años ingiriendo el menú académico correspondiente a cada día, siempre acompañados de un profesor repleto de respuestas ya adquiridas, los estudiantes finalizan la secundaria e ingresan a la Universidad creyendo que los contenidos de las asignaturas son cosas que sólo están ahí para ser aprendidas y que los profesores estamos ahí para enseñarles las cosas que ellos aún no saben.

Todo estudiante universitario debería ser instruido acerca de que la curiosidad es el combustible de su aprendizaje y la materia prima para su libertad intelectual. No se puede prescindir de ninguno de ellos sin desembocar en la parálisis inventiva y finalmente

la dependencia tecnológica. Abundan personas técnica y profesionalmente capacitadas para aplicar un conocimiento, pero intelectualmente cobardes para asumir los retos propios a la investigación y la innovación tecnológica. Como resultado, la mayor parte de las estructuras productivas están orientadas hacia la importación y aplicación de técnicas y tecnologías foráneas, o como mínimo, ajenas. El resultado es deplorable: empresarios que no innovan, compañías que no invierten en desarrollo, universidades en las que no se investiga y estudiantes que siguen creyendo que la información de mayor relevancia para sus proyectos se encuentra en la biblioteca, en la mente de algún experto o lo que es peor, en la Red.

La producción de respuestas es responsabilidad de quien se hace las preguntas. A los profesores universitarios nos corresponde matar la ensoñación del escolar, informando que las respuestas a muchas preguntas no andan extraviadas flotando por ahí mientras esperan a ser encontradas. Cada sociedad tiene sus propios problemas y nadie se va a poner a hacer la tarea de los demás, al menos no de forma desinteresada. El Aprendizaje Autónomo y la producción de conocimiento pertinente para cada contexto es la responsabilidad de los futuros profesionales de cada país, algo que debería ser explícitamente expresado en las instituciones educativas universitarias, ojalá en los primeros semestres. No hacerlo es un engaño para con los estudiantes y, además, un riesgo enorme para ellos; estando habituados al esquema académico vigente orientado a la transmisión de conocimientos ya sabidos encontrarán natural que su profesor, su Universidad y las bibliotecas le suministren los conocimientos que necesitan. Al hacerlo, quedarán atascados en una postura intelectual inapropiada para continuar aprendiendo de manera autónoma. Les dará miedo volar, lo cual es legítimo, pero además les parecerá innecesario intentar aprenderlo, lo que sí es muy grave.

El potencial de innovación tecnológica de una sociedad no sólo reside en sus instituciones educativas, sino que está distribuido por todas las estructuras que la componen. Las universidades no monopolizan la capacidad de producir las respuestas pertinentes para una sociedad. Tampoco el futuro tecnológico y ambiental de un país depende exclusivamente del ámbito académico. Ciertamente muchas cerraduras se ubican por fuera del Sistema Académico Universitario, pero allí se encuentran los instrumentos adecuados para confeccionar las llaves que las permiten abrir.

Las Instituciones de Educación Superior tienen una responsabilidad enorme en la creación de escenarios adecuados para la renovación intelectual de la sociedad: no podemos asegurar la actitud innovadora de nuestros egresados, pero sí que podemos crear el ambiente adecuado para derribar las trabas mentales con las que ingresaron a nuestras aulas.

A pesar de que la arquitectura es una disciplina que hace necesario el estudio permanente, casi toda la vida de un arquitecto acontece por fuera del dominio de lo didáctico. Estamos inmersos en un contexto tecnológico y normativo caracterizados por una renovación muy acelerada y los primeros años de actividad arquitectónica, correspondientes a la etapa formativa, son cortos para educar al recién llegado en tantas cosas. Es conveniente resaltar: casi siempre es todo el tiempo del que dispondremos. Por este motivo más que transmitir unos determinados conocimientos, lo estratégico es ocuparse de fomentar el hábito del Aprendizaje Autónomo y suministrar durante esta etapa formativa las semillas apropiadas para que el resto de su vida el futuro profesional se pueda dedicar a continuar aprendiendo. Es una idea fácil de escribir pero difícil de llevar a la práctica, en parte porque los docentes, inmersos en un proceso de Diseño Curricular, refinamos la programación de un curso o perfeccionamos el derrotero de una clase cualquiera y fácilmente terminamos poniendo más atención a los temas correspondientes a la clase del día que a las estructuras cognitivas subyacentes.

Es extraño que alguien espere obtener arquitectos innovadores de personas que, cuando estaban matriculadas en la universidad, participaban de situaciones en las que no había necesidad alguna de innovar. Las reflexiones curriculares en torno a los temas que deberían o no hacer parte del pènsum ocupan la atención de muchos profesores universitarios. Todos nos lamentamos que el tiempo es corto y los contenidos extensos, pero es liberador cuando se deja de pensar en el menú. Basta con que los estudiantes aprendan a cocinar y podremos estar tranquilos que luego cada uno sabrá preparar lo que desee. Por este motivo no basta con actualizar un Currículo o ajustar los contenidos de los cursos. Lo más importante es rediseñar su enfoque.

## 2. Problemática observada

Muchos de los cursos impartidos en el pregrado de Arquitectura en nuestra Facultad revelan un sesgo en el que se privilegian los contenidos temáticos que serán presentados a lo largo del semestre por encima de los

otros aprendizajes que también adquieren nuestros estudiantes cuando participan de nuestros cursos. Es una herencia compartida con otras regiones del continente, donde la situación no es muy diferente. Justamente la Reforma Académica que actualmente estamos adelantando en nuestro programa de Arquitectura en la Universidad Nacional de Colombia en Medellín nos ha permitido observar de primera mano las dificultades que experimentan muchos profesores para adaptar cursos tradicionalmente orientados a los contenidos para que la nueva programación del curso ofrezca un enfoque orientado a las competencias y objetivos de aprendizaje. Este esquema clásico que deseamos superar llegó a su punto de crisis porque tanto docentes como estudiantes asumimos allí roles complementarios de un padecimiento mutuo con una sintomatología muy severa y que se puede resumir brevemente:

Síntomas del docente:

1. Cree conocer la verdad y se esfuerza por comunicarla de la mejor manera posible. Esto dificulta el diálogo entre los estudiantes y su profesor porque cuando alguien cree conocer la verdad y pone en primer plano ese contenido sabidamente verdadero, sentirá que siempre tiene la razón y que su tarea es convencer a los otros. Un docente en esta situación intentará reemplazar la “verdad del estudiante” por su propia verdad y cuando esto ocurre podrá haber procesos de comunicación y transmisión de la información, pero no aprendizaje.

2. Reconoce el error de manera sustractiva. Error es todo aquello diferente a lo verdadero y desde este punto de vista las equivocaciones que cometen los estudiantes sólo son etapas indeseables del proceso que les permite alcanzar la “verdad” que vinieron a aprender. Un docente con este enfoque entenderá lo que opinan y producen sus estudiantes a partir de lo que considera un punto de llegada y todo estudiante que se aleje de la ruta hacia el lugar adonde se ubica su profesor será un estudiante extraviado. Cuando un docente asume esa postura intelectual le será muy difícil identificar el origen de las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes.

3. Descuida los aprendizajes paralelos. El esfuerzo didáctico del docente estará orientado a reemplazar de manera

argumentativa, por reducción al absurdo, o por la violencia intelectual sustentada en verdades absolutas e irrefutables, cualquier preconcepción, intuición, corazonada o idea alternativa proveniente de la capacidad de análisis del estudiante. Considerar las derivas como algo menos valioso que el contenido central del curso implica reemplazar la creatividad de los estudiantes (dinámica y vital) por el suministro de información osificada que, incluso siendo verdadera, resulta estática e inútil porque no demanda reinterpretación y análisis sino únicamente entendimiento.

4. Se convertirá en un cazador de errores porque creyendo que lo sustancial es que sus estudiantes aprendan a evitar equivocarse, prohibirá a sus estudiantes que cometan errores o los terminará entrenando para que sepan reconocerlos a tiempo.

Síntomas del estudiante:

1. Creer que la verdad existe, que está disponible para ser aprendida y que sus profesores regularmente tienen la razón. Todo aquel convencido de que el conocimiento existe no para ser refutado sino para ser aprendido, creará que “alguien” tiene las respuestas que necesita y buscando la verdad en los demás, creará que la dificultad para el aprendizaje consiste en identificar el sitio, libro o mente donde la verdad fue almacenada. Esta falsa creencia invalida los intentos por buscar soluciones alternativas, mata la creatividad y hace innecesaria cualquier exploración e indagación extra. Informarle a ese estudiante que la verdad se crea y reside en las mentes creadoras sólo logrará confundirlo más.

2. Considerar pretencioso o ingenuo darle oportunidad a su espontáneo interés en encontrar una respuesta por sí mismo. Mejor invertirá su energía intelectual en hacer exhaustivas revisiones bibliográficas, hará profusas entrevistas, tomará muchas anotaciones o miles de fotos. Desconfiará de sus propias ideas y no trabajará por defenderlas a no ser que encuentre una fuente externa que le ratifique en su idea personal y le ofrezca la confianza que su profesor nunca le entregó.

3. Creer que los errores son malos y deben ser evitados. Una persona concentrada en no cometer errores no se arriesga a trasgredir fronteras ni a explorar nuevos campos del conocimiento. Permanecerá dentro de las sendas trazadas por su profesor y será presa del pánico cada vez que descubra que se aleja de la senda segura, considerando como una pérdida de tiempo cualquier rodeo intelectual para obtener un aprendizaje. Se mantendrá ocupado en entender al profesor para “aprender lo enseñado”. Con la falsa creencia de que existe una mejor ruta para aprender algo, terminará creyendo que toda dificultad que se experimenta durante el aprendizaje es culpa suya.

4. Creer que la excelencia profesional proviene de minimizar los errores, no de explotar los aprendizajes derivados de los intentos fallidos. Al no fomentar ni aplicar la capacidad de innovación ni el potencial de productividad intelectual propio el estudiante terminará estropeado intelectualmente. Una persona que no arriesga ni explora sólo puede perpetuar lo ya sabido, pero no puede aprender cosas nuevas.

### 3. Propuesta para fomentar el Aprendizaje Autónomo

Frente a un panorama tan desalentador es imperioso delimitar un escenario académico alternativo en el cual resulte más sencillo para nuestros estudiantes la conquista de su Autonomía Académica. Resulta paradójico que las situaciones didácticas en donde esto ocurre no sean para nada extraordinarias y que sea suficiente aplicar un sencillo conjunto de principios y estrategias de regulación de los roles que clásicamente asumimos docentes y estudiantes en nuestras clases. En las Situaciones de Aprendizaje Autónomo los roles a los que están habituados los estudiantes de educación secundaria son inadecuados porque lo que ahora interesa es que todos puedan aprender al tiempo y, por lo tanto, los roles de profesor y estudiante no existen.

Luego de tantos años de formación escolar los roles sociales de las situaciones educativas están altamente automatizados y conviene redefinir explícitamente los nuevos roles, funciones y compromisos que asumirá cada miembro de la comunidad de aprendizaje.

Esto ayuda a mitigar el desconcierto que se genera cuando un profesor asume un rol diferente y expone sus dudas e hipótesis al colectivo y no tiene como aportar sus respuestas simplemente porque no las tiene. El propósito es desatascar el proceso de innovación para que todos los participantes de la Situación de Aprendizaje puedan aportar energía, ingenio, experiencia y creatividad para hacer posible solucionar el problema de partida. Para ello es necesario contradecir los roles clásicos mediante una manifestación explícita del docente, el único que tiene la autoridad para cambiar las reglas de operación de la situación social establecida. Es sutil pero trascendental, porque si esos roles explícitamente no se alteran, el hábito de los estudiantes terminará condicionando lo que sucede en una clase universitaria. No es algo que se pueda construir tácitamente y por ello es tan importante:

1. Hacer explícitas las dificultades que pueden frenar el proceso de innovación, por lo que similarmente a este texto, conviene comenzar concientizando acerca de donde reside el potencial de innovación y qué puede entorpecerlo.

2. Propiciar la horizontalidad en la valoración de las ideas, anulando la noción de una “respuesta verdadera”, de manera que los participantes de la Situación de Aprendizaje sean los únicos encargados de regular el proceso y legitimar, por consenso, lo que al interior se concluya.

3. Exorcizar la verdad y anular la diferencia aparente que existe entre las ideas correctas y las incorrectas. No es la proximidad a un supuesto ideal de verdad lo que confiere valor al aporte de un participante, sino su originalidad e innovación. La responsabilidad del participante es aportar nuevas ideas, legitimarlas para considerarlas “buenas ideas” es responsabilidad del colectivo.

4. Desagravio con el error. Para que los estudiantes sepan cuales son las nuevas reglas y se arriesguen a equivocarse, reconocer que lo han hecho y permitir que todos aprendan del proceso. Esto mismo ayuda a combatir la pasividad de algunos participantes propiciando su proactividad.

En un sistema académico orientado hacia la enseñanza, el error se evita y en la mayoría de las

ocasiones se castiga (DUCKWORTH, 1996). En un sistema académico orientado hacia el aprendizaje todos los errores son valiosos y aportan positivamente a la calificación. Hay muchas técnicas para exorcizar el error, algunas bastante divertidas. No se puede aprender sin errar y esforzarse por dar una imagen diferente es un engaño. Parece arriesgado, pero si un docente nunca comete errores en sus clases les roba a sus estudiantes la oportunidad de aprender cómo interactuar con los errores para construir conocimiento a partir de ellos. Con un ambiente donde el error es legítimo y bienvenido, parece que evaluar se vuelve una tarea muy compleja, pero basta emplear un sistema de Pares Académicos de una revista o un congreso. Se logra el objetivo de retroalimentar el proceso de aprendizaje, se comunica el mensaje de que nadie jamás tiene la última palabra, se educa en producir siempre el mejor trabajo posible y si todo sale bien, el estudiante de pregrado termina con menos de 20 años publicando en un congreso o una revista internacional, socializando y comunicando aquello que aprendió por su propia cuenta.

El más valioso conocimiento no está contenido en la información sino en la capacidad de producirla, por eso cuando se eligen temas de estudio que constituyen un problema auténtico para todos los participantes, se aprovecha el potencial de las situaciones de aprendizaje para fomentar el Aprendizaje Autónomo (SALAZAR, 2000). Como nadie conoce la respuesta correcta al problema, es simplemente imposible encontrar un profesor que lo resuelva. Esto tiene dos consecuencias directas: por un lado, el colectivo deberá comenzar a trabajar de manera autónoma para hacer posible la existencia de una respuesta aún desconocida y por otro, obligadamente el profesor deberá asumir un rol alternativo diferente a aquel que conoce la respuesta “correcta”. Como no tiene verdad qué transmitir, se podrá dedicar a aportar su experiencia previa, a exponer sus hipótesis al colectivo, a intentar extraer sentido de los resultados obtenidos... En cualquier caso, no hará nada diferente a lo que estará haciendo el resto del grupo.

El potencial de innovación de una situación de aprendizaje depende mucho del grado de autonomía que la Situación ofrece a sus participantes. Conviene permitir que sean ellos mismos quienes identifiquen la necesidad de solucionar algún problema, pues cuando esto sucede se ha aceptado la necesidad de aprender de algo de lo cual no se sabe lo suficiente. Hay varios caminos alternativos, pero la manera más simple de crear situaciones para el Aprendizaje Autónomo es que el profesor responsable del curso

tampoco sepa la respuesta de aquello en que sus estudiantes van a estar trabajando. Los profesionales innovadores necesitarán saber cómo aprender por su cuenta para resolver las preguntas del futuro y este tipo de situaciones los alinea en esa dirección.

El escaso recurso docente en nuestra Facultad hizo necesario que investigación en Confort Ambiental y educación para estudiantes del programa de Arquitectura fueran una sola cosa. Procurando ser muy efectivos y atender la mayor cantidad de frentes de actividad, los dos profesores que fundamos el Grupo EMAT comenzamos poco antes del año 2000 (SALAZAR; GARCÍA, 2000) a explorar maneras de convertir a nuestros estudiantes de pregrado en nuestros aliados de investigación. Así aprendimos que evitar la separación entre docencia e investigación es posible, favorable y, sobre todo, necesario. Llegamos a esa conclusión gracias a la aplicación sistemática de dos restricciones: a) Está prohibido repetir ejercicios exitosos, a pesar de que los contenidos sean iguales a los del curso anterior; y b) Está prohibido orientar a nuestros estudiantes a que inviertan su esfuerzo en realizar actividades de las cuales anticipadamente conocemos su respuesta.

Es paradójico que sean las restricciones las que hacen posible algo tan divertido como un juego y esto conecta con nuestra siguiente conclusión. La ausencia de restricciones, la libertad absoluta, no hace necesario el ejercicio de la creatividad y por eso inutiliza las intenciones pedagógicas orientadas a fomentar su ejercicio. Las restricciones aportan riqueza a nuestra experiencia porque reclaman una postura mental particular, una postura creativa, una postura creadora. Si uno intenta recordar una solución a un problema ya conocido la mente se ubica en el territorio de la memoria e invertirá energía en “buscar” una respuesta provisionalmente escondida. Pero si se prohíbe la condición de familiaridad con el problema, la memoria sirve de poco y se obliga a la mente a ingresar al territorio de la creatividad, o por lo menos, en una situación donde la creatividad es más útil que la memoria. Ahí sí que será posible encontrar personas creando una nueva solución.

En nuestro “juego” hemos re combinado muchas veces estos dos trozos de ADN. Evitar la infracción de nuestras reglas autoimpuestas hace necesaria una aproximación muy creativa para que cada semestre podamos diseñar, gestionar y concluir un ejercicio diferente. Resolver el “problema” de nuestro juego siempre es el prerrequisito semestral para llevar los temas de la sostenibilidad, el confort y la eficiencia

energética a nuestras clases. Esto abrió las puertas a una tercera conclusión inesperada: la innovación es algo innato al Homo Sapiens y surge de manera espontánea cuando el contexto la hace necesaria. Sin el contexto apropiado no tiene sentido ser recursivo, la innovación se vuelve innecesaria y por lo tanto no se expresa. ¿Cómo puede alguien aprender a gestionar su capacidad de innovación si los contextos formativos en los que participó no la hicieron una herramienta valiosa y necesaria?

Es bueno resaltarlo: las situaciones para las cuales existe solución conocida ni siquiera se denominan problema. Proponer problemas auténticos con solución tecnológica desconocida es la estrategia que ha empleado el Grupo EMAT para motivar a sus integrantes a construir todo el andamiaje instrumental y teórico necesario para respaldar un aprendizaje que responda la pregunta de partida. El proceso reclama revisar referentes teóricos, estudiar experiencias previas, elaborar hipótesis, hacer estudios piloto y todo el resto de actividades normales que están detrás del proceso de producción de conocimiento y que constituyen la principal responsabilidad de cualquier grupo de investigación. Pero en nuestro caso hay una particularidad y es que el problema seleccionado obligadamente deberá involucrar los componentes teóricos que, según el programa de la asignatura, deberían ser atendidos por el curso.

El aprendizaje acerca de la iluminación natural, por ejemplo, se puede abordar desde la exposición de los principios físicos que explican la propagación de la luz, de las propiedades ópticas de los materiales traslúcidos, de las consecuencias lumínicas de la geometría de los vanos, de las métricas lumínicas y las plataformas informáticas para su cálculo. Pero hay una manera mucho más realista de acceder a ese conocimiento: plantear una pregunta relacionada con la iluminación natural de edificaciones que tenga alta pertinencia local y para la cual no se disponga de una respuesta satisfactoria. El trabajo necesario para responder esa pregunta hará necesario que el estudiante adquiera todo el contenido teórico del curso sin la necesidad de haber dictado una sola clase acerca del tema (SALAZAR, 2018). Al principio el proceso será un poco lento comparado con presentar en unas cuantas clases los principios teóricos de la iluminación natural de los espacios arquitectónicos, pero no hay que dejarse engañar por esa aparente eficiencia. Cuando se dicta una clase no se le está ahorrando tiempo a los estudiantes, sino que en realidad se les está robando la oportunidad de que adquieran las destrezas necesarias para aprender por

su propia cuenta. Es bueno recordarlo: lo importante no es que aprendan de iluminación, lo importante es que aprendan a aprender acerca de la iluminación. Suena parecido, pero son dos cosas muy diferentes.

Cambiar la manera en que se hacen las cosas implica contar con los recursos tecnológicos que lo hagan posible, son los ingredientes materiales del proceso y que cómodamente se pueden agrupar bajo el nombre de “primera capa”. Allí se encuentran los laboratorios, las herramientas, los equipos de medida, los medios computacionales para la simulación... es la infraestructura física para el cambio. Pero todo el dinero para comprar equipos, herramientas y software no conduce necesariamente ni a mejores estudiantes ni a mejores procesos educativos, porque todo cambio también requiere una “segunda capa” sin la cual los insumos tecnológicos podrían ser mal empleados o sencillamente, quedar almacenados en algún anaquel del laboratorio. Se trata de una postura frente al conocimiento necesaria para encaminar la mente en la dirección en la que el desconcierto intelectual invita a no dirigirse. Una sociedad innovadora no es una sociedad que desconozca sus tradiciones o que sea particularmente valiente, simplemente es una sociedad que sabe y reconoce que las cosas no cambian solas y que para transformar su realidad es preciso tomar el mando para explorar lo desconocido. Algunos evitan pisar terrenos extraños y siempre caminarán sobre sus mismas huellas, hasta que algún oportunista los ponga a recorrer los senderos que ha trazado para ellos.

El Aprendizaje Autónomo ocurre cuando alguien se enfrenta al umbral de su propia ignorancia, da un paso adelante y lo franquea. La valentía intelectual es imprescindible para explorar en lo desconocido y es necesario trabajar sin la certeza del éxito y aceptando el acecho del error. Sólo en ese ambiente de aprendizaje se puede aprender a reconocer las propias capacidades, fortalezas y debilidades personales como aprendiz. Es muy importante que le permitamos a nuestros estudiantes a que se arriesguen a aprender acerca de lo que nadie más sabe. En pro de la conquista de su propia coherencia, cada institución deberá abandonar el terreno seguro de aquello que otros conocen para comenzar a sondear en los campos del desconocimiento, que es donde se podrán encontrar las respuestas que requiere la sociedad a la que pertenece.

La mejor carta para el futuro es que una sociedad se haga responsable de su destino y sea capaz de asumir una actitud innovadora frente a cualquier reto que

se le presente. Esa postura, perteneciente a lo que aquí llamo un “segundo plano tecnológico”, es la que permitirá (así no se disponga de la experiencia, el conocimiento o el experto requerido) continuar adelante en el aprendizaje necesario para resolver un problema. En este contexto la responsabilidad docente no consiste en que los estudiantes egresen repletos de soluciones ya sabidas, sino formar profesionales que sepan cómo producir nuevo conocimiento. Los docentes deberíamos estar comprometidos con que nuestros estudiantes adquieran la habilidad de producir respuestas. Tengo dudas acerca de la viabilidad de enseñar de forma directa una actitud como esta, pero hay muchas evidencias de que sí es posible construir escenarios académicos que propicien su aprendizaje. Nos es más valiosa la pregunta adecuada, aquella que nos conduce al conocimiento pertinente, que una persona capaz de recordar y recitar una larga colección de respuestas que otra persona ya había respondido antes.

#### 4. Exploraciones metodológicas y pedagógicas

Tenemos la certeza de que los medios técnicos y los conocimientos científicos de hoy no serán los de mañana. Cuando en el futuro un profesional enfrente un problema que posiblemente hoy ni hemos detectado, no lo abordará con las herramientas e instrumentos teóricos con los que fue educado, pero sí que abordará el problema de la forma en que aprendió a hacerlo cuando estaba en la Universidad. Los contenidos de los cursos que impartimos están en buena medida condenados a una obsolescencia acelerada. No hay esfuerzo docente capaz de salvar la brecha que separa a nuestro actual estudiante del futuro profesional, por eso no tiene tanta relevancia trabajar con la última herramienta ni con el último insumo teórico del momento. A veces conviene usar herramientas más simples y técnicas más básicas de manera que se pueda poner en primer plano el método, antes que los instrumentos. El propósito importa más que los medios, es bueno que nuestros estudiantes lo sepan. Pero cuando el qué y el cómo van juntos es mucho más fácil obtener mejores resultados.

Cuando se investiga no es necesario que todo lo aprendido sea nuevo para la ciencia. Parte de lo aprendido será nuevo para quien investiga, aunque sea algo ya conocido por otros. Un estudiante de graduación puede hacer lo mismo: aprender acerca de los fundamentos básicos de cualquier tema y a la vez, aprender acerca de cosas desconocidas para todos. Es la familiaridad con esa situación de trabajar en la frontera del propio conocimiento lo que permite

expandir el nivel de conocimiento de una persona. Cuando la frontera de ese conocimiento personal se traslapa con la frontera del conocimiento científico, el producto de ese esfuerzo comenzará a ser reconocido como ciencia por la comunidad científica mundial. Pero la forma de avanzar antes y después de acercarse a dicha frontera no tienen por qué ser diferentes. A nuestros estudiantes en el Grupo EMAT les permitimos aprender a volar y aprenden que mucho de su vuelo transcurre por regiones medianamente exploradas por otros. Pero lo más importante es que también aprenden que si eligen una determinada dirección, finalmente terminarán llegando a la frontera del conocimiento científico. A veces pasados muy pocos meses de estudio ellos mismos se sorprenden de lo cerca que se encuentra la frontera porque en realidad, la ignorancia es abundante y hay mucho para aprender.

El punto de partida del Aprendizaje Autónomo es un cambio en la forma que el docente diseña y gestiona su curso, pero para darle un Norte al proceso es necesario que el estudiante también cuente con un punto de llegada. Hay muchos posibles, pero en el contexto de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia en Medellín, lo que hicimos fue crear un evento local donde los estudiantes presentan a otros estudiantes los trabajos de investigación realizados por ellos. Las Jornadas EMAT (Grupo EMAT, 2019) para casi todos sus participantes es la oportunidad de dar la primera conferencia de su vida. En este espacio los profesores no somos protagonistas y procuramos mantener una agenda exclusivamente dedicada a los trabajos estudiantiles. El experimento ha brindado multitud de frutos y ha permitido construir situaciones de aprendizaje muy valiosas porque: a) prepara a los estudiantes para el próximo evento científico Internacional; b) facilita el seguimiento en medios de comunicación locales como son la radio, prensa y televisión universitaria; c) genera recordación de la productividad académica del Grupo; d) permite homogenizar los productos de tantos proyectos en un formato único, práctico para poderlo usar como bibliografía de nuestras futuras investigaciones; y e) integra nuevos estudiantes al proceso de investigación.

La ordenada recopilación de las conferencias son una parte importante del soporte bibliográfico de nuestros cursos y ofrece a nuestros actuales estudiantes ejemplos de trabajos de investigación para el contexto local. Además, es un excelente banco de proyectos de investigación porque cualquiera de esos trabajos es susceptible de ser retomado para

continuar avanzando en esa línea de investigación. Cuidando en no caer en lo endogámico, los trabajos allí publicados tienen un poder de comunicación inmenso en comparación con los trabajos foráneos que se pueden obtener de las revistas y bases de datos internacionales: son el resultado del esfuerzo de personas de nuestro contexto local, antiguos estudiantes, muchas veces conocidos personales de nuestros actuales estudiantes. Esto es algo muy persuasivo, porque demuestra que sí se puede hacer investigación local con alta calidad científica.

## 5. Conclusión

A veces es más fácil que un curso evolucione por causa del relevo generacional que por intención explícita de sus docentes. No debería ser así y en el grupo de Investigación EMAT, transformamos nuestros cursos para que fueran una plataforma permanente de aprendizaje. Llevamos más de dos décadas poniendo a prueba ideas acerca de cómo enseñar y, sobre todo, cómo ayudar a aprender acerca de confort ambiental y eficiencia energética dejando escaso margen a la estandarización. Las modalidades de acción que hemos explorado en nuestro grupo de investigación son diversas, pero comparten cuatro características: 1) se insertan en el contexto de un curso regular; 2) respetan el calendario académico; 3) aportan calificaciones periódicas al sistema; y 4) cumplen con los objetivos del programa de la asignatura. Nuestros estudiantes cumplen las metas curriculares a la vez que generan conocimiento, hacen investigación, publican, socializan el conocimiento adquirido y participan en congresos. En el proceso terminamos por comprender que postergar la interacción de nuestros estudiantes con problemas de investigación reales equivale a postergarles el aprendizaje.

Es sano suponer que los métodos educativos que utilizamos siempre necesitan ajustes y mejoramientos, en especial porque en los temas de confort y eficiencia energética hay un veloz desarrollo y por lo tanto, mucha obsolescencia. No repetir nunca un ejercicio exitoso en nuestros cursos parece un despilfarro de tiempo y creatividad, pero en realidad eso es lo que alimenta el proceso de innovación. Si no queremos que nuestros cursos sean obsoletos, la exploración didáctica es una actividad imperativa pues en cada oportunidad académica los docentes deberíamos aprender algo nuevo. Si eso no sucede es porque estamos haciendo mal nuestro trabajo. A fin de cuentas, ¿qué investigador repite un trabajo de investigación ya culminado?

## Referências

GRUPO EMAT. Memorias 9° Jornada EMAT. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 2019. Recopilado en octubre 2021 de: <https://drive.google.com/drive/>

# Integrando graduação e pós-graduação no ensino de Conforto: uma experiência na Universidade Federal de Minas Gerais

**Roberta Vieira Gonçalves de Souza**

Universidade Federal de Minas Gerais, robertavgs@ufmg.br

**Rejane Magiag Loura**

Universidade Federal de Minas Gerais, rejaneml@gmail.com

Desde 2014, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) busca estabelecer maior integração entre o ensino de graduação e de pós-graduação, e está em processo a operacionalização de mudanças curriculares que favoreçam tal integração. O presente capítulo é fruto da experiência de disciplinas optativas que integram alunos de graduação e pós-graduação no ensino de Conforto Ambiental desde o segundo semestre de 2017. Esta integração ocorre entre os cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e o curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da UFMG (EAUFMG). O objetivo desta integração foi instrumentalizar os alunos da graduação em procedimentos mais avançados de pesquisa e, também, gerar uma base de alunos capazes de lidar com processos de simulação computacional na área de conforto ambiental desde a graduação. Os alunos de pós-graduação, por sua vez, poderiam atuar como tutores de trabalhos científicos numa experiência inicial de ensino e contar com alunos de graduação para o desenvolvimento de temas de pesquisa. Os frutos desta integração têm sido: ampliação da oferta de disciplinas para os cursos de graduação; o amadurecimento de temas de mestrado e doutorado; oportunidade para egressos da graduação em conhecer o processo de formação em pós-graduação strictu sensu, inclusive com o desenvolvimento de temas que possam ser objeto de projeto de pesquisa

futura; encaminhamento de alunos de graduação interessados em seguir na pós-graduação; e a publicação de artigos por alunos de ambos os níveis.

**Palavras-chave:** Ensino de Arquitetura. Integração graduação. Pós-graduação. Conforto ambiental. Iluminação. Desempenho térmico.

## 1. Introdução

É inequívoco que o ensino universitário deve avançar continuamente de forma a atender as necessidades de formação de profissionais para a sociedade, enxergando os avanços ocorridos em cada época, as transformações dos meios produtivos, as necessidades sociais e propondo caminhos inovadores para a solução dos problemas que se apresentem.

O Plano Nacional de Educação (PNE) sugere, desde o início dos anos 2000, que as Diretrizes Curriculares devam assegurar a flexibilidade como princípio (C MARA DOS DEPUTADOS, 2001), e diversos autores discutem a questão da flexibilização dos currículos universitários. Garces, Antunes e Noronha (2018) afirmam parecer irrevogável a necessidade de maior flexibilização curricular visando uma formação capaz de oferecer experiências de pesquisa e extensão.

Nesse sentido, de forma original no país, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) lançou, em 2014, a Resolução nº 18/2014 (Universidade Federal de Minas Gerais, 2014), que visa regulamentar a criação dos Grupos de Disciplinas de Formação Avançada nos currículos dos cursos de graduação e que estabelece expressamente três propósitos: a) o propósito de estabelecer maior integração entre os níveis de ensino de graduação e de pós-graduação; b) o propósito de permitir aos alunos a opção por receberem formação em maior grau de aprofundamento durante a graduação; e c) o propósito de incentivar os alunos egressos dos cursos de graduação a prosseguirem sua formação em nível de pós-graduação.

No entanto, para que a maior integração entre estudantes de graduação e pós-graduação possa se dar de fato de maneira satisfatória e produtiva, é preciso entender pelo ponto de vista da instituição, dos programas de pós-graduação e dos cursos de graduação quais são os desafios e as potencialidades desse processo. Este capítulo propõe discutir a experiência ocorrida na Escola de Arquitetura da UFMG de disciplinas optativas da área de Conforto Ambiental – iluminação e de desempenho térmico – que têm sido ministradas em conjunto para alunos de ambos os níveis. Como ainda não se finalizou a revisão do Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo (PCC) que formaliza essa integração, a oferta das disciplinas ocorre ainda de maneira precária. É necessário que o docente lance uma turma para a graduação e outra para a pós-graduação com o mesmo título, no mesmo horário e com a mesma carga horária.

Reflexões e experiências acumuladas nesses cinco semestres de vivência da integração em discentes de graduação e pós-graduação permitem delinear caminhos para ampliar a discussão sobre o tema, tanto no âmbito da Escola de Arquitetura da UFMG, que passa por uma profunda reformulação curricular, como em âmbito nacional. O presente trabalho apresenta análises quantitativas e qualitativas das experiências realizadas, observando a aderência dos estudantes à proposta, a avaliação realizada por aqueles que concluíram ao menos uma disciplina, a qualidade dos produtos dos estudantes e, por fim, os aspectos da administração acadêmica envolvidos.

## 2. Contexto acadêmico e referencial normativo

Constata-se, mundialmente, uma tendência de redução da duração de cursos de graduação de maneira geral. O Acordo de Bolonha (EUROPEAN HIGHER

EDUCATION AREA, 1999) é uma forte ilustração que corrobora com esta afirmação. No final do século XX, 29 países do continente europeu assinaram um acordo que estabelecia, grosso modo, a unificação do sistema de ensino superior europeu. Naquela oportunidade foram definidos três níveis de formação – graduação, mestrado e doutorado –, que na prática provocou em muitos casos redução do tempo de formação. Durante a primeira década do século XXI, essa tendência repercutiu em países do chamado Sul global, o que inclui o Brasil. Em 2007, a Resolução nº 2, de 18 de junho de 2007, do Conselho Nacional de Educação (CNE) (BRASIL, 2007), estabeleceu a carga horária mínima para diversos cursos de graduação no Brasil, incluindo o de Arquitetura e Urbanismo, cujo valor é de 3600 horas. Há que se lembrar o contexto político em que se publicou tal resolução, o país estava em franca expansão da oferta de cursos de graduação em sua rede pública e privada – esta contando com financiamento público para custear parte dos estudantes.

A essa altura, a Escola de Arquitetura da UFMG contava com o curso de Arquitetura e Urbanismo funcionando em um turno e ofertando 3780 horas para integralização e se preparava para ampliar a oferta do curso no turno noturno, aderindo ao Programa Reuni do Governo Federal. Entre 2008 e 2012, a UFMG ampliou sobremaneira a oferta de vagas, bem como o número de cursos oferecidos na graduação e na pós-graduação. Esse crescimento foi possibilitado, entre outras estratégias, pela opção em se trabalhar com a carga mínima dos cursos de graduação. Desse modo, em 2011, havia dois turnos do curso de Arquitetura e Urbanismo em operação da Escola de Arquitetura, cada um com 3600 horas distribuídas em um projeto pedagógico específico (UFMG, 2011).

