



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - IAU/USP  
Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos

**Atelier Híbrido de Projeto:  
meios digitais e metodologias de ensino e aprendizagem**

Talita Damasceno Cavalcante Félix NºUSP 11267728

São Carlos  
2024

## **Atelier Híbrido de Projeto: meios digitais e metodologias de ensino e aprendizagem**

Relatório final apresentado ao Programa Unificado de  
Bolsas da vertente Ensino de Graduação (PUB-USP)  
do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Associado Dr. Marcelo Tramontano

São Carlos  
2024

## **RESUMO**

O presente relatório apresenta a pesquisa de iniciação científica “Atelier Híbrido de Projeto: meios digitais e metodologias de ensino e aprendizagem”, desenvolvida no período de setembro de 2023 a agosto de 2024, sob a orientação do Prof. Assoc. Dr. Marcelo Tramontano e vinculada ao grupo de pesquisa Nomads.usp - Núcleo de Estudos em Habitares Interativos, do IAU-USP. A pesquisa desenvolvida teve como objetivo geral relacionar o uso de meios digitais, categorizados em meios adequados para organização da informação, comunicação entre atores e representação de projeto, com metodologias e práticas de ensino-aprendizagem de projeto de arquitetura e urbanismo, e a utilização desses resultados para elaboração, realização e avaliação do Experimento Pavilhão.

**Palavras-chave:** Ensino de Projeto de Arquitetura e Urbanismo. Metodologias de Ensino. Experimento Didático.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	5
1.2. OBJETIVOS.....	6
1.2.1. GERAL.....	6
1.2.2. ESPECÍFICOS.....	6
1.3. METODOLOGIA.....	7
1.4. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	8
<b>2. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>9</b>
2.1. APROFUNDAMENTO DA BASE TEÓRICA.....	9
2.2. METODOLOGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM E O ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA.....	9
2.3. ESTUDOS DE CASO.....	11
2.4. APLICAÇÃO PRÁTICA: EXPERIMENTO PAVILHÃO.....	22
2.4.1. ETAPA 1: PREPARAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
2.4.2. ETAPA 2: REALIZAÇÃO DO CURSO DE DIFUSÃO “DO DIGITAL AO MATERIAL”....	23
<b>3. CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>4. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. JUSTIFICATIVA**

Embora a pandemia de Covid-19 tenha acirrado o debate sobre metodologias de ensino-aprendizagem que empregam meios digitais e incluem atividades remotas, esta preocupação não nasceu no contexto pandêmico e, obviamente, não se restringe a ele. No caso do ensino de projeto de arquitetura, a discussão sobre a realização de atividades de ensino remotas questiona metodologias tradicionais desta disciplina.

Como se sabe, tais metodologias se pautam em exercícios práticos realizados no atelier, que envolvem meios como o desenho e a produção de modelos físicos e digitais, comentados, criticados e retrabalhados coletiva e sincronamente (TRAMONTANO et al., 2020b).

A ampliação do leque de meios digitais empregados em aulas de projeto, a partir da experiência da pandemia, propõe à área novas reflexões metodológicas que demandam bases teóricas há muito discutidas em outros campos do conhecimento, como os estudos do educador Seymour Papert, desde os anos 1970, e do pedagogo Paulo Freire. De fato, à volta das atividades presenciais nas universidades, os estudantes trouxeram para o atelier uma série de práticas aprendidas na modalidade remota, naturalizando a organização da informação em repositórios *online*, a formulação e debate das questões centrais dos projetos em aplicativos também *online* – agora utilizados inclusive em sessões de orientação presenciais –, e apresentaram um crescente interesse pelas possibilidades de trabalho colaborativo constituintes, por exemplo, dos programas BIM (*Building Information Modeling*).

Há, além disso, uma prática muito frequente no Brasil e no exterior, ainda que pouco sistematizada em nosso país, que envolve arquitetos trabalhando à distância em escritórios de arquitetura, desde bem antes da pandemia. Eles integram equipes de projeto que pouco ou nunca se encontram presencialmente, trabalhando tanto em grandes projetos internacionais, quanto em intervenções de escala local (TRAMONTANO et al., 2020b). Esta prática já se apoiava no uso de programas BIM e discussões por videoconferência, recrudesceu após a pandemia, e contradiz a asserção, muito ouvida entre docentes da área, de que não é possível ensinar e produzir projeto de arquitetura em modalidade remota.

Na base deste projeto de pesquisa está, portanto, a noção de Ensino Híbrido (BARCELOS, BATISTA, 2019), que mescla o emprego de meios analógicos e digitais, tanto em atividades presenciais, quanto remotas, em ações que podem ocorrer em duas instâncias de integração: 1. Local: entre atividades teóricas e práticas de uma mesma disciplina, ou de diferentes disciplinas de um mesmo curso, e 2. Ampliada: expandindo a noção de espaços de aprendizagem em arquitetura e urbanismo à interação com atores externos à universidade, e também à realização de disciplinas em conjunto com outras instituições.

Finalmente, é importante destacar que esta pesquisa colaborou estreitamente com quatro pesquisas de mestrado e uma pesquisa de iniciação científica, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Tramontano, na realização de um experimento didático em formato de dois Cursos de Difusão, apoiados pela Pró-reitoria de Cultura e Extensão da Universidade de São Paulo, que envolveram as instâncias de concepção de um pavilhão com geometrias complexas, produção dos seus componentes através da fabricação digital e montagem em escala 1:1, em canteiro experimental. A pesquisa aqui proposta auxiliou na formulação das metodologias a serem empregadas e verificadas nos cursos, sua aplicação, documentação e avaliação.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GERAL**

Relacionar o uso de meios digitais, categorizados em meios adequados para organização de informação, comunicação entre atores e representação de projeto, com metodologias e práticas de ensino-aprendizagem de projeto de arquitetura e urbanismo.

### **1.2.2.ESPECÍFICOS**

- Aprofundar a base documental já iniciada sobre o uso de meios digitais no ensino de projeto;
- Especializar a investigação bibliográfica nas categorias organização da informação, comunicação entre atores e representação de projeto;
- Ampliar o quadro de referências com artigos científicos e descrições críticas de experiências didáticas de autores internacionais;
- Relacionar, com as práticas da Arquitetura e Urbanismo, metodologias no campo da Pedagogia e Educação que tratam especificamente do uso de meios digitais em processos de ensino-aprendizagem;
- Contribuir para formulação, realização, documentação e avaliação de um *workshop* de projeto enquanto experimento prático de pesquisa, conjuntamente com pesquisadores graduandos e pós-graduandos do Nomads.usp;
- Disponibilizar para acesso público os resultados parciais e finais da pesquisa, através de *website* alojado no *website* do Nomads.usp.

## **1.3. METODOLOGIA**

**Revisão bibliográfica:** Busca, seleção, organização, fichamento e discussão de textos acadêmicos que relatem criticamente experiências de ensino de projeto de arquitetura e urbanismo, no Brasil e no exterior, nas quais meios digitais tenham desempenhado papel central.

**Coleta, sistematização e análise de dados:** Coleta, organização e sistematização de dados relativos a práticas de ensino de projeto auxiliadas por meios digitais, e sua posterior análise.

**Experimento:** Participação na formulação, realização, documentação e avaliação de um experimento didático envolvendo quatro pesquisas de mestrado em curso no Nomads.usp, orientadas pelo professor orientador da pesquisa de Iniciação Científica. O experimento se deu no formato de dois Cursos de Difusão, abertos a profissionais e alunos de graduação e pós-graduação, reunindo as etapas de concepção, produção de componentes e montagem do modelo físico em escala 1:1 de um pequeno pavilhão com formas complexas. Em colaboração direta com a mestrandona Júlia Vechetini, cuja pesquisa visa explorar inovações em metodologias de ensino de projeto, foi realizada a construção metodológica do experimento, bem como o acompanhamento e documentação de sua aplicação, a organização e análise dos resultados, e a síntese de conclusões preliminares.

## **1.4. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

Estas atividades ocorreram tanto no sentido de ampliar o embasamento teórico das questões da pesquisa, quanto de verificar-las parcialmente na realização do experimento envolvendo ensino de projeto.

- **Desenvolvimento de website da pesquisa:** foi realizado o desenvolvimento e a alimentação de *website* para divulgação dos resultados parciais e finais da pesquisa, de maneira contínua ao longo do período de vigência da pesquisa;

- **Aprofundamento crítico da fundamentação teórica em fontes das áreas de Educação, Pedagogia e Arquitetura e Urbanismo:** Além da revisão da literatura especializada, o aprofundamento teórico também se deu através de discussões com docentes e pesquisadores das áreas de interesse;
- **Levantamento de práticas de ensino híbrido de projeto de arquitetura e urbanismo:** consulta à literatura especializada e aprofundamento teórico em projetos realizados pelo grupo Nomads.usp, que estabeleceram contato com docentes e centros de ensino e pesquisa no Brasil e no exterior;
- **Sistematização, categorização e análise das práticas selecionadas;**
- **Participação na formulação, realização, documentação e avaliação, em conjunto com o orientador e pesquisadores do Nomads.usp, do curso de difusão “Do Digital ao Material: modelagem paramétrica e fabricação digital na concepção arquitetônica”;**
- **Discussão e síntese dos resultados do experimento juntamente com participantes e pesquisadores do Nomads.usp;**
- **Produção de relatório final de atividades, atualização final do website e divulgação da pesquisa nas páginas do Nomads.usp em redes sociais;**
- **Produção de artigo científico a partir das atividades desenvolvidas e resultados finais obtidos, em co-autoria com outros pesquisadores do Nomads.usp, divulgando a pesquisa e ampliando a interlocução acadêmica;**
- **Divulgação de resultados para a comunidade científico-acadêmica no Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo (SIICUSP).**

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. APROFUNDAMENTO DA BASE TEÓRICA**

A presente pesquisa possui estreita relação com a pesquisa de Iniciação Científica (bolsa PUB 2022-2023) de Anna Laura Fiore, que produziu uma revisão bibliográfica acerca do tema, oferecendo uma fundamentação teórica que estabeleceu um ponto de partida para o desenvolvimento deste estudo. Assim, a presente pesquisa constituiu em um aprofundamento dos conceitos já estudados e sua aplicação em um experimento didático prático, o Pavilhão Experimental.

### **2.2. METODOLOGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM E O ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA**

O modelo de aprendizagem vigente no ensino superior brasileiro é predominantemente passivo, seguindo um processo de ensino focado no desenvolvimento individual fundamentado no paradigma newtoniano-cartesiano, que não promove uma visão sistematizada do conhecimento e não busca reproduzir situações reais do cotidiano profissional, provocando dificuldades no processo de aprendizagem (MORAES, 2009).