Nesse movimento de modernizar o ensino de graduação, a instituição seguiu discutindo suas políticas internas. Dentre os temas em pauta esteve uma maior aproximação entre o ensino de graduação e de pós-graduação. A primeira iniciativa de integração entre atividades de graduação e pós-graduação strictu sensu foi regulamentada na UFMG desde 2014, quando foi aprovada resolução específica a esse fim, qual seja, a Resolução nº 18/2014, de 07 de outubro de 2014, que regulamenta os Grupos de Disciplinas de Formação Avançada (UFMG, 2014). O texto tinha por objetivo

[...] estabelecer maior integração entre os níveis de ensino de graduação e de pós-graduação; [...]

permitir aos alunos a opção por receberem formação em maior grau de aprofundamento durante a graduação; e [...] incentivar os alunos egressos dos cursos de graduação a prosseguirem sua formação em nível de pós-graduação (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2014, p. 1).

As discussões se aprofundaram e culminaram, em 2018, após três anos de trabalho e debates com a comunidade acadêmica, na aprovação de novas Normas Gerais de Graduação (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2018). Esse documento tem claro objetivo de consolidar uma formação com maior flexibilidade e interdisciplinaridade entre os campos do conhecimento, garantindo ao estudante a manutenção da qualidade já conhecida na formação técnica, científica e crítica.

Atualmente, os cursos de graduação estão ajustando suas estruturas curriculares para se estruturar em quatro núcleos: específico, complementar, geral e avançado. Enquanto o núcleo de formação específica abrange conteúdos diretamente relacionados à profissão; o núcleo complementar consiste em ofertar opções de trajetórias estruturadas em torno de conteúdos ligados a outros campos do conhecimento; e por fim, o núcleo geral é composto por atividades acadêmicas curriculares que abordam temas de amplo interesse, orientadas para a formação intelectual, crítica e cidadã, em um sentido amplo.

Já o núcleo avançado traz a possibilidade ao aluno de cursar determinado número de créditos na pós-graduação para integralizar o currículo da graduação. A busca por essa integração está colocada explicitamente no segundo artigo das Normas, que traz como princípio e objetivo do ensino de graduação a integração com o ensino de pós-graduação (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2018). Há que se destacar que se trata de uma opção, ainda inédita no país, para estudantes com interesse em direcionar sua formação profissional para estudos mais aprofundados.

Nessa nova concepção de Proposta Pedagógica Curricular (PPC), cada curso deverá se debruçar sobre sua realidade para garantir as habilidades e competências estabelecidas nas diretrizes nacionais curriculares referente ao título concedido e criar espaços para que os estudantes tenham vivências acadêmicas em outras áreas do conhecimento ou em outros níveis de formação – núcleo avançado –, mantendo a carga horária mínima estabelecida pelo CNE.

No caso específico do curso de Arquitetura e Urbanismo, caberá às disciplinas obrigatórias do núcleo de formação específica exercitar e desenvolver as habilidades e competências de caráter generalista definidas pela Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010 (MEC, 2010). De acordo com as Normas Gerais de Graduação da UFMG, será necessário disponibilizar carga horária para que os estudantes optem pelo percurso de formação complementar – percurso com carga horária estabelecida em 300 horas para todos os cursos da instituição –, de formação geral e/ou de formação avançada, percursos cuja definição de carga horária será feita pelos cursos. O espaço de 300 horas poderá ser ocupado por uma formação complementar em outro campo do conhecimento, diferentemente do seu campo de formação, sendo facultado aos discentes a escolha do seu percurso formativo. Aqueles estudantes que não optarem pela formação complementar certamente terão de cumprir ao menos parte das 300 horas em optativas de livre escolha no curso de Arquitetura e Urbanismo. É preciso destacar ainda que essas determinações das normas gerais de graduação da UFMG têm grande aderência à proposta de revisão das diretrizes curriculares nacionais do curso de Arquitetura e Urbanismo aprovada em 2019 durante o Congresso Nacional da ABEA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ENSINO DE ARQUITETURA, 2019).

É nesse contexto de ensino que interessa discutir a integração de disciplinas optativas da área de Conforto Ambiental nos níveis de graduação e pós-graduação strictu sensu. O PPC do curso de Arquitetura e Urbanismo diurno conta com 135 horas de disciplinas obrigatórias na área de Conforto Ambiental - Térmica, Iluminação e Acústica. Já os estudantes do turno noturno precisam integralizar no mínimo 60 horas em disciplinas obrigatórias da área. Nos dois turnos há disciplinas optativas cujas ementas são abertas e permitem tratar de assuntos variáveis dentro da área do Conforto Ambiental. Para realizar essa oferta integrada em graduação e pós-graduação optou-se também por ofertar disciplina optativa de ementa variável do Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS), sediado na EAUFMG. Assim, foram criadas três turmas distintas (graduação diurna, graduação noturna e pós-graduação) – todas com a mesma carga horária, cada uma vinculada ao seu PPC que ocorreram nos mesmos dias e horários de aula para que a integralização se dê de fato durante a dinâmica de sala de aula. A definição dos temas das disciplinas em geral se deu em função da demanda de aprofundamento levantada

por mestrandos, doutorandos e até por alunos de graduação. A primeira oferta neste formato – ocorrida no segundo semestre de 2017 – foi fruto de demanda de alunos de graduação e teve como tema a “análise térmica e lumínica de projetos arquitetônicos”. O objetivo inicial era que os alunos de pós-graduação mais versados em simulação computacional e no processo de pesquisa auxiliassem os alunos de graduação a avaliar do ponto de vista do conforto ambiental projetos arquitetônicos desenvolvidos no semestre anterior. Para tal deveriam em conjunto estudar os métodos e as ferramentas de análise e ao final da disciplina escrever um artigo sobre a experiência baseado em template de algum congresso da área. Na oferta seguinte, verificou-se que o tema inicialmente proposto ficou amplo, uma vez que os programas de simulação em térmica e iluminação são bastante complexos. A partir de então, as disciplinas foram oferecidas alternando a temática de Iluminação e de desempenho térmico a cada semestre. Manteve-se o foco de revisar temas, objetivos e métodos de pesquisa a partir da leitura de artigos recentes produzidos no Brasil e no exterior como ponto de partida para proposição dos trabalhos a serem desenvolvidos.

### 3. Procedimentos metodológicos

Para realizar as análises sobre as experiências vivenciadas na integração de disciplinas de graduação e de pós-graduação, desenvolveu-se procedimento apresentado no fluxograma da Figura 1, composto por avaliações quantitativas e qualitativas.

#### 3.1. Levantamento do número de matriculados

Foi levantado o número de discentes matriculados separando-os por curso de graduação e pós-graduação. As três disciplinas ofertadas – graduação diurna, graduação noturna e pós-graduação strictu sensu – contam com uma carga horária de 30 horas e foram ministradas no período vespertino, que propicia maior participação dos estudantes dos dois turnos da graduação e, também, da pós-graduação.

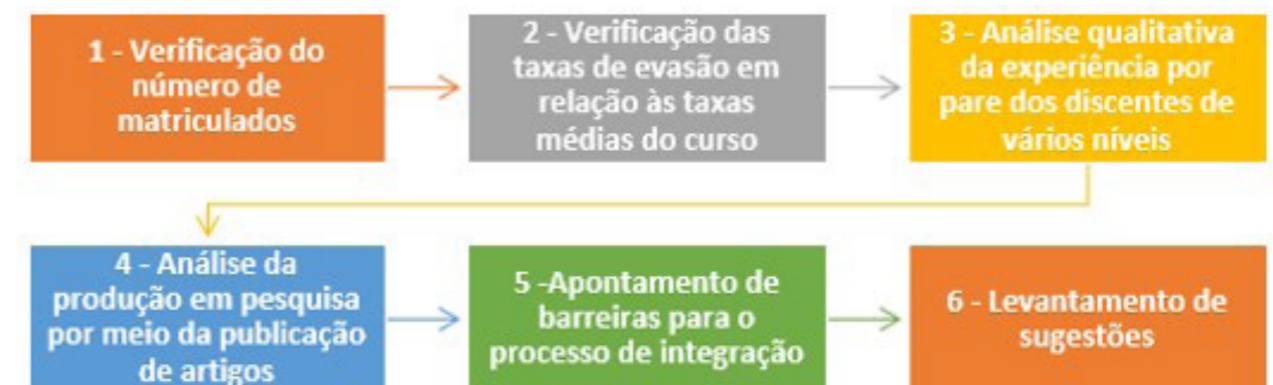
#### 3.2. Verificação da taxa de desistência

A taxa de desistência foi calculada a partir das informações disponíveis no Diário Eletrônico da instituição, que indica, ao encerramento de cada oferta, aqueles estudantes aprovados, reprovados por frequência e/ou por notas e ainda aqueles que solicitaram trancamento da disciplina. Para esse capítulo, considerou-se desistência alunos que solicitaram trancamento da disciplina e aqueles reprovados por terem sido infrequentes. Fez-se uma comparação da taxa de desistência das disciplinas com a média de desistência da graduação em Arquitetura e Urbanismo. Em relação aos estudantes de pós-graduação, por não haver disponibilidade de dados sobre desistência do curso, fez-se análise individual da matrícula daqueles que não completaram as disciplinas.

#### 3.3. Análise qualitativa da participação discente

A análise qualitativa da pesquisa focou nos estudantes concluintes da disciplina. Para estes foi desenvolvido um questionário, específico para cada nível de formação, que visou compreender a

Figura 1: Fluxograma de procedimentos metodológicos



Fonte: Elaboração própria (2021).

vivência pelo ponto de vista discente. Interessou levantar a avaliação que os discentes têm sobre a operacionalização das disciplinas, a aceitação do processo e a experiência de aprendizagem.

As questões elencadas tratam do nível de formação dos discentes; da motivação para matrícula na disciplina; do conhecimento prévio sobre a vivência integrada entre distintos níveis de formação; do nível de interesse no tema; do grau de dificuldade percebido durante o acompanhamento da disciplina; da elaboração de artigo científico como trabalho final da disciplina; da experiência prévia em publicação e do nível de satisfação geral em relação ao processo de publicação. Houve questões específicas voltadas aos estudantes de graduação, que os inquiriram sobre o interesse de ingresso em Programa de Pós-graduação (PPG) e sobre o grau de contribuição da disciplina para esse objetivo percebido por eles. Para os discentes de pós-graduação foram feitos questionamentos relativos ao nível de satisfação com a integração entre discentes de diferentes níveis; à contribuição da disciplina para a pesquisa em desenvolvimento junto ao PPG e sobre a percepção do desempenho dos discentes de graduação durante a disciplina. A todos os níveis de formação, o questionário deixou espaço aberto para outros comentários que se fizerem relevantes pelo ponto de vista do respondente. O tratamento de dados realizado separou as respostas em razão do nível de formação dos respondentes.

Para aproveitar a experiência adquirida e visão ampliada de alguns egressos da pós-graduação que cursaram a disciplina integrada mais de uma vez, conduziram-se entrevistas não estruturadas que tiveram por objetivo fornecer uma visão crítica das barreiras e oportunidades nesta proposta de integração.

### 3.4. Análise da produção em pesquisa

A produção científica da disciplina é entendida como um resultado importante do processo, e por essa razão, fez-se um levantamento do número percentual de alunos concluintes da disciplina que tiveram sucesso na publicação de seus artigos em eventos científicos ou periódicos acadêmicos. Organizou-se uma base de dados contendo os veículos de publicação e os artigos publicados entre os anos de 2017 e 2021 que contaram com a participação de discentes da disciplina.

### 3.5. Levantamento de barreiras e apontamento de soluções

De posse dos dados e das análises, foi possível identificar as potencialidades e as barreiras encontradas oferecendo um apontamento de caminhos para o aprimoramento da experiência de integração entre níveis de formação em disciplinas da área de Conforto Ambiental no PPC do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG. Pôde-se também traçar comentários sobre a possibilidade de ampliação desse tipo de experiência no contexto de ensino e pesquisa dessa área do conhecimento no Brasil.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Levantamento do número de matriculados

As disciplinas foram oferecidas de forma a contar com 25 a 30 alunos em sala de aula. Esperava-se, assim, evitar uma desproporção significativa entre estudantes de graduação e de pós-graduação, uma vez que foi considerado que idealmente cada equipe de trabalho contasse com a presença de discentes de pelo menos dois níveis de formação.

A Figura 2 apresenta o número de alunos matriculados a cada semestre por nível de formação. Como informado no item 1.2 Contexto acadêmico e referencial normativo, os alunos do turno noturno têm uma carga horária obrigatória inferior de disciplinas da área de Conforto Ambiental, e por essa razão optou-se por não oferecer vagas para esse turno.

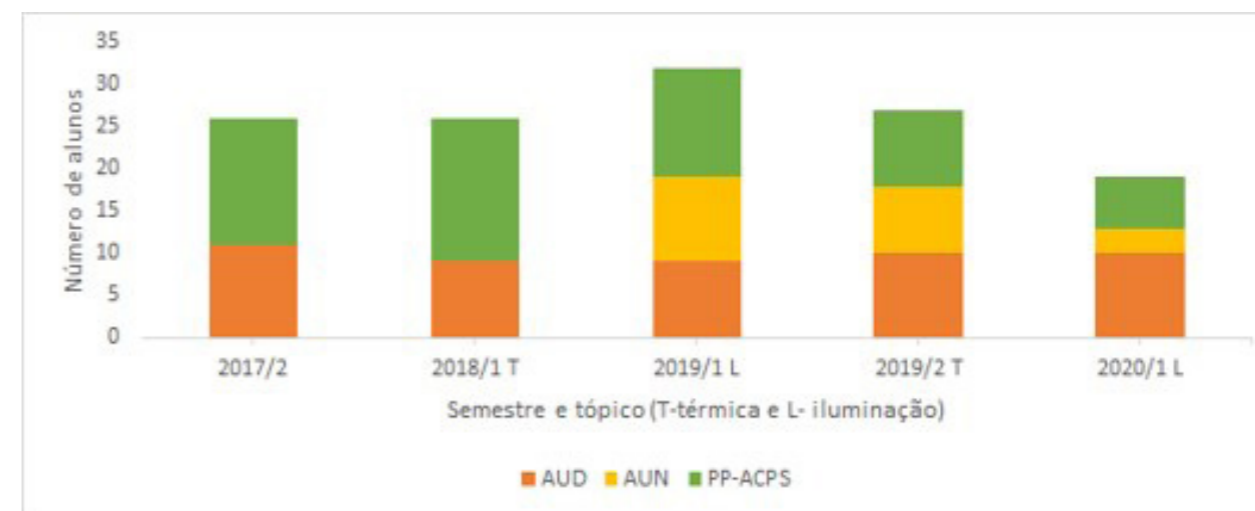
### 4.2. Verificação da taxa de desistência

A taxa percentual de desistência – trancamentos e reprovação por infrequência – a cada semestre e por curso é apresentada na Figura 3.

De forma geral a desistência média foi de 26% nas disciplinas ofertadas na graduação e de 15% nas de pós-graduação. Comparando esse valor com os percentuais médios de desistência observados na graduação – diurno 9% e noturno 13% –, deve-se buscar aprofundar a compreensão do que se passou.

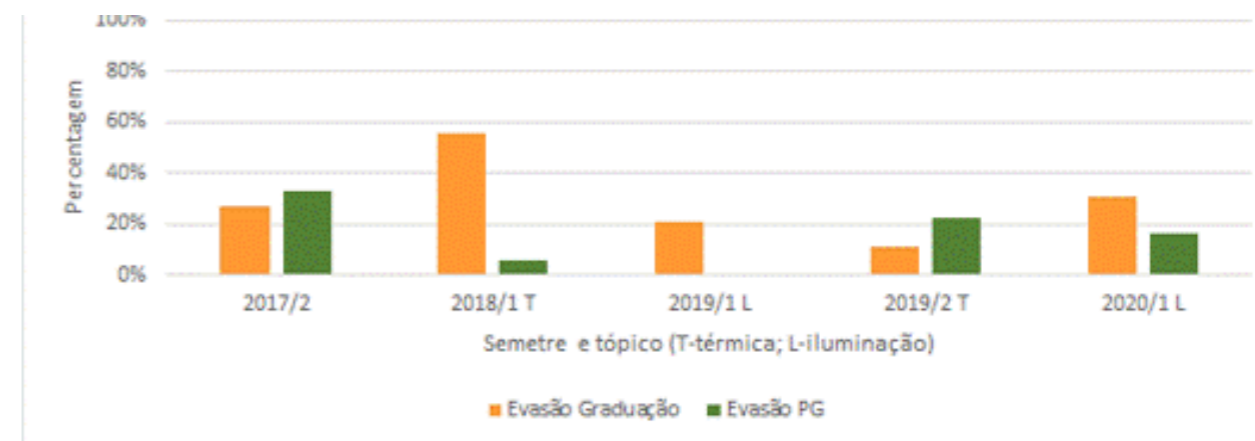
Primeiramente, é necessário tentar entender o ocorrido no 1º semestre de 2018, quando se ofertou pela primeira vez a disciplina de Simulação em Térmica. Percebeu-se que a desistência poderia estar relacionada à baixa carga horária de conteúdos introdutórios no plano de ensino da disciplina. Para verificar a hipótese, na oferta seguinte desse tema –

Figura 2: Número de alunos matriculados por semestre



Fonte: Elaboração própria (2021).  
Curso: AUD- Arquitetura e Urbanismo diurno; AUN- Arquitetura e Urbanismo noturno; PP-ACPS – Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável; T- térmica; IL- iluminação.

Figura 3: Taxa de evasão por semestre e por nível



Fonte: Elaboração própria (2021).

2º semestre de 2019 –, fez-se uma reestruturação do plano de ensino aumentando a carga horária para os conteúdos introdutórios, e o resultado demonstrou uma significativa redução da desistência. Essa desistência também foi observada nos alunos de pós-graduação.

Outro fator que interfere no elevado percentual de desistência é a realização da matrícula pelos estudantes sem a devida informação sobre o caráter da disciplina. Como se trata de disciplinas optativas, atualmente o sistema de matrículas da graduação impede o estabelecimento de pré-requisitos. Muitos estudantes se matriculam sem terem cursado disciplinas obrigatórias de térmica ou de iluminação – que pavimentam as bases conceituais para o acompanhamento da optativa; e ao terem contato com o plano de ensino, desistem de seguir nesses estudos.

Em relação aos estudantes de pós-graduação, não há disponíveis estatísticas gerais. Contudo, fez-se uma verificação individual que permitiu constatar que a maior parte das desistências desses estudantes está relacionada a matrículas isoladas, ou seja, alunos que ainda não fazem parte do corpo discente do Programa. Muitos retornam à Universidade buscando ampliar seus conhecimentos em pesquisa para eventual futura candidatura a uma vaga do Programa. Muitas vezes esses discentes se deparam com um grau de dificuldade acima do esperado, que exige dedicação extraclasse, o que pode não ser viável devido aos seus compromissos de trabalho, resultando em trancamento da disciplina já nas primeiras aulas.

A elevada desistência de alunos de graduação é uma questão que pode se tornar séria e deve ser vista com cuidado pela administração acadêmica num contexto de institucionalização do núcleo de formação avançada. Essa experiência deixa bastante claro que



a integração com a pós-graduação não atende aos interesses de todos os estudantes de graduação. Seja pelo grau de dificuldade da disciplina, seja pela disponibilidade de tempo extracurricular, ou ainda, pela abordagem do tema; fato é que elevados níveis de desistência podem comprometer a viabilidade da oferta da formação avançada no âmbito universitário. Esse comprometimento se dá no campo da gestão acadêmica devido à falta de vagas frente à demanda e a retenção provocada pela desistência. Mas também tem impactos que não podem ser desprezados dentro das salas de aula, ou seja, impacto sobre o processo de ensino-aprendizagem elaborado pelo docente.

Sugere-se como estratégia para melhorar a integração entre estudantes de graduação e pós-graduação em disciplinas a criação de disciplinas exclusivas para esse fim, que mantenham a característica de ementa aberta – o que permite acompanhar a variabilidade dos temas de pesquisa –, mas que tenham estabelecidos pré-requisitos para a matrícula.

### 4.3. Análise da participação discente

Sobre as estratégias pedagógicas, cabe destacar que os grupos de trabalho, formados por até cinco pessoas, deveriam realizar/discutir uma revisão bibliográfica a partir de artigos científicos recentes e interesses de cada grupo, a fim de definir o tema de aprofundamento da equipe. Ao longo das cinco ofertas já realizadas, os temas trabalhados pelas equipes discentes variaram entre avaliação do desempenho de edificações; avaliação comparativa entre programas de simulação e testes relativos a atendimentos de normas técnicas. A disciplina permitiu a realização de simulações estáticas e dinâmicas, bem como avaliações paramétricas. Os discentes também puderam recorrer, caso fosse necessário ao tema trabalhado, a diversas técnicas de pesquisa, como medições *in loco*, aplicação de questionários e realização de entrevistas.

Nas disciplinas foi incentivado que os alunos de graduação e de pós-graduação compusessem equipes de trabalho mistas, porém, apesar do incentivo docente, a organização dos grupos de trabalho não contou sempre com estudantes de níveis diferentes de formação. No entanto, de maneira geral, constatou-se a elaboração de trabalhos com abordagem suficientemente aprofundada, tanto nas equipes mistas quanto naquelas compostas apenas por estudantes de graduação. Percebeu-se também o despertar dos estudantes de graduação pelo uso de ferramentas de simulação computacional para

avaliar desempenho – térmico ou lumínico – de projetos de edificações.

O levantamento realizado por meio de questionários permitiu entender e analisar a percepção dos discentes relativas à metodologia usada na condução da disciplina e ao processo de produção científica. O questionário foi enviado a 79 discentes, dos quais se possuía o endereço de caixa-postal eletrônica. Esse número alcançou mais de 75% dos participantes efetivos – aqueles que não desistiram das disciplinas –, sendo que alguns discentes, presentes entre os contactados, participaram de mais de uma disciplina oferecida. Contou-se com 31 respondentes (39% dos questionários enviados), sendo o perfil destes equilibrado entre graduação e pós-graduação (52% e 48%, respectivamente).

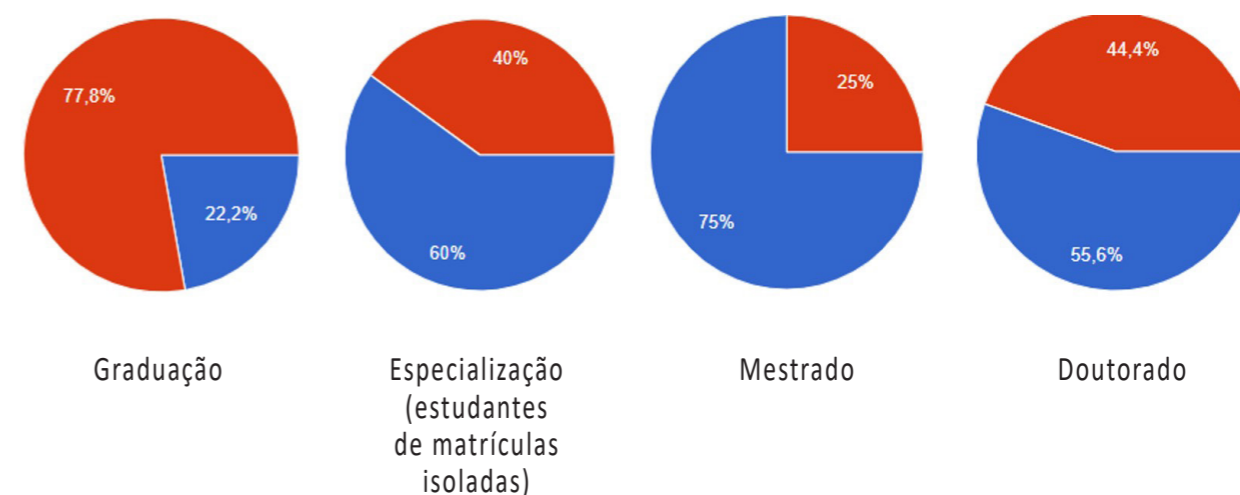
Ao serem questionados sobre a principal motivação para participação nas disciplinas, 72% a 100% das respostas – a variação se deve ao nível de formação – indicaram “interesse pelo tema”. Os estudantes de graduação indicaram ainda que a motivação passou por “afinidade com a docente” (22%) ou pela “necessidade de crédito dentro do grupo” (6%) – resposta vinculada a estudantes do turno noturno de graduação. Alunos de doutorado manifestaram ainda haver “relação direta com seu tema de pesquisa” (22%).

A maior parte dos alunos de pós-graduação estava ciente da integração entre os níveis. Entretanto, detectou-se um desconhecimento do caráter da disciplina pelos estudantes de graduação – ver Figura 3. Esse número reforça a percepção que a falta de informação prévia interferiu no elevado número de desistências, já discutido acima.

Ao se perguntar sobre o interesse na disciplina, os resultados mostram a resposta “alto” ou “muito alto” declarado pela maioria dos respondentes de todos os níveis –, variando de 75% (mestrando), 83% (graduando) a 100% (doutorando e alunos de matrículas isoladas). Não houve resposta indicando nível de interesse “baixo” ou “muito baixo” na disciplina. Graduandos (17%) e mestrandos (25%) indicaram interesse “neutro” em relação ao tema.

O grau de dificuldade para acompanhar a disciplina avaliado em uma escala de +2 (muito alto) a -2 (muito baixo) obteve uma média de 0,3, indicando dificuldade de “neutra” (nota 0) para “alta” (nota 1,0). Esse número indica que as disciplinas conseguiram manter grau de dificuldade pertinente para os níveis de formação em mestrado e doutorado e ainda sim

Figura 4: Respostas para “Você sabia que a disciplina integrava alunos de diferentes níveis de formação ao se matricular?” Não – vermelho; Sim – azul



Fonte: Elaboração própria (2021).

abrigar estudantes de graduação. Com relação específica a esse grupo, 39% responderam que o grau de dificuldade foi “alto” ou “muito alto” para acompanhar a disciplina. Pode-se inferir que aos graduandos foi requerido um esforço maior para acompanhar a disciplina que envolve pesquisa. Contudo, as respostas desse grupo de estudantes relativas à satisfação mostram que 75% se dizem satisfeitos ou muito satisfeitos com a experiência. Em outra questão, 83% informam ter interesse em seguir a formação na pós-graduação, e destes, 63% perceberam contribuição direta da disciplina em relação para alcançar o nível seguinte de formação.

O levantamento mostrou que houve participação de 56 discentes em publicações realizadas ao longo de cinco semestres. Foram 66 participações, já que alguns discentes participaram em mais de uma publicação. Esse número representa aproximadamente 55% dos estudantes que frequentaram as disciplinas, o que indica alta efetividade das estratégias didático-pedagógicas adotadas, tanto para o incentivo à publicação como para as publicações de fato.

Questionados se já haviam publicado algum artigo científico, entre 31% e 50% dos alunos com nível de graduação, especialização (matrículas isoladas) e mestrado e doutorado, responderam positivamente. Essa informação surpreende, primeiramente porque faz notar que alunos de graduação já estão se formando com alguma experiência em publicação – fato extremamente positivo para aqueles que pretendem seguir desenvolvendo atividades de pesquisa. Em segundo lugar, surpreende que discente em nível de doutorado tenha terminado

seus cursos de mestrado sem a experiência de publicar os resultados de suas pesquisas, a despeito da importância que a publicação tem na avaliação dos PPG realizadas pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). A Figura 4 mostra a percepção dos estudantes sobre a experiência junto à disciplina no desenvolvimento de trabalho em forma de artigo científico.

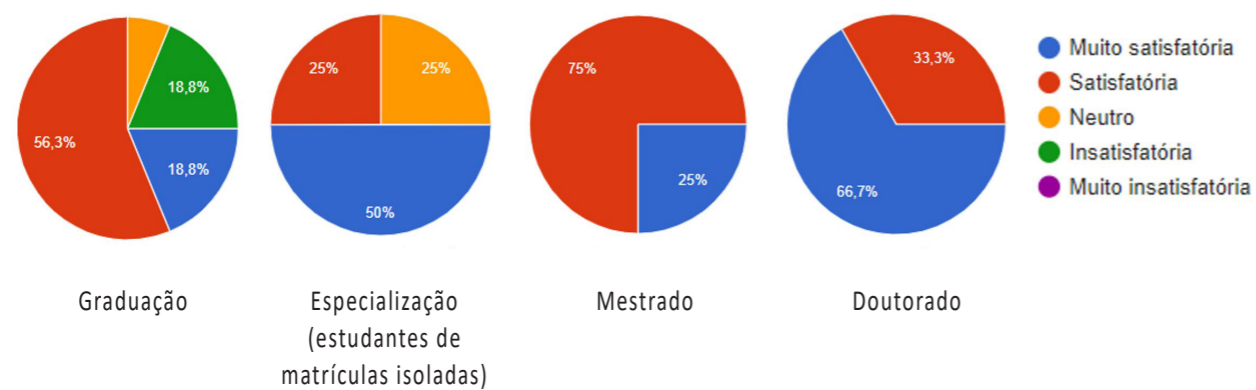
Verifica-se que, de forma geral, altos níveis de satisfação com 75% (graduação e especialização) a 100% (mestrado e doutorado). Observa-se que para 19% dos estudantes de graduação a experiência foi insatisfatória.

Para os discentes do PPG, foi feita uma pergunta adicional sobre a percepção relativa à integração de estudantes de níveis diferentes na disciplina, cujas respostas são apresentadas na Figura 5.

Os alunos de especialização (em geral alunos com matrícula em disciplinas isoladas) demonstraram alguma insatisfação com o processo (20% das respostas), o que também foi percebido em menor grau nos estudantes do nível de doutorado (11%). Contudo, a experiência teve uma percepção considerada satisfatória ou muito satisfatória para uma faixa de 60% dos alunos de isolada a 78% dos doutorandos.

O espaço para comentários gerais do questionário recebeu poucas manifestações dos respondentes, quatro ao todo. Um dos respondentes afirmou que a disciplina foi crucial para o seu ingresso no mestrado; outro destacou a boa condução da docente; um terceiro apontou a possibilidade de

Figura 5: Respostas relativas à experiência no desenvolvimento de artigo por nível de formação



Fonte: Elaboração própria (2021).

amadurecimento aos estudantes de graduação; e o último indicou ter dito uma sobrecarga de trabalho devido a necessidade de reescrever os trechos sob responsabilidade dos graduandos.

Nas entrevistas não estruturadas foram apontadas questões que não surgiram nos questionários e são, por si só, bastante interessantes de apresentar. Relatos apontam que os graduandos se sentiam um pouco intimidados no início da disciplina. Os mestrandos e doutorandos das equipes de trabalho atuaram para promover acolhimento desses estudantes, o que levava a superação da timidez e melhor integração da equipe de trabalho. Esse relato reforça a percepção da docente da importância de conseguir viabilizar equipes de trabalho com estudantes de diferentes níveis de formação. Como mostra a Figura 5 sobre satisfação de integração, alguns doutorandos afirmaram que, em alguns casos, não foi possível, apesar do esforço empreendido, promover o engajamento do estudante de graduação no trabalho.

Ressalta-se que muitos dos trabalhos desenvolvidos são publicados a posteriori, pois passam por nova revisão por parte das docentes envolvidas e dos discentes de pós-graduação, mas como os temas são relevantes, conseguem inserção na área acadêmica. Esta questão, da demanda de tempo extradisciplina, no entanto, foi apontada como negativa por discentes de pós-graduação. Uma das possibilidades de solução para esta questão seria ampliar a carga horária da disciplina, o que é possível hoje, no PPG, pois há optativas de tema livre de maior carga horária, mas não na graduação, onde a carga horária é de 15 ou de 30 horas para as optativas de ementa variável em Conforto Ambiental. Com a futura institucionalização do núcleo avançado no PPC de graduação, resolver-se-á esse problema.

#### 4.4. Análise da produção em pesquisa

Considera-se que um dos indicadores de sucesso do processo de integração com a pesquisa é a publicação de artigos científicos. Ao longo dos cinco semestres dessa experiência foram produzidos trabalhos finais em forma de artigos científicos por praticamente todos os estudantes concluintes das disciplinas. Entre 2017 e 2021, 15 destes artigos foram enviados a congressos e publicados. Já outros dois, considerados de maior profundidade, foram submetidos e aprovados para publicação em periódicos acadêmicos.

Nas publicações, houve grande variabilidade de objetos e métodos resultantes da definição de temas feita pelos estudantes. Essa liberdade de escolha do tema de trabalho visa ampliar a motivação no desenvolvimento dos temas de pesquisa, entendendo-se que se reflete na qualidade final dos trabalhos desenvolvidos. Os principais veículos de publicação foram congressos de arquitetura, tecnologia e conforto ambiental, todos com revisão por pares, o que atesta a qualidade dos trabalhos desenvolvidos. Um dos artigos publicados em congresso, por exemplo, foi selecionado entre os melhores artigos do evento, sendo indicado para publicação em revista acadêmica, havendo necessidade de desenvolvimento do trabalho para que alcançasse a forma estendida solicitada pela revista, uma das principais da área de pesquisa em Conforto Ambiental no país. Esse trabalho deu ainda ensejo ao desenvolvimento do tema de pesquisa de mestrado, defendido em 2018.

Mesmo quando os artigos elaborados não foram publicados, pode-se afirmar que o processo como um todo teve papel importante na apresentação da forma de escrita científica aos discentes de Arquitetura e Urbanismo. Embora este seja um curso que contenha em muitos PPCs, como é o caso daqueles vigentes na EAUFMG, disciplinas com características teóricas,

as peculiaridades da escrita científica nos moldes de artigos nem sempre são devidamente exercitadas. Essa vivência em sala de aula, possivelmente, deixa aprendizados importantes para o exercício profissional, inclusive.

#### 4.5. Repercussões na gestão acadêmica e nas questões pedagógicas

A experiência de integração entre estudantes do nível de graduação, mestrado e doutorado relatada neste capítulo se mostrou bastante satisfatória, tanto do ponto de vista docente, discente e da instituição. Os estudantes que percorreram todo o processo da disciplina retornaram, por meio de questionário e entrevista não estruturada, informações que demonstram a contribuição da experiência no processo de ensino-aprendizagem individual. Os trabalhos elaborados, para além das publicações viabilizadas, alcançaram a maturidade e profundidade prevista no planejamento didático-pedagógico da disciplina. Institucionalmente, mostrou-se possível promover atividades acadêmicas curriculares com discentes de diferentes níveis de formação sem comprometimento da qualidade exigida.

Contudo, a vivência demonstrou desafios importantes para que a integração se torne regra, deixando de ser um experimento de exceção. A primeira questão a ser enfrentada é o atual caminho de gestão acadêmica que viabiliza essa oferta. No contexto da UFMG, foram necessárias três disciplinas distintas, integrantes de distintos PPC. Acredita-se que a institucionalização do núcleo de formação avançada no novo PPC possa dar mais visibilidade a possibilidade de integração e levará os graduandos interessados a se submeter ao processo de matrícula diretamente da disciplina do PPG. Atualmente, esse processo submete o estudante a dois filtros. Ele precisa solicitar autorização da coordenação do curso e depois ter sua matrícula aceita pelo docente do PPG. Entende-se que a institucionalização do núcleo de formação avançada no PPC irá eliminar o filtro de autorização da coordenação de graduação. Esse percurso curricular poderá ser selecionado diretamente pelo estudante via sistema acadêmico. Ademais, os discentes que optarem pelo núcleo de formação avançada já saberão de antemão que se trata de disciplina de PPG, o que eliminaria a matrícula de alunos desinformados. O filtro da avaliação feita pelo docente sobre o perfil do estudante interessado antes da efetivação da matrícula da disciplina do PPG deve ser mantido para permitir verificação prévia de atendimento aos pré-requisitos exigidos para acompanhar o plano de

ensino. Será necessário que o plano de ensino do docente preveja estratégias para fomentar a maior integração entre discentes de níveis diferentes para que todos obtenham o melhor processo de ensino-aprendizagem. Como a formação do Arquiteto e Urbanista deve ter um perfil generalista garantido pelas atividades acadêmicas curriculares de caráter obrigatório, a carga horária de optativas e de demais núcleos de formação pode permitir ao estudante dedicação à sua área de atuação de maior interesse.