No contexto do ensino de projeto de arquitetura e urbanismo, os problemas de aprendizagem encontrados no âmbito do ateliê ocorrem por motivos diversos. Para Souto e Conto (2020), o uso de métodos de ensino experimentais e ausência de coordenação entre as etapas de projeto tornam o processo trabalhoso e desconhecido para os estudantes. Destaca-se também a recorrente ausência de uma orientação metodológica e conceitual por parte dos docentes durante o processo, fator que promove um desenvolvimento de projeto com pouca fundamentação teórica, muitas vezes baseado em "aprender fazendo" (COMAS, 1986).

Souto e Conto (2020) afirmam que o modelo de ensino utilizado nos cursos de arquitetura do Brasil realiza uma dialética entre consciente e inconsciente, trazendo uma ideia de que a subjetividade, frequentemente representada pelo conceito da caixa preta, é que definirá o projeto. Todavia, o caráter inexplicável desse conceito frequentemente associa esse momento a um traço inerente ao processo de aprendizado, uma genialidade que não é passível de ser ensinada, o que acabou gerando um grande déficit pedagógico no ensino de arquitetura (AMARAL, 2007; SOUTO E CONTO, 2020).

Através do método do “aprender fazendo”, muitos professores acreditam estar ensinando a projetar, mas não percebem que as informações dadas em sala de aula referem-se ao edifício que será projetado e não ao objetivo da disciplina, o ensino-aprendizagem de projeto. De certa forma, esta metodologia de ensino passa, indiretamente, a impressão de que os estudantes já deveriam saber projetar – inspiração, talento ou intuição nata? (SILVA, 2006) – e que, a cada novo projeto, a “complexidade” que os “temas” vão ganhando ao longo dos anos do curso, traz apenas um novo “desafio” a vencer. Este procedimento acaba por acarretar uma visão distorcida e extremamente “simplificada” do significado de projeto de arquitetura e da arquitetura em si (Zuccherelli, 2019, p. 38, aspas do autor).

Outro fator determinante nesse debate é que o ensino de projeto não acompanhou o ritmo das mudanças tecnológicas que ocorreram a partir da década de 1990, que potencializaram o processo de criação em projetos de arquitetura (MACIEL, AMORIN, CHECCUCCI, 2018). Segundo Tramontano (2021), mesmo com a incorporação da informática na grade curricular dos cursos de arquitetura no Brasil, em 1994, o distanciamento do campo da informática do espaço do ateliê e as limitações estabelecidas pelas escolas no uso de programas computacionais apenas como um meio de representação gráfica contribuíram para que a utilização de meios digitais se estabelecesse como um tópico à parte do processo de projeto de arquitetura.

Nesse contexto, é necessário compreender que as metodologias utilizadas e a postura do professor são fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem de projeto de arquitetura, e que a tecnologia digital oferece meios para que novos caminhos sejam explorados, alterando os métodos tradicionais de ensino de projeto (CARARO E BEHRENS, 2019; SOUTO E CONTO, 2020). Moraes (2012) acredita na busca por uma visão transdisciplinar da sala de aula, trazendo integração,

interconexão e inter-relacionamento disciplinar, e Morin (2000) destaca a necessidade de se trabalhar com a contextualização, globalização, multidimensionalidade, multidisciplinaridade e complexidade dos problemas atuais.

Nesta nova ambição, buscam-se conceitos e métodos que embasem, e sobretudo legitimem, a prática e o ensino de projeto, pois não há dúvidas de que, num projeto desenvolvido no contexto de uma escola de arquitetura, o que está em jogo não é a construção de uma obra, e sim, a construção de um estudante, futuro projetista ou seja, aprender a fazer projeto e fazer projeto são coisas diferentes (CORDIVIOLA, 2001 apud ZUCCHERELLI, 2019, grifo do autor).

As metodologias ativas de ensino-aprendizagem (MA) buscam deslocar o aluno para o centro do processo de ensino, construindo o conhecimento de forma colaborativa com os agentes do processo, tornando-os capazes de resolver problemas, desenvolver projetos de forma autônoma e engajada, além de permitir um aumento de sua flexibilidade cognitiva (BACICH E MORAN, 2018). De acordo com Hoffmann, Jacques, Koltermann da Silva e Pierre da Silva (2020), no estudo “Revisão sistemática da literatura: metodologias ativas de ensino-aprendizagem e sua utilização nos cursos de design, engenharia e arquitetura”, o uso de metodologias híbridas como estratégia de ensino resultam na maior motivação do estudante, diminuição de desistências, aumento do rendimento e aprovações, desenvolvimento de competências e habilidades que ultrapassam o campo do conteúdo estudado.

### 2.3. ESTUDOS DE CASO

- **O estudo de caso de Cararo e Behrens (2019) utilizando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projeto (pjBL ou ABP) e os princípios do pensamento complexo.**

A experiência está descrita no artigo “Metodologia ativa de aprendizagem fundamentada no pensamento complexo: uma vivência no curso de Arquitetura e Urbanismo”, escrito por Juliana Cararo e Marilda Behrens, e publicado em 2019. O estudo de caso fez parte da disciplina de Projeto de Interiores I do curso de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), realizada em duas turmas no 1º semestre de 2017. Foram aplicados princípios do pensamento cognitivo complexo na metodologia ativa da Aprendizagem Baseada em Projetos (pjBL ou ABP). Ela se dá através de um processo de investigação estruturado composto por questões complexas, cuidadosamente planejadas que representam a busca pela solução de situações-problema, próximas à realidade profissional (MAZINI et al., 2018; FARIAS E SILVA, 2016; CARARO E BEHRENS, 2019).

A ideia de aplicar uma nova metodologia se deu pela percepção de que o modelo anterior da disciplina, baseado em uma proposta de projeto de interiores para um perfil familiar a ser desenvolvido em grupo, colocava o professor como participante passivo do processo, sem incitar discussões e nem promover o desenvolvimento profissional dos alunos. Além disso, os docentes julgaram que a prática anterior não estava alinhada com a realidade da atuação profissional, pois não permitia uma análise crítica e a argumentação de ideias (CARARO E BEHRENS, 2019).

Assim, foi criada uma situação-problema real, em que os grupos de trabalho receberam um perfil familiar simplificado para a elaboração detalhada, determinando o padrão social e financeiro e descrevendo cada membro da família pela idade, profissão, hábitos e interesses. A partir disso, os grupos puderam escolher entre dois modelos de apartamento, definindo sua escolha com base no perfil familiar elaborado (CARARO E BEHRENS, 2019).

Em seguida, os professores comunicaram que os grupos deveriam trocar de perfis, e que cada grupo passaria a incorporar o seu perfil, trabalhando ora como cliente, ora como arquiteto. Os professores então apresentaram às equipes o seguinte problema: ao contratá-los como arquitetos, quais possíveis soluções poderiam ser apresentadas à família, que, ao comprar um novo apartamento, teve dificuldade de resolver a ocupação interna dos ambientes e fazer definições de acabamentos, instalações e mobiliário? Assim, os grupos iniciaram as discussões sob a mediação dos professores, que passaram a acompanhar e auxiliar o processo projetual das equipes (CARARO E BEHRENS, 2019).

Foram definidas entregas parciais e uma produção final que correspondia à entrega do projeto de interiores integral e a apresentação das soluções propostas às equipes-clientes. Ao final desse momento, foi proposta uma dinâmica entre os grupos em que eles apontaram aspectos positivos e negativos tanto nas questões técnicas e estéticas dos projetos, quanto a respeito das interações ocorridas ao longo do processo. O processo de projeto de cada grupo também foi considerado na avaliação (CARARO E BEHRENS, 2019).

Essa experiência mostrou que o uso da metodologia ativa da Aprendizagem Baseada em Problemas, combinada com princípios do pensamento complexo, resultaram em um processo de ensino mais dinâmico, exigindo dos alunos uma postura autônoma e decisiva no levantamento de alternativas e soluções e, dos docentes, uma atitude mediadora e imparcial (CARARO E BEHRENS, 2019).

A proposição de uma situação problema próxima da realidade exigiu que os alunos trabalhassem seu poder argumentativo, de representação gráfica e expressão das ideias em projeto, além de seu profissionalismo, pois precisavam ser imparciais nas suas decisões. Cararo e Behrens destacam, como proposição futura, levando em consideração o alinhamento com a metodologia proposta, “uma avaliação individual dos alunos, a autoavaliação de cada um deles e avaliação entre os integrantes da equipe, bem como a avaliação da metodologia e do professor” (CARARO E BEHRENS, 2019, p. 12).

Em conclusão, as autoras destacam que os discentes precisam de metodologias que dialoguem com sua futura atuação profissional e social, desenvolvendo suas múltiplas inteligências e criando novas formas mais autônomas de estudar e aprender, envolvendo pesquisa, análise e crítica. Destaca-se que o processo de reconstrução do saber implica no trabalho horizontal entre escola, professor e aluno, de maneira questionadora, crítica, inovadora, ética e democrática, criando oportunidades de reflexão e evolução (CARARO E BEHRENS, 2019).

- **A experiência didática de Zuccherelli (2019) com as metodologias ativas Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) e Estudo de Caso no ensino de projeto**

A experiência foi realizada na disciplina de Projeto de Arquitetura IV, com alunos do terceiro ano do curso de arquitetura da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), em Curitiba, durante o segundo semestre de 2018. A proposta surge a partir de um cenário de inquietação entre alunos e professores com relação à condução da disciplina de Projeto de Arquitetura IV, realizando mudanças estruturais na disciplina e buscando novas estratégias de ensino (ZUCCHERELLI, 2019).

É importante notar que a reestruturação da disciplina partiu de uma iniciativa de melhoria de ensino da PUCPR, oferecendo disciplinas de formação e atualização ao corpo discente voltadas ao uso de novas práticas pedagógicas. Para isso, a universidade criou um órgão voltado apenas para a inovação de ensino de graduação, o CreARe - Centro de Ensino e Aprendizagem da PUCPR. A partir das oficinas oferecidas pelo CreARe, a professora responsável pela disciplina trabalhou na sua revisão, definindo um plano de ensino com aulas detalhadas, organizado no sentido de explicitar as competências e os resultados de aprendizagem buscados pela disciplina, a apresentação, com clareza e objetividade, dos critérios de avaliação (peso, tipo de avaliação, etc.) e datas e prazos (ZUCCHERELLI, 2019).