À primeira vista, pode-se pensar que poderia haver uma redução do número de estudantes que teriam interesse em acessar a formação avançada. Entretanto, por outro lado, essa opção colocada como uma alternativa para todos pode suscitar a curiosidade dos estudantes, ampliando, a longo prazo, a massa crítica de profissionais que tiveram experiência no fazer científico mais palpável. Por fim, pode-se especular que uma formação profissional com maior vivência relacionada a atividades de pesquisa científica aplicada provocaria impacto positivo na ampliação de profissionais capazes de levar procedimentos, métodos e técnicas científicas para sua atuação no mercado de trabalho.

#### 5. Considerações Finais

Em cinco semestres de experiência, essas disciplinas optativas de Conforto Ambiental ofertadas de forma a integrar alunos de graduação e de pós-graduação receberam matrícula de 130 discentes de graduação e de pós-graduação, com a conclusão de 76% dos alunos matriculados, a produção de 18 publicações e com um alto nível de aceitação por parte dos discentes.

A evasão das disciplinas discutidas neste capítulo foi superior à da média das disciplinas do curso de graduação; e ações para diminuir esta desistência devem ser tomadas em ofertas futuras de forma a evitar distorções no processo de integração pretendido. Ajustar o nível da disciplina para abarcar alunos com diferentes backgrounds é sempre um desafio extra para o docente que deve estar atento às necessidades dos alunos de formação mais baixa e oferecer compensações como disponibilização de monitoria ou atenção diferenciada aos mesmos. É necessário ter atenção e cuidado com o desenvolvimento de estratégias para reduzir a taxa de desistência das disciplinas integradas. Um esforço de comunicação prévia do caráter das disciplinas se mostrou efetivo para evitar que os alunos se matriculem munidos das devidas informações.

Em geral, somente estudantes que tiveram vivência de Iniciação Científica ou de Extensão publicam artigos durante a graduação. Para os alunos de graduação que não tiveram essa vivência, considera-se que a experiência de publicar artigos nas disciplinas integradas os auxiliarão na seleção em Cursos de pós-graduação, muitos dos quais atualmente pontuam publicações em seus processos de seleção. Desta forma, considera-se que, ainda que sem a formalização do núcleo de formação avançada no PPC do curso de Arquitetura e Urbanismo, a experiência de aproximar o ensino de graduação e de pós-graduação tem sido aplicada com excelentes resultados na UFMG.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ENSINO DE ARQUITETURA - ABEA. Proposta de diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. In: XX CONABEA. Rio de Janeiro, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução nº 2, de 18 de junho de 2007. Dispõe sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, p. 23, 19 jul. 2007. [Seção 1, p. 6, com incorreção no original.]

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES nº 6/2006. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, p. 37, 18 jun. 2010.

C MARA DOS DEPUTADOS. Lei no 10.172, de 9 de janeiro de 2001. Plano Nacional de Educação, 2000. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, p. 1, 10 jan. 2001.

EUROPEAN HIGHER EDUCATION AREA- EHEA. Bologna Declaration. Bologna, 1999. Disponível em: <https://ehea.info/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

GARCES, S. B. B.; ANTUNES, F. R. ; NORONHA, P. H. B. Os desafios da organização curricular no ensino superior a partir do contexto da modernidade

líquida. In: X Congresso Ibero-Americano de Docência Universitária (CIDU), 2019. Anais do X CIDU. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2018. v. 1. p. 1-12.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo – Diurno, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Resolução nº 01/2018, de 20 de fevereiro de 2018. Regulamenta o processo de matrícula em atividades acadêmicas curriculares, conforme previsto nas Normas Gerais de Graduação da UFMG. Belo Horizonte, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Resolução nº 18/2014, de 07 de outubro de 2014. Regulamenta os Grupos de Disciplinas de Formação Avançada, 2014. Belo Horizonte, 2014

# Projeto, Ensino e Prática: Inovações e experiência rumo ao balanço energético nulo em edifícios

**Cláudia Naves David Amorim**

Universidade de Brasília, clamorim@unb.br

**Joára Cronemberger Ribeiro Silva**

Universidade de Brasília, joaracronemberger@unb.br

**Ayana Dantas de Medeiros**

Universidade de Brasília, ayna.medeiros@urr.br

O atual cenário de mudanças climáticas exige um esforço coletivo no sentido de mudança de paradigmas em várias áreas do conhecimento, incluindo a arquitetura e o urbanismo. Observa-se a necessidade de reestruturação de práticas projetuais que precisam cada vez mais ser alimentadas por pesquisas desenvolvidas para aprimoramento da sustentabilidade e qualidade ambiental de edifícios e cidades. O presente capítulo apresenta recentes experiências inovadoras no ensino e prática de projeto arquitetônico desenvolvidas na Universidade de Brasília (UnB), com especial foco em edificações de balanço energético nulo ou quase nulo (nearly zero energy building - NZEB). Envolvendo disciplinas da graduação e pós-graduação, estas experiências precedentes culminaram no desenvolvimento de um projeto selecionado em uma chamada pública para construção de um edifício demonstrativo NZEB no campus universitário. O método norteador de trabalho foi baseado nos conceitos de Processo de Projeto Integrado (PPI), cujas características

incluem a interação entre as disciplinas desde o início do processo, o estabelecimento de metas de desempenho ambiental e o uso de ferramentas de simulação. Sua utilização evidenciou a importância da divisão de tarefas por equipes articuladas, o uso de ferramentas de simulação computacional e a presença de facilitador que favoreça a comunicação entre as equipes especialistas, delimitando prazos e nível de detalhamento. Por fim, a edificação NZEB a ser construída poderá ser utilizada como um laboratório real de técnicas e sistemas, estimulando atividades acadêmicas multidisciplinares de ensino, pesquisa e extensão, auxiliando na criação de uma cultura de projeto com enfoque ambiental integrado.

**Palavras-chave:** Projeto. Ensino. Edifício. Balanço energético nulo. NZEB.

## 1. Introdução

Na atualidade, o cenário de mudanças climáticas exige um esforço coletivo no sentido de quebra de paradigmas em várias áreas do conhecimento, incluindo a Arquitetura e o Urbanismo. Verificam-se exigências cada vez maiores de capacitação técnica voltada à sustentabilidade, com destaque para os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes do planejamento arquitetônico e urbanístico. Como consequência, observa-se a necessidade de reestruturação de práticas projetuais, alimentadas por pesquisas desenvolvidas para o aprimoramento de aspectos ambientais nos edifícios e nas cidades, e das práticas de ensino nos cursos superiores de arquitetura e urbanismo, de modo a atender às novas demandas.

No âmbito da sustentabilidade, o tema de edificações de balanço energético nulo ou quase nulo (Nearly zero energy buildings - NZEB) não é exatamente novo, mas ainda pede muita discussão. Há anos, Sartori et al. (2012) discutiam a consistência dessa definição. A diretiva europeia (EUROPEAN UNION, 2010) para o desempenho energético de edificações, que previa que todas as edificações novas deveriam ser de consumo energético quase nulo até o final do ano 2020, passou por revisões e ampliações que incluíram ambições também em relação à pegada de carbono de edifícios novos e retrofitados (EUROPEAN COMMISSION, 2019). Desde então, o conceito expandiu-se para outros aspectos e abordagens – não apenas se trata de reduzir e atender à demanda energética elétrica com energias renováveis, mas de energia primária; da pegada de carbono das edificações em todas suas fases do ciclo de vida; abordagem sobre edificações novas; assim como a reabilitação do parque construído existente, entre outros. Em latitudes mais altas, há ainda o impulso pela necessidade de otimizar uma demanda energética que já não se encaixa com as condições econômicas e ecológicas de produção, somado às evidências indicadas pela comunidade científica sobre a necessidade de enfrentar as mudanças climáticas de maneira mais sustentável.

Esse movimento está na base da necessidade de formação de um corpo profissional e científico para gerar e disseminar conhecimento em torno desses temas e assim perseguir os objetivos marcados. Universidades e institutos científicos, em todas as regiões do planeta, colocaram mãos à obra para formar arquitetos, engenheiros e profissionais de áreas afins. Algumas das estratégias mais inovadoras e exitosas

para aliar pesquisa e desenvolvimento à formação têm sido as competições interuniversitárias e a construção de edifícios demonstrativos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021; UBIÑAS, 2014). Ambas se baseiam na abordagem de aliar a teoria à prática, em paralelo à adoção de estratégias de comunicação para atingir o grande público leigo (SÁNCHEZ et al., 2014; WARNER et al., 2009).

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007), a profissão do arquiteto e urbanista vem testemunhando um ressurgimento da demanda para integração de estratégias e técnicas ambientais passivas e híbridas no projeto de edificações, para mitigar os impactos no ecossistema e prover a adaptação do ambiente construído às alterações climáticas esperadas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007). Nesse contexto, o grupo EDUCATE (Environmental Design in University Curricula and Architectural Training in Europe) (ENVIRONMENTAL DESIGN IN UNIVERSITY CURRICULA AND ARCHITECTURAL TRAINING IN EUROPE, 2012) sugere algumas ações que podem ser adotadas para o aprimoramento do ensino, visando a disseminação da sustentabilidade no currículo das escolas de Arquitetura e Urbanismo, resumidas de forma genérica nos seguintes itens:

1. Desenvolver interconexões entre exposições teóricas e ateliê de projeto;
2. Promover uma abordagem baseada em pesquisa analítica e holística para o projeto;
3. Aumentar a competência da sustentabilidade nas várias fases do currículo;
4. Promover a posição central do ateliê de projeto no currículo;
5. Promover a aprendizagem centrada no estudante e com o auxílio de ferramentas adaptadas à realidade deste (incluindo o uso de ferramentas computacionais e e-learning – ensino/acompanhamento a distância).

A partir desta contextualização, apresentam-se neste capítulo algumas experiências inovadoras no ensino e na prática projetual que combinam ensino, pesquisa e prática, em diferentes fases e momentos, culminando com a experiência de projeto desenvolvido com a meta de atingir o balanço energético nulo em uma edificação. As experiências apresentadas encontram-se no âmbito da Faculdade de Arquitetura e

Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB), em exercício nos cursos de graduação e pós-graduação.

## 2. Métodos e experiências inovadoras do ensino de sustentabilidade, eficiência energética e NZEBs

### 2.1. O método de Processo de Projeto Integrado

Para a obtenção de melhores resultados com relação à sustentabilidade, a prática de projeto deve mudar de um processo tradicional linear para uma abordagem colaborativa entre arquitetos, engenheiros estruturais, mecânicos e eletricitistas, além de outros profissionais envolvidos com o ambiente construído. Por definição, o Processo de Projeto Integrado (PPI) orienta a tomada de decisões em diversas especialidades profissionais, envolvendo o uso de recursos naturais, consumo de energia e a obtenção de qualidade ambiental (Keller; Burke, 2010; O'Brien et al., 2015). Kwok e Grondzik (2007) definem o PPI como aquele que envolve várias disciplinas de modo sinérgico, para produzir edificações mais eficientes, responsáveis e com um custo de ciclo de vida mais baixo. Já Keeler e Burke (2010) o conceituam como sinônimo de projeto sustentável. Os referidos autores ressaltam que no caso do projeto integrado é importante compreender as variáveis do projeto como um todo, unificado.

As principais características do Processo de Projeto Integrado são:

- Processo iterativo, não linear: em contraste com o processo de projeto convencional (linear), em que os membros da equipe trabalham isoladamente, o PPI promove ciclos de feedbacks crescentes entre todos;
- Colaboração e inovação: é essencial que todos os participantes dividam a mesma visão do projeto desde o início, para fornecer inputs e feedbacks ao resto da equipe. Os colaboradores do projeto podem ser solicitados a trabalhar em tarefas fora de seu objetivo usual, em que o PPI encoraja todos a dividir o aprendizado e aperfeiçoar o processo como um todo;
- Equipe multidisciplinar: de maneira ideal, o PPI inclui todos os stakeholders em um projeto, que deverão estar presentes desde os estágios iniciais de trabalho, fornecendo sua própria expertise para o processo de projeto. Pode haver outros consultores, a depender das necessidades específicas de cada projeto (O'BRIEN et al., 2015).

Outro aspecto mencionado pelos autores aqui referenciados está relacionado a questões técnicas

e de pesquisa, tratando em especial dos modelos de simulação computacional. Ressalta-se a importância dos insumos de pesquisas a serem aplicados durante o processo de projeto, ou seja, o desenvolvimento de um projeto com características de sustentabilidade ambiental exige conhecimento e pesquisa prévia, em especial nos casos de prazos restritos. Monteiro et al. (2015), ao mencionarem o que chamam de "Projeto do Edifício Ambiental", afirmam que as principais diferenças são de natureza filosófica e metodológica, estando presentes uma visão de mundo comprometida com a minimização de impactos negativos (Monteiro et al. 2015). Os autores afirmam ainda que neste tipo de projeto a simulação computacional tornou-se etapa obrigatória na metodologia, adicionando complexidade, mas favorecendo o aprimoramento dos resultados.

### 2.2. Competições interuniversitárias: o exemplo Solar Decathlon

O Departamento de Energia Norte-Americano (DOE) organiza, desde 2002, a competição bianual interuniversitária Solar Decathlon, com foco no desenvolvimento de casas energeticamente eficientes que funcionam apenas com energia solar. Trata-se de um evento internacional tão exitoso que vem rendendo ainda competições paralelas, como na Europa (desde 2010), China (desde 2012), América Latina e Caribe (desde 2015), África (2019) e Oriente Médio (desde 2018). Neles, equipes oriundas de diversas partes do mundo devem projetar, construir e operar protótipos de edificações residenciais autossustentáveis e altamente eficientes, num processo que leva dois anos.

As equipes são multidisciplinares, formadas principalmente por estudantes e docentes de Arquitetura, Engenharia, Comunicação, Administração e Finanças. O ponto alto do trabalho se alcança em um evento com duração de duas a três semanas, quando os protótipos permanecem abertos ao público geral para demonstração, e são, finalmente, submetidos a 10 provas (justificando o nome "decathlon"). Elas giram em torno dos pilares: arquitetura, engenharia e construção, sustentabilidade, gestão e eficiência energética, inovação, comunicação, conforto ambiental e funcionamento dos aparelhos domésticos, onde todo o funcionamento das casas é monitorado e verificado por especialistas. Utilizando-se de instrumentação específica, são tomadas medidas reais e instantâneas de dados com foco em conforto térmico, acústico, lumínico, bem como de produção e consumo de energia elétrica para o funcionamento dos equipamentos.

Ao longo dos anos os eventos geraram uma inestimável fonte de dados sobre casos de estudos reais, verdadeiros laboratórios vivos que deram origem a variado material educacional e científico, objetos de livros, artigos e edições especiais de periódicos de alto impacto. A maior parte desse material está sistematicamente organizada em uma plataforma on-line de conhecimento (SOLAR DECATHLON, 2019) que é a principal fonte de informação para a OIEA EBC Annex 74 da Agência Internacional de Energia (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021) europeia, que tem, entre seus objetivos, a intenção de organizar uma plataforma científica de discussão de novos conceitos para edificações e bairros sustentáveis, conectando a indústria do setor da construção à academia, em nível internacional.

Vários estudos confirmam que a participação em programas educativos e eventos dessa natureza incrementam o conhecimento de participantes e público em geral sobre as áreas técnicas de conhecimento envolvidas (NAVARRO et al., 2014; WARNER et al., 2009). A operação em tempo real desses laboratórios vivos vem contribuindo para a otimização de parâmetros de projeto e de instalações em direção ao objetivo NZEB e maior sustentabilidade das edificações (UBIÑAS et al., 2014; FERRARA et al., 2020).

### 2.3. Edifícios demonstrativos

Encontram-se na literatura científica recente relatos de um número cada vez maior de edifícios demonstrativos de estratégias para obtenção do objetivo NZEB. Eles estão em praticamente todas as partes do mundo, normalmente com uso residencial, comercial ou institucional. Alguns deles são edifícios reais, projetados ou retrofitados com esse fim, enquanto outros se relacionam a pesquisa acadêmica aplicada e disseminação de conhecimento, frequentemente localizados em universidades e centros de pesquisa. Na União Europeia, o projeto da IEA EBC Annex 52 Task 40, encerrado em 2014, encarregou-se de preparar uma base de dados internacional, disponível para reunir exemplos de edificações, em uma tentativa de estabelecer benchmarks de soluções técnicas e arquitetônicas para climas frios, quentes e temperados. O mapa dessas edificações (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013), ainda que aparentemente desatualizado, indica, principalmente, sobre a localização desses edifícios no Hemisfério Norte. Destaca-se o fato de que apenas três destes casos estão localizados em zona intertropical. Um logro importante desse projeto foi a discussão da definição do conceito NZEB

e o estabelecimento de ferramentas de avaliação, conforme O'Brien et al. (2015), Voss e Musall (2013) e Hermelink et al. (2012), as quais são amplamente utilizadas pela comunidade científica.

Experiências de projeto, monitoramento e benchmarking de NZEBs relatadas por Garde e Donn (2014) apresentam 30 estudos de caso residenciais e não residenciais, agrupados em climas frios, moderados e quentes. Somente três exemplos localizam-se em climas quentes, caracterizados pela demanda predominante para refrigeração, como nas Ilhas La Reunion (latitude 21°S, 55°L) e em Singapura (latitude 1°20'N, 103°L). Evidencia-se a pouca presença de estudos sobre NZEBs nesses climas, que exigem estratégias mais ligadas ao resfriamento do edifício e cujo monitoramento pode trazer respostas e avanços importantes para a pesquisa nessas localidades.

Nos EUA, o New Building Institute (NBI) mantém uma base de dados de edificações intituladas ZE (Zero Energy) no seu território (NEW BUILDINGS INSTITUTE, 2019), ao mesmo tempo que disponibiliza ferramentas para ajudar no desenho e avaliação das soluções. Nelas, além de promover que as edificações usem energias renováveis para suprir sua demanda energética, encoraja-se também a otimização da relação com as redes de alimentação públicas.

Observa-se, portanto, que universidades e centros de pesquisa concentram protótipos e edifícios demonstrativos relacionados à eficiência energética, aplicação de energias renováveis e otimização de parâmetros em operação para atingir o objetivo ZEB ("zero-energy building"). Normalmente, eles servem a pesquisas em nível de graduação, pós-graduação e desenvolvimento industrial em parceria com empresas do setor de construção no desenvolvimento de métodos e novos produtos (ZAHNER, 2020).

No Brasil, deve-se destacar a iniciativa pioneira do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que já em 2010, em parceria com a Eletrosul e a Eletrobrás, construiu uma casa que funcionou como laboratório de ensino, pesquisa e edifício demonstrativo de eficiência energética, chamada "Casa Eficiente". Atualmente, o edifício abriga o LMBEE (Laboratório de Monitoramento Ambiental e Eficiência Energética) da própria UFSC, instituição que vem participando ativamente na definição de políticas públicas sobre eficiência energética no país.

### 3. Experiências de ensino em Arquitetura e Urbanismo

#### 3.1. A disciplina de Projeto Ambiental Integrado: graduação da FAU-UnB

O PPI, oriundo do termo Integrated Design Process (IDP), visa a obtenção de metas ambientais mais rigorosas, frequentemente relacionadas ao atendimento de certificações ambientais (FIGUEIREDO; SILVA, 2012). Dentre as características do PPI, está a interação entre as disciplinas desde o início do processo; o estabelecimento de metas de desempenho ambiental e uso de sistemas de avaliação e certificação ambiental; e o uso de ferramentas de simulação de desempenho energético. Segundo os mencionados autores, “a implementação completa do PPI leva a uma maior eficiência do processo, o que torna possível o alcance de metas mais agressivas de desempenho ambiental” (FIGUEIREDO; SILVA, 2012, p. 118). As características citadas, com algumas adaptações, são passíveis de serem utilizadas em processos de ensino em Arquitetura e Urbanismo.

Nesse contexto, a disciplina Projeto Ambiental Integrado (PAI) foi criada no ano de 2006 como disciplina optativa seletiva do currículo de Arquitetura e Urbanismo, com a seguinte ementa:

Estudo e aplicação prática de metodologia para a incorporação de conceitos ambientais integrados ao projeto de arquitetura, visando à obtenção de conforto ambiental, baixo consumo energético e adequação ambiental no projeto do ambiente construído. (AMORIM, 2018)

A disciplina foi estruturada em quatro módulos, a saber: 1. Sustentabilidade, controle ambiental e eficiência energética; 2. Recursos projetuais e tecnológicos para abordagem ambiental no projeto; 3. Projeto e simulação computacional; e 4. Método de projeto e análise. A disciplina oferece seis créditos, sendo quatro presenciais e dois a distância, sendo que as aulas presenciais se desenvolvem concomitantemente à disciplina intitulada Projeto de Arquitetura 5 (PA5), cujo tema é “Projeto de Edificação em Altura”, no ateliê do projeto.

Decidiu-se incorporar as aulas da disciplina PAI ao ateliê de projeto de PA5, visando efetivamente proceder à integração, durante o desenvolvimento do projeto, dos conceitos ambientais apresentados

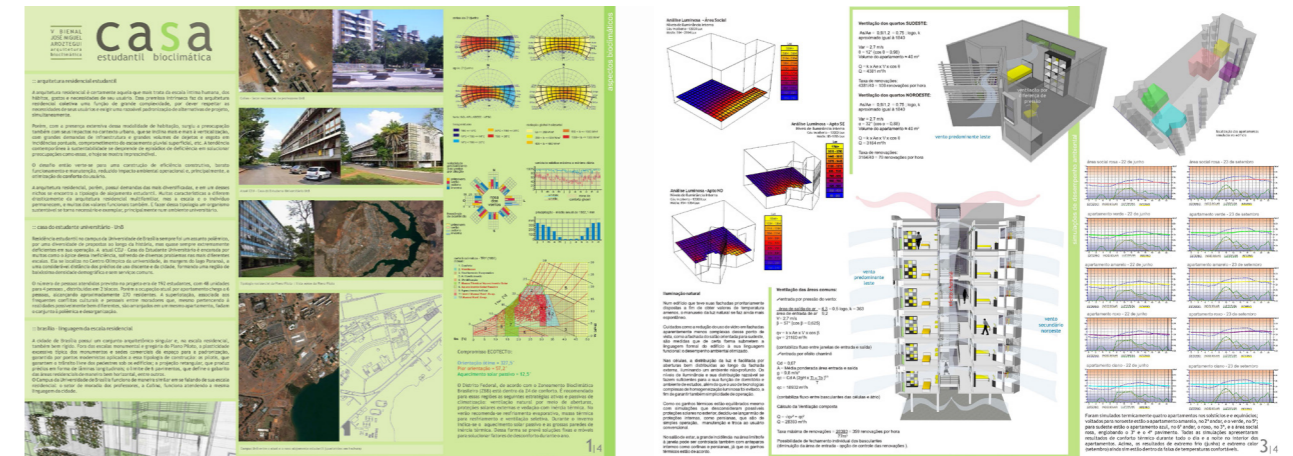
nas disciplinas anteriores, ligadas à cadeia de Bioclimatismo e Conforto Ambiental, já cursadas pelos alunos. São elas: Estudos Ambientais – Bioclimatismo; Conforto Térmico Ambiental; Conforto Luminoso; e Conforto Sonoro. Estas disciplinas são, portanto, pré-requisitos para cursar a matéria de PAI, bem como para PA5.

Experiências anteriores com disciplinas optativas como Estudos Especiais em Tecnologia - 4 créditos, que tinham como objetivo consolidar os conhecimentos da cadeia de Bioclimatismo e Conforto Ambiental, evidenciaram o pouco interesse e disponibilidade de tempo dos alunos em cursar disciplinas optativas fora do horário das aulas obrigatórias do curso. Contudo, percebeu-se diferente aceitação quando paralela aos passos da disciplina de Projeto Arquitetônico, ou seja, ao pensar o exercício desde seu estudo preliminar, passando ao anteprojeto e desenvolvendo alguns detalhamentos em nível de projeto executivo. Destaca-se aqui, portanto, que nesta primeira experiência a integração ocorreu pela presença do professor de PAI no ateliê de projeto, oferecendo insumos e ferramentas para a abordagem ambiental no projeto, sem ainda plenamente aplicar um método.

Segundo Amorim et al. (2008), em questionário de avaliação aplicado aos alunos da disciplina PAI, verificaram-se como aspectos positivos o aprimoramento nos projetos das relações entre: edifício/luz natural; tratamento fachadas/luz natural; forma urbana/conforto térmico; aspectos da ventilação; e forma urbana/luz natural. Foram utilizados softwares de projeto como Ecotect e Analysis Sol-Ar, além de ferramentas analógicas como Carta Solar e Carta Bioclimática. Quanto à fase de projeto que recebeu maior contribuição devido à integração das disciplinas, os alunos em sua maioria apontaram o Anteprojeto (72%) e Estudo Preliminar (67%). Quanto aos instrumentos mais eficientes na elaboração do projeto e em que fase de projeto foram utilizados, os resultados apontam grande uso de artifícios simples e de forte apelo visual/imagético, como a Iconografia de Projetos e o Diagrama Morfológico.

Ao final, verificou-se um aumento no interesse dos alunos na temática e o consequente aumento da qualidade técnica dos projetos apresentados em termos ambientais. Ressalta-se que no primeiro semestre de 2007, três projetos foram selecionados e

Figura 1: Pranchas de projeto produzido na disciplina – Casa Estudantil Bioclimática



Fonte: Elaborado pelos alunos da disciplina PAI Adriana Marques Seixas, Eduardo Cademartori, Tathiana Gondim do Amaral (2007).

enviados à Bienal Miguel Aroztegui<sup>1</sup>, sendo dois deles selecionados para a Mostra Itinerante (Figura 1).

Em estudo posterior, Dourado e Amorim (2013) identificaram que a temática da sustentabilidade<sup>2</sup> nos cursos de Arquitetura no Brasil acontece de forma diferenciada em cada currículo e com aprofundamento em diferentes enfoques, observando-se que em alguns cursos a abordagem se dá, principalmente, por disciplinas específicas ou inseridas dentro de outras áreas, juntamente com outras temáticas (modelo parcialmente integrado). Logo, constatou-se que o ensino da sustentabilidade nas escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil ainda não possui um perfil definido, ainda que ganhando espaço e permeado por uma heterogeneidade de práticas pedagógicas. Conforme a análise, o curso da FAU-UnB é considerado “Parcialmente Integrado”, conforme classificação proposta pelo EDUCATE e verificado por Dourado e Amorim (2013), o que indica que o conteúdo relativo a sustentabilidade ambiental é desenvolvido em disciplinas específicas ou parcialmente integrada ao conteúdo de outras matérias, tanto em PPI como em outras experiências, que vem ocorrendo a partir desta.

1 Bienal José Miguel Aroztegui-Concurso Estudantil Latino-Americano de Arquitetura Bioclimática é promovida pelo Grupo de Conforto e Eficiência Energética da ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), que acontece sempre nos anos ímpares, desde 1999. O objetivo da Bienal é “promover e incentivar a incorporação das técnicas bioclimáticas na construção do habitat humano, visando otimizar sua qualidade ambiental e sua eficiência energética por meio do uso privilegiado de recursos naturais renováveis”.

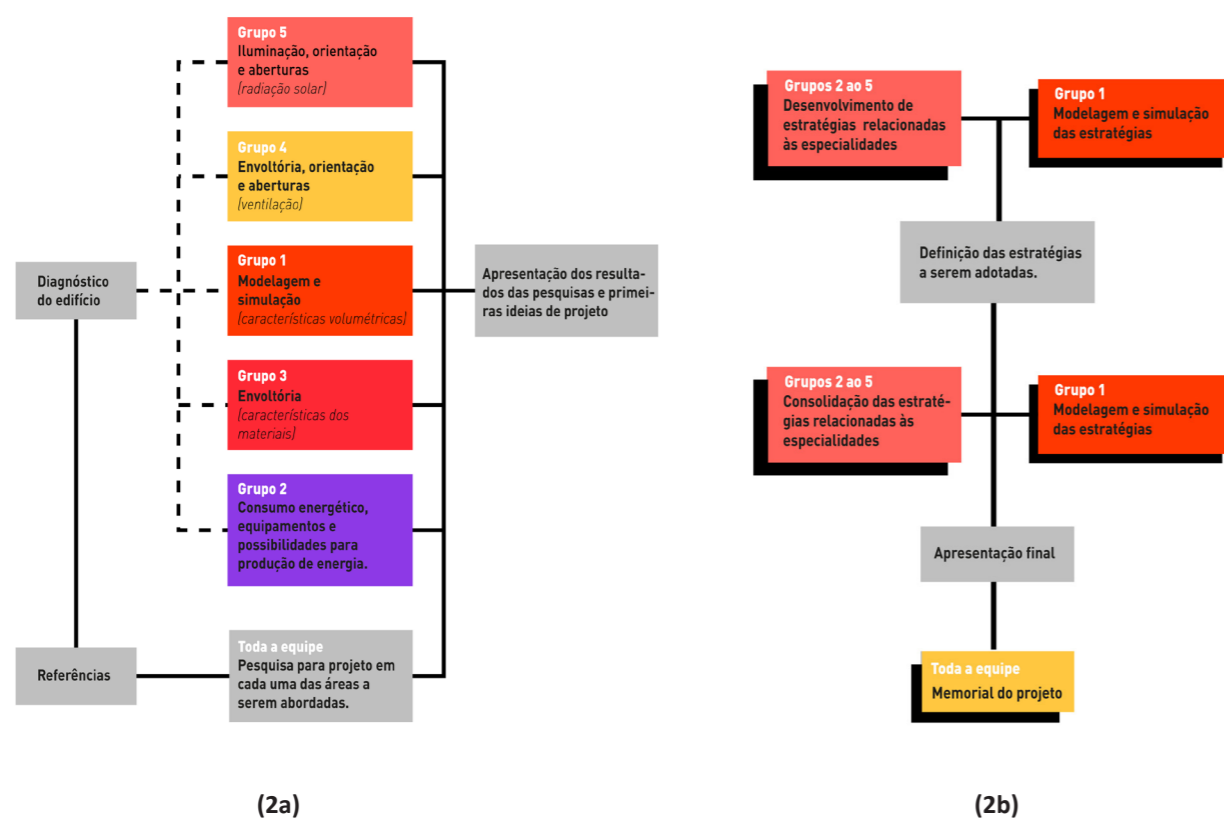
2 Sustentabilidade aqui entendida, conforme delimitado pelas autoras, como aspectos ambientais englobando qualidade ambiental e eficiência energética no projeto.

#### 3.2. Pós-graduação: ensino e pesquisa em Projeto Ambiental Integrado

A partir da experiência na graduação, a proposta de levar o PPI ao ensino na FAU-UnB avançou, trazendo uma adaptação para oferta na pós-graduação em 2016. O objetivo é ampliado e tem um caráter teórico-prático, buscando reunir e explicitar conceitos relacionados à qualidade ambiental do espaço construído, além de fornecer repertório e viabilizar a análise crítica dos padrões de arquitetura e urbanismo vigentes (AMORIM, 2016). A disciplina teve como objetivo a reflexão sobre a evolução das metodologias de projeto integrado, englobando aspectos ambientais e sustentabilidade, notadamente eficiência energética e estratégias passivas para qualidade ambiental. A disciplina abordou, inicialmente, o conceito de projeto de edificações de balanço energético nulo ou quase nulo (NZEB), concebidos como expressão da otimização do projeto integrado.

A disciplina desenvolveu-se no 1º semestre de 2016, com 18 alunos matriculados, em sua maioria arquitetos, mas também um engenheiro civil e engenheira mecânica). Durante a experiência foram propostas leituras e elaboração de resumos, além de seminários de apresentação e discussão do conteúdo, com o intuito de complementar e aprofundar o embasamento teórico dos assuntos pertinentes à disciplina. Um dos produtos da disciplina foi um trabalho de cunho prático, aplicando os conceitos adquiridos em uma situação projetual, através de apresentações e memorial descritivo. Este trabalho tratou da reproposição de edifício existente, através da metodologia de Projeto Integrado, visando transformá-lo em um NZEB, ao aproveitar as possibilidades do clima e contexto tecnológico local.

Figura 2: Fluxo do projeto conceitual (superior) e fluxo de desenvolvimento do projeto (inferior)



Fonte: Mendes e Amorim (2017, página 6).

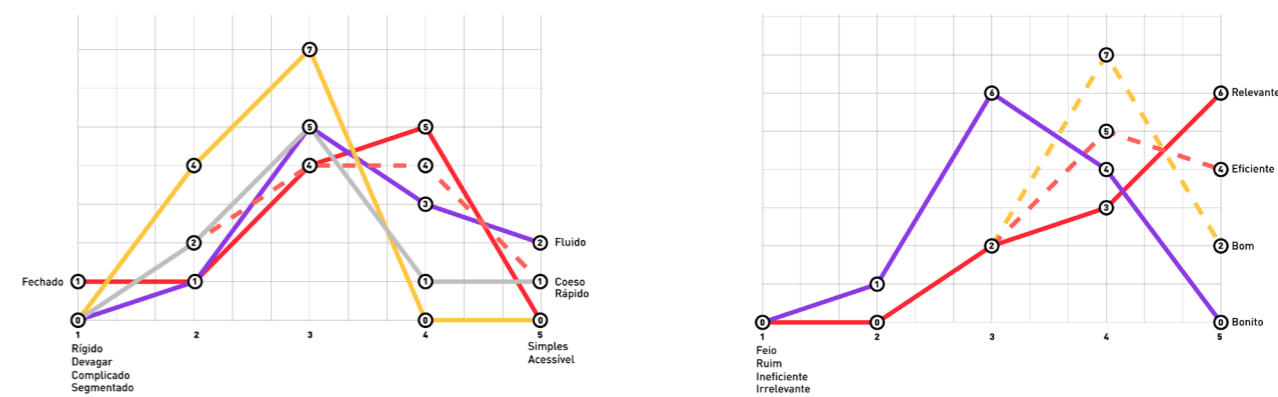
A carga-horária total adotada para foi de quatro créditos semanais, em um total de 60 horas-aula, sendo uma hora-aula correspondente a 50 minutos, com duração de 15 semanas. Contudo, a disciplina exigiu dos alunos 72 horas de dedicação efetiva ao projeto, somados os períodos de trabalho extraclasse. Deste total, 24 horas-aulas foram utilizadas para embasamento teórico através de aulas expositivas e apresentação de seminários de leitura. As demais 48 horas-aulas foram destinadas ao desenvolvimento do projeto de retrofit para NZEB.

O método didático adotado para o projeto combina os modelos propostos por Carlo, Araújo e Telles (2011) e O'Brien et al. (2015). Os primeiros autores apresentam uma "proposta didática para o ensino de projeto de Arquitetura bioclimática" através da avaliação do "desempenho dos estudantes e a sua evolução ao longo das etapas do processo ensino-aprendizagem". O foco desta metodologia é a definição de papéis para cada aluno em especialidades definidas. A responsabilidade de integração dos diversos conteúdos ao projeto é, então, atribuída aos próprios alunos, que também devem interagir

entre si, fazendo com que todos sejam responsáveis pelos projetos desenvolvidos. Já O'Brien et al. (2015) propõem adotar dois fatores cruciais: objetivos de projeto bem definidos e compartilhados por toda a equipe; e presença de um facilitador (coordenador) que organiza o tom da colaboração e comunicação efetiva durante o processo de projeto. Assim, o método finalmente utilizado na disciplina, que propôs a formação de equipes nos diversos temas a serem abordados no projeto (Figura 2a); a presença de pelo menos um facilitador; objetivos bem definidos; e reuniões periódicas de toda a equipe para compartilhamento de resultados e alinhamento de ações. Uma equipe especializada em simulações computacionais atuou transversalmente durante o fluxo de desenvolvimento do projeto, recebendo e fornecendo inputs e dando feedbacks às demais, como demonstra a Figura 2b.