A experiência se deu em uma turma de 32 alunos e dois professores e as metodologias ativas escolhidas para esse processo foram a Sala de Aula Invertida (*flipped classroom*) e o Estudo de Caso, que passaram por um processo de adaptação para o contexto do atelier de projeto. A proposição da disciplina consistiu na elaboração de um edifício para uma Escola de Ensino Fundamental em Curitiba (ZUCCHERELLI, 2019).

Os docentes adotaram uma abordagem completamente diferente da utilizada em outros momentos da disciplina, desenvolvendo, nas sete primeiras semanas, atividades que fundamentassem e embasassem o projeto, ao invés de partir diretamente para o desenho do edifício no terreno. Essa proposta se baseou na NBR 13532 – “Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura” da

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995) que aponta, como etapas de execução da atividade técnica do projeto de arquitetura (ZUCCHERELLI, 2019):

- a) levantamento de dados para arquitetura;
- b) programa de necessidades de arquitetura;
- c) estudo de viabilidade de arquitetura;
- d) estudo preliminar de arquitetura;
- e) anteprojeto de arquitetura ou de pré-execução;
- f) projeto legal de arquitetura;
- g) projeto básico de arquitetura (opcional);
- h) projeto para execução de arquitetura.

Para Zuccherelli, é fato perceber que, no ensino de projeto usual, os estudantes partem diretamente para o item “d” (estudo preliminar de arquitetura), o que prejudica o processo de aprendizagem. Assim, a autora afirma que:

A necessidade de enfocar as etapas anteriores à etapa “d” da NBR, no desenvolvimento de projetos de arquitetura, baseia-se na hipótese de que, ao se “envolver” e conhecer mais profundamente o objeto a ser projetado, os projetistas adquirem mais segurança e tendem a imprimir maior “significado” ao ato de projetar (Zuccherelli, 2019, p. 40, aspas da autora).

Assim, as aulas iniciais da disciplina tiveram enfoque em desenvolver as três primeiras etapas da norma, propondo 10 passos a serem desenvolvidos pelos alunos, cada um com atividades específicas, diferentes dinâmicas de sala de aula e uso de diferentes metodologias ativas. Para os docentes, era muito importante que os alunos compreendessem a importância do envolvimento em cada etapa. As aulas se dividiram em dois momentos: apresentação do passo, com aulas expositivas sobre o tópico a ser desenvolvido, seu significado no processo de projetação, como desenvolvê-lo, como trabalhar com as informações coletadas e exemplos reais para ilustrar; em seguida, o momento de aplicação prática do passo em sala de aula (ZUCCHERELLI, 2019).

O segundo passo proposto, denominado Análise de Referências, foi o momento em que as metodologias ativas foram diretamente utilizadas na disciplina. Para a elaboração da proposta desse passo, foi realizado um levantamento entre os professores de projeto da PUCPR, construindo assim um repertório de estratégias, algumas mais efetivas e outras nem tanto. Assim, a abordagem elaborada por Zuccherelli (2019) consistia em:

1. Os alunos selecionavam o projeto a ser analisado. Os critérios específicos para a busca e seleção de tal projeto era que ele tivesse sido elaborado por arquitetos ou escritórios de arquitetura, incluídos na relação do prêmio Pritzker. Desta forma, imaginou-se maximizar as possibilidades de se conseguir exemplos significativos;
2. Só seriam aceitos projetos similares em seu uso (uma escola de Ensino Fundamental) e porte (metragem quadrada) ao projeto que iriam desenvolver. Se o projeto de referência fosse um exemplo de fora do Brasil, ele deveria ser de uma escola para a mesma faixa etária do ensino fundamental no país, ou seja, para estudantes entre 5 a 14 anos;
3. Os estudantes deveriam buscar e selecionar três projetos. O objetivo era o de que, durante a busca, viessem a conhecer vários projetos, de forma a ampliar o repertório arquitetônico pessoal;
4. Os projetos selecionados deveriam ter material gráfico suficiente para a perfeita realização da atividade e apresentar, pelo menos, as seguintes peças gráficas: implantação, planta de todos os pavimentos, pelo menos um corte e uma elevação. Os estudantes deveriam também trazer algumas imagens externas e internas do edifício;

5. Os três exemplos seriam trazidos em cópia simples, formato A4. Em sala, os professores selecionariam apenas um dentre eles, e o critério seria a similaridade de uso e porte, qualidade das peças gráficas, pertinência dos projetos para as competências pretendidas na atividade. Após a seleção do projeto, cada integrante da equipe deveria fazer uma cópia do jogo completo das peças gráficas e imagens;
6. Em sala, a aula se iniciaria com uma explicação prévia do porquê da atividade e do que se pretendia alcançar, em termos de resultados de aprendizagem e competências, com o desenvolvimento dela;
7. A atividade seria desenvolvida integralmente em sala de aula;
8. A atividade seria desenvolvida em grupo. O objetivo era a construção coletiva (diferentes “olhares”) do conhecimento. As equipes foram formadas pelo professor com integrantes escolhidos de forma aleatória, a partir da lista de chamada, visando evitar “os mesmos grupos de sempre”. A mesma equipe seria mantida até o final da atividade;
9. A análise da referência seria desenvolvida em partes e, para tanto, os professores dividiriam o conteúdo em tópicos a serem abordados um a um, em separado. A atividade consistia em encontrar, no projeto a ser analisado, cada um dos elementos (tópicos) abaixo relacionados; uma vez encontrado, os estudantes deveriam mapeá-lo (registrar graficamente) isoladamente e analisá-lo em relação a outros da listagem abaixo, levantando hipóteses do porquê da escolha feita pelo(s) arquiteto(s).