Mendes e Amorim (2017) avaliaram a experiência coletando dados sobre a percepção dos estudantes acerca da metodologia de projeto abordada em sala de aula, através de questionário baseado no diferencial semântico. Os resultados sobre a percepção dos alunos

Gráfico 1: Percepção dos alunos com relação ao projeto (esquerda) e percepção dos alunos quanto ao processo (direita)



Fonte: Mendes e Amorim (2017, página 10).

com relação ao projeto mostram que, adotando-se a nota 3 como ponto neutro, as respostas tendem a caracterizar o projeto como relevante, bom e eficiente (Gráfico 1- esquerda). Já quanto à percepção dos alunos com relação ao processo adotado para o projeto, os resultados – também considerando a nota 3 como neutra – apontam um processo que tende a ser considerado fluido, rápido e acessível, (Gráfico 1- direita). No entanto, não é considerado simples e coeso.

Os resultados técnicos produzidos no âmbito do processo de projeto indicam que o edifício existente apresentava originalmente consumo energético total de 115,7 kWh/m<sup>2</sup>.ano, com consumo caracterizado por demanda de 50% devido ao ar condicionado e o restante iluminação e equipamentos. Através de estratégias passivas, como inserção de brises para proteção solar, maiores aberturas para ventilação natural e isolamento térmico na cobertura, além de estratégias ativas como lâmpadas mais eficientes e controles de iluminação, a economia de energia prevista é de 52%, reduzindo o consumo para 51,68 kWh/m<sup>2</sup>.ano, abaixo da média de edifícios de escritórios em Brasília (COSTA; OLIVEIRA; AMORIM, 2017). Foi comprovado que esta energia pode ser gerada localmente, através da instalação de sistemas fotovoltaicos na cobertura do edifício, sendo possível, portanto, a obtenção de um ZEB. Todos os resultados, que superaram a meta de alcance do balanço energético nulo para o edifício, foram obtidos com métodos e técnicas baseados na literatura, com alto grau de confiabilidade e posteriormente publicados em evento internacional da área (WERNECK et al, 2017).

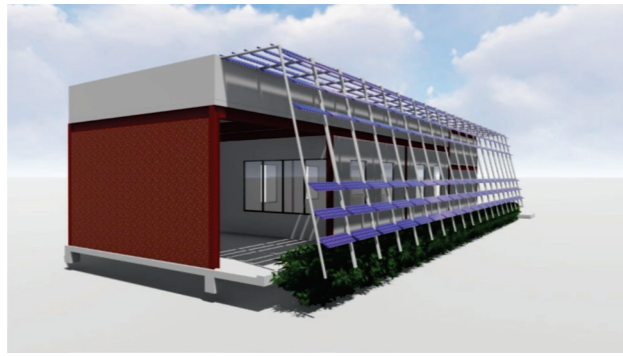
#### 4. O processo de projeto ambiental integrado na prática: experiência LabZero – UnB

No Brasil, observou-se nos últimos 20 anos um notável esforço de agentes públicos, instituições científicas e afins para promover uma maior eficiência energéticas

nas edificações. Entre as várias iniciativas destacam-se o sistema de etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações comerciais e de serviços (RTQ-C) e residenciais (RTQ-R), e a obrigatoriedade de adoção da norma de desempenho ABNT NBR 15.575:2013. Entretanto, não há no momento plano oficial para tornar os edifícios NZEB, ainda que exista normativa (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015) que permite e regula a injeção na rede pública de distribuição de energia elétrica gerada de fontes renováveis em edificações – essa regulamentação e o abundante recurso solar disponível no país (CRONEMBERGER; CAAMAÑO-MARTÍN; SÁNCHEZ, 2012) fazem com que sua adoção seja não apenas viável, como enormemente favorecida. Mesmo que inexistam registros sistematizados sobre edifícios NZEB no Brasil, nota-se nos últimos anos uma crescente produção científica em torno ao tema e o relato de projetos correlatos, em especial em campi universitários, como na UnB (AMORIM et al., 2017; COSTA, 2018). Nesse contexto é que se insere a chamada pública da Eletrobrás, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o qual selecionou quatro projetos de edificações NZEB estrategicamente distribuídos no território nacional para apoio com recursos econômicos. É condição obrigatória o funcionamento dos edifícios em caráter demonstrativo, abertos à visitação pública continuada e ademais submetidos a um processo de medição e verificação (M&V) pela Eletrobrás.

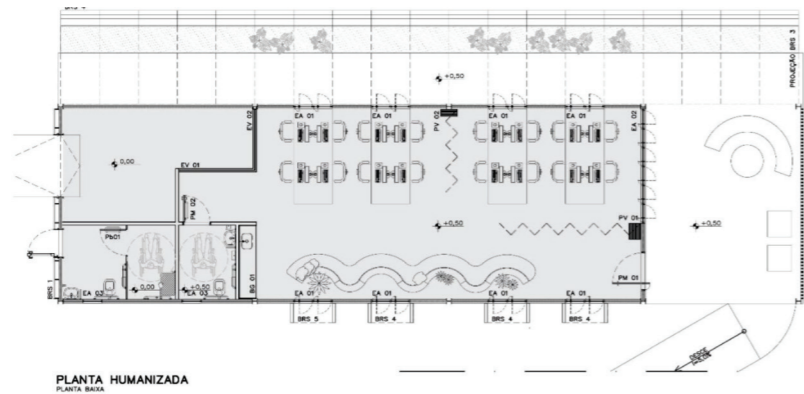
Desta forma, a promoção de NZEBs vem ao encontro de estudos de políticas públicas para sua implementação em maior escala, trazendo benefícios sociais na redução de emissões de carbono, além de contribuir para a transição para uma matriz energética ainda mais renovável. (...) A introdução de NZEBs faz-se então estratégica, uma vez que agrega, além de benefícios sociais, benefícios econômicos e ambientais à sociedade. (...) A disseminação deste conceito,

Figura 3: Perspectiva do projeto LabZero-UnB



Fonte: AMORIM; CRONEMBERGER (2020, página 13)

Figura 4: Planta-baixa do projeto LabZero- UnB



Fonte: AMORIM; CRONEMBERGER (2020, página 14).

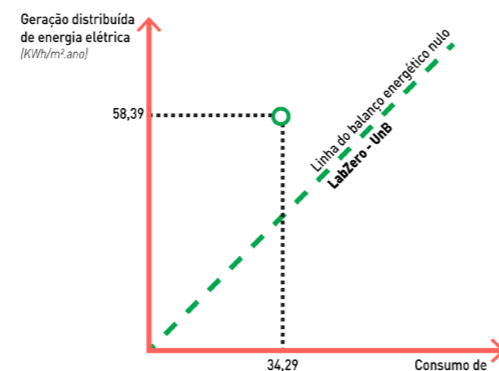
no Brasil, permitirá que a indústria da construção civil nacional volte sua atenção para este tipo de construção, que ao ter um balanço anual energético próximo à zero, contribuirá diretamente para a redução do custo da energia elétrica, nas edificações novas e retrofitadas, que adotarem este conceito. (ELETROBRÁS, 2019).

Apoiada nas políticas institucionais da UnB em relação a ações de sustentabilidade em seus campi, reuniu-se uma equipe multidisciplinar formada por docentes, estudantes de pós-graduação, graduação e técnicos do setor de obras da universidade para desenvolvimento de um projeto para submissão à chamada pública: o LabZero-UnB. A edificação deverá abrigar um laboratório e espaço de coworking, tendo sido um dos quatro contemplados na chamada (3º lugar geral). No certame foram também vencedores projetos apresentados pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) em parceria com a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ); pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel); do Rio Grande do Sul; e pela Universidade Federal de Integração Latino-Americana (UNILA), em Foz do Iguaçu (ELETROBRÁS, 2020).

Portanto, o LabZero-UnB é fruto de uma competição com objetivo de viabilizar a construção de um edifício demonstrativo. Ele será construído no

Campus Darcy Ribeiro da Universidade, mais especificamente na área do Parque Científico e Tecnológico (PCTec/UnB), com objetivo de fortalecer o desenvolvimento socioeconômico das estruturas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Sua forma alongada e pouco profunda tem como premissa a adequação arquitetônica para favorecer o aproveitamento de recursos passivos adequados ao clima local, classificado como Tropical de Altitude - Zona Bioclimática 4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Assim, as fachadas mais longas orientadas a Norte e Sul visam maximizar tanto

Figura 5: Gráfico do balanço energético entre consumo e geração da edificação



Fonte: AMORIM; CRONEMBERGER (2020, página 63).

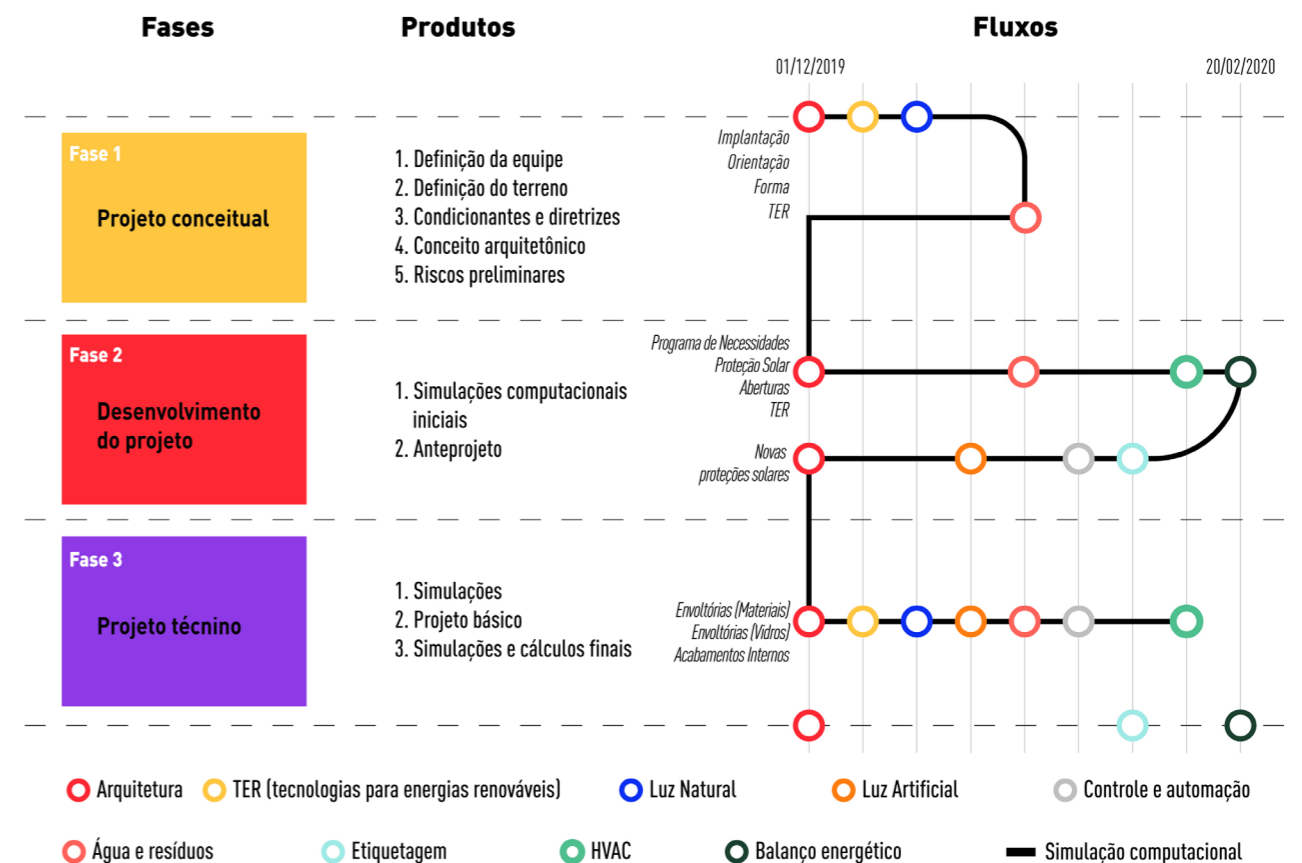
o aproveitamento da iluminação natural quanto a geração de energia elétrica através de sistemas solares fotovoltaicos integrados em cobertura e brises (AMORIM; CRONEMBERGER, 2020). Várias soluções passivas e ativas foram combinadas para garantir o conforto térmico, luminoso e a eficiência energética, como por exemplo, chaminé solar, exaustores e equipamento de climatização e iluminação artificial eficientes. Uso racional da água, gestão de resíduos e mobilidade elétrica serão também características do projeto.

Após sua construção, a edificação será monitorada por sistemas de aquisição de dados (AMORIM; CRONEMBERGER, 2020), de maneira que se poderão validar os dados obtidos nas simulações termo energéticas. Durante a fase de projeto estudaram-se em detalhe o potencial de desempenho ambiental e energético da edificação, em especial o sistema de iluminação artificial, a iluminação natural, o desempenho energético (demanda de energia para funcionamento de todos os sistemas) e potencial de geração de energia fotovoltaica por meio de sistemas on-grid e off-grid (GOÉS et al., 2021). Utilizaram-se os programas de simulação Radiance, por meio de Relux e Honeybee, EnergyPlus, via DesignBuilder, assim como SAM. A demanda anual

de energia elétrica final foi estimada em 34,29 kWh/m².ano, e a geração de energia de 58,39 kWh/m².ano, indicando que, além do atendimento pleno à condição de edifício NZEB (Figura 5), pode esperar-se um excedente de energia previsto para alimentar bicicletas elétricas. Ressalte-se que, durante um ano após o término da construção, a edificação será submetida a um processo de medição e verificação (M&V) pela Eletrobrás para aferição do objetivo marcado de balanço energético nulo.

O sucesso da proposta se deve em grande medida ao processo de desenvolvimento do projeto (AMORIM et al., 2021), para o qual utilizou-se a abordagem de processo de projeto integrado. É certo que a concepção de edifícios NZEB exige uma combinação complexa de conhecimentos e expertises, mas também demanda uma organização adequada para aplicação nas diversas etapas de projeto. A metodologia adotada incluiu a definição da equipe de projetistas e do processo de projeto integrado, o estabelecimento de pressupostos e diretrizes, risco arquitetônico preliminar, simulações computacionais iniciais, anteprojeto, projeto básico, seguidas finalmente pela repetição das simulações do desempenho energético (Figura 6).

Figura 6: Processo de projeto, com produtos e fluxo de projeto



Fonte: AMORIM et al. (2021, página 8)



Contar com uma equipe multidisciplinar com pesquisas previamente desenvolvidas relacionadas ao tema de eficiência energética possibilitou transferir experiências de pesquisa para a prática de projeto. Ressalte-se também a importância de envolver desde o início as instâncias administrativas ligadas à gestão de projetos e obras da Universidade, capaz de lidar com as normas internas e ações administrativas para a consecução da futura obra.

## 5. Considerações finais

### 5.1 Sobre as experiências de ensino e uso do método Processo de Projeto Integrado

As experiências de ensino relatadas demonstraram a importância de integrar os aspectos ambientais desde os primeiros riscos de projeto. No âmbito da graduação a integração ocorreu pela presença do professor de Projeto Ambiental Integrado (PAI) no ateliê de projeto arquitetônico, oferecendo insumos e ferramentas para a abordagem ambiental no projeto, sem ainda plenamente aplicar um método. Essa experiência didática reforça a necessidade de ajustes no processo de ensino, de modo a contemplar as constantes evoluções tecnológicas, sociais e ambientais do desenvolvimento humano. No ensino de projeto arquitetônico é imprescindível incorporar as demandas cada vez maiores quanto à sustentabilidade, conforto e qualidade ambiental. Para isto, a integração das disciplinas e o uso dos instrumentos e ferramentas disponíveis devem ser cuidadosamente preparados e constantemente ajustados aos novos objetivos e requerimentos e ao desenvolvimento tecnológico recente. No caso da pós-graduação, onde se aplicou de forma plena o PPI, observou-se que os estudantes já possuíam suas experiências e práticas habituais de projeto, o que poderia se configurar como uma dificuldade adicional. No entanto, o projeto obtido alcançou a meta colocada na disciplina em termos de alcance do balanço energético nulo para o edifício em estudo, evidenciando uma experiência bem-sucedida. Embora o processo não tenha sido avaliado pelos alunos como coeso, foi considerado fluido e acessível, e o conhecimento adquirido foi considerado bom. Ficou evidente a importância da divisão de tarefas por equipes articuladas e a presença de um facilitador que favoreça a comunicação e a troca de informações entre as equipes especialistas. Também é evidente a importância das ferramentas de simulação computacional neste processo, a serem utilizadas por uma equipe que atua de forma transversal aos demais integrantes do projeto, recebendo inputs e oferecendo feedbacks à equipe.

No caso da experiência projetual do LabZero-UnB, o PPI, utilizado como metodologia, mostrou-se eficiente e evidenciou a possibilidade de transpor metodologias de pesquisa e trabalhos anteriores já integrados para a prática de projeto. Nesse caso, constata-se o uso pleno do PPI, com uma equipe multidisciplinar, uso de ferramentas de simulação desde o início e metas claras. Destacam-se como dificuldades as barreiras relacionadas à coordenação de uma equipe multidisciplinar e organização, planejamento e retroalimentação do projeto para o alcance das metas no processo de projeto integrado. Pode-se supor que a utilização de ferramentas como Building Information Modelling (BIM) poderá facilitar e ajudar na superação destas dificuldades, mas certamente exige ainda um esforço adicional na capacitação dos envolvidos. Além dos itens mencionados anteriormente na experiência da pós-graduação, evidencia-se também a importância dos facilitadores, que além de coordenar os ciclos de feedback das simulações computacionais e das decisões entre as equipes especializadas e ao grupo como um todo, têm o papel de delimitar prazos e níveis de detalhamento para cada especialidade e gerenciar a boa execução do projeto. Podem constituir-se barreiras no processo os problemas de comunicação na equipe, e a tendência ao excesso de detalhamento por parte dos especialistas, no início do processo de projeto, deve ser acompanhada pelos facilitadores.

Conclui-se pela replicabilidade do processo, o que também trará mais aportes para discussão e aprimoramento. Certamente há espaço para maior aplicação do conceito de PPI em outras situações, em especial quando as metas de eficiência energética e sustentabilidade são rígidas, como mostram as tendências atuais. Maior integração deste tipo de metodologia nos cursos de graduação e pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo pode facilitar a transposição da teoria para a prática projetual, formando profissionais aptos a alcançar o balanço energético nulo ou quase nulo nas edificações.

### 5.2. Sobre a perspectiva do Lab-Zero-UnB como plataforma de pesquisa, ensino e extensão

Uma vez construído o LabZero-UnB, espera-se fortalecer as atuais conexões entre os grupos de pesquisa da Universidade que já trabalham com pesquisas relacionadas a balanço energético nulo e sustentabilidade no ambiente construído, além de criar novos laços acadêmicos com as demais instituições brasileiras contempladas na chamada pública, iniciando quicá uma rede de conhecimento nacional sobre o tema de ZEBs.

É possível antever várias áreas que poderão ser objeto de pesquisa e desenvolvimento, tais como: avaliação das estratégias de projetos bioclimáticos; otimização de parâmetros de conforto ambiental; calibração de modelos de simulação previamente utilizados; desenvolvimento de novos sistemas e materiais inovadores; análise da integração de sistemas fotovoltaicos; injeção de energia na rede de distribuição e otimização das baterias; pegada de carbono da edificação; otimização da aquisição de dados da monitorização, entre outros. A própria edificação poderá ser utilizada como objeto de estudo em disciplinas na graduação e pós-graduação e funcionar como um laboratório vivo de técnicas e sistemas.

A proposta também apresenta um plano inovador de visitação, que foi especificamente concebido para atrair e receber visitantes para o edifício demonstrativo a ser construído, com o objetivo de disseminar conhecimento sobre edifícios NZEB no país. Esse aspecto poderá ser também um importante estímulo para a interação da Universidade com a comunidade externa, envolvendo docentes e discentes previamente treinados.

### 5.3. Lacunas de conhecimento e futuras pesquisas

Artigos científicos em profusão sobre o tema de NZEB e assuntos correlatos demonstram que o tema está longe de se esgotar. Ao contrário, diversos estudos recentes apontam as principais lacunas de conhecimento que ainda devem ser salvas, tais como a diferença entre demanda de energia simulada e medida em operação (WILDE, 2014; GERALDI; GHISI, 2020), o custo-benefício das medidas de eficiência energética em diferentes tipos de edificações (FERRARI et al., 2017), o efeito do comportamento dos usuários na operação real (SUN et al., 2017), e mesmo o impacto das condições socioeconômicas no consumo de eletricidade de edifícios residenciais (JONES et al., 2015).

As próximas fronteiras de pesquisa sobre o tema parecem ir na direção de soluções mais sustentáveis e preocupadas com a pegada de carbono das soluções, conectadas aos climas, resgatando usos e tradições locais, sempre atentas às preocupações com combater as mudanças climáticas. A isso, soma-se a importância de produzir conhecimento científico sobre uma base de dados reais obtidos em zonas de clima tropical, coadunada com a realidade técnica e socioeconômica brasileira.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa no. 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasília. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

AMORIM, C. N. D. et al. Projeto Ambiental Integrado: os Desafios do Ensino de Arquitetura. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Fortaleza. Anais [...].

AMORIM, C. N. D. Iluminação natural e eficiência energética: critérios para intervenção em edifícios não residenciais modernos do Plano Piloto de Brasília. Brasília: UnB, 2016. 15f. Projeto de pesquisa: Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF). Brasília. Edital – 3/2016, 2016.

AMORIM, C. N. D. N. D. et al. Da pesquisa ao projeto: edifício de balanço energético nulo – o caso do LabZero-UnB. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO / XII ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2021, Palmas. Anais [...].

AMORIM, C. N. D. Projeto Ambiental Integrado. Plano de curso da Disciplina. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

AMORIM, C. N. D.; CRONEMBERGER, J. (Org.). Proposta de Projeto de Edificação de Balanço Energético Nulo (NZEB): LabZero UnB – memorial descritivo. Universidade de Brasília, 2020. 76 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. Edificações Habitacionais Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos. Brasília: PROCEL Edifica, 2010.

CARLO, J. C.; ARAÚJO, A. L. de; TELLES, C. de P. Proposta didática para o ensino de projeto de arquitetura bioclimática. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE

CONSTRUÍDO, 2011, Búzios. Anais [...].

COSTA, J. F. W. Edifícios de balanço energético nulo: um estudo para escritórios em Brasília. 2018. 329f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

COSTA, João F. W.; OLIVEIRA, N. P.; AMORIM, C. N. D. Morphological characteristics and energy consumption of office buildings in the central area of Brasilia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2017, Edinburgh. Proceedings, Edinburgh, v. 2, p. 2507-2514, 2017. Disponível em: [https://plea2017.net/wp-content/themes/plea2017/docs/PLEA2017\\_proceedings\\_volume\\_II.pdf](https://plea2017.net/wp-content/themes/plea2017/docs/PLEA2017_proceedings_volume_II.pdf). Acesso em: 06 set. 2018.

CRONEMBERGER, J.; CAAMAÑO-MARTÍN, E.; SÁNCHEZ, S. V. Assessing the solar irradiation potential for solar photovoltaic applications in buildings at low latitudes – Making the case for Brazil. Energy and Buildings, v. 55, p. 264-272, 2012.

DOURADO, B. M.; AMORIM, C. N. D. O ensino da sustentabilidade em escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil. In: XII ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO / VIII ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2013, v.1, p. 452-461. Brasília, 2013. Anais [...].

EDUCATE – Environmental Design in University Curricula and Architectural Training in Europe. Sustainable Architectural Education. White Paper, 2012.

ELETOBRÁS. Edital de Chamada Pública NZEB Brasil. Rio de Janeiro, 2019.

ELETOBRÁS. Chamada Pública Procel Edifica NZEB Brasil. Resultado Final - Etapa Final: Rev. 01. 2020. Disponível em: <https://eletobras.com/pt/AreasdeAtuacao/RESULTADO%20FINAL%20-%20etapa%20final%20Rev.01.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

EUROPEAN UNION - EU. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). 2010/31 ed., 2010. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex%3A32010L0031>. Acesso em: 05 set. 2021.

EUROPEAN COMMISSION. Energy performance of buildings directive, 2019. Disponível em: [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en). Acesso em: 06

set. 2021.

FERRARA, M. et al. Optimizing the transition between design and operation of ZEBs: lessons learnt from the Solar Decathlon China 2018 scutxpolito prototype. Energy and Buildings, v. 213, p. 109824, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109824>. Acesso em: 05 set. 2021.

FERRARI, S. et al. Energy-environmental and cost assessment of a set of strategies for retrofitting a public building toward nearly zero-energy building target. Sustainable Cities and Society, v. 32, p. 226-234, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.03.010>. Acesso em: 05 set. 2021.

FIGUEIREDO, F. G.; SILVA, V. G. Processo de Projeto Integrado e desempenho ambiental de edificações: os casos do SAP Labs Brazil e da Ampliação do CENPES Petrobras. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 97-119, 2012.

GARDE, F.; DONN, M. Solution sets and Net Zero Energy Buildings: A review of 30 Net ZEBs case studies worldwide. Technical report of Subtask C: IEA Task 40/Annex 52 - Towards Net Zero Energy Solar Buildings. Le Tampon: Reunion, 2014. Disponível em <https://task40.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/T40A52-DC-TR1-30-Net-ZEBs.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2021.

GERALDI, M. S.; GHISI, R. Building-level and stock-level in contrast: a literature review of the energy performance of buildings during the operational stage. Energy and Buildings, v. 211, p. 109810, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109810>. Acesso em: 05 set. 2021.

GÓES, T. M. et al. LabZero-UnB: Simulação Para o Desempenho de Edifício de Balanço Energético Nulo em Brasília. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO / XII ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2021, Palmas. Anais [...]. No prelo

HERMELINK, A. et al. Towards nearly zero-energy buildings – definition of common principles under the EPDB (Final Report). Ecofys, 2012.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY- IEA IEA EBC Annex 74- Competition and Living Lab Platform. 2021. Disponível em: <https://annex74.iea-ebc.org/>. Acesso em: 05 set. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY- IEA. IEA SHC Task 40- Net Zero Energy Solar Building. 2013. Disponível em: <https://task40.iea-shc.org/publications>. Acesso em: 05 set. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. Climate Change 2007: mitigation of climate change. 2007. 863 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg3/>. Acesso em: 05 set. 2021.

JONES, R. V. et al. The socio-economic, dwelling and appliance related factors affecting electricity consumption in domestic buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 43, p. 901-917, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.084>. Acesso em: 05 set. 2021.

KELLER, M.; BURKE, B. Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KWOK, A. G.; GRONZIK, W. T. The Green Studio Handbook. Oxford, UK: Elsevier, 2007. 378p.

MENDES, N. M. M.; AMORIM, C. N. D. Projeto ambiental integrado: uma experiência didática. In: III CONGRESSO DE INOVAÇÃO E METODOLOGIAS DO ENSINO SUPERIOR, 2017, Belo Horizonte, 2017, p. 1-10, Anais [...].

MONTEIRO L. M.; BITTENCOURT L.; YANNAS S. Arquitetura da Adaptação. In: GONÇALVES J.; BODE K. (Org.) Edifício Ambiental. 1st ed. São Paulo: Oficina de Textos; 2015.

NAVARRO, I. et al. Experiences and methodology in a multidisciplinary energy and architecture competition: solar decathlon Europe 2012. Energy and Buildings, v. 83, p. 3-9, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.073>. Acesso em: 05 set. 2021.

NEW BUILDINGS INSTITUTE-NBI. Getting to Zero Buildings Database, 2019. Disponível em: <https://newbuildings.org/resource/getting-to-zero-database/>. Acesso em: 05 set. 2021.

O'BRIEN W.; BOURDOUKAN P.; DELISLE V.; YIP A. Net ZEB design processes and tools. In: ATHIENITIS A.; O'BRIEN W. (Org.) Modelling, Design and Optimization of Net-Zero Energy Buildings. Berlin: Ernst & Sohn; 2015.

SÁNCHEZ, S. V. et al. Science behind and beyond the solar decathlon Europe 2012 competition. Energy and Buildings, v. 83, p. 1-2, nov. 2014. Elsevier BV. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.017>. Acesso em: 05 set. 2021.

SARTORI, I. et al. Net zero energy buildings: a consistent definition framework. Energy and Buildings, v. 48, p. 220-232, 2012. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.032>. Acesso em:

SOLAR DECATHLON. Building Energy Competition & Living Lab Knowledge Platform, 2019. Disponível em: <https://building-competition.org/>. Acesso em: 05 set. 2021.

SUN, K. et al. A framework for quantifying the impact of occupant Behavior on energy savings of energy conservation measures. Energy and Buildings, v. 146, p. 383-396, Jul. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.065>. Acesso em: 05 set. 2021.

UBINÁS, E. R. et al. Energy efficiency evaluation of zero energy houses. Energy and Buildings, v. 83, p. 23-35, 2014.

VOSS, K.; MUSALL, E. Net Zero Energy Buildings. International projects of carbon neutrality in buildings. Munich: Detail, 2013.

WARNER, C. et al. The 2009 Department of Energy Solar Decathlon and the 2010 European Solar Decathlon - expanding the global reach of zero energy homes through collegiate competitions. 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), p. 2121-2125, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/PVSC.2009.5411425> Acesso em: 05 set. 2021.

WERNECK, D. R. et al. Studies on energy performance utilizing computer simulations towards a ZEB building: a case study in Chico Mendes Institute in Brasília. In: 144 PROCEEDINGS OF THE 33RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, v. II, p. 2720-2727, 2017, Edinburgh. Proceedings [...].

WILDE, P. de et al. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: a framework for investigation. Automation In Construction, v. 41, p. 40-49, 2014. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.009>. Acesso em: 05 set. 2021.

ZAHNER. Works: Lumenhaus, 2020. Disponível em: <https://www.azahner.com/works/lumenhaus/>. Acesso em: 05 set. 2021.

# Critérios de avaliação de sistemas de certificação e interface com o conforto ambiental de edificações residenciais

**Carolina Mendonça Zina**

Universidade de Brasília, carolinamzina@gmail.com

**Raquel Naves Blumenschein**

Universidade de Brasília, blumen@unb.br

**Luciane Cleonice Durante**

Universidade Federal de Mato Grosso, luciane.durante@ufmt.br

O setor da construção civil tem grande importância na busca por soluções que consumam menos recursos naturais e reduzam impactos ambientais. Iniciativas de projeto adequadas às demandas e características locais são de extrema importância, potencializando o conforto do usuário e a redução do consumo energético. Diante disso, este capítulo tem como objetivo relacionar os critérios de conforto ambiental presentes dos sistemas de certificação ambiental com o ensino de Conforto nas universidades federais e estaduais da região Centro-Oeste. Foi feito o levantamento das principais certificações, a sobreposição dos critérios, divisão em categorias com foco naquela em que apresentava os critérios relacionados ao conforto ambiental de edificações. A partir disso, observou-se que 52% das categorias relacionam-se direta ou indiretamente ao conforto ambiental. Os critérios que foram citados por, pelo menos, quatro sistemas de certificação foram: conforto térmico, qualidade do ar interno, iluminação natural, conforto visual e desempenho acústico. Ao cruzar os critérios de maior relevância apresentados pelas certificações com as disciplinas apresentadas nos cursos de Arquitetura e Urbanismo das universidades federais e estaduais da região Centro-Oeste brasileira, foi possível perceber que todos os cursos apresentam em suas ementas conceitos de conforto térmico, qualidade do ar interno, conforto visual, iluminação natural e desempenho e conforto acústico. Portanto, é possível afirmar que esses cursos demonstram uma preocupação com as questões ambientais e um

alinhamento com as habilidades necessárias para projetar edifícios que consumam menos energia e trazendo conforto aos usuários.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Conforto. Edifícios residenciais.

## 1. Introdução

Um dos principais desafios a serem enfrentados no século XXI são as mudanças climáticas no âmbito mundial, relacionadas ao aumento da emissão dos gases de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Mesmo com algumas incertezas quanto aos efeitos decorrentes dessas emissões, grande parte dos pesquisadores acredita que essas alterações causam mudanças ao meio ambiente, à sociedade, à saúde humana, tanto pelo aumento da temperatura quanto pela maior frequência de eventos extremos.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) possui a função de sistematizar o conhecimento científico referente às mudanças climáticas motivadas pelas ações antrópicas, seus impactos e riscos para o meio ambiente e a humanidade. Publicado em 2018, um relatório especial do IPCC aponta para um aumento de 1,5°C na temperatura média da superfície terrestre. Segundo

o aumento que ocorreu entre os anos de 1850 até 1900 e com o monitoramento dos anos de 1960 até 2018, as previsões indicam que até 2040 será atingido o aumento de 1,5°C. (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2018). Dado preocupante, visto que no relatório anterior esse aumento seria alcançado, de acordo com as previsões mais otimistas, até o ano de 2100 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014).

Um dos efeitos decorrentes do aumento da temperatura é a elevação do consumo de energia elétrica pelas edificações que, segundo o Balanço Energético Nacional de 2020, durante a sua fase de uso consomem 51,9% de toda a energia elétrica do Brasil, sendo o setor residencial 26,1%; comercial 17,3%; e público 8,5% (BRASIL, 2020). Além disso, o setor da construção é responsável por 40% das emissões de CO<sub>2</sub> (UNEP, 2020).

De acordo com as estatísticas, é nítido o impacto ambiental negativo do setor da construção. Por outro lado, evidencia-se também seu papel primordial na promoção da sustentabilidade, uma vez que mudanças visando diminuir seus impactos negativos geram grandes benefícios. Dessa forma, arquitetos têm grande responsabilidade no processo de busca pela sustentabilidade no setor, desenvolvendo e especificando projetos mais sustentáveis (EDWARDS, 2005).

Nesse contexto, surge o conceito do edifício de menor impacto ambiental. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), esse edifício é aquele que consome menos água e materiais, possui eficiência energética e promove qualidade do ambiente interno, sendo denominado edifício verde (IEA, 2008). Para tanto, o edifício deve ser projetado para se beneficiar da relação com o entorno onde será inserido, adquirindo, assim, qualidade proveniente da diversidade das condições ambientais de cada local, e com isso melhor desempenho ambiental.

De maneira oposta, o que ocorreu a partir da Segunda Guerra Mundial foi uma banalização da arquitetura do chamado International Style e a crença de que a tecnologia pode controlar as condições ambientais de qualquer edifício, sem se considerar no projeto as possibilidades de tirar partido do clima local. Isso levou ao surgimento de edifícios com fachadas projetadas em pele de vidro especificados de forma incorreta em diversos locais de clima quente, contribuindo para ganhos de calor pela radiação solar e consumindo energia para resfriamento (GONÇALVES; BODE, 2015;

GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Em paralelo às questões conceituais do edifício verde, o marketing associado à sustentabilidade de empreendimentos da construção civil tem se mostrado agressivo, camuflando os custos ambientais e sociais. Ou seja, empreendimentos construídos desconsiderando temas importantes da sustentabilidade na indústria da construção civil, tais como a minimização do uso de matérias-primas virgens, de água, de geração de resíduos e condições de segurança e saúde dos trabalhadores, bem como condições ilegais da mão de obra, apresentam-se como sustentáveis ao adotar em seus projetos, por exemplo, apenas reutilização da água da chuva, ou dos aparelhos de ar-condicionado. A questão que se apresenta é, então, o quão sustentável é o empreendimento se comparado a um edifício de real menor impacto ambiental?

Como uma forma de contribuir com essa avaliação foram criadas as certificações, que servem como uma espécie de checklist para verificar quais critérios o edifício cumpre e com isso garantir um nível de desempenho. As certificações de edifícios constituem-se de métricas para que as edificações possam ser avaliadas e checadas quanto ao seu nível de desempenho, quantificando o consumo de água, materiais e energia, dentre outros.

Por sua relevância em garantir um nível de desempenho, os critérios abordados nas certificações apresentam-se como instrumentos importantes de conhecimento e transformação do setor. Dessa maneira, é importante que os arquitetos tenham familiaridade com os conceitos e possam cumprir com o papel de desenvolver projetos mais adaptáveis ao local e, conseqüentemente, mais sustentáveis. Diante disso, é fundamental que esse conteúdo faça parte dos programas das Faculdades de Arquitetura e Urbanismo brasileiras, preparando os futuros arquitetos para o desafio do século (NUNES, 2018).