Tópico 1 - “O Local”: utilizando a cópia da prancha de implantação do projeto selecionado e as informações do entorno, obtidas pelo Google Maps e Street View, os estudantes deveriam buscar e mapear:

- Massa da área construída X massa da área não construída e suas relações;
- Levantar as possíveis interferências existentes no entorno que poderiam ter influenciado na definição da implantação do edifício no local;
- Levantar os acessos principais (pedestre e veículos) ao terreno e propor hipóteses do porquê da escolha (rua mais movimentada, rua com melhor visualização do edifício, rua com maior fluxo de pedestres e de veículos, etc.);
- Marcar a orientação solar e analisar quais setores/ambientes do edifício estariam posicionados para qual orientação;
- Marcar as principais visuais a partir da rua para o terreno (obtidos através do Street View).

Tópico 2 - “O edifício”: utilizando a cópia das pranchas das plantas, cortes, elevações e as imagens externas e internas do edifício, os estudantes deveriam buscar e mapear:

- Marcar os acessos principais (pedestre e veículos) ao edifício e a relação deles com os setores/ambientes posicionados diretamente em frente a eles ou não, etc.;
- Mapear os diferentes setores do edifício (por exemplo: setor didático, setor administrativo e assim por diante);
- Mapear os fluxos. Antes, definir os diversos usuários (tais como funcionários, visitantes, etc.) que poderiam utilizar os diferentes acessos;
- Mapear eixos/modulação existentes. Análise de possíveis modulações, eixos de estrutura ou de formatação dos espaços;
- Volumetria e materiais de acabamento. Em perspectiva livre, representar a relação volumétrica das partes do edifício. Relacionar, por escrito, os diferentes materiais utilizados e tentar entender o porquê das escolhas.

10. Os estudantes deveriam primeiro discutir e refletir, em grupo de 4 a 5, sobre cada tópico para, posteriormente, desenvolver os exercícios de mapeamento gráfico, de forma individual.
11. O mapeamento seria representado por diagramas, esquemas, croquis, etc., usando marcadores e/ou lápis de cor, em pranchas de papel sulfite ou papel manteiga, formato A3, sobre a cópia das peças gráficas do projeto selecionado. O espaço que sobraria nas pranchas seria utilizado para anotações, ensaios e reflexões a respeito de cada item levantado;
12. Os professores conduziriam a atividade apresentando, um a um, cada tópico a ser analisado e estipulando tempo suficiente para o seu desenvolvimento. Após uma breve exposição do tópico, com explicações e apresentação de exemplos práticos, os alunos deveriam iniciar as atividades;
13. A representação era livre, mas o desenho precisava ser expressivo e comunicativo;
14. Individualmente, também, os estudantes deveriam escrever pequenos textos (com 3 linhas no máximo) que apresentassem as hipóteses levantadas na reflexão em grupo, do porquê da escolha do arquiteto;
15. Ao final, os estudantes entregariam um portfólio do material produzido, contendo as análises realizadas em sala e revisadas e organizadas em casa. O portfolio receberia avaliação formativa, ou seja, não valeria nota;
16. Na aula em que o portfólio seria entregue, os grupos se juntariam, dois a dois, para apresentar um para o outro (vale lembrar que cada equipe realizou a análise de um projeto distinto). Esperava-se que, ao apresentar o resultado da análise, os grupos refletissem mais uma vez sobre o que desenvolveram, ao mesmo tempo em que teriam a oportunidade de conhecer a análise de um novo projeto;
17. Foi solicitado um relatório, escrito pelos dois grupos em conjunto, destacando as similaridades e as diferenças encontradas em cada um dos projetos, em relação aos tópicos analisados;
18. Repetiu-se uma outra vez a dinâmica de apresentação entre grupos, ou seja, cada grupo analisou um projeto e conheceu outros dois, trabalhados pelos demais grupos;
19. A atividade foi finalizada com um *feedback* em grande grupo, onde discutiram-se questões gerais analisadas e mapeadas e tentou-se encontrar pontos em comum, questões recorrentes, entre os projetos. Foram recolhidos os portfólios para avaliação posterior do professor quanto ao alcance da atividade (Zuccherelli, 2019, p. 42-45).

A abordagem descrita configura, para Zuccherelli (2019), o uso de duas metodologias ativas de ensino-aprendizagem: a Sala de Aula Invertida (*flipped classroom*) e o Estudo de Caso. A Sala de Aula Invertida consiste, em suma, no uso da sala de aula para aplicação prática de conceitos que devem ser previamente disponibilizados e acessados em ambiente digital por meio de vídeos ou leituras orientadas, atividade que foi desenvolvida entre os itens 1 e 5, descritos acima.

A atividade de busca e seleção de projetos de referência, desenvolvida fora de sala de aula, apresenta as características desta metodologia (Sala de Aula Invertida). Apesar de o professor não ter “fornecido o material de estudo” (os projetos de referência) e do material não estar relacionado a “vídeo ou texto” diretamente, a atividade realizada fora da sala de aula foi uma preparação para o conteúdo a ser abordado e trabalhado em sala de aula (Zuccherelli, 2019, p. 42).