O objetivo deste capítulo é relacionar os critérios de conforto ambiental dos principais sistemas de certificações residenciais brasileiras e mundiais com o ensino de conforto nas universidades federais e estaduais da região Centro-Oeste.

## 2. Referencial teórico

A arquitetura e a construção civil enfrentam um dos maiores desafios da contemporaneidade, que é produzir o ambiente construído de acordo com os

preceitos do desenvolvimento sustentável (CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2016). O desenvolvimento sustentável propõe um desenvolvimento que considera as dimensões econômicas, sociais e ambientais. Devido aos significativos impactos ambientais associados ao setor da construção civil, é de extrema importância a busca por soluções sustentáveis com baixo impacto (LEITÃO, 2013; ALWISY; BUHAMDAM, 2019). E é nesse sentido que se busca pelo desempenho ambiental de edificações, que de acordo com Bueno (2010) leva em consideração aspectos como: consumo de energia, de água, de matérias-primas e insumos, emissões atmosféricas, ruídos e vibrações, lançamento de efluentes líquidos e geração de resíduos.

Com a necessidade de garantir um efetivo desempenho ambiental de edificações, para usuários e clientes, foram desenvolvidos sistemas de avaliação do desempenho ambiental de edificações, o que resultou na criação das certificações. As certificações ambientais surgiram principalmente nos países como Inglaterra, Estados Unidos, França e Alemanha (FIGUEIREDO, 2018). No Brasil, pela falta de uma certificação própria, foram utilizados o HQE, o LEED e o BREEAM, porém sem adequação à realidade local. A primeira certificação que se adequou foi o AQUA, baseado na certificação francesa HQE e logo após foi lançado o Selo Casa Azul da CAIXA (LEITÃO, 2013).

Nos últimos anos, outras ferramentas foram desenvolvidas para o contexto brasileiro, como o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R), sendo este último uma ferramenta que estimula o emprego de estratégias bioclimáticas, soluções arquitetônicas mais adequadas ao ambiente em que estão inseridas (MEIRA, 2014).

As certificações ambientais são importantes ferramentas de transformação do setor. Com a sua utilização é possível mensurar, avaliar e mitigar os impactos ambientais da edificação, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e atendimento aos objetivos da Agenda 2030 (NUNES, 2018; REBÊLO, 2018). A crescente adesão a essas ferramentas vem impulsionando para um maior desempenho do ambiente construído (FIGUEIREDO, 2009; MACHADO, 2013; SILVA, 2014; CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2016; VILCEKOVA; SELECKA; BURDOVA, 2016), visto que auxiliam na definição de critérios para

projetos com metas ousadas no que se refere ao atendimento de critérios de sustentabilidade (FIGUEIREDO, SILVA, 2012).

A implantação dos requisitos de sustentabilidade representa um custo inicial maior no início, porém os benefícios são percebidos principalmente ao longo da vida útil da construção, considerando que os usuários são favorecidos com habitações de maior conforto ambiental, com redução de custos operacionais de água e energia; e também os incorporadores e projetistas são beneficiados pelo reconhecimento de projetos diferenciados, com maior valor agregado (FAGUNDES, 2009; PEREIRA, 2012; GODOI, 2012; BRASILEIRO, 2013).

Entre as maiores dificuldades na implementação da construção sustentável e na utilização das certificações ambientais, citam-se: o alto custo inicial; complexidade metodológica; falta de interesse dos agentes envolvidos; falta de informações sobre materiais e componentes; falta de incentivos governamentais; falta de mão de obra especializada; e tendência em manter a prática convencional (BUENO, 2010; FRANZITTA et al., 2010; LEITÃO, 2013; FASTOFSKI, 2014; SILVA et al., 2014; CONTO et al., 2016; CONTO, 2017; HWANG; SHAN; LYE, 2018). Se para os profissionais os requisitos de sustentabilidade são incompreendidos, para grande parte dos consumidores ainda se trata de uma questão supérflua que gera mais gastos, não sendo uma demanda dos clientes (MACHADO, 2013; BRASILEIRO, 2013; LEITÃO, 2013; HWANG; SHAN; LYE, 2018).

Diversos autores reforçam que a incorporação de requisitos de sustentabilidade deve ser uma preocupação do poder público e legisladores (MACHADO, 2013; PRIZIBELA, 2011; GODOI, 2012; SILVA, 2014; CECCHETTO et al., 2015; HWANG; SHAN; LYE, 2018). Estratégias de construção sustentável poderiam ser utilizadas como pré-requisito para aprovação de projeto e concessão de licença de obra (NUNES, 2018), particularmente para concessão de crédito para construção.

As mudanças na maneira de se projetar poderiam ser incorporadas mesmo nos edifícios que não visam obter um selo. Todas as documentações e manuais da maioria das certificações estão disponíveis e são uma ótima fonte de estudo das estratégias sustentáveis. Além do que, todo esse conhecimento deveria compor parte no currículo dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, e não só no de pós-graduação (NUNES, 2018).

Nesse sentido, o conceito de sustentabilidade não vem sendo enfatizado nos cursos de Arquitetura de modo a contribuir para a integração da questão ambiental nos projetos, o que faz com que arquitetos e estudantes desconheçam o seu significado (VILELLA, 2007). De acordo com a mesma autora, os estudantes que se interessam pela área acabam procurando cursos de pós-graduação.

Além disso, grande parte dos cursos de Arquitetura ainda apresentam divisão entre as disciplinas de projeto e a aplicação prática dos conceitos de conforto ambiental, sustentabilidade e eficiência energética. Contudo, pressões externas, como as ferramentas computacionais e as avaliações de desempenho, tendem a transformar esse cenário em médio e longo prazos (GONÇALVES; DUARTE, 2006). E para que essas soluções sejam consolidadas, é necessária uma maior integração entre pesquisa, prática e ensino. Os arquitetos devem se familiarizar com as questões de sustentabilidade e os pesquisadores e professores, com as questões da prática do projeto (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

### 3. Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento deste capítulo, foram definidos os seguintes passos metodológicos (Figura 1):

- Leitura na íntegra das principais certificações de desempenho ambiental de edificações residenciais;
- Identificação dos critérios mais relevantes relacionados ao conforto ambiental;

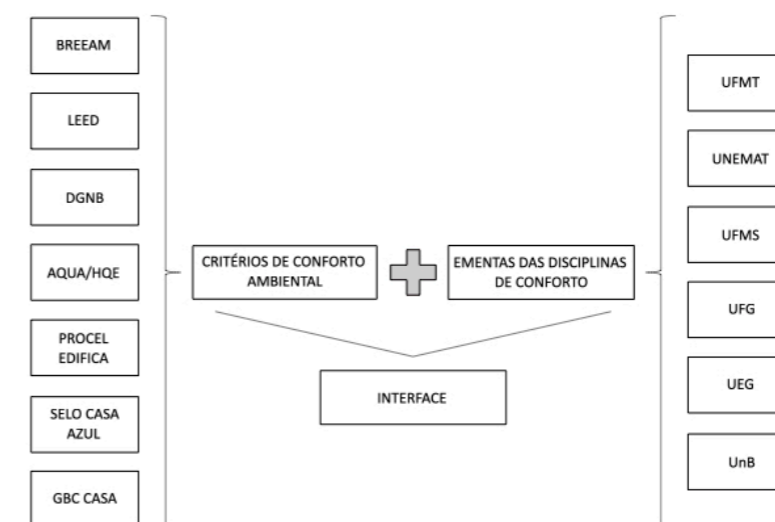
c) Leitura e análise das ementas das disciplinas de conforto das universidades federais e estaduais da região Centro-Oeste;

d) Sobreposição entre os critérios mais relevantes e o conteúdo das disciplinas.

Os passos metodológicos seguidos neste capítulo iniciaram a partir da leitura da íntegra das ferramentas de avaliação de desempenho ambiental de edificações residenciais, sendo elas: o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (BRASIL, 2012), BREEAM (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, 2016), LEED (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2019), DGNB (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR NACHHALTIGES BAUEN, 2018), AQUA-HQE (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2018), Selo Casa Azul (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010) e GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2017). Com isso, foi realizada a identificação dos critérios relacionados ao conforto ambiental e a elaboração de uma análise comparativa entre os sistemas de certificação. A partir da frequência de ocorrência de cada um dos critérios, identificou-se como relevante os que são citados por, pelo menos, quatro sistemas de certificação.

Dessa forma, foi feita a leitura das ementas das disciplinas de conforto dos cursos de Arquitetura e Urbanismo que estavam disponíveis nos sites das universidades federais e estaduais da região Centro-Oeste, a saber: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Estadual de Goiás (UEG) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UnB).

Figura 1: Passos metodológicos



Fonte: Autoria própria (2020).

Sul (UFMS), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Estadual de Goiás (UEG) e Universidade de Brasília (UnB).

Assim, foi possível fazer uma sobreposição entre os critérios mais relevantes das certificações ambientais e o conteúdo abordado nas disciplinas de conforto dessas universidades.

**Quadro 1:** Critérios de avaliação dos sistemas de certificação residenciais e interface com o conforto ambiental

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	BREEAM	LEED	DGNB	AQUA	RTQ-R	CASA AZUL	GBC Brasil
<b>Qualidade do ar interno</b>	X	X	X	X			
Acessibilidade	X						
Perigos	X						
Espaço privado	X						
Qualidade da água	X			X			
Controle ambiental da fumaça de tabaco		X					
Materiais de baixa emissão		X					X
<b>Conforto térmico</b>	X	X	X	X			
Conforto acústico		X	X				
<b>Conforto visual</b>	X	X	X	X			
Controle do usuário			X				
Qualidade dos espaços internos e externos			X	X			
Segurança e proteção			X				
Projeto para todos			X	X			
<b>Iluminação natural</b>		X		X	X	X	
Iluminação artificial		X		X			
Controle das fontes de odores desagradáveis				X			
Ventilação				X	X		
Equipamentos domésticos				X			
Segurança				X			
Controle de fontes de poluição externas				X			
Controle de fontes de poluição internas				X			
Reduzir os riscos de legionelose e queimaduras				X			
Paisagismo						X	
Flexibilidade de projeto						X	
Relação com a vizinhança						X	
Solução alternativa de transporte						X	
Local para coleta seletiva						X	
Equipamentos de lazer, sociais e esportivos						X	
Adequação às condições físicas do terreno						X	
Controle de emissão de gases de combustão							X
Exaustão localizada - básica							X
Desempenho mínimo do ambiente interno							X
Desempenho térmico					X	X	X
Desempenho lumínico							X
<b>Desempenho acústico</b>	X	X		X			X
Controle de umidade local							X
Proteção de poluentes provenientes de veículos							X
Controle de partículas contaminantes							X
Saúde e bem-estar							X

Fonte: Elaboração própria (2020).

#### 4. Resultados e discussão

Como resultado, apresenta-se o Quadro 1, no qual se destacam, em negrito, os critérios mais relevantes. Esta categoria foi a que apresentou maior quantidade de critérios elencados, 40 no total.

Observou-se que, 52% das categorias relacionam-se direta ou indiretamente ao conforto ambiental, a saber: controle do ar interno, acessibilidade, espaço privado, controle ambiental da fumaça de tabaco, conforto térmico, conforto acústico, conforto visual, controle do usuário, qualidade dos espaços internos e externos, segurança e proteção, iluminação natural, iluminação artificial, controle das fontes de odores desagradáveis, ventilação, controle de fontes de poluição externas, controle de fontes de poluição internas, controle de umidade local e controle de partículas contaminantes. Os critérios mais relevantes são: conforto térmico, qualidade do ar interno, iluminação natural, conforto visual e desempenho acústico.

O conforto térmico é um estado que reflete a satisfação da pessoa com o ambiente térmico ao qual está envolvida (ASHRAE, 2005). É um critério amplamente abordado no ensino de conforto ambiental, e que, diante dos movimentos de globalização/universalização da linguagem arquitetônica nas cidades, vem se implementando por meio de ambientes cada vez mais dependentes de sistemas ativos de condicionamento.

A qualidade do ar interno é um critério que tem ganhado relevância frente à existência desses ambientes controlados, nos quais devem ser previstas renovações de ar conforme as atividades neles estabelecidas, evitando a concentração de odores e proliferação de vetores prejudiciais à saúde dos ocupantes. Por isso, para residências a ventilação é um tipo de condicionamento térmico passivo que atua como adequação bioclimática do projeto e promove, nas condições adequadas, a qualidade do ar interno (LAMBERTS; TRIANA, 2010).

A iluminação natural é importante devido a necessidade do ser humano de conexão com o ciclo diário de claro e escuro, das modificações naturais ao longo do dia, pois a luz natural é fonte de ativação de diversas funções fisiológicas do ser humano e de controle do relógio biológico (MARTAU, 2009; LAMBERTS; TRIANA, 2010; FIGUEIRÓ, 2010). Aspectos como a porcentagem das horas em que níveis de iluminação mínimos são garantidos, brilho excessivo, ofuscamento, contraste, uniformidade

e fator de visão do céu compõem o arcabouço dos aspectos técnicos envolvidos nesse tema.

O desempenho acústico, por sua vez, relaciona-se aos aspectos construtivos do edifício que proporcionam condições tais que permitam aos seus ocupantes o desenvolvimento de atividades em ambientes acústicos compatíveis. Os ruídos intensos e permanentes podem causar diversos problemas àqueles que estão expostos, como alteração de humor, de concentração e inclusive no metabolismo e perda auditiva (DURANTE, 2012).

No estudo das ementas das disciplinas foi possível analisar como cada universidade divide seus conteúdos na área de conforto ambiental. Na UFMT, a disciplina de Conforto Ambiental I apresenta conceitos atrelados ao clima e à arquitetura, como calor, temperatura, trocas térmicas e propriedades térmicas dos materiais. A disciplina de Conforto Ambiental II tem em seu conteúdo o estudo da luz, fontes e transmissão da luz e as propriedades dos materiais que são importantes para essa análise. Em Conforto Ambiental III, é ensinado sobre o som, as fontes sonoras, transmissão do som e as propriedades acústicas dos materiais. Já em Conforto Ambiental IV, é ensinado aos alunos o desenvolvimento de um projeto integrando todos os conteúdos abordados nas disciplinas anteriores, como conforto térmico, acústico e lumínico, além do diagnóstico do projeto.

Na UNEMAT, a disciplina de Conforto Ambiental 1 trata das técnicas passivas de condicionamento ambiental, em busca do conforto térmico, eficiência energética e a sustentabilidade. Em Conforto Ambiental 2 são apresentados os conceitos do conforto acústico, lumínico e eficiência energética.

Na UFMS, as ementas não estavam disponíveis para leitura on-line, porém o curso de Arquitetura e Urbanismo apresenta como disciplinas obrigatórias: Conforto Ambiental I, Conforto Ambiental II, Conforto Ambiental III; e como disciplinas complementares que possuem relação com o conforto: Ventilação e iluminação natural, Eficiência energética em edificações, Arquitetura, energia e meio ambiente: projeto (Campus da cidade de Campo Grande/MS). Já no campus da cidade de Naviraí/MS as disciplinas complementares são: Sustentabilidade na arquitetura e urbanismo; Tópicos contemporâneos em ambiente, ciência e sociedade; e Educação ambiental.

Na UFG, na disciplina de Conforto Ambiental I são apresentados os conceitos relacionados ao conforto

térmico, geometria solar, proteções solares e análise térmica. A disciplina de Conforto Ambiental II tem em seu escopo cálculo de cargas térmicas e técnicas passivas de condicionamento do ar. Em Conforto Ambiental III é abordado o conforto lumínico, aspectos físicos da luz, cálculo de índices lumínicos e o conforto acústico, tratamento acústico, cálculo de absorção e reverberação acústica.

Na UEG, a disciplina de Conforto Ambiental I apresenta os conceitos de conforto térmico, insolação e ventilação. Em Conforto Ambiental II são tratadas as questões relacionadas à visão e audição humana, como o conforto lumínico e o acústico.

Na UnB, a disciplina Conforto Térmico Ambiental traz os conceitos relacionados às propriedades termofísicas dos materiais, critérios e índices de conforto térmico, princípios bioclimáticos. Em Conforto Ambiental Luminoso são abordadas as características físicas da luz, sua percepção e métodos de projeto, visando o conforto luminoso, além da eficiência energética e sustentabilidade. Na disciplina de Conforto Sonoro são ensinados os aspectos físicos do som, meios de controle do som, isolamento acústico, entre outros.

As disciplinas que foram agrupadas na chamada Conforto Ambiental I eram aquelas que apresentaram em sua ementa estudos relacionados ao movimento aparente do sol, direção dos ventos e estratégias para conforto térmico. Aquelas reunidas em Conforto

Ambiental II abordaram a iluminação natural e artificial e o ensino de conforto lumínico. As representadas por Conforto Ambiental III apresentaram o estudo das ondas sonoras e o ensino de conforto acústico. Já o Conforto Ambiental IV só foi possível perceber na UFMT, onde são ensinadas todas as estratégias de conforto abordadas anteriormente em um único projeto (Quadro 2).

Assim, foi possível cruzar os critérios de maior relevância apresentados pelas certificações com as disciplinas apresentadas nos cursos de Arquitetura e Urbanismo das universidades federais e estaduais da região Centro-Oeste. Percebe-se que todos os cursos apresentam em suas ementas conceitos de conforto térmico, qualidade do ar interno, conforto visual, iluminação natural e desempenho e conforto acústico (Quadro 3).

### 5. Considerações finais

Na análise das principais certificações ambientais de construção foram identificadas sobreposições de muitas categorias e critérios com os mesmos objetivos. Esta análise mostra que existem muitos aspectos em comum e que se complementam, fazendo com que a decisão por uma certificação seja baseada na sua adequação à realidade local, mais que pela estrutura de suas categorias e respectivos critérios. Dessa forma, AQUA-HQE, GBC Brasil Casa e o Selo Casa Azul são os mais indicados à realidade brasileira, já que os dois primeiros

foram adaptados à realidade brasileira, e o último foi desenvolvido especificamente para o Brasil.

As certificações podem fortalecer o sistema de aprendizado da indústria da construção civil como um todo, impulsionando a absorção de paradigmas mais compatíveis com o desenvolvimento sustentável, no âmbito do ensino e da prática projetual/construtiva. Ainda que existam barreiras a serem superadas, a crescente adesão a esses sistemas pode impulsionar um maior desempenho e conforto ambiental de edificações. Por isso, é clara a necessidade de disponibilizar meios e ferramentas que possam fortalecer o sistema de aprendizado dos que tomam decisões no desenvolvimento de projetos de arquitetura.

Dessa forma, é necessário que ocorra a conscientização de clientes e capacitação de profissionais, além de ser importante ressaltar o papel do setor público. Para que as alternativas de melhoria para um projeto de alto desempenho sejam obtidas, o poder público deve fornecer apoio, exigindo e definindo um padrão mínimo de desempenho ambiental obrigatório.

Diferentemente do que foi constatado anos atrás, o conceito de sustentabilidade e conforto ambiental vem sendo abordado nas universidades. Ao realizar a análise das ementas das disciplinas relacionadas ao Conforto do curso de Arquitetura e Urbanismo das universidades estaduais e federais da região Centro-Oeste, é possível afirmar que esses cursos demonstram uma preocupação com as questões ambientais e um alinhamento com as habilidades necessárias para projetar edifícios que consumam menos energia, trazendo conforto aos usuários.

Portanto, o ensino de Arquitetura nessa região traz em seu escopo questões fundamentais para um futuro mais sustentável e alinhadas aos objetivos da Agenda 2030. É necessário mudar a maneira como os profissionais atuam no mercado, sustentabilidade não é marketing, mas uma reflexão da nossa relação com o meio. Arquitetos e urbanistas precisam ter em sua bagagem acadêmica ensinamentos para que as cidades e os edifícios sejam resilientes e respeitem o meio em que estão inseridos.

### Referências

ALWISY, A., BUHAMDAM S., GÜL, M. Evidence-based ranking of green building design factors according to leading energy modelling tools. *Sustainable Cities and Society*, v. 47, p. 1-12,

fev. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718306000?via%3Dihub>. Acesso em: 08 ago. 2019.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). *Handbook of fundamentals*. Estados Unidos: ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional 2020: ano base 2019*. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria no 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R). Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

BRASILEIRO, S. B. C. Adequação ao Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal de Edificações do Programa Minha Casa, Minha Vida. 2013. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

BUENO, C. Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE). *BREAAM International New Construction: Technical Manual*. Reino Unido, 2016. Disponível em: <https://www.breeam.com/discover/technical-standards/newconstruction/>. Acesso em: 10 mar. 2019.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. *Selo Casa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas e Letras, 2010. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CECCHETTO, C. T. et al. Habitação de interesse social: alternativas sustentáveis. *Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto*, v. 3, n. 2, 2015. Disponível em: <http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/view/861/577>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CONTO, V. A sustentabilidade socioambiental de um

Quadro 2: Disciplinas de Conforto Ambiental agrupadas

	UFMT	UNEMAT	UFMS	UFG	UEG	UnB
<b>Conforto Térmico</b>	Conforto Ambiental I	Conforto Ambiental 1	Conforto Ambiental I	Conforto Ambiental I e II	Conforto Ambiental I	Conforto Térmico Ambiental
<b>Conforto Lumínico</b>	Conforto Ambiental II	Conforto Ambiental 2	Conforto Ambiental II	Conforto Ambiental III	Conforto Ambiental II	Conforto Ambiental Luminoso
<b>Conforto Acústico</b>	Conforto Ambiental III	Conforto Ambiental 2	Conforto Ambiental III	Conforto Ambiental III	Conforto Ambiental II	Conforto Sonoro
<b>Projeto integrando</b>	Conforto Ambiental IV					

Fonte: Elaboração própria (2020).

Quadro 3: Disciplinas de Conforto Ambiental nas universidades federais e estaduais do Centro-Oeste

Disciplinas	UFMT	UNEMAT	UFMS	UFG	UEG	UnB
<b>Conforto Ambiental I</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Conforto Ambiental II</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Conforto Ambiental III</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Conforto Ambiental IV</b>	X					

Fonte: Elaboração própria (2020).

empreendimento de habitação de interesse social através da aplicação do Selo Casa Azul Caixa. 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017.

CONTO, V., OLIVEIRA, M. L., RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 12, n. 4, p. 100-127, nov. 2016. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1749>. Acesso em: 10 jul. 2019.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR NACHHALTIGES BAUEN (DGNB). DGNB System Version 2018. Disponível em: <https://www.dgnb-system.de/en/buildings/new-construction/criteria/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

DURANTE, L. C. Apostila de Conforto Acústico: Parte 1. Disciplina de Conforto III. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

EDWARDS, B. O Guia Básico para a Sustentabilidade. Barcelona: GG, 2005.

FAGUNDES, C. M. N. Contribuições para uma arquitetura mais sustentável. 2009. 251 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

FASTOFSKI, D. C. Análise da aplicação do Selo Casa Azul em empreendimentos habitacionais verticais em Caxias do Sul, RS. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2014.

FIGUEIREDO, A. C. C. Certificação ambiental e habitação no Brasil: agentes e requisitos urbanísticos e arquitetônicos. 2018. 199 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

FIGUEIREDO, F. G. Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FIGUEIREDO, F. G., SILVA, V. G. Processo de projeto integrado e desempenho ambiental de edificações: os casos do SAP Labs Brazil e da ampliação do CENPES Petrobras. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 97-119, abr./jun. 2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/12879/18758>. Acesso em: 23 maio 2019.

FIGUEIRÓ, M. A luz e sua relação com a saúde. *Lume*, São Paulo, v. 8, n. 44, p. 8-12, jun. 2010. Disponível em: [http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed44/ed\\_44%20EN%20-%20Mariana%20Figueiró.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed44/ed_44%20EN%20-%20Mariana%20Figueiró.pdf). Acesso em: 20 mar. 2019.

FRANZITTA, V. et al. Toward a European Eco-label brand for residential buildings: Holistic or by-components approaches? *Energy*, v. 36, n. 4, p.1884-1892, out. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544210005001?via%3Dihub>. Acesso em: 05 ago. 2019.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV) E CERWAY. Referencial de avaliação da qualidade ambiental do edifício – edifícios residenciais. Agosto 2018. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/categoria-documentos/informacoes-gerais/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

GODOI, B. C. S. Requisitos de sustentabilidade para o desenvolvimento de projetos residenciais multifamiliares em São Paulo. 2012. 210 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GONÇALVES J. C. S., BODE, K. (Org.). Edifício ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

GONÇALVES J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, out./dez. 2006. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3720/2071>. Acesso em: 18 mar. 2019.

GREEN BUILDING COUNCIL. LEED v4.1 Building Design and Construction, abril 2019. Disponível em: <https://www.usgbc.org/leed>. Acesso em: 12 mar. 2019.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Certificação Green Building Council Brasil Casa: guia rápido, agosto 2017. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-casa/documentos/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

HWANG, B.; SHAN, M.; LYE, J. Adoption of sustainable construction for small contractors: major barriers and best solutions. *Clean Techn. Environ. Policy*, v. 20, p. 2223-2237, ago. 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10098-018-1598-z#citeas>. Acesso em: 08 ago. 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE- IPCC. Climate change 2014: Synthesis Report. Disponível em: [https://issuu.com/unipcc/docs/syr\\_ar5\\_final\\_full\\_wcover](https://issuu.com/unipcc/docs/syr_ar5_final_full_wcover).

Acesso em: 20 dez. 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE- PCC. Global Warming of 1.5oC – Special Report, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 04 abr. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY- IEA. Energy technology perspectives 2008: Scenarios and strategies to 2050. Paris: IEA, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY- IEA. Energy technology perspectives 2017. Paris: IEA, 2017.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Categoria 2: Projeto e Conforto. In: JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. (Coord.). Selo Casa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas & Letras- Editora e Gráfica, 2010. p. 56-103.

LEITÃO, M. T. Análise da aplicação dos requisitos do Selo Casa Azul em empreendimentos de habitação de interesse social. 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MACHADO, J. J. Análise da Sustentabilidade de empreendimentos habitacionais vinculados a políticas públicas no período 2008-2010: aplicabilidade de requisitos Greenbuilding na construção civil de Manaus. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

MARTAU, B. T. A luz além da visão. *Lume*, São Paulo, v. 7, n. 38, p. 62-68, jun. 2009. Disponível em: [http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed38/ed\\_38%20AT%20Iluminação%20e%20Saúde.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed38/ed_38%20AT%20Iluminação%20e%20Saúde.pdf). Acesso em: 15 mar. 2019.

MEIRA, A. C. B. S. Eficiência energética de edificações residenciais no plano piloto de Brasília: uma análise comparativa com utilização do RTQ-R. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

NUNES, M. F. Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da Agenda 2030. *Revista Internacional de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 27-46, jan.-jun. 2018. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acesso em: 02 jul. 2019.

PEREIRA, M. C. Mutabilidade e habitação de interesse social: precedentes e certificação. 2012. 320 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PRIZIBELA, S. C. C. Aplicação de princípios de sustentabilidade em empreendimentos de grande porte: posicionamento

dos arquitetos. 2011. 208 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

REBÊLO, M. M. P. S. Sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió-AL: procedimentos metodológicos para adequação de ferramenta de avaliação. 2018. 259 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

SILVA, A. T. et al. New requirements resulting from construction environmental certification programs and performance standards. *Arquiteturarevista*, v. 10, n. 2, p. 105-114, July/Dec. 2014. Disponível em: <http://search.proquest.com/openview/020e1af80ae6480083d92cb7d325c34c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2040965>. Acesso em: 06 ago. 2019.

SILVA, G. B. da. As certificações como instrumento ético de sustentabilidade ambiental em edificações da construção civil. 2014. 338 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Building and Construction Sector. Nairóbi, 2020.

VILCEKOVA, S.; SELECKA, I.; BURDOVA, E. K. Sustainability assessment of family house. *Energy Procedia*, v. 96, p. 551-559, set. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216307378>. Acesso em: 07 ago. 2019.

VILELLA, D. S. A sustentabilidade na formação atual do arquiteto e urbanista. 2007. 179 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

# Experimentos de condições ambientais na iniciação científica embasados nos princípios da Cultura Maker

**Vanda Alice Garcia Zanoni**

Universidade de Brasília, vandazanoni@unb.br

**Pedro Henrique Gonçalves**

Universidade Federal de Goiás, pedrogoncalves@ufg.br

**Caio Frederico e Silva**

Universidade de Brasília, caiosilva@unb.br

Propõe-se relatar as experiências empíricas na pesquisa de Iniciação Científica com base nos princípios do movimento Cultura Maker. Envolvendo alunos da graduação (PIBIC) e pós-graduação na construção de sistemas para medições e monitoramento em campo das condições ambientais do ambiente construído, são comparadas as realidades medidas com os modelos simulados e as bases de dados consolidados. O uso de sensores conectados a placas do tipo microcontrolador Arduino Uno exige a programação com utilização de códigos abertos para a criação, conectividade e integração de planilhas eletrônicas com os bancos de dados, permitindo visualização de dados e avaliação de desempenho dos ambientes monitorados. Os sistemas de medição, monitoramento e simulação constituem-se a base para os processos automatizados e parametrizados, cujo conhecimento e controle em tempo real da realidade medida são desejáveis para a comparação com a realidade simulada. Em diferentes abordagens, os três estudos apresentados mostram o potencial de aplicação, tanto na escala do sistema construtivo e do conforto ambiental interno como na escala do microclima urbano.

**Palavras-chave:** Cultura Maker. Sistemas de medição. Sensores. Conforto higrotérmico. IoT.

## 1. Introdução

A difusão de tecnologias digitais no ensino de Arquitetura introduz uma nova forma de fazer. Tradicionalmente, a habilidade desenvolvida com a “mão na massa” caracterizava-se pelos trabalhos de elaboração manual em oficinas e ateliês – maquetes físicas, modelos e protótipos –, experiências construtivas em canteiros de obra ou fazeres práticos em canteiros experimentais. No entanto, as novas gerações impulsionam a instrumentalização digital do ensino e a sua prática, em decorrência da facilidade de acesso e domínio no manuseio dos dispositivos eletrônicos. As experiências dos fazeres no contexto real migram para os fazeres nas dimensões digital e virtual.

Pedagogicamente, os currículos de Arquitetura ainda não assimilaram as mudanças tecnológicas, encontrando-se em um interlúdio entre o ensino-aprendizagem de base conteudista e aquele que instrumentaliza para a resolução de problemas pautados nos processos colaborativos, empíricos, criativos e disruptivos. Ensejando a transposição do patamar pedagógico para uma concepção associada às inovações tecnológicas, tal processo é acelerado pela cultura maker, que envolve um universo rico e plural do “faça você mesmo” ou “pôr a mão na

massa”.

Os estudos sobre a aplicabilidade da Cultura Maker no Ensino Superior ainda não ressaltam a pluralidade das suas atividades, bem como a diversidade no desenvolvimento de diferentes alunos, mas destacam-se os fazeres envolvendo a fabricação digital e a robótica, principalmente (PAULA; MARTINS; OLIVEIRA, 2021). Cabe salientar que a cultura maker pode ser aplicada em todas as disciplinas e níveis de formação, bastando criatividade, capacitação dos professores envolvidos e acesso aos recursos. Inclusive, seus princípios não são novos, já eram defendidos por John Dewey, desde a primeira metade do século XX.

O movimento Maker busca o desenvolvimento das habilidades de produção criativa como fruto da experimentação, da colaboração e do compartilhamento. Tal processo provoca a curiosidade do aluno, o desejo de aprender a controlar a própria aprendizagem e se transformar a partir de suas vivências e experiências. Ribeiro (2016, p. 28) define o movimento Maker como o movimento de fazedores:

[...] alicerçado à ideia de Dewey sobre aprender por meio da experiência, do aprender fazendo, que pode desencadear o Pensamento Reflexivo, pois se fundamenta no processo investigativo. Esse movimento, que preconiza a mão na massa (hands on), permite o aprendiz a ter o controle sobre a própria aprendizagem, tornando-o protagonista (mais ativo e mais responsável pelos processos de aprender), por se basear na própria capacidade de criação, na autonomia e na produção criativa.

Nesse contexto, quanto mais o domínio digital avança, mais necessária se faz a mediação entre o real e o simulado. A simplificação de modelos requer muito conhecimento da realidade, o que demanda vivenciá-la. Nesse sentido, medir os fenômenos e representá-los no mundo digital e/ou virtual é um campo do conhecimento que deve ser explorado desde a formação básica, consolidando-se na potencialização da habilidade criativa e desenvolvimento tecnológico na formação superior.

Conhecer a realidade é vivenciá-la, e, nesse sentido, os experimentos com medições in loco e levantamentos de campo são vivências desejáveis no âmbito da pesquisa em Arquitetura e Urbanismo. Em especial, na Iniciação Científica com os alunos da graduação, esses experimentos conjugam uma série de ferramentas para instrumentalizar os processos e embasar as análises que exigem estratégias

integradas. Linguagem de programação, código aberto, ambiente colaborativo, programação de sensores de baixo custo, entre outros, são recursos que ampliam a aplicabilidade da cultura maker na experimentação da realidade vivenciada, e podem ser associados ao se delinear as pesquisas para os jovens cientistas.

Em tempos de mudanças climáticas, o monitoramento das condições do ambiente construído torna-se premente. Para monitorar é preciso medir. Segundo a ISO 9001 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2015), medir é comparar uma grandeza com uma outra, de mesma natureza, tomada como padrão. Portanto, medição é o conjunto de operações que tem por objetivo determinar o valor de uma grandeza. Enquanto a medição pode ser um procedimento executado em um passo de tempo, o monitoramento é entendido como a determinação da situação de um sistema, um processo, um produto, um serviço ou uma atividade (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2015), definido ao longo de um período, necessário para detectar e representar o comportamento no tempo daquilo que está sendo monitorado. O monitoramento em tempo real é uma das aplicações bem-sucedidas nos experimentos empíricos para a Iniciação Científica baseada nos princípios da cultura maker.

Este capítulo apresenta três estudos onde foram aplicados princípios da cultura maker associados à pesquisa científica empírica e exploratória com aprendizagem envolvendo experimentos de campo – neste caso, o desenvolvimento da criatividade como fruto da experimentação. Os estudos aqui apresentados foram desenvolvidos no âmbito dos grupos de pesquisa SiCAC (Simulação Computacional no Ambiente Construído) (Estudo 1) e LabAM (Laboratório do Ambiente) (Estudos 2 e 3), envolvendo o trabalho conjunto de alunos da Iniciação Científica na graduação e pós-graduação, nas Universidades de Brasília (UnB) e Federal de Goiás (UFG), respectivamente.

Em síntese, as figuras 1 e 2 apresentam o delineamento das pesquisas desenvolvidas, cujas temáticas e abordagens são afins em ambos os grupos de pesquisa.

O SiCAC (Simulação Computacional no Ambiente Construído) é um grupo de pesquisa vinculado ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB. Desde 2017, o SiCAC discute o uso de ferramentas computacionais

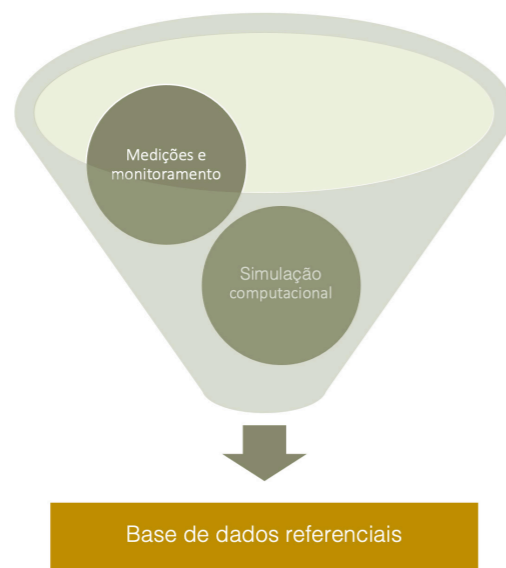


Figura 1: Delineamento da pesquisa experimental.



Fonte: Elaboração própria (2021)

Figura 2: Abordagem integrada dos estudos experimentais embasada na Cultura Maker.



Fonte: Elaboração própria (2021)

aplicadas às diferentes escalas da Arquitetura e do Urbanismo, atuando de forma multidisciplinar, fomentando o diálogo interdepartamental e interinstitucional.

O LabAM (Laboratório do Ambiente), criado em 2016, é vinculado ao curso de Arquitetura e Urbanismo da UFG, e desenvolve pesquisas visando a melhoria da qualidade dos espaços edificados, desempenho ambiental das edificações, novas tecnologias e gestão da informação na Arquitetura e no Urbanismo.

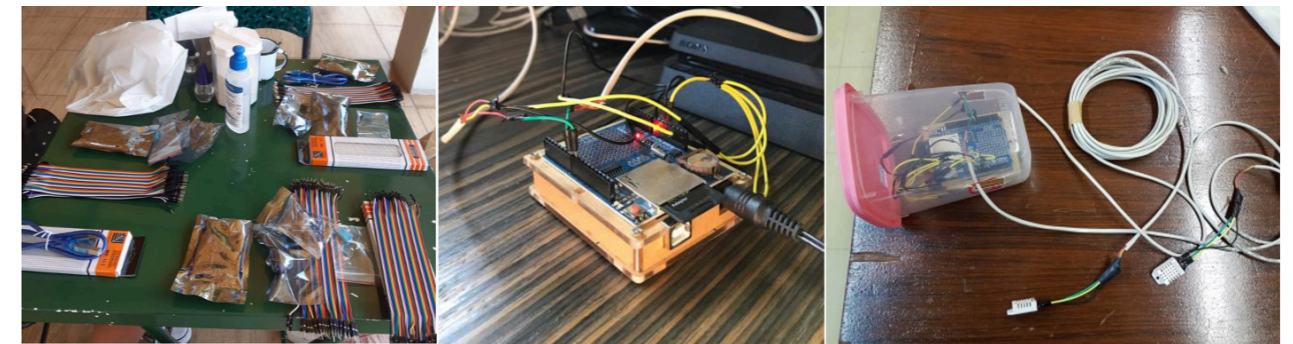
## 2. Estudo 1: medição e monitoramento higrotérmico em sistemas construtivos

Neste Estudo 1, o objetivo foi avaliar o comportamento higrotérmico de sistemas construtivos de fachada. O método de investigação envolveu as medições horárias de umidade e temperatura para o

monitoramento em campo, durante os meses do período chuvoso em Brasília (Zona Bioclimática 4) em parede de alvenaria da fachada leste. Foram medidas quatro variáveis: umidade relativa do ar na superfície externa, umidade relativa do ar na superfície interna, temperatura na superfície externa e temperatura na superfície interna.

As medições foram realizadas por meio de dois sensores DHT22 conectados a um microcontrolador Arduino Uno que registrou e armazenou os dados a cada 10 minutos. Os equipamentos utilizados nas medições são sensores DHT22 do modelo AM2302 e apresentam as seguintes especificações (Figura 3): Faixa de medição de temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+80^{\circ}\text{C}$ ; Faixa de medição de umidade de  $0\%$  a  $100\%UR$ ; Precisão de umidade de medição de  $\pm 2,0\%UR$ ; Precisão de medição de temperatura de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ; Resolução de  $0,1$ ; e Tempo de resposta de  $2s$ .

Figura 3: Microprocessador Arduino: (a) Componentes; (b) Montagem; (c) Protótipo de medição.

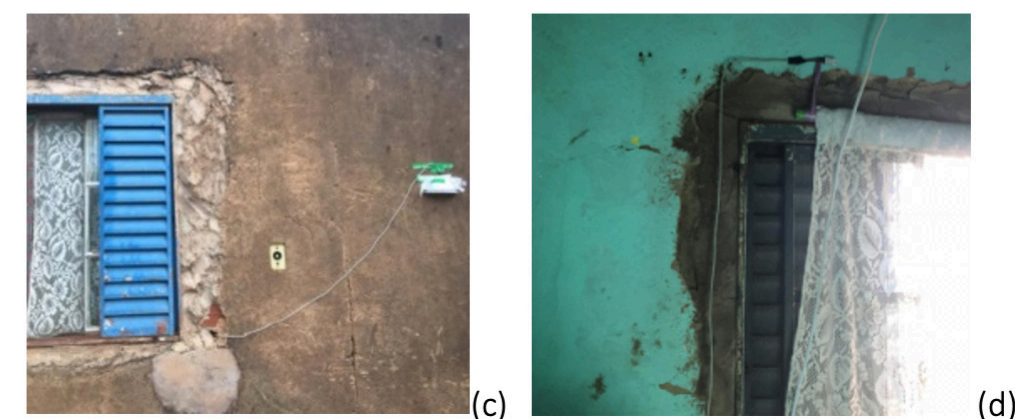
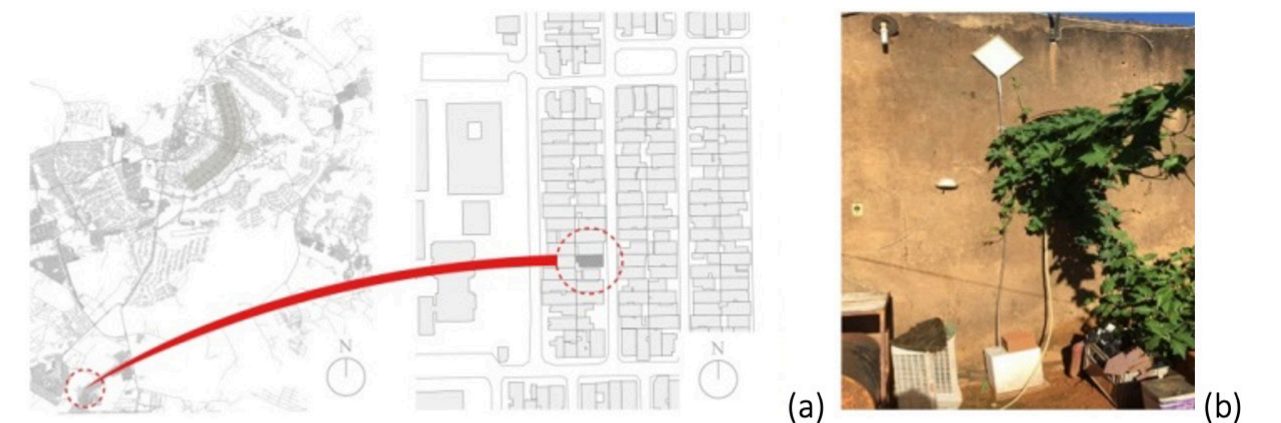


Fonte: Nunes (2019); Dantas (2019)

A montagem dos sensores conectados ao microcomputador foi realizada pelos próprios alunos, inclusive a programação utilizando código aberto. Esse procedimento proporcionou aprendizado quanto ao uso de uma linguagem de programação e algoritmos, criação de banco de dados para organizar os dados coletados em planilhas eletrônicas, inclusive com importação de dados em diferentes tipos de arquivos. Com a base de dados organizada e compatível com as variáveis de estudo, foi possível experimentar os mais diversos tipos de visualização de dados, como gráficos, tabelas dinâmicas, infográficos, entre outros.

Os sensores conectados ao microcomputador precisam ser calibrados e essa tarefa requer conhecimentos relacionados à especificação dos equipamentos e componentes, precisão, unidades de medida, faixa de variação do parâmetro medido, valores de referência, controle de qualidade do dado medido, interferências externas, etc. O processo desperta no pesquisador iniciante a percepção das bases científicas para a experimentação empírica. A comparação dos dados medidos com as bases de dados de referência é a motivação para busca da compreensão e das explicações dos fenômenos observados.

Figura 4: Unidade habitacional autoconstruída: (a) Localização; (b) Fachada Leste; (c) Sensor DTH22 posicionado na face externa da parede; (d) Sensor DTH22 posicionado na face interna da parede.



Fonte: Nunes (2019); Zanoni et al. (2020)

**Figura 5:** Edifício em altura: (a) Localização; (b) Fachada Leste; (c) Sensor DTH22 posicionado na face externa da parede; (d) Sensor DTH22 posicionado na face interna da parede.



Fonte: Dantas e Zanoni (2020)

Para este estudo, foram selecionadas duas experiências realizadas em diferentes tipologias de edificação – uma habitação térrea autoconstruída e um edifício em altura –, ambas com a fachada leste disponível para as medições. Os sensores externos foram protegidos contra a chuva e a radiação solar direta por um artefato perfurado desenvolvido para não permitir a retenção do ar quente em seu interior. Internamente, os sensores foram posicionados na superfície da parede de fachada, a meia altura do pé-direito.

A habitação térrea está localizada na Região Administrativa de Santa Maria, em Brasília-DF (Figura 4). O sistema construtivo consiste em paredes de alvenaria de vedação com bloco cerâmico de 9 cm de espessura, com revestimento em argamassa de 2 cm em ambas as faces (interna e externa). A casa habitada por quatro pessoas encontrava-se em uso regular. Ventilada naturalmente e sem sistema de ar-condicionado instalado, as renovações de ar

aconteciam somente pelas aberturas de portas e janelas. As medições ocorreram na fachada leste da casa térrea, especificamente na parede da sala.

O edifício em altura (seis pavimentos mais pilotis) está localizado em uma superquadra residencial da Asa Norte, na cidade de Brasília-DF (Figura 5). O sistema construtivo consiste em paredes de alvenaria de vedação com bloco de concreto de 9 cm de espessura, com revestimento em argamassa de 2 cm em ambas as faces (interna e externa).

O apartamento é habitado por quatro pessoas e encontrava-se em uso regular. As renovações de ar aconteciam tanto pelas aberturas de portas e janelas quanto por aparelhos de ar-condicionado. As medições ocorreram na fachada leste do quarto do apartamento do sexto andar – parte mais alta do edifício com cerca de 20 metros de altura.

## 2.1. Considerações sobre o Estudo 1

A ação do clima sobre os sistemas construtivos da edificação produz efeitos na resposta térmica e no desempenho higrotérmico dos componentes e elementos que configuram a sua materialidade. As variáveis respostas são fatores e fenômenos que foram influenciados pela orientação de fachada, condições de exposição e materialidade do sistema construtivo. Embora haja muitas pesquisas sobre as medições de campo de temperatura e umidade do ambiente interior (BARBOSA; WEILLER; LAMBERTS, 2007), poucos estudos tratam da resposta do sistema construtivo: “[...] existe dificuldade em identificar somente o efeito do sistema construtivo na resposta térmica da edificação e, conseqüentemente, não se tem informação precisa sobre sua adequação ao clima do local [...]” (BRITO et al., 2017, p. 37).

Nessa abordagem, os jovens pesquisadores são motivados a desenvolver um raciocínio crítico quanto à qualidade e pertinência do dado, e tomar decisões quanto a sua validade, justificando a sua aceitação ou descarte. Ao transformar os dados em informações sobre o comportamento do objeto de estudo, fazem isso em bases científicas, levantando hipóteses e associando os fenômenos (Figura 6). Ou seja, são momentos ricos em pensamentos reflexivos que produzem conhecimento e os transferem para situações similares.

As variáveis meteorológicas caracterizam-se como séries temporais, cujo comportamento cíclico e sazonal deve apresentar padrões não aleatórios, isto é, comportamentos previsíveis inerentes à variável em análise. Por isso, os dados medidos pelos sensores devem ser comparados com os limites apresentados

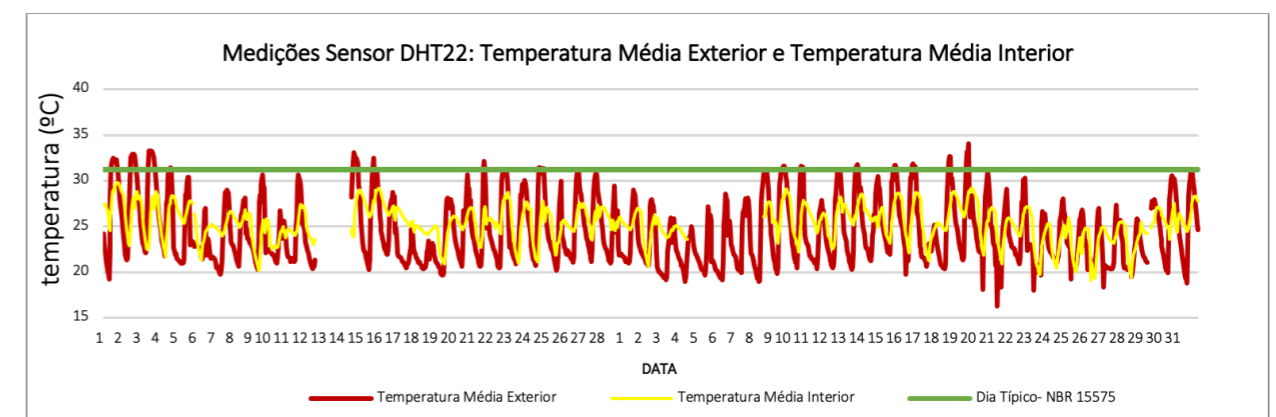
pelos parâmetros referenciais normativos, e serem compatíveis com as séries históricas. O tratamento das variáveis não se restringe somente à sua compilação e formatação. São indesejáveis dados espúrios, não condizentes com as características físicas e o comportamento conhecido das variáveis analisadas (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2017).

Para análise da abrangência dos dados são levantados os valores máximos e mínimos, assim como a distribuição e a amplitude, que podem ser visualizados em gráficos (figuras 7 e 8). O cruzamento das informações obtidas por meio dos dados coletados nas medições em campo com as séries históricas, os parâmetros normativos ou consolidados em pesquisas publicadas, ou resultados de simulações computacionais, podem ser um eficiente método de calibração e validação dos métodos de pesquisa de campo.

O método empírico produz resultados medidos na amostra e que balizam o entendimento do comportamento e controle das variáveis respostas obtidas nas simulações computacionais. O modelo configurado para as simulações computacionais higrotérmicas corresponde às condições de exposição e materialidade apresentadas pela amostra selecionada para o estudo de campo. De forma a avaliar as relações dose-resposta no experimento proposto, a simulação computacional fornece fatores de controle para identificar se a medição de campo apresentou padrões e escalas similares, possibilitando explicar as relações de causa e efeito (GROAT; WANG, 2013).

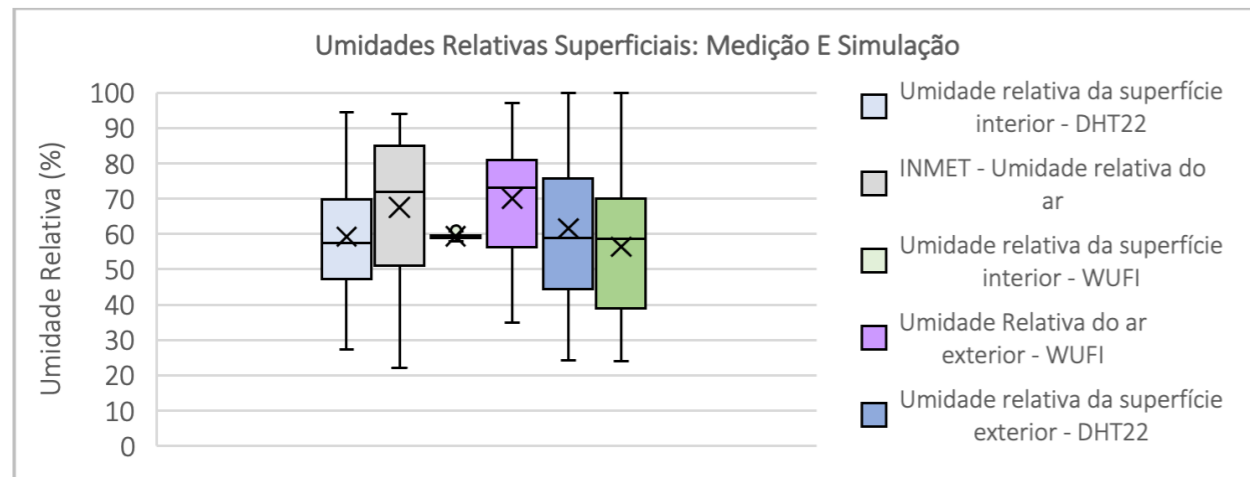
Uma vez coletados os dados, é feito um cruzamento das medidas em campo com as informações obtidas na simulação computacional, podendo então explicar como os materiais e componentes porosos, com

**Figura 6:** Resultado do monitoramento das temperaturas superficiais com sensores no edifício em altura.



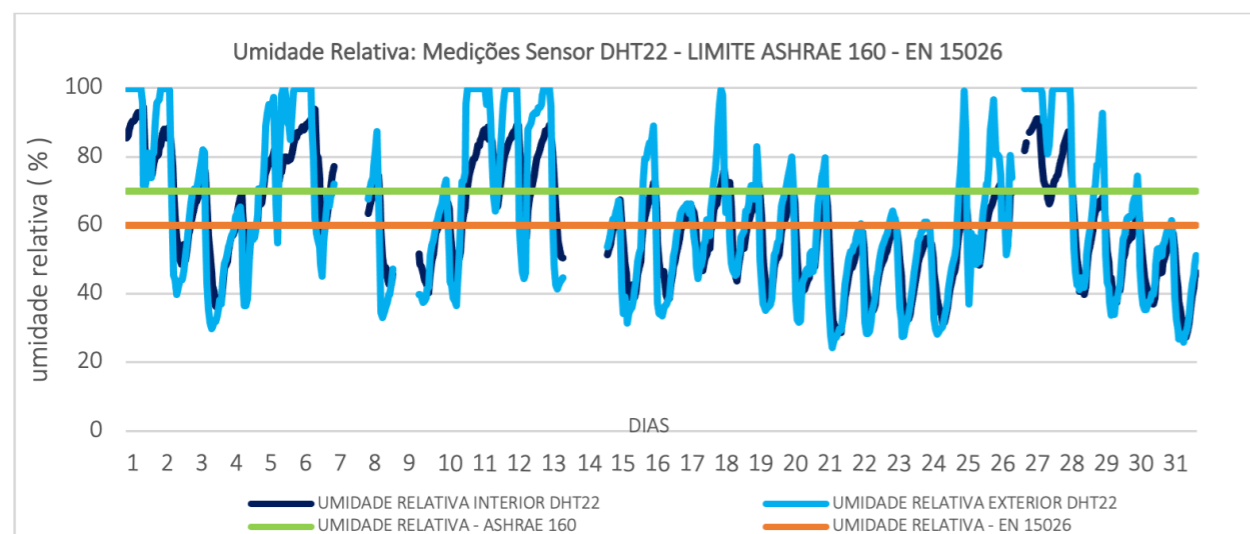
Fonte: Dantas e Zanoni (2020)

Figura 7: Resultados dos dados coletados em diferentes métodos de pesquisa na habitação autoconstruída.



Fonte: Zanoni et al. (2020)

Figura 8: Resultado do monitoramento da umidade relativa na fachada na habitação térrea autoconstruída.



Fonte: Zanoni et al. (2020)

determinadas propriedades de absorção de água e resistência à difusão do vapor de água, acarretam maior ou menor transporte de massa nas paredes de alvenaria de vedação. Nesses experimentos, o programa computacional higrotérmico utilizado foi o WUFI Pro 6.2 – Wärme – Und Feuchttransport Instationär – Transient Heat and Moisture Transport. O uso de modelos de simulação é uma ferramenta importante, uma vez que nos permite testar possíveis soluções e diferentes estratégias de controle do clima com um alto nível de confiança.

Com o foco na condição ambiental interna, considera-se que os parâmetros de desempenho do sistema construtivo a serem medidos em campo podem ser representados pela temperatura e umidade

relativa superficiais, e o efeito na superfície não deve ultrapassar os limites desejados de temperatura do ar e umidade relativa do ar para o ambiente interior, cuja condição de equilíbrio corrobora o balanço higrotérmico. Para Coelho, Silva e Henriques (2018), os dados coletados em campo são necessários para a validação e a calibração dos modelos, além de proporcionar maior confiabilidade no entendimento dos fenômenos higrotérmicos envolvidos.

Os sistemas passivos dependem potencialmente das condições externas, bem como das características do edifício. Portanto, o monitoramento das ações do clima exterior ao longo de um período, assim como o comportamento higrotérmico dos sistemas construtivos como resposta às condições de exposição,

embasam a avaliação das estratégias passivas e a seleção de soluções. O monitoramento por períodos limitados não é suficiente para caracterizar alterações no clima ou no seu comportamento médio. É fato, portanto, que as campanhas de monitoramento nos experimentos de pesquisadores iniciantes devem estar restritas ao entendimento dos fenômenos e hipóteses prováveis, sem, no entanto, estender para cenários futuros ou generalizar os achados de pesquisa.

### 3. Estudo 2: medição e monitoramento do conforto térmico com Internet das Coisas

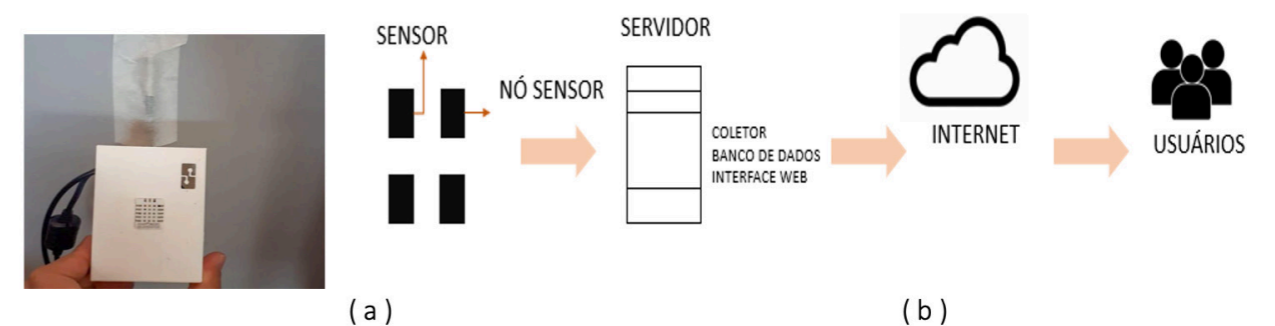
Este Estudo 2 teve como objetivo avaliar o uso de um sistema de monitoramento de baixo custo utilizando hardwares livres e plataformas de IoT Open Source, com o foco no conforto térmico do usuário em edificações. O conceito de Internet das Coisas (IoT) propõe que os sistemas computacionais a serem desenvolvidos sejam conectados à rede mundial de computadores (Internet) como um dos recursos para a coleta e armazenamento de informações. A ideia é sistematizar a maneira como as informações coletadas podem ser analisadas e utilizadas para as tomadas de decisões nas situações encontradas durante as medições e monitoramento.

Para esta pesquisa foi construído um sistema embarcado e instalado no galpão do Laboratório de Ideias, Prototipagem e Empreendedorismo da UFG, na cidade de Goiânia-GO (Figura 9). O desenvolvimento do protótipo do sistema testado (Figura 10-a) procurou dar ênfase em componentes acessíveis no que diz respeito ao custo. A Figura 10-b ilustra o fluxo de funcionamento do protótipo.

O protótipo foi desenvolvido para medir a temperatura do ar, umidade, ponto de orvalho, índice de calor e temperatura superficial interna de uma parede em alvenaria de bloco cerâmico de seis furos, rebocada nos dois lados e pintada com cor clara, localizada na fachada norte da edificação. O monitoramento buscou avaliar o conforto térmico dos usuários sem a utilização de sistemas de refrigeração, durante o período de clima quente e seco.

O protótipo foi construído com o uso de um microcontrolador ESP 8266 3.3V, com módulos wi-fi. O sistema utilizou dois sensores, um Dht22 e um Ds18b20 (sensor de temperatura com precisão de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  entre  $-10^\circ\text{C}$  e  $+85^\circ\text{C}$ ). O sensor Ds18b20 foi utilizado para medir a temperatura de superfície.

Figura 9: (a) Protótipo; (b) Esquema de funcionamento do protótipo.



Fonte: Gonçalves; Nunes e Rodrigues (2020)

Figura 10: Fachada do Galpão de Produção do IPElab.



Fonte: Gonçalves; Nunes e Rodrigues (2020)

O sistema foi conectado à rede de Internet. Após a leitura, os dados foram enviados para uma plataforma ThingSpeak de IoT, para seu armazenamento e posterior análise. O case foi construído com o uso de impressora 3D, reforçando as possibilidades de construção de sistemas personalizados e de baixo custo.

A título de exemplificação, a Figura 11 apresenta os dados coletados no monitoramento do conforto ambiental. Os valores referentes à temperatura indicam que, no período dos dias 5 a 8 de outubro, as temperaturas internas oscilaram entre 32°C e 36°C. As medições de umidade relativa do ar registram uma média acumulada abaixo de 33%, com variações oscilando entre os percentuais de umidade de 28% e 40%. Ademais, as leituras referentes à temperatura de contato – sensor acoplado à parede do laboratório – revelaram valores em média na faixa dos 28°C, ilustrando que a temperatura do ar interno é superior à temperatura das superfícies das vedações, demonstrando que o fator de aquecimento pode ter grande relação com

a cobertura, as aberturas da edificação e o calor emitido pelos equipamentos em funcionamento.

O índice de calor, medida para definir qual a intensidade do calor que uma pessoa sente de acordo com a variação de umidade e temperatura, aponta valores altos ao longo do período hora/sol, registrando valores acima de 36,5°C. O ponto de orvalho medido apresentou uma média próxima de 16°C, demonstrando a necessidade de uma redução muito grande da temperatura do ar para que ocorra fenômenos relacionados à condensação de água dentro do ambiente.

### 3.1 Considerações sobre o Estudo 2

Com a análise dos gráficos do Estudo 2 é possível concluir a existência de um alto nível de aquecimento no ambiente interno do laboratório monitorado. Entende-se que o horário registrado costuma ser mais quente do que os outros períodos do dia, pois o sol está a pino. No entanto, outras causas podem

estar associadas ao calor intenso registrado, como as recentes queimadas que vêm acontecendo na região de Goiás. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram registrados 434 focos de queimada em Goiás, apenas em setembro no ano de 2020, com 48 ocorrências por dia, sendo um período atípico que ocorreu durante os estudos.

O protótipo construído pode ser utilizado no monitoramento das edificações ou estudos de conforto do usuário, desde que os sistemas sejam calibrados de acordo com as normativas. Por duas vezes durante o monitoramento, o protótipo parou de funcionar pelo desligamento inesperado de energia. Para melhorar o dispositivo em questão, sugere-se o uso de baterias caso haja quedas ou oscilações de energia. Em um sistema de monitoramento ambiental a perda ou suspensão dos dados pode ser crucial para o papel ao qual foi construído. Ademais, o protótipo viabilizou análises do ambiente interno do laboratório onde foi instalado, de acordo com a sua função prevista, permitindo a elaboração e a tomada de medidas corretivas, de acordo com os valores obtidos.

### 4. Estudo 3: medição e monitoramento do clima urbano em Zonas Climáticas Locais

O Estudo 3 concentrou-se no desenvolvimento de Zonas Climáticas Locais (ZCLs). Esse método de

classificação leva em consideração dados detalhados de cada recorte de estudo, visando uma análise minuciosa das intempéries climáticas e os fatores que as impulsionaram, corroborando com soluções específicas e efetivas. Para este estudo, buscou-se construir um método de coleta móvel, personalizável, simples e acessível, onde seja possível realizar o levantamento e armazenamento dos dados necessários para a classificação das ZCLs. Para isso, o recorte analisado no estudo piloto foi o Campus Samambaia da UFG, localizado na cidade de Goiânia-GO (Figura 12). O local foi escolhido por possuir áreas distintas na malha urbana, configurando a possibilidade de diferentes valores ambientais em uma pequena parcela urbana.

A pesquisa foi dividida em quatro etapas principais, sendo elas: definição do polígono de estudo, levantamento de campo, sistematização dos dados para produção de mapas e publicação dos resultados. Para o levantamento de dados, foi construído um sistema embarcado móvel constituído de um microcontrolador Arduino UNO, um sensor de temperatura e umidade DHT22, um módulo GPS NEO6M, um módulo de leitor e gravador de dados SD para função de datalogger e uma bateria de 9V (Figura 13). O case foi feito em madeira compensada com o auxílio de uma máquina de corte a laser (CNC a laser) do laboratório de prototipagem (IPElab) da UFG.

Figura 11: Gráficos das variáveis medidas no período de monitoramento.



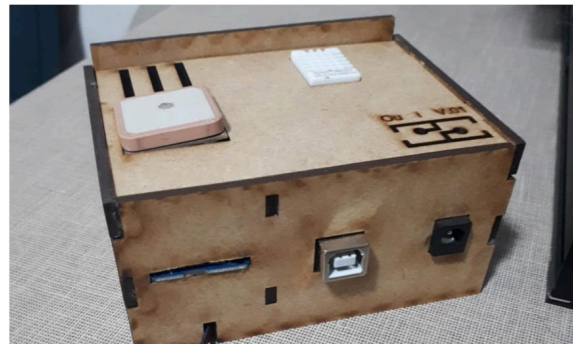
Fonte: Gonçalves; Nunes e Rodrigues (2020)

Figura 12: Mapa do Campus Samambaia (UFG).



Fonte: Gonçalves; Engel e Ferrarez (2021)

Figura 13: Protótipo do medidor de variáveis móvel.

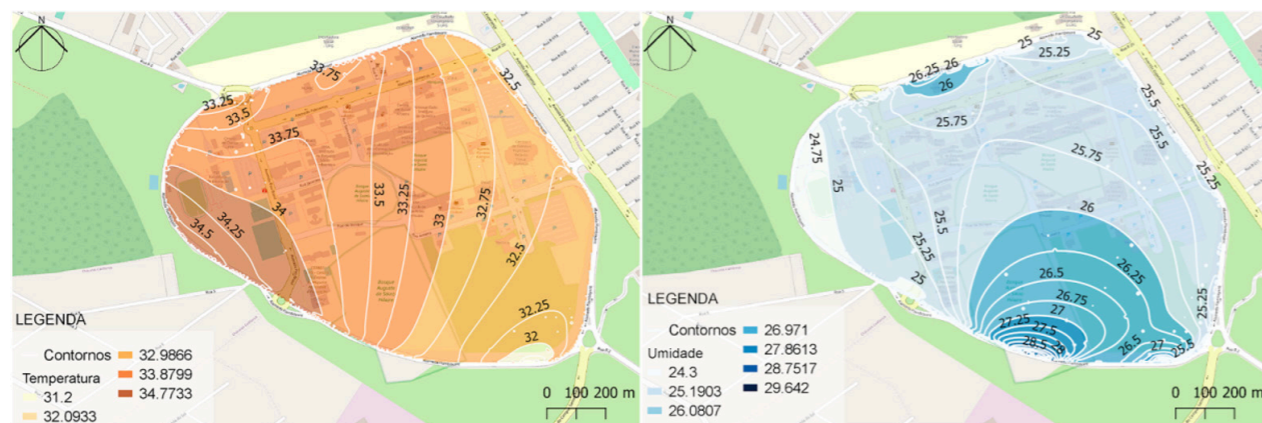


Fonte: Gonçalves; Engel e Ferrarez (2021)

A programação do sistema foi feita no IDE (Integrated Development Environment) do Arduino, com a gravação programada a cada 15 segundos. A coleta de dados gerou um conjunto de informações sobre cada ponto, como horário da coleta, latitude e longitude, precisão, altitude, velocidade, temperatura e umidade. Levando em conta que atualmente não existem equipamentos semelhantes no mercado com tais funcionalidades, o protótipo apresenta-se como uma inovação no campo de coletas de dados.

Na etapa de sistematização dos dados e produção de mapas houve a classificação dos dados da coleta de campo e o posterior processamento em softwares que atuam com sistemas SIG/GIS, neste caso, o Quantum Gis (QGis). Para a etapa de publicação dos resultados, utilizou-se, dentro do programa QGis, o plugin Qgis2Web, que permite a exportação dos mapas para a Web, e sua posterior programação e publicação no site <http://www.labam.dev/mapa>. A partir do mapa construído é possível identificar os dados de temperatura e umidade, conforme observa-se na Figura 14.

Figura 14: Resultado da interpolação dos dados de temperatura e umidade na área monitorada.



Fonte: Gonçalves; Engel e Ferrarez (2021)

#### 4.1. Considerações sobre o Estudo 3

Com o estudo realizado foi possível determinar algumas zonas climáticas, levando em consideração áreas com a mesma variação térmica e mesma variação de umidade. Consta-se a relevância dos resultados, apesar do recorte de estudo ser de pouco mais de 117 hectares, considerado pequeno em comparação a área total da cidade de Goiânia. As variações apresentadas são bem significativas, com a temperatura máxima de 34,7°C e a mínima 31,2°C, e umidade entre 24,3% e 29,6%.

Destaque-se a possibilidade de criação de equipamentos personalizados para medições e monitoramento. Esses aparatos oferecem diversas oportunidades quanto às melhorias de métodos de coleta e análise de dados climáticos das Zonas Climáticas Locais e mostraram-se como ferramentas importantes para análises específicas e conclusivas desde a micro até a macro escala.

A proposta da divulgação dos mapas na Internet visa o compartilhamento dos resultados de pesquisa para que os dados possam ser transformados em informações para planejadores urbanos e gestores, a fim de subsidiar estudos futuros.

#### 5. Considerações finais

Os estudos conduzidos no âmbito da Iniciação Científica mostraram que a experimentação empírica associada à dimensão da realidade digital pode ser aplicada com êxito no nível da graduação, motivando o aluno a ser autor do seu processo criativo e condutor da sua própria aprendizagem. Ao professor

orientador cabe tecer a teia de conexões para que o aluno consiga rapidamente estabelecer as relações colaborativas e os ambientes de compartilhamento de ferramentas, conteúdos e experiências.

Os experimentos realizados com medições das variáveis climáticas com sensores e monitoramento em campo do clima urbano, do clima interior e do comportamento higrótérmico dos sistemas construtivos, revelaram o potencial para os estudos aplicados, associando diversas abordagens, estratégias e análises. Os estudos desenvolvidos foram bem-sucedidos, graças ao compromisso dos pesquisadores – egressos e professores – em assumirem o papel de facilitador, acelerando o processo de aprendizado dos jovens iniciantes na pesquisa científica, ao colaborar com a transferência das lições aprendidas – caminhos percorridos, achados de pesquisa, dificuldades e limitações –, inclusive as lacunas das experiências vivenciadas.

A cultura maker contribuiu para os processos descritos neste capítulo, principalmente na elaboração e construção de diversas possibilidades de sistemas ou ferramentas de baixo custo. No cenário atual das universidades brasileiras, os recursos destinados à pesquisa são escassos, portanto, recai sobre os pesquisadores o desafio de solucionar e contornar tal situação, desenvolvendo projetos de custo reduzido e franqueáveis.

#### Referências

BARBOSA, M. J.; WEILLER, G. C. B.; LAMBERTS, R. Disposição dos equipamentos para medição da temperatura do ar em edificações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 89-108, 2007.

BRITO, A. C. et al. Necessidade de revisão dos métodos de avaliação do desempenho térmico de edificações no âmbito da Norma NBR 15575 e do SiNAT. In: FABRICIO, M. M.; BRITO, A. C. de; VITORINO, F. (Org.). *Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: conforto ambiental, durabilidade e pós-ocupação*. Porto Alegre: ANTAC, 2017. 398 p.

COELHO, G.; SILVA, H. E.; HENRIQUES, F. Calibrated hygrothermal simulation models for historical buildings. *Building and Environment*, v. 142, p. 439-450, 2018.

DANTAS, A. L. F. Desempenho Higrótérmico de edifício em altura de alvenaria de bloco de concreto em

Brasília-DF: Simulação Computacional e Medições em Campo. In: 25º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Anais [...] 2019.

DANTAS, A. L.; ZANONI, V. A. G. Simulação computacional e medições in loco: um estudo do desempenho higrótérmico em um edifício alto em Brasília. CBPAT 2020 – IV Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Anais ... CONPAT – Associação Brasileira de Patologia das Construções. Online (Fortaleza-Ceará), 2020.