O Estudo de Caso representa uma “abordagem de ensino baseada em situações do contexto real, que pressupõe a participação ativa do estudante na resolução de questões relativas ao caso apresentado, normalmente em um ambiente colaborativo com seus pares” (Spricigo, 2014, p. 1, grifo da autora). Para Zuccherelli (2019), as atividades descritas nos itens 10 a 14 podem ser descritas como Estudo de Caso, já que o caso apresentado, a análise de referências, promoveu um debate entre os alunos e uma reflexão conjunta através de diferentes perspectivas do problema, sendo uma atividade que definitivamente integrou conceitos múltiplos, sendo aberto a múltiplas soluções e caminhos (ZUCCHERELLI, 2019).

Como conclusão, a autora destaca que o uso das metodologias ativas ajudou no engajamento na participação das atividades, e o trabalho em grupo “permitiu que os estudantes socializem suas análises, reflexões e descobertas com os demais colegas, aprimorando desta forma a aprendizagem, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades de trabalho colaborativo” (Zuccherelli, 2019, p. 45). Todavia, Zuccherelli também destaca a necessidade de acompanhamento constante dos professores, principalmente nos momentos de debate entre grupos, incitando sua continuidade sem apresentar respostas prontas. Além disso, é importante salientar a importância do gerenciamento do tempo, buscando sempre garantir que as atividades sejam realizadas no tempo previsto para evitar a dispersão (ZUCCHERELLI, 2019).

- **O Remote Design Studio 1.0 e 2.0 e o ensino remoto de projeto de arquitetura**

O projeto Remote Design Studios 1.0 (RDS 1.0) foi realizado no ano de 2020 pelo grupo de pesquisa Nomads.usp, com intuito de reunir informações sobre a realização das atividades remotas de ensino de projeto no primeiro semestre de 2020, frente à pandemia de Covid-19. Para isso, foram consultados professores de projeto de arquitetura, urbanismo e paisagismo de 14 países diferentes através de um formulário *online*.

Através de uma análise das respostas do formulário é possível concluir que a maioria dos professores reconhece os pontos positivos e potencialidades na incorporação de programas computacionais e procedimentos do ensino remoto no ensino presencial, mas destacam a importância de existirem procedimentos de capacitação para alunos e docentes no uso desses recursos. Também é possível concluir que as potencialidades dos programas BIM não foram tão exploradas quanto poderiam no processo de desenvolvimento de projeto, mesmo diante de sua maior adaptabilidade à colaboração à distância, e que a dinâmica dos encontros e orientações tiveram que ser mais recorrentes e com menor duração, para que se evitasse o cansaço dos alunos (TRAMONTANO et al., 2020).

A segunda edição do projeto Remote Design Studios (RDS 2.0) foi realizada em 2021, mantendo o formato de formulário *online* e com enfoque em docentes de projeto de arquitetura, urbanismo e paisagismo em escolas do Brasil, totalizando 455 respondentes.

Os resultados obtidos no questionário, analisados pela pesquisadora Anna Laura Fiore (2023), demonstraram que a maioria dos professores continuou acreditando na potencialidade de incorporar procedimentos *online* nas disciplinas presenciais, ressaltando a importância de uma capacitação adequada. O uso de BIM continuou sendo pouco explorado, e foram predominantes as dinâmicas de atendimento e encontro em grupos menores, com tempo de atendimento reduzido.

- **O Exercício “Folies do Minhoca” e o uso de metodologias ativas no ensino de projeto de arquitetura, urbanismo e paisagismo**

A análise a seguir deriva do artigo “Metodologia ativa aplicada ao ensino de arquitetura e urbanismo: um relato sobre o exercício ‘Folies do Minhoca’”, de Elisabeth Cristina Ecker e Sérgio Ortiz, publicado em 2018. O exercício foi elaborado no contexto da disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo I, do Centro Universitário Belas Artes, de São Paulo.

Após uma análise do perfil dos alunos de cada turma, os professores elaboraram um plano da disciplina que consistia em quatro ciclos:

- 1) Leituras perceptivas: leitura de projetos arquitetônicos e proposição de um objeto plástico, com objetivo de desconstruir conceitos pré-estabelecidos pelos alunos;
- 2) Deserto do Atacama: construção de um abrigo para turistas no deserto enfatizando o sistema construtivo, a partir da metodologia de resolução de problemas;
- 3) Abrigo 1:1: construção de um abrigo com papelão em escala real, cooperativamente;

- 4) Folies do Minhocão: elaboração de uma proposta construtiva para uma realidade urbana experienciada e adequada ao contexto da cidade.

Na última etapa, foram expostos dois estudos de caso que possuíam situações semelhantes com a problemática do Minhocão e, em seguida, foi realizada uma visita de campo com os professores. A partir disso, os docentes promoveram um debate acerca da permanência ou desmonte do elevado e demandaram uma intervenção denominada *folie*, que deveria ser um elemento arquitetônico realizado através de um sistema de *steel frame*, realizada juntamente com uma intervenção paisagística para o local (ECKER; ORTIZ, 2018).

O exercício “Folies do Minhocão” foi desenvolvido em duplas, trabalhando nas seguintes etapas:

- 1) Levantamento de campo;
- 2) Visita técnica dirigida;
- 3) Debate sobre a situação urbana da área do Elevado João Goulart para decidir qual seria o melhor destino da via elevada;
- 4) Desenvolvimento da proposta paisagística e do elemento arquitetônico em três etapas – sugestão preliminar da *folie*, seguido pela sua proposta estrutural com esboço do projeto paisagístico do trecho escolhido e estudo preliminar do projeto paisagístico e do elemento arquitetônico com maquete e desenhos propositivos.

Os alunos tinham autonomia na escolha do seu trecho de projeto, e também foi realizada a visita de campo monitorada, que trouxe a importância do conhecimento da área de intervenção e dos desafios urbanísticos que permeavam o local. Assim, essa autonomia de decisão dos alunos e a possibilidade de análise de uma situação real demonstra a implementação dos conceitos das metodologias ativas no ensino (ECKER E ORTIZ, 2018).

Os autores destacam que a possibilidade de os alunos participarem dos processos avaliativos e de expor seu processo de decisões projetuais de modo coletivo e participativo com os professores promoveu uma melhoria significativa no entendimento dos critérios avaliativos e no material produzido nas etapas seguintes (ECKER; ORTIZ, 2018).

## 2.4. APLICAÇÃO PRÁTICA: EXPERIMENTO PAVILHÃO

O organização do **Experimento Pavilhão**, realizado pelo grupo de pesquisa Nomads.usp em maio-junho de 2024, surge em meio à busca por experimentos práticos que possam validar a aplicação das metodologias de ensino-aprendizagem e o uso de meios digitais desde o início do processo de projeto, conforme descrito na presente pesquisa, buscando também apresentar uma proposta no desenvolvimento de projetos de arquitetura que possa difundir conhecimentos matemáticos aliados à modelagem paramétrica e à fabricação digital. A concepção, realização e documentação do processo do experimento foi realizada em conjunto com os pós-graduandos Caio Nunes, Euler Moraes, Maurício Silva e Júlia Vechetini e com o pesquisador graduando João Gabriel Costa e Silva, permitindo que os resultados obtidos fossem utilizados em suas pesquisas de mestrado e iniciação científica.

O experimento foi estruturado em etapas, sendo quatro delas já concluídas e listadas abaixo:

- **Etapa 1:** Preparação do experimento, concepção do curso de difusão “Do digital ao Material”;
- **Etapa 2:** Etapa de projeto: realização do curso de difusão “Do Digital ao Material”;
- **Etapa 3:** Avaliação dos insumos de projeto da etapa 2, concepção do projeto do pavilhão a ser executado e preparação dos componentes construtivos;

- **Etapa 4:** Execução dos modelos reduzidos, parciais e em escala 1:1: realização do curso de difusão “Construir com Fabricação Digital”;

Cada uma das etapas será posteriormente documentada em relatórios produzidos em conjunto com os pesquisadores envolvidos. Desse modo, a descrição a seguir possui enfoque no aspecto de interesse para a presente pesquisa: a elaboração, aplicação e os resultados obtidos pelas metodologias de ensino-aprendizagem aplicadas no experimento, com destaque para as etapas 1 e 2, que foram as que contaram com a colaboração direta da presente pesquisa.

#### **2.4.1. ETAPA 1: PREPARAÇÃO DO EXPERIMENTO**

A primeira etapa do processo foi destinada às atividades de formulação do escopo do curso de difusão, planejamento estratégico da realização do curso, preparação do algoritmo a ser implementado e também a capacitação dos monitores nos meios digitais de fabricação a serem utilizados. Esse processo ocorreu através de reuniões e discussões entre os pesquisadores envolvidos, que buscaram estabelecer os princípios norteadores do experimento através de suas pesquisas de mestrado e iniciação científica, sob a orientação contínua do Prof. Assoc. Dr. Marcelo Tramontano. A partir da definição do escopo do curso, questões como a duração, número de encontros, quantidade de participantes e recursos disponíveis nortearam a posterior formulação da metodologia de ensino-aprendizagem a ser aplicada, que aconteceu sempre em colaboração com a mestrandona Júlia Vechetini, utilizando como embasamento teórico a sua pesquisa de mestrado, intitulada *Processos digitais no ensino-aprendizagem de projeto de arquitetura: a possibilidade do ateliê ampliado* e também a presente pesquisa de iniciação científica.

#### **2.4.2. ETAPA 2: REALIZAÇÃO DO CURSO DE DIFUSÃO “DO DIGITAL AO MATERIAL”**

Na segunda etapa do experimento, o processo digital e os algoritmos desenvolvidos foram apresentados na realização do curso de difusão “Do Digital ao Material” promovido no IAU-USP apoiado por sua Comissão de Cultura e Extensão (CCEX). O curso aconteceu em três sessões, nos dias 10, 17 e 24 de maio de 2024, no Instituto de Arquitetura e Urbanismo na Universidade de São Paulo (IAU-USP), entre as 14h e as 18h. As atividades foram realizadas no Laboratório de Ensino Informatizado (LEI) e Laboratório de Fabricação Digital (LFD), contando com 15 participantes, entre eles, alunos da graduação e da pós-graduação da universidade, profissionais formados por universidades privadas e estudantes de outras universidades da região de São Carlos. Além disso