DEWEY, J. Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo, uma reexposição. 4. ed. São Paulo: Nacional, 1979.

GONÇALVES, P. H.; ENGEL, E. R. M.; FERRAREZ, G. O. Construção e validação de sistema móvel de coleta de dados para construção de zonas climáticas. In: ENSUS 2021 - IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2021. Anais ... v. 3. p. 37-48. Florianópolis: UFSC, 2021.

GONÇALVES, P. H.; NUNES, G.; RODRIGUES, M. G. Construção de sistemas de monitoramento de baixo custo integrado ao IoT com foco no Smart Building. 30ª Conferência Anprotec de Empreendedorismo e Ambientes de Inovação, 2020. Anais ... 2020.

GROAT, L. N.; WANG, D. *Architectural research methods*. 2.ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9001: Quality management systems - Requirements. ISO/TC 176/SC 2 Quality systems, 2015.

NUNES, L. S. Estudo do comportamento higrótérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo em Santa Maria-DF. 25º Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Brasília. Anais ... 2019.

PAULA, B. B.; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, T. Análise da crescente influência da Cultura Maker na Educação: Revisão Sistemática da Literatura no Brasil. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, v. 7, e134921, 2021.

RIBEIRO, L. A. M. *Curiouserlab: uma experiência de letramento informacional e midiático na educação*. 2016. 412 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to

the Global Observing System: n. 488. 10. ed. Geneva, 2017.

ZANONI, V. A. G. et al. Estudo higrotérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo. Ambiente Construído, v. 20, p. 109-120, 2020.

## Ensino de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Design Circular em Arquitetura e Urbanismo: Resultados de Pesquisa-Ação no curso da Unicamp

**Vanessa Gomes**

Universidade Estadual de Campinas, vangomes@unicamp.br

Entre 2013 e 2020, a disciplina Arquitetura e Construção Sustentável, no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), alcançou aproximadamente 240 estudantes regulares, e experimentou diferentes abordagens de conteúdo. O aprofundamento inicial em certificações de edificações foi gradualmente reduzido, enquanto o foco em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) aumentava. Desde 2017, a disciplina passou a ter como projeto semestral a realização de ACV de edificações. Iniciando por edificações escolares, considerou-se, de maneira integrada, a simulação de energia operacional e a análise dos impactos incorporados nos materiais, construção, uso e fim de vida. Este capítulo enfatiza a pesquisa-ação realizada nas ofertas da disciplina em 2019 e 2020, sendo a última delas, já impactada pelas circunstâncias de pandemia. A partir da edição de 2019, os tópicos teóricos em pegada ecológica, ACV e projeto para economia circular foram fixados por exercícios de complexidade incremental que culminavam num projeto semestral. A complexidade do objeto de projeto foi controlada, para oferecer a oportunidade de explorar percepções oferecidas pela ACV e pelo rastreamento de metas de design circular, impostas como objetivos prioritários de projeto, no redesenho e otimização da solução proposta. Isto finalmente abriu espaço para a realização de um ciclo completo de análise-síntese-análise, tão valioso para a atividade de projeto. Por fim, discute-se melhorias alcançadas e vislumbradas para o futuro, pela disponibilização de uma ferramenta automatizada para facilitar a realização de ACVs e permitir redirecionar a ênfase para experimentações de projeto.

**Palavras-chave:** Ensino de graduação. Arquitetura e urbanismo. Avaliação de Ciclo de vida (ACV). Economia circular. Cradle to Cradle (C2C).

### 1. Introdução

Entre 2013 e 2020, a disciplina AU701 | Arquitetura: Projeto e Construção sustentável, no curso de Arquitetura e Urbanismo (AU) da Universidade de Campinas (UNICAMP), alcançou aproximadamente 240 estudantes regulares, e experimentou diferentes abordagens de conteúdo. O foco inicial em certificações ambientais foi gradualmente incorporando aspectos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Com o tempo, o aprofundamento em certificações – sempre mantido a pedido dos discentes – foi gradualmente reduzido e o tema passou a ser explorado no formato de aula teórica complementada por seminário discente, enquanto o foco em ACV aumentava.

Nas edições de 2013 e 2014, houve clara ênfase em avaliação ambiental de edificações. Os ciclos de Pesquisa-Ação (AR, do acrônimo em inglês Action Research) referentes a 2015 e 2016 evidenciaram que apesar da dedicação dos alunos, o projeto final precisava de mais tempo, preferencialmente em sala de aula. Essa limitação é particularmente delicada em cursos noturnos, como o da UNICAMP, principalmente para estudantes cursando os últimos anos, quando praticamente todos já estagiam ou trabalham e a disponibilidade para encontro presencial se torna

muito restrita. Como resultado, em 2017, o número de aulas teóricas foi reduzido para destinar sete aulas para o projeto semestral. Naquela oferta, os discentes foram expostos, pela primeira vez, à realização de ACV de edificação completa e de simulação computacional de energia para estimar o desempenho ambiental de um projeto escolar público padrão, mas simulado em climas diferentes. Em 2018, repetiu-se a temática do edifício escolar-padrão, desta vez do Fundo Nacional para Desenvolvimento da Educação (FNDE) ([www.fnde.gov.br](http://www.fnde.gov.br)<sup>1</sup>), estudado da perspectiva de ciclo de vida completo, incluindo tanto impactos operacionais quanto aqueles incorporados em materiais, construção, uso e fim de vida útil.

Este capítulo enfatiza o desenho e os resultados referentes às duas ofertas seguintes - 2019 e 2020 - dedicadas à inclusão de objetivos de projeto para economia circular. A última edição foi ministrada remotamente, devido às circunstâncias de pandemia. Estas duas experiências correspondem à quarta etapa de uma pesquisa-ação com oito anos de duração, descrita por Gomes (2022) como “Atraindo borboletas”, em referência ao “Butterfly diagram” proposto pela Ellen McArthur Foundation (2019).

Uma pesquisa-ação é um método interativo e cíclico de coleta de informação. A “Ação” refere-se

1 Parte do Plano de Ações Articuladas (PAR), uma estratégia de assistência técnica e financeira, iniciada em 2007 pelo Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação, para o planejamento plurianual das políticas de educação, visando a ampliação da oferta, permanência e melhoria das condições escolares.

à intervenção numa prática existente em contextos sociais específicos (por exemplo, uma oferta de disciplina) para promover a mudança e a melhoria. A “Pesquisa”, por sua vez, envolve a observação e análise sistemática das mudanças devidas a intervenções específicas. Este ciclo oferece oportunidades para explorar práticas de ensino, desenvolvimento curricular e comportamento dos estudantes num ambiente real de ensino-aprendizagem, com reflexão contínua para melhorar os processos (KOWALTOWSKI et al., 2019).

A pesquisa-ação é basicamente um processo em espiral (Figura 1), com etapas variáveis que normalmente começam com a identificação de um problema (1), seguido pela postulação de soluções potenciais, a partir das quais um plano de ação é elaborado (2) e implementado (3). A etapa de observação compreende a coleta de dados e a análise de resultados (4). Depois disso, todo o processo de AR é refletido em (5): o problema é reavaliado e os resultados são interpretados para verificar o sucesso da intervenção. Um novo ciclo pode então começar, até que o problema seja resolvido, permitindo que os pesquisadores sejam parte ativa de uma experiência (KOWALTOWSKI et al., 2019).

## 2. Método

Para identificar dinamicamente as lacunas e responder aos pontos fortes e fracos das soluções propostas, aplicamos a AR como um estudo formativo do progresso. Por ser amplamente percebida como uma abordagem viável para ajudar os instrutores a

desenvolver sua prática de ensino enquanto aprimora sua competência profissional, a AR tem sido cada vez mais aplicada em instituições de ensino superior (ZUBER-SKERRITT, 1992; KEMBER; KELLY, 1993; ADAMSON, 2010), incluindo temas relacionados à sustentabilidade (JOHNSTON, 2007; KOWALTOWSKI et al., 2019; UGAYA et al., 2020).

Dentre as perguntas que embasaram esta investigação, destacam-se quatro questionamentos amplos:

- Quais os conteúdos teóricos mínimos e suficientes para transmissão da base necessária para o desenvolvimento dos exercícios e do projeto semestral (de forma a liberar o máximo espaço para aplicação no desenvolvimento de projeto e sua avaliação)?
- Qual a carga horária e dinâmicas de ensino-aprendizagem mais adequadas para sensibilização e capacitação em modelagem de ciclo de vida compatível com estudantes de Arquitetura e Urbanismo e com aplicação a edificações?
- Como despertar a percepção e estimular a dinâmica entre estimativa de desempenho e retroalimentação do processo decisório durante o desenvolvimento de projeto?
- Como equilibrar avaliações formativas e somativas para assegurar apreensão de conceitos e desenvolvimento de competências esperadas? Quais focos tais avaliações deveriam ter?

E, mais especificamente, nas duas últimas ofertas:

- O formato concentrado e o conteúdo de aulas teóricas é adequado e suficiente para apoiar o desenvolvimento dos projetos semestrais?
- Qual o melhor balanço entre complexidade e abrangência de modelagem para o projeto semestral?
- Como facilitar a familiarização inicial/sala de aula invertida para tópicos iniciais dos discentes com os temas da disciplina e assegurar a efetiva integração de ACV ao processo projetual?

A introdução de apresentação preliminar auxilia na identificação de aspectos críticos, desvios de compreensão e modelagem do problema, pontos fortes, dificuldades e erros de interpretação, e oportunidades de melhoria do projeto, assegurando que seja efetivamente informado e refinado a partir de resultados de desempenho ambiental?

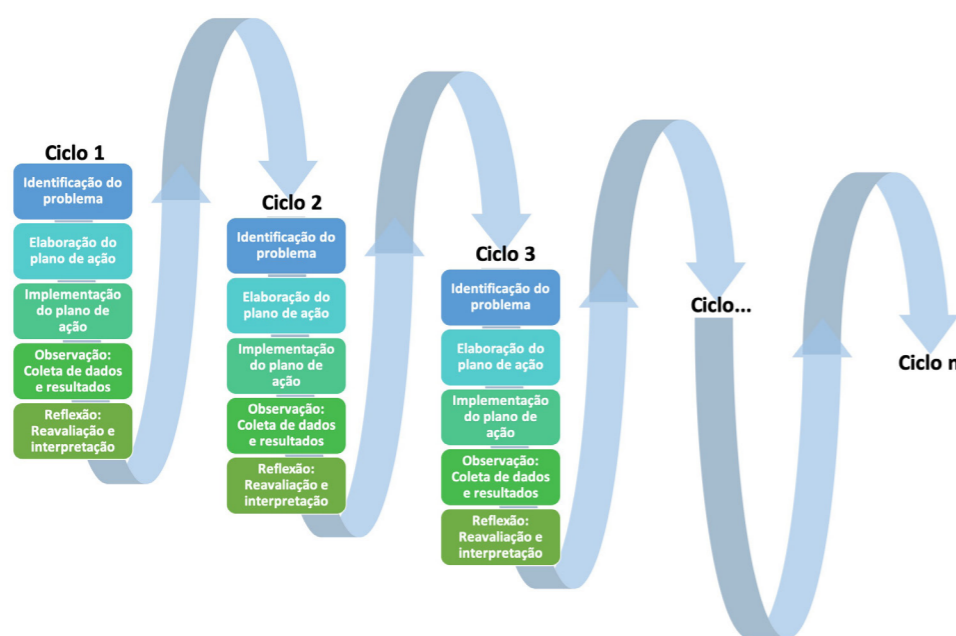
Este recorte da pesquisa envolveu 64 estudantes que cursaram a disciplina no período em tela. Em cada ano do estudo, o ciclo de AR compreendeu o protocolo de cinco etapas descrito anteriormente. Os instrumentos de avaliação utilizados na pesquisa englobaram a avaliação cruzada da equipe de ensino e dos discentes. A avaliação pelas docentes ocorreu ao longo e logo após cada oferta. A avaliação discente consistiu na discussão informal e feedback em sala de aula no início e no encerramento do curso, além de convite para preenchimento de questionários de avaliação on-line enviados para alunos das duas turmas, para estimular a reflexão quanto ao progresso de aprendizagem. A confiabilidade foi reforçada pela repetição da aplicação do instrumento. O primeiro questionário (diagnóstico inicial) avaliava a base de conhecimento do processo de projeto dos alunos que cursaram a disciplina em 2019 e 2020. Já o segundo questionário (avanço de conhecimento e desenvolvimento de habilidades) foi aplicado também aos alunos que cursaram a disciplina em 2018, como calibração adicional. O questionário foi pré-testado para a compreensão das perguntas antes das aplicações. O conteúdo corresponde aos critérios de avaliação do curso.

## 3. Avaliação de ciclo de vida (ACV): aplicação a edificações completas e estado de informações para ensino na graduação

A ACV é uma técnica para avaliar os impactos ambientais desde a extração dos recursos naturais até o descarte final de um produto ou serviço (ISO, 2006) (Figura 2a). Para se quantificar os impactos ambientais, considera-se todas as interações dos fluxos de materiais e energia com o ambiente (aspectos ambientais) que acontecem durante o ciclo de vida do produto. A fronteira do sistema do produto identifica quais processos e fases do ciclo de vida estão compreendidos pelo estudo de ACV, sendo que o mais recomendado é analisar o ciclo completo, configurando um sistema do berço ao túmulo ou “cradle-to-grave” (Figura 2b).

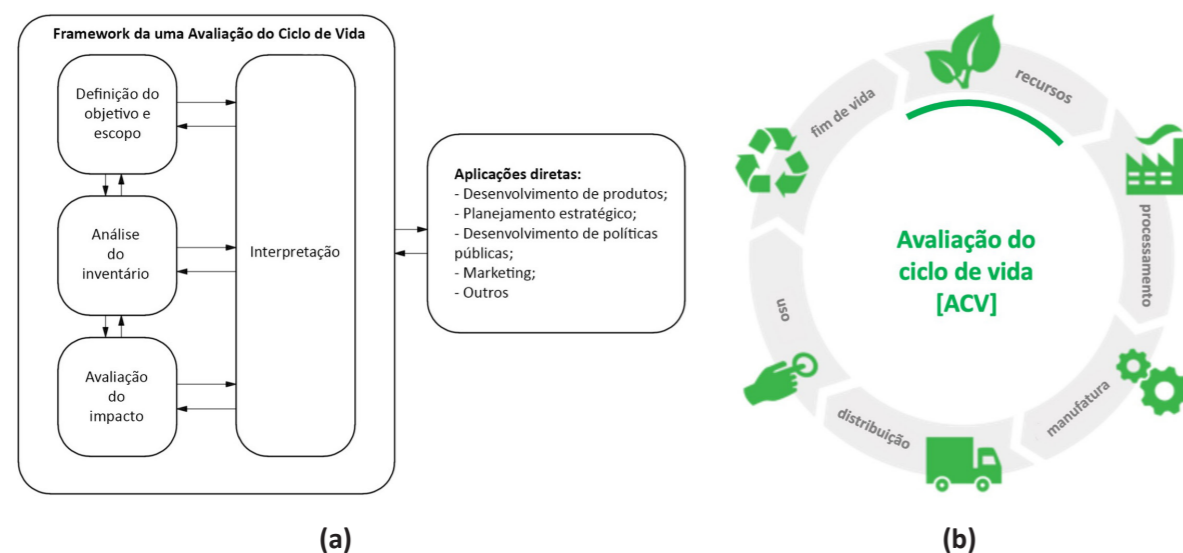
Quando se aplica ACV a edificações (ACVed), é preciso considerar não só os estágios do ciclo de vida dos produtos que a compõem (Figura 3a), mas o ciclo de vida da edificação em si (Figura 3b). A norma europeia EN 15978:2011 (CEN, 2011) é a principal referência para a realização de estudos na escala da edificação, enquanto a norma EN15804+A1:2013 (CEN, 2013) orienta a produção de declarações ambientais de produtos de construção.

Figura 1: Ciclos de uma pesquisa-ação



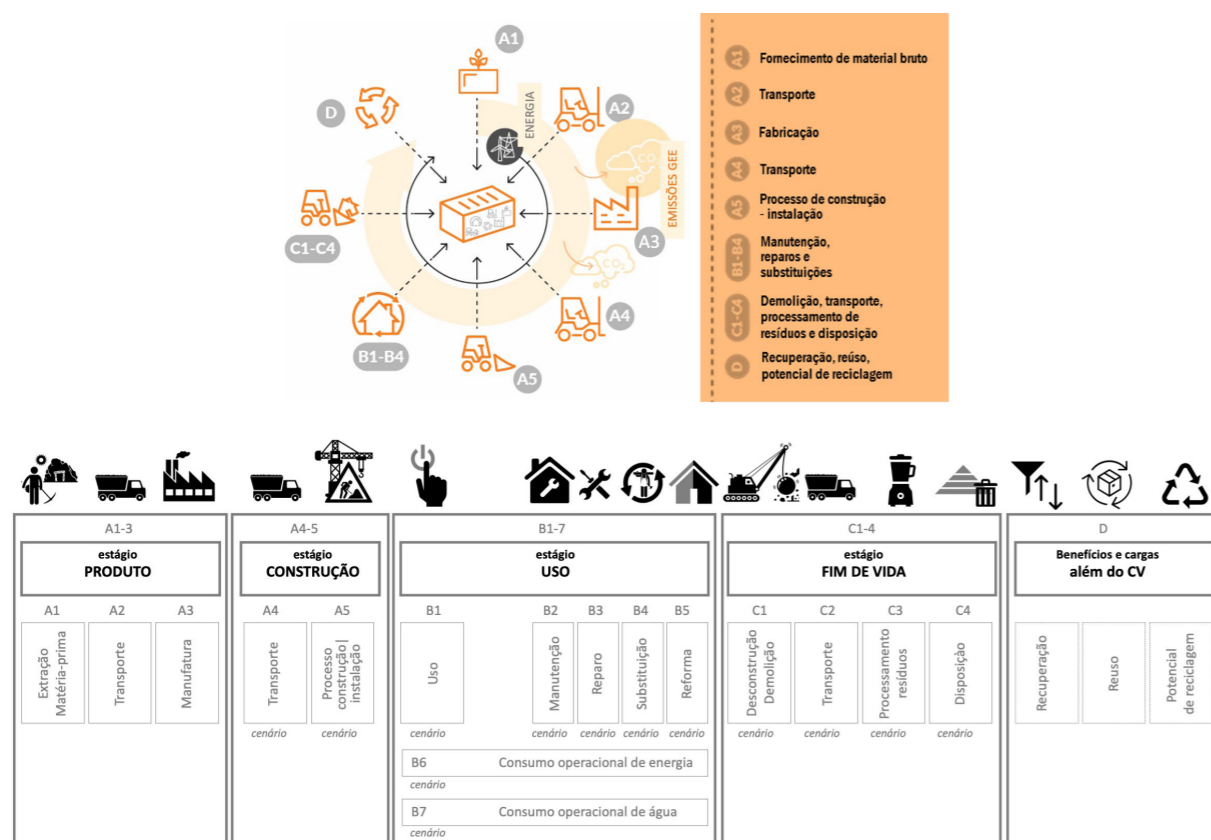
Fonte: Gomes (2022)

Figura 2: Etapas de uma ACV segundo a norma ISO 14040:2006 (a) e ciclo de vida de um produto a ser inventariado em uma avaliação (b).



Fontes: ISO 14040:2006 (ISO, 2006) (a) e autoria própria (b).

Figura 3: Estágios de ciclo de vida de um produto de construção (a), segundo a norma EN15804+A1:2013 (CEN,2013), segue a estrutura modular proposta na norma EN 15978 (CEN, 2011), para edificações (b). Os estágios B5, B6 e B7 aplicam-se apenas a edificações. O chamado “Módulo D”, referente a benefícios e cargas ambientais para além do ciclo de vida estudado, pode ser relatado, separadamente, independentemente da escala de avaliação.



Fonte: IEA EBC Annex 57 (PASSER, 2016) e CEN (2013) (a) e CEN (2011) (b)

As últimas três ou quatro décadas testemunharam uma ênfase em eficiência energética. Com a redução substancial do consumo operacional de energia proporcionado, por exemplo, pela Diretiva Europeia de desempenho energético de edificações (Diretiva 2010/31/UE, Diretiva 2012/27/UE), o impacto incorporado tornou-se proporcionalmente mais importante (GOMES et al., 2018, VILCHES; GARCIA-MARTINEZ; SANCHEZ-MONTAÑES, 2017; SEO et al., 2016), e estudos recentes concentram-se cada vez mais na redução simultânea de energia operacional e dos impactos incorporados (BIRGISDOTTIR et al., 2017; CABEZA et al., 2013).

Para edifícios novos ou retrofits, a notável redução do impacto operacional em climas temperados e frios ocorria, normalmente mediante a adição de materiais isolantes, por exemplo, que traziam uma contribuição importante de impactos literalmente presos aos edifícios.

Este período foi amplamente inspirado pela participação no IEA EBC Annex 57, um consórcio internacional de pesquisa instituído em 2011 no âmbito do Programa de Energia em Edificações e Comunidades (EBC), da Agência Internacional de Energia (IEA), que tratava exatamente de procedimentos para estimativa de energia e emissões incorporados e respectivos indicadores (SEO et al., 2016; LÜTZKENDORF; BALOUKTSI, 2016). Dentro da sala de aula, os alunos ganhavam novas competências para além das certificações, ao se familiarizarem com mais esta discussão na fronteira do conhecimento internacional, e com o SimaPro, uma das plataformas de ACV mais utilizadas mundialmente. Os estudantes eram expostos a esta ferramenta nos exercícios de fixação, mas não a utilizavam no projeto semestral: em função do tempo restrito, a equipe docente fornecia os coeficientes de impacto dos materiais utilizados nos projetos e nas propostas de intervenção.

O principal ponto forte de uma ACV está justamente na possibilidade de se examinar o ciclo de vida inteiro, para evitar o risco de transferência de impactos de uma etapa a outra. Imagine o leitor que apenas dois materiais concentrem cerca de 88% da massa numa edificação. Isto já daria uma boa indicação da importância destes dois itens. Agora, considerando o número de reposições e intervenções de manutenção, cuja necessidade é uma função da vida útil dos componentes relativamente ao sistema estrutural da edificação, vários outros itens podem se tornar relativamente relevantes também. O mesmo se aplica ao fim de vida: a falta de alternativas viáveis

para evitar disposição em aterro também pode colocar vários materiais como pontos de atenção. Estas percepções se perdem se apenas o estágio de produto for considerado.

Uma ACV fornece estimativas de impactos em várias categorias simultaneamente, e isto é verdadeiramente essencial. Uma edificação é, da perspectiva da ACV, uma coleção de materiais, em uma coleção de componentes e elementos construtivos. Alguns deles têm impacto importante em termos de energia e emissões, enquanto outros – como o cobre e outros metais – não se destacam tanto nestas categorias, mas têm impactos importantíssimos em termos de toxicidade humana e de ecossistemas. Ao se limitar a análise a apenas duas categorias, esta percepção se perde e arrisca-se a descobrir, mais adiante, que coisas muito importantes foram ignoradas.

Por ser uma técnica muito intensiva no uso de dados, numa ACV trabalha-se, conceitualmente, com dados em primeiro e em segundo plano. Colocando de maneira simplificada, dados de primeiro plano são os dados de interesse da análise, sobre os quais se pode intervir na tomada de decisão. Já os dados de segundo plano apoiam a análise de interesse ao completar em base de dados de inventários de ciclo de vida. O problema é que não havia dados de produtos nacionais nem de primeiro, nem de segundo plano inseridos nas grandes bases de dados.

Em 2017, um pequeno financiamento vindo da Suíça permitiu que um consórcio de instituições de pesquisas brasileiras se juntasse para produzir os primeiros conjuntos de dados de produtos de construção nacionais a serem disponibilizados na Ecoinvent, a base de dados secundários de inventário de ciclo de vida mais utilizada mundialmente em estudos de ACV (SILVA et al., 2018<sup>2</sup>). Esta foi uma contribuição fundamental, pois, a partir daquele momento, avaliações sobre produtos brasileiros poderiam usar dados nacionais, em vez de datasets genéricos chamados de “resto do mundo” (ROW) disponibilizados na base de dados, mas que revelam um nível muito baixo de conhecimento da realidade local.

2 Clínquer, cimento (de acordo com os tipos de cimento aplicáveis a cada país) e concreto (várias dosagens), para Brasil, Peru e Colômbia; e areia, brita, escória granulada de alto-forno, argila calcinada, concreto reforçado com fibras e bloco de concreto, somente para o Brasil.



#### 4. Inserção e consolidação do tema na disciplina (2017-18)

Toda a fase inicial da pesquisa-ação reflete amplamente a participação nas atividades do IEA EBC *Annex 57* (2012-2016), consórcio internacional de pesquisa vinculado ao Programa Energia em Edificações e Comunidades (EBC) da Agência Internacional de Energia (IEA) dedicado ao estudo de energia e carbono incorporados em edificações.

A esta altura, a ACV estava definitivamente inserida no plano de curso, e era necessário que os estudantes a conhecessem melhor. Em alinhamento ao avanço proporcionado pelas atividades de pesquisa nacionais, os estudantes da disciplina trabalhavam com estes mesmos dados, já coletados para o contexto brasileiro. A hipótese foi que os estudantes precisavam menos de um professor e mais de tempo para experimentar em ambiente de ensino-aprendizagem. As aulas teóricas foram reduzidas para cerca de 50% da carga horária. Adicionalmente, houve uma mudança substantiva no projeto semestral, e os estudantes passaram a construir uma planilha de dados do zero e a realizar a avaliação operacional de energia, utilizando um *software* simples (*Sefaira*), suficiente para assegurar alguma base para discussão, sem criar uma complexidade que sobrecarregasse as equipes.

Na edição de 2017, os estudos de caso consistiam em projetos da Escola-Padrão da prefeitura Rio de Janeiro e, projetos-padrão do Fundo Nacional para Desenvolvimento da Educação (FNDE) ([www.fnde.gov.br](http://www.fnde.gov.br)), supondo pares de projetos iguais implantados nas cidades do Rio de Janeiro e de Campinas. O objetivo era demonstrar a influência do clima e logística de fornecimento induzidos pela localização dos projetos, com dois focos principais. Primeiro, na colaboração e trabalho de equipe, e no desempenho de papéis predeterminados e que reproduziam uma organização real de trabalho: em cada equipe, havia um grupo de analistas e outro de simuladores. O segundo foco era na comparação de resultados com base em ACV: eles faziam o diagnóstico, propunham a intervenção e avaliavam novamente. Com este escopo já intenso, não se propunha intervenção no projeto original.

Para equilibrar o trabalho demandado com o período disponível para o projeto semestral e permitir o enfoque desejado nas análises e discussões, a equipe docente (docente + assistente(s) de ensino) fornecia os coeficientes de impacto dos materiais listados para a versão do projeto em estudo, e eventualmente

realizava as ACVs individuais ainda faltantes. Aos estudantes cabia conduzir as tarefas de simulação computacional e de alimentação da planilha inventário no ciclo de vida da edificação. Equipes de cerca de seis componentes proativamente indicavam aqueles envolvidos em cada atividade, além do coordenador. Além do trabalho intraequipe, os coordenadores de equipe, planilhadores e simuladores realizavam reuniões transversais com seus pares nas equipes estudando o caso em outra cidade, para desenvolvimento das análises comparativas e síntese correspondentes. Como resultado do ciclo de AR, constatou-se que os estudantes adquiriram as competências esperadas, mas restava com pouca reflexão quanto a aplicabilidade e possibilidades de influenciar o projeto e sua utilização.

Desta forma, para o ciclo de AR seguinte, em 2018, manteve-se o foco na colaboração e trabalho de equipe e nos papéis desempenhados, mas especificamente visando gerar informações para informar um decisor, por exemplo, um gestor público que tivesse que escolher – da perspectiva ambiental – entre construir uma escola com 12 salas de aula ou três escolas com 4 salas, com base na aplicação da técnica de ACV.

Se, do ponto de vista do gestor, pode parecer mais atrativo inaugurar três escolas, do ponto de vista ambiental esta seria também a melhor alternativa? Três escolas são três inaugurações, atendem a mais bairros com menos deslocamento, sobrecarregando menos a estrutura viária local, e as cidades normalmente dispõem de mais terrenos menores. Por outro lado, numa escola com 12 salas se aproveita uma mesma infraestrutura básica para atender a um número maior de alunos.

Aos estudantes foi posto o desafio de (i) realizar a simulação energética; (ii) montar a planilha de dados de inventário para os modelos de quatro e de doze salas, com e sem quadra esportiva e, a partir de seus resultados, extrair conclusões para; (iii) subsidiar a opção por um ou outro modelo escolar; e (iv) apontar três pontos críticos que poderiam ser melhorados para reduzir impactos. Este exercício com número restrito de pontos de intervenção objetivava evidenciar os benefícios e consolidar de vez a incorporação da ACV no processo de projeto, diante da limitação de tempo disponível. Adicionalmente, a forma de comunicação de resultados precisa ser tornada compreensível por decisores e outros usuários da informação não especialistas, como o gestor público neste caso.

A planilha de inventário da etapa de produto segue a mesma estrutura clássica consolidada para orçamentos de obras, iniciando pelos serviços preliminares até a cobertura. O inventário da edificação então é completado segundo os estágios seguintes do ciclo de vida: construção, com respectivas perdas; uso, com respectivas manutenções, e fim de vida. Não foram solicitadas as estimativas para além do ciclo de vida em tela (Módulo D).

Assim, foram surgindo percepções como: “... *se eu colocar mais salas, o aumento do impacto é pequeno...*”. Ou: “... *acrescentar uma quadra a uma escola pequena aumenta o impacto em 1/3. Já para uma escola maior, o aumento é apenas de 10%... talvez escolas menores possam compartilhar o equipamento esportivo entre si ou com escolas maiores...*”. Ou, ainda: “... *ao triplicar o número de salas, o impacto não cresce na mesma proporção... há um ganho aparente quando se concentra um número maior de crianças nessas escolas*”. O mesmo podia ser observado para as emissões, evidenciando sua relação de proporcionalidade com o fluxo de energia.

Finalmente, os estudantes identificaram que o tipo de cimento e o material das esquadrias e dos barracões utilizados no canteiro de obras, e fizeram proposições de alteração, que resultariam numa redução de 15% do impacto original, maior até do que a que motivou a discussão sobre tamanho mais apropriado da estrutura escolar. Mais uma vez, novas competências eram estimuladas, para além da avaliação integrada de impactos operacionais e incorporados: agora os estudantes (analistas) também se aprofundavam no uso do SimaPro, e o utilizavam para justificar suas propostas de intervenção sobre o projeto público padrão.

A apresentação final foi realizada simultaneamente por todos os discentes, em um grande grupo, contemplando os resultados individuais de cada equipe e uma metanálise de todos os achados. Estudantes e equipe docente consideraram os resultados excelentes, mas a avaliação de curso ainda apontava o tempo restrito para a realização do projeto semestral, mesmo sendo as ACVs realizadas previamente pelas docentes; e o pouco domínio da técnica e *software* de ACV em si, pelo mesmo motivo.

#### 5. Resultados e discussão

Os dois ciclos de AR aqui enfatizados coincidiram com a participação nas atividades do IEA EBC *Annex 72* (2018-22), que – a partir dos achados do Anexo 57, que o antecedeu – objetiva a harmonização de

procedimentos, estabelecimento de métricas, e desenvolvimento de *benchmarks* para avaliação do ciclo de vida de edificações, sem se limitar àquelas duas categorias de impactos incorporados (energia e emissões) tratadas em seu predecessor, e fornecendo uma imagem ambiental muito mais completa. Em nosso grupo de pesquisa na UNICAMP, por exemplo, costumemente trabalhamos com um conjunto de 13 categorias de impacto, que incluem as categorias obrigatórias para a comunicação de declarações ambientais de produtos de construção, ao lado de algumas outras opcionais relevantes.

Pudemos, então, começar a “atrair borboletas”, isto é: extrapolar o recorte do berço ao túmulo, característico da ACV tradicional, para considerar aspectos do chamado “berço ao berço” (“*cradle-to-cradle*”). Tratados em ACV no “Módulo D” (“Benefícios e cargas além do ciclo”), tais aspectos compõem o cerne do modelo de economia circular, representada pelo “diagrama borboleta” (Figura 4).

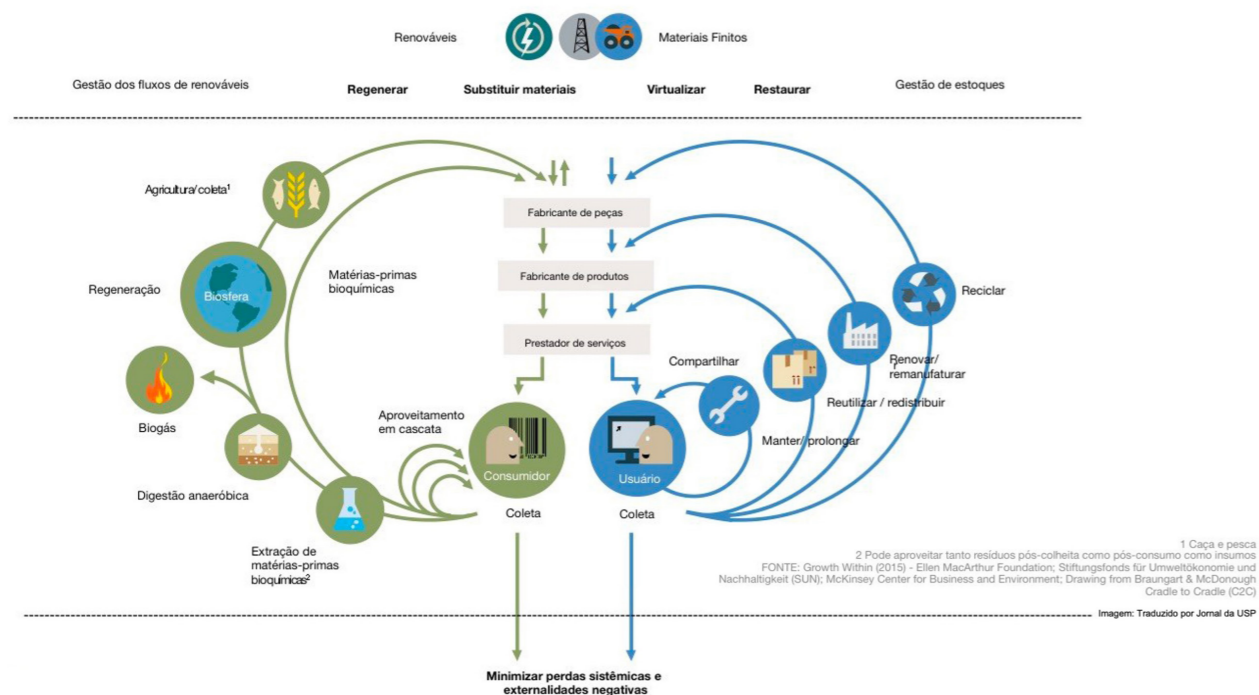
#### 5.1 Inserção de objetivos de design circular

A economia circular distingue ciclos biológicos (à esquerda) e ciclos técnicos (à direita). O consumo ocorre apenas nos ciclos biológicos, onde alimentos e materiais de base biológica (como algodão ou madeira) são projetados para alimentar o sistema através de processos como compostagem e digestão anaeróbica. Estes ciclos regeneram sistemas vivos, como o solo, que fornecem recursos renováveis para a economia. Já os ciclos técnicos recuperam e restauram produtos, componentes e materiais através de estratégias, como reutilização, reparo, remanufatura ou (em último recurso) reciclagem.

Este modelo (STAHEL, 2019) apoia-se em uma série de escolas de pensamento, como o biomimetismo (BENYUS, 1997), o capitalismo natural (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999), a filosofia de design “*Cradle-to-cradle (C2C)*” (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002), a ecologia industrial (LIFSET; GRAEDEL, 2002; GRAEDEL; ALLENBY, 2003), a economia de desempenho (economia funcional de serviços) (STAHEL, 2010) e a abordagem de sistemas de economia azul (PAULI, 2010).

Sustentado por uma transição para fontes renováveis de energia, o modelo circular representa uma mudança sistêmica para gradualmente dissociar a atividade econômica do consumo de recursos finitos, bem como construir capital econômico, natural e social e resiliência a longo prazo, para atender às

Figura 4: Diagrama borboleta



Fonte: Ellen McArthur Foundation (2019). Tradução: Jornal da USP

necessidades das pessoas, dentro dos limites do planeta. Alcançar uma economia circular implica em repensar e redesenhar a maneira como fazemos as coisas, com base em três princípios basilares: primeiro, de eliminar o próprio conceito de resíduos e poluição; segundo, de manter os materiais e produtos em circulação pelo máximo tempo possível; terceiro, regenerar sistemas naturais para sustentar tudo isto.

Ao transferir essas noções para a disciplina, possivelmente a primeira grande surpresa dos estudantes – maior até do que o tamanho da planilha de inventário – é descobrir que reciclagem, do ponto de vista de circularidade, não é a primeira ou a melhor opção. Mas, certamente, o segundo susto é constatar que menos de 9% da nossa economia é circular (CIRCLE ECONOMY, 2020), ou seja: muito pouco dos 92,8 bilhões de toneladas de materiais utilizados no planeta anualmente retorna para usos produtivos. Quase metade desta massa destina-se à construção e manutenção de casas, rodovias e infraestrutura.

Na lógica circular, os produtos são bancos de materiais; cada produto tem o seu valor e, principalmente, as decisões de projeto têm que ser guiadas pelo que acontece depois da vida útil. Para sensibilização dos estudantes, em 2019, introduzimos um exercício investigativo. Nós fornecíamos um *kit* de ferramentas para desmontagem de objetos de uso cotidiano – uma escova de dentes, um fone de ouvido, um radinho a pilha, um carrinho de brinquedo – e averiguação dos

elementos e peças que os compõem, quais são os materiais em cada peça, como é ciclo de vida de cada um deles, se há algum material tóxico envolvido ou alguma ameaça à recuperação destes materiais, e assim por diante. Na edição de 2020, oferecida durante a pandemia, os estudantes gravaram vídeos deste exercício e os carregaram na plataforma de aulas.

A experiência do ciclo AR 2018 apontou para que os estudantes pudessem realizar um projeto do início ao fim, cujo processo de projeto fosse alimentado tanto por conceitos *C2C* e design circular, quanto por informações de ACV, reinseridas dinamicamente no desenvolvimento do projeto. Assim, foram tomadas ações em quatro frentes principais: (1) nova revisão do conteúdo teórico mínimo necessário; (2) controle da complexidade do objeto de projeto, visando ampliar a exploração dos *insights* oferecidos pelos resultados da ACV e da métrica de circularidade selecionada; (3) metas ambientais a serem atendidas para aprovação na disciplina acordadas coletivamente entre docentes e as equipes; e (4) introdução de uma apresentação preliminar, formativa, a fim de permitir discussões transversais em grupo e *feedback* docente para melhorias antes da entrega final.

## 5.2 Ciclos AR 2019 e 2020

Para acrescentar a observação de metas de circularidade (fechamento de ciclos), as aulas teóricas foram reduzidas ao mínimo inevitável, e uma planilha calculadora era fornecida, e bastava que as equipes inserissem os materiais efetivamente utilizados nos projetos. Com isto, desde 2019 foi possível que os estudantes percorressem todas as bases do desenvolvimento de competências esperado: entendimento de ACV e da planilha de inventário; prática da plataforma de ACV, para montar os datasets faltantes e complementar um ou outro item do inventário propositalmente não fornecido; e, principalmente, o foco da única avaliação somativa mantida: um “desafio de design circular” com alimentação do processo decisório, desde o início da concepção do projeto, pelo desempenho ambiental obtido por ACV e por métricas de circularidade.

O conteúdo teórico foi refinado para a melhor aderência ao projeto semestral. Os tópicos teóricos em pegada ecológica; teoria de ACV; tutorial e prática de plataforma específica para ACV (*SimaPro*); ACV de edificações completas; ACV em escala meso-urbana; e projeto para economia circular / *C2C* – foram fixados por exercícios de dificuldade incremental que culminavam no projeto semestral. A complexidade do objeto de estudo foi controlada ao limitar o número de materiais/processos a modelar, para permitir maior familiarização com a modelagem no *SimaPro*, sem superonerar o tempo disponível para desenvolver o projeto semestral.

O escopo do projeto semestral (“desafio de design circular”) foi definido a partir de demanda identificada pelos próprios estudantes durante a discussão no seminário sobre estudo de viabilidade para certificação ambiental, que enfocou as instalações do edifício de sala de aulas da Faculdade. O objeto escolhido foi uma estrutura coberta no acesso principal à Faculdade, combinando funções de vigilância e espera de transporte coletivo. A estrutura deveria observar metas de design circular (o máximo possível de fechamento de ciclos dos recursos), ao menor impacto possível no ciclo de vida. Do ponto de vista didático, esse objeto era suficientemente simples, com número limitado de materiais, cujas ACVs poderiam ser realizadas dentro do tempo programado e auxiliar na fixação do conteúdo teórico e do uso de *software* específico. Pela natureza do objeto a projetar, a necessidade de simulação energética foi automaticamente suprimida. As metas ambientais a serem atendidas para aprovação na disciplina

foram acordadas coletivamente entre docentes e as equipes. A superação das metas acordadas definiria uma competição saudável pelo reconhecimento conjunto do melhor projeto, a ser apresentado para a diretoria da Faculdade, para apreciação.

Como de praxe, a equipe docente forneceu uma lista bastante completa de materiais com coeficientes de impacto pré-calculados, eventualmente realizando as ACVs faltantes para a versão do projeto em estudo. Aos estudantes cabia conduzir as tarefas de simulação computacional e de alimentação da planilha inventário no ciclo de vida da edificação, que embasavam as análises comparativas. Equipes de cinco a seis componentes organizaram-se nos papéis de projetistas, consultores ambientais e um coordenador. Além do trabalho intra-equipe, coordenadores de equipe e consultores ambientais (planilhadores) poderiam realizar reuniões transversais com seus pares das demais equipes, para desenvolvimento das planilhas de análise. Como desta vez os alunos realizariam as ACVs dos materiais, depois de se assegurar quanto à fixação dos conceitos e cálculos envolvidos, o balanceamento feito pelos instrutores consistiu no fornecimento de uma planilha contendo as fórmulas de cálculo para inventário de ciclo de vida. A montagem da planilha de inventário do zero ainda era solicitada, mas, assim que a avaliação formativa confirmava a fixação de conhecimento, a calculadora, que consumia muito tempo em sua preparação, era repassada às equipes.

O desafio de projeto circular (*Circular design Case*) foi inspirado na “*Circular Design Learning Journey*” desenvolvida pela *Ellen McArthur Foundation*, em associação à companhia global de design IDEO. O objetivo do exercício era oferecer uma experiência de aprendizado desafiando os estudantes a repensar sua visão de projeto (produtos, serviços e sistemas) para uma economia circular. O *briefing* compreendia entender produtos pela exploração do sistema de que ele faz parte, e imaginar como produto e sistema poderiam ser redesenhados de acordo com os três pontos principais da economia circular:

- Eliminar cargas ambientais através do projeto;
- Manter produtos e materiais em uso; e
- Regenerar sistemas naturais.

A apresentação do *Circular Design Case* introduzia a missão dos estudantes (projetar sob a lógica circular e aferir os impactos ambientais resultantes);

o objeto de projeto e as regras a observar. No caso de 2019, o objeto foi a atualização ambiental do ponto de vigilância no acesso frontal da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da UNICAMP. Como regras:

- A função de suporte de vigilância (guarita) deve ser preservada, com possibilidade de acréscimo de novas funções como bicicletário e espaço abrigado, área de vivência e interação, espera de vans, entre outros;
- A área utilizável era livre, desde que coubesse fisicamente no espaço externo da faculdade.
- Cumprimento dos requisitos de Projeto Circular, indicado pela parcela de ciclos fechados de materiais, dentre o total de materiais utilizados; e
- Demonstração do desempenho ambiental através de ACVs realizadas para uma síntese preliminar de projeto (*baseline*), e durante revisões de projeto até chegar à proposição final.

• Submissão de:

1. Mapeamento do sistema de interesse (diagrama de influência), ressaltando o limite do sistema e as oportunidades de circularidade; as forças que eventualmente impeçam aderência a economia circular; como novas oportunidades tornariam o sistema mais circular; e quem se beneficiaria disto. Por ser um processo exploratório, algumas iterações poderiam ser necessárias e utilizadas nos atendimentos, mas apenas a versão final seria entregue, feita à mão ou por *software* de livre escolha, na linguagem visual desejada;

2. Síntese da reflexão sobre as oportunidades circulares exploradas. Iniciada pela formulação da pergunta mais crítica para mudança do sistema, específica e orientada à ação, que poderia levar a um melhor projeto do sistema: “Se você pudesse fazer uma pergunta para tornar seu projeto mais circular, o que seria?”. Este seria o próprio desafio de projeto a ser endereçado. Onde você gostaria que outras pessoas mantivessem sua atenção?

3. Resultados das ACVs e indicador de circularidade, demonstrando como influenciaram a melhoria do projeto (planilha e análises correspondentes).

4. “Mágica” da proposição de projeto, demonstrando alto grau de confiança criativa.

Iniciando por um *workshop* e estudo investigativo, os estudantes examinavam produtos simples, utilizados cotidianamente:

- Reflita sobre a constituição do produto? De quais materiais é feito, como é a sua embalagem e trajetos até chegar às mãos do consumidor?
- Amplie o olhar para, além dos usuários finais, também considerar a rede mais ampla de partes interessadas? Como elas influenciam umas às outras?
- Examine os fluxos de materiais: De onde vem e para onde vão depois do uso?
- Você pode encontrar oportunidades para redesenhar este sistema?

Na sequência, estratégias de design circular foram tratadas em exposição específica e durante os atendimentos em *atelier*. O paradigma histórico de “extrair, produzir, descartar” depende de grande quantidade de energia e materiais baratos e facilmente acessíveis que polui e desperdiça recursos. Uma economia circular requer uma visão diferente de projeto para impulsionar a transição em direção a uma economia mais regenerativa.

As estratégias de design circular exploradas foram:

- Produto como um serviço: ofertas que se concentram no arrendamento de uma solução, em vez da venda de um produto. Os serviços podem reduzir a volatilidade dos custos (Ao manter a propriedade dos produtos, os clientes não têm custos iniciais), e criar relacionamentos mais longevos com os clientes;
- Modularidade: divisão de um produto em peças menores, criadas para serem usadas e substituídas de forma independente;
- Extensão da vida útil: alongamento do ciclo de vida dos produtos através de remanufatura, conserto ou atualização, reduzindo custos, desperdício, emissões e necessidade de injeção de recursos virgens;
- Inteligência adicionada: adição de tecnologia (por exemplo, Internet das Coisas) e sensoriamento a materiais ou produtos, para coletar dados dos

usuários e gerar *insights* para melhorar a experiência do cliente (no exemplo: ajustar tarifas mensais de serviços com base em dados de uso real coletados);

Coleta para fechamento de ciclos materiais: prestação de um serviço de coleta de produtos antigos ou usados, para recuperar o valor nos materiais, reciclando-os ou reutilizando-os;

Escolha inteligente de materiais: Consideração do tratamento de fim de vida de um produto na escolha de materiais e insumos (duráveis, biodegradáveis, reciclados ou recicláveis).

Foi introduzida uma apresentação preliminar, formativa, cerca de três semanas antes da entrega final. Nela, os estudantes foram estimulados a

apontar inquietações e pontos que ainda não estivessem satisfeitos. Os instrutores entrevistaram e forneceram feedback passo a passo durante as apresentações de trabalhos. Resumos e instruções para o próximo passo foram imediatamente publicados no ambiente *Google Classroom* para orientar futuros desenvolvimentos. O fato de ser uma avaliação formativa e ainda haver tempo hábil para melhorar o projeto deixou os estudantes muito motivados e atentos aos comentários docentes e apresentações dos colegas.

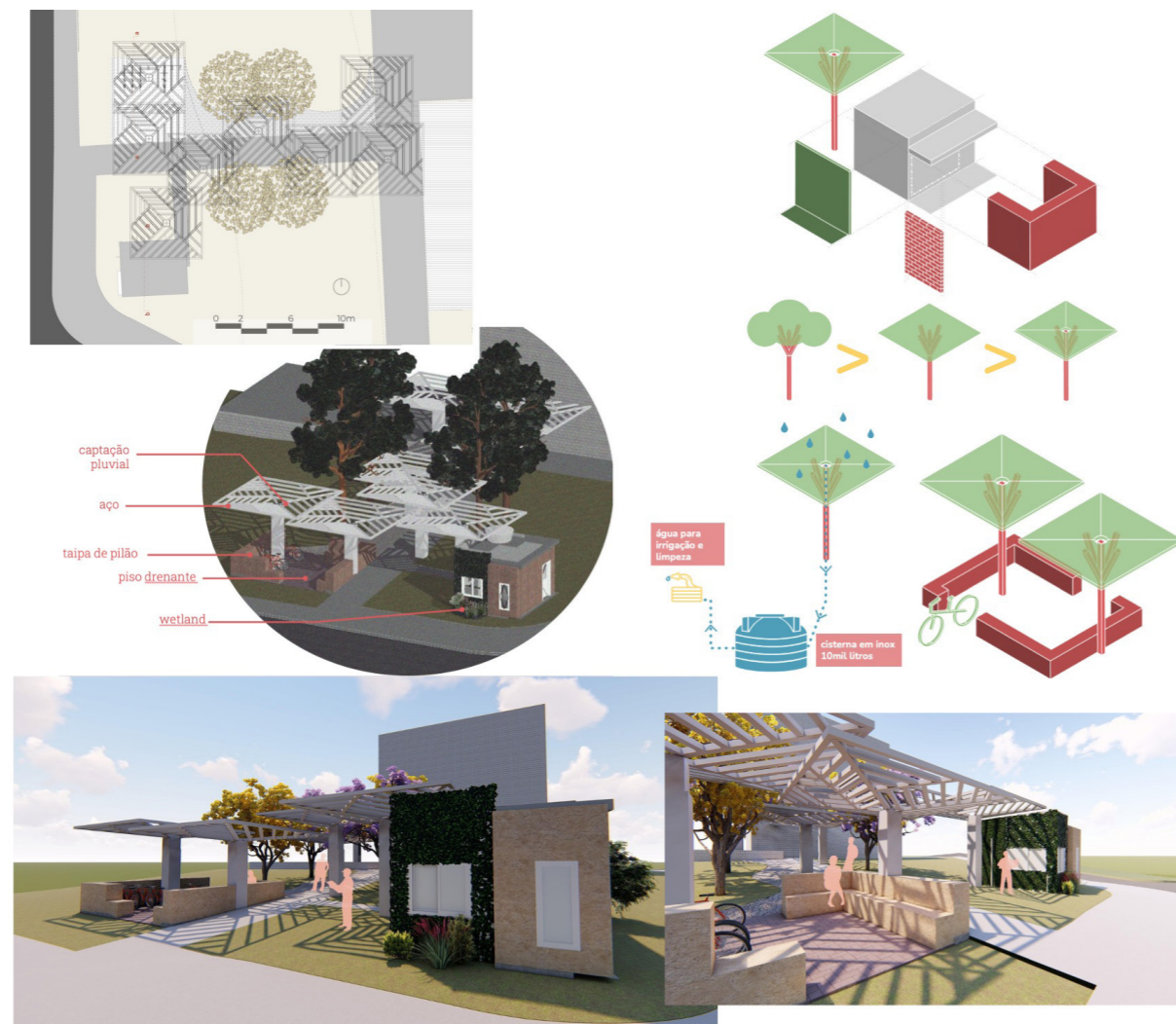
Finalmente, na sala de aula todos os grupos apresentaram os avanços finais (Figura 5 a Figura 7), o que permitiu a avaliação entre pares, seguida de uma discussão detalhada sobre os desafios de design experimentados pelos alunos. Todas as

Figura 5: Entrega do desafio de design circular: projeto do equipamento, conceito de desmontagem, mapeamento de sistema e gargalos de circularidade, e análise por ACV.



Fonte: Cortesia Equipe CHLMT

**Figura 6:** Entrega completa do desafio de design circular: projeto de equipamento urbano, lógica de projeto para desmontagem.



Fonte: Cortesia Equipe AAAACE

avaliações foram próximas da nota máxima, sendo algum eventual desvio mais relacionado a falhas nas entregas parciais individuais do que a desempenho insuficiente do projeto.

Em 2020, a mesma dinâmica de ensino-aprendizagem foi reaplicada, inclusive o exercício de projeto semestral. Um grande salto foi proporcionado para automatizar a realização da ACV, permitindo que futuras ofertas possam efetivamente resgatar o foco em projeto de arquitetura.

Numa parceria com o Instituto de Economia e com o Instituto de Computação da UNICAMP para atender a demandas da componente de sustentabilidade do Hub Internacional para Desenvolvimento Sustentável (HIDS), foi desenvolvida uma ferramenta *on-line* automatizada para cálculo da ACV.

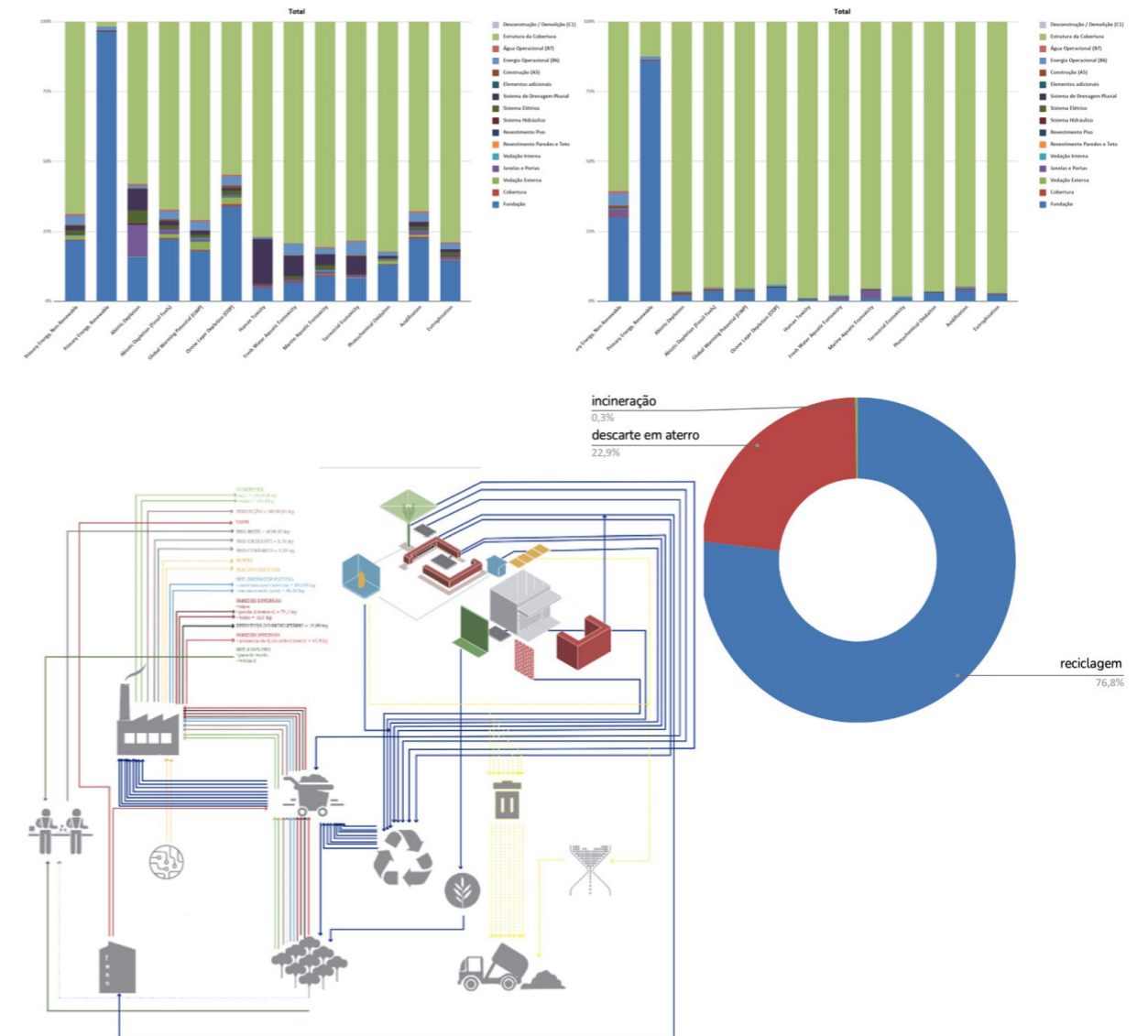
A interface da ferramenta permite que cada usuário cadastrado possa criar quantas avaliações desejar

ou editar ou deletar aquelas existentes. É possível ajustar aspectos como vida útil, fatores de reposição de componentes, para considerar necessidades de manutenção variadas.

A inserção de informações pode ser feita manualmente – escolhendo materiais a partir de uma lista pré-definida – ou utilizando um importador de um *template* em MS EXCEL, que faz o carregamento automático dos dados. A saída gráfica gera as análises de contribuição por material e por subsistema, assim como para o ciclo de vida completo ou dividido em seus diferentes estágios. As tabelas correspondentes podem ser baixadas para análise detalhada.

Isto permitirá que os estudantes em ofertas futuras finalmente possam entender a ACV e economia circular, com análises mais ágeis e que cedam máximo espaço para atividade-fim da disciplina: desenvolver projetos para sustentabilidade, contabilizando

**Figura 7:** Análise de impactos por ACV, mapeamento de sistema e identificação de gargalos de circularidade para estrutura de aço e de madeira (a). Mapeamento do sistema (“50 anos e 1 dia”) e indicador de fechamento de ciclos de materiais (linhas azuis no mapeamento) para a ACV III (b), refinada, evitando 77% de descarte em aterro.



Fonte: Cortesia Equipe AAAACE

e conhecendo as implicações de suas decisões, para exercer, com confiança, a responsabilidade ambiental que cabe a projetistas.

## 6. Considerações finais

Os ciclos da pesquisa-ação aqui descritos ilustram as estratégias para rebatimento dos avanços em pesquisa no tema no espaço de sala de aula, e a busca da simplificação admissível para que se possa avançar em termos pedagógicos e formativos. A análise da evolução a cada ciclo apoiou-se em quatro elementos essenciais: relação entre as componentes de exposição teórica e de aplicação; evolução dos elementos de avaliação formativa e somativa; foco das avaliações somativas; e alimentação do processo decisório durante o desenvolvimento de projeto.

A avaliação final da disciplina revelou a reação extremamente positiva dos estudantes diante da oportunidade de melhorar seus projetos e trabalhar os pontos indicados na avaliação docente, em vez de apenas conhecer suas notas finais; e de efetivamente entender os impactos de suas decisões enquanto projetistas e o que realmente deve ser considerado ao se nomear um projeto como mais sustentável ou não. Ao final do semestre, ficou naturalmente claro para os estudantes que esse procedimento poderia ser aplicado em seus Trabalhos Finais de Graduação e, posteriormente, em sua prática profissional.

## Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos aos auxiliares docentes – Lea Gejer e Lizzie Pulgrossi (2019 e 2020); e Iris Loche (2020); Arthur Baiocchi (2018); Ketlin

Montanari (2017); Giseli Colleto (2016); e Marcella Saade (2013 a 2016) – pelo empenho e ajuda na condução do desafio de implementar avaliações de desempenho ambiental a projetistas em formação. Aos Profs. Marcelo Cunha, do Instituto de Economia, e Juliana Borin, do Instituto de Computação da UNICAMP, pela motivação e operacionalização da ferramenta automatizada.

## Referências

ADAMSON, L. S. Action Research: A Protocol to Improve Student Learning. New Horizons for Learning, v. 8, n. 1, 2010. Baltimore: John Hopkins University School of Education.

BENYUS, J. M. Biomimicry: innovation inspired by nature. New York: Morrow. 1997.

BIRGISDOTTIR, H. et al. IEA EBC Annex 57 evaluation of embodied energy and CO<sub>2</sub>eq for building construction. *Energ Build*, n. 154, p. 72-80, 2017.

CABEZA, L.F. et al. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: a review. *Renew Sust Energ Rev.*, v. 29, p. 394–416, 2013.

CIRCLE ECONOMY. The Circularity Gap Report 2020. Amsterdam, 2020. 69 p. Disponível em: [shorturl.at/dzBR0](https://shorturl.at/dzBR0). Acesso em: 09 abr. 21.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2019). Circular economy systems diagram ("Butterfly Diagram"). February 2019. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>. Acesso em: 18/06/2021.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION - CEN. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. EN 15804+A1. Brussels: CEN, 2013.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION - CEN. Sustainability of construction works- Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method. EN 15978. Brussels: CEN, 2011.

GOMES, V. et al. Exploring lifecycle energy and greenhouse gas emissions of a case study with ambitious energy compensation goals in a cooling-

dominated climate. *Energy and Buildings*, v. 1, p. 1, 2018.

GOMES, V. 2022. De elefantes a borboletas: ensinando responsabilidade de projeto para sustentabilidade. In: SILVA, C.P.C.; TENÓRIO, G.S.; BICALHO, P.S. (orgs.). *Limiaridade: processos e práticas em arquitetura e urbanismo*. p. 63-82. Curitiba: CRV, 2022.

GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B.R. *Industrial ecology*. Upper Saddle River, NJ.: Prentice Hall, 2003.

HAWKEN, P.; LOVINS, A. B.; LOVINS, L. H. *Natural capitalism: Creating the next industrial revolution*. Boston: Little, Brown and Co., 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION- ISO. *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*. ISO 14040:2006. 2nd. ed. Geneva: ISO, 2006.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o Construbusiness Brasileiro. In: II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2001, Canela - RS. II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2001. p. 91-98.

JOHNSTON, L. F. (Ed.). *Higher Education for Sustainability*. New York, NY: Routledge, 2012.

KEMBER, D.; KELLY, M. *Improving Teaching Through Action Research*. HERDSA green guides. v. 14. 42 p. Hammondville, AUS: Higher Education Research and Development Society of Australasia, 1993.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. et al. Action research and architectural sustainable design education: a case study in Brazil. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 30, p. 815-836, 2019. Berlin: Springer Nature. DOI: 10.1007/s10798-019-09525-5. (Online first article).

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. *Industrial ecology: goals and definitions*. In: AYRES, R.U.; AYRES, L.W. (Ed.). *A Handbook of Industrial Ecology*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd., 2002. 704 p. DOI:10.4337/9781843765479.

LÜTZKENDORF, T.; BALOUKTSI, M. Guideline for Design Professionals and Consultants. Part 1: Basics for the Assessment of Embodied Energy and Embodied GHG Emissions. *International Energy Agency Energy in*

*Buildings and Communities* (IEA EBC) Programme: Annex 57. 2016.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*. New York: North Point Press, 2002.

PASSER, A. et al., 2016. IEA EBC Annex 57 Guidance to support construction product manufacturers in their decision-making process. *International Energy Agency – IEA*. Paris: International Energy Agency – IEA, Energy in Buildings and Communities Programme. November 2016.

PAULI, G. *The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*. A report to the Club of Rome. Taos, Paradigm publications, 2010.

SEO, S. et al. Evaluation of embodied energy and CO<sub>2</sub>eq for building construction (Annex 57), 2016. Disponível em: [www.annex57.org/wp/wp-content/uploads/2017/05/Summary-Report.pdf](http://www.annex57.org/wp/wp-content/uploads/2017/05/Summary-Report.pdf). Acesso em: 18/06/2021.

SILVA, F.B. et al. *Life Cycle Inventories of Cement, Concrete and Related Industries-Brazil*. Ecoinvent association, Zürich, Switzerland, 2018.

STAHEL, W. R. *The performance economy*. 2nd. ed. London: Palgrave-MacMillan, 2010. 350 p.

STAHEL, W. R. *The circular economy: A User's Guide*. New York: Routledge, 2019. (English Edition).

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. LEED BD+C v4 Reference Guide Addenda Table. Washington D.C., 2017.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. LEED Reference Guide for Building Design and Construction. USGBC: Washington D.C., 2013.

UGAYA, C. M.L. et al. Spin off de ACV de A a Z: disciplina de ICV Avançado. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA - GCV 2020/21. Proceedings. Gramado, RS (on-line), 2020.

VILCHES, A.; GARCIA-MARTINEZ, A.; SANCHEZ-MONTAÑES, B. Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: A literature review. *Energ Build*, n. 135, p. 286-301, 2017.

ZUBER-SKERRITT, O. *Action Research in Higher Education: Examples and Reflections*. London: Kogan Page Ltd., 1992.

## Perfil dos autores



**Ayana Dantas de Medeiros**

Arquiteta e urbanista, mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília e doutoranda na área de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade. Docente no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Roraima e pesquisadora no Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética, com ênfase em ventilação e iluminação natural.



**Caio Frederico e Silva**

Arquiteto e Urbanista, doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Desenvolve pesquisas na área de sustentabilidade do ambiente construído, eficiência energética e simulação computacional.



**Carolina Mendonça Zina**

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Mato Grosso. Mestre em Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente Construído pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília e doutoranda no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, na mesma linha. Atua nas áreas de Conforto Ambiental, Sustentabilidade e Análise do Ciclo de Vida.



**Cláudia Naves David Amorim**

Arquiteta e Urbanista, doutora em Tecnologias Energéticas e Ambientais na Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Docente da Universidade de Brasília (UnB). Atua em pesquisas nas áreas de sustentabilidade e qualidade ambiental, principalmente nos seguintes temas: Iluminação natural, conforto ambiental, eficiência energética, projeto de arquitetura, reabilitação de edifícios e simulação computacional.



**Daniela Barros Silva Freire Andrade**

Psicóloga, doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Docente no Curso de Psicologia da UFMT e no Programa de Pós-Graduação em Educação. Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Psicologia da Infância (GPPIN). Tem experiência em Psicologia da Aprendizagem e Desenvolvimento e da Psicologia Social com ênfase na Teoria das Representações Sociais. Desenvolve pesquisas sobre infâncias e com crianças no contexto da cidade, educação e atenção à saúde.



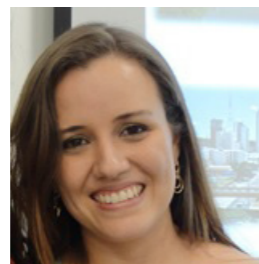
**Elisa Pagliarini Cox**

Arquiteta e Urbanista, doutora em Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFMT. Atua em pesquisas nas áreas de projeto arquitetônico, clima urbano, urbanismo e produção do espaço.



**Everton Nazareth Rossete Junior**

Arquiteto e Urbanista, mestre em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e doutorando no Programa de Pós Graduação em Estudos de Cultura Contemporânea (PPG-ECCO) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFMT. Atua em pesquisas nas áreas de Urbanismo, História, Arquitetura da Cidade e Poéticas, artes e culturas em Estudos de Cultura Contemporânea.



**Flávia Maria de Moura Santos**

Arquiteta e Urbanista, doutora em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFMT e do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Atua nas áreas de sistemas urbanos, tecnologia construtiva, geografia urbana e conforto ambiental.



**Gustavo de Luna Sales**

Arquiteto e Urbanista, doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB. Desenvolve pesquisas no Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e Urbanismo (LaSUS) e no grupo de pesquisa SiCAC - Simulação Computacional do Ambiente Construído, com foco em ventilação natural para o conforto térmico passivo e a qualidade do ar no espaço construído e aplicação da fluidodinâmica computacional na arquitetura e no urbanismo.



**Karyna de Andrade Carvalho Rosseti**

Arquiteta e Urbanista, doutora em Física Ambiental na linha de Análise Microclimática de Sistemas Urbanos pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo UFMT. Desenvolve pesquisas relacionadas ao conforto ambiental, microclima urbano, modelagem computacional de sistemas urbanos, sustentabilidade e inovação de processos e produtos do ambiente construído.



**Luciane Cleonice Durante**

Engenheira Civil, doutora em Física Ambiental na linha de Conforto Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Coordenadora do Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA) da UFMT. Possui interesse pela área de inovação, sustentabilidade e resiliência do ambiente construído.



**Pedro Henrique Gonçalves**

Arquiteto e Urbanista, doutor em Estruturas e Construção Civil pelo Programa de Pós-Graduação. Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Goiás - Regional Goiás,, onde são desenvolvidas pesquisas nas áreas de: tecnologia e inovação no ambiente construído, planejamento urbano climaticamente responsável e desempenho das edificações.



**Ivan Julio Apolonio Callejas**

Engenheiro Civil, doutor em Física Ambiental na linha de Análise Microclimática de Sistemas Urbanos pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Possui interesse na área de tecnologia do ambiente construído, com enfoque na sustentabilidade, voltados ao desempenho termo energético das edificações e desenvolvimento de materiais, produtos e processos construtivos inovadores.



**Joára Cronemberger Ribeiro Silva**

Arquiteta e Urbanista, doutora em Arquitetura e Construção pela Universidad Politécnica de Madrid. Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB e vice-coordenadora do Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (LACAM). Desenvolve pesquisas relacionadas a estratégias de eficiência energética, sustentabilidade e integração de sistemas fotovoltaicos no ambiente construído.



**Jorge Hernán Salazar Trujillo**

Arquiteto, mestre em Energias Renováveis com Aplicação na Edificação (Universidad Internacional de Andalucía, Espanha) e em Tecnologias Avançadas em Construção Arquitetônica (Universidad Politécnica de Madrid, Espanha). Professor titular da Universidad Nacional de Colombia. Fundador do grupo de pesquisa em Energia, Meio Ambiente, Arquitetura e Tecnologia. Atua em pesquisas relacionam-se a qualidade ambiental, vento, sol, luz energia e suas implicações nos projetos.



**Raquel Naves Blumenschein**

Arquiteta e Urbanista, doutora pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável/UnB. Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/UnB e Diretora do Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído – PISAC/PCTec/UnB. Desenvolve pesquisas com foco em Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente Construído e Projeto e Planejamento Edifício, Urbano e Regional.



**Rejane Magiag Loura**

Arquiteta e Urbanista, doutorado em Ciências e Técnicas Nucleares pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da UFMG. Áreas de interesse: abordagem integrada de eficiência energética, conforto ambiental e tecnologia da construção com vistas a resiliência de edificações e cidades frente às mudanças climáticas.



**Roberta Vieira Gonçalves de Souza**

Arquiteta e Urbanista, doutora em Engenharia Civil pela UFSC, Docente da Escola de Arquitetura da UFMG e no Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Atua na área de sustentabilidade do ambiente construído, eficiência energética e iluminação.



**Simone Berigo Büttner**

Arquiteta e Urbanista, especialista em Conforto Ambiental e Eficiência Energética, mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (FAU/USP) e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, na linha de Análise Microclimática de Sistemas Urbanos, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFMT. Atua em pesquisas nas áreas de inovação, sustentabilidade e resiliência do ambiente construído.



**Vanda Alice Garcia Zanoni**

Engenheira Civil, doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Docente do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNB. Principais temas de interesse: conservação do patrimônio moderno, HBIM, desempenho higrotérmico, monitoramento e simulações computacionais, condições de exposição, estado de conservação, durabilidade, degradação, manutenção e reabilitação das edificações, inspeções prediais, necessidades habitacionais, inadequação de moradia, melhoria habitacional e assistência técnica.



**Vanessa Gomes**

Arquiteta e Urbanista, Doutora em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Docente da Faculdade de Engenharia Civil e líder do Grupo de Pesquisa "Qualidade e Sustentabilidade do Ambiente Construído UNICAMP. Atua nas áreas de durabilidade de materiais e componentes, gestão ambiental e redução do impacto ambiental da construção civil.





**UnB**



**UFMT**

ISBN: 978-65-00-54215-8

**CSL**



9 786500 542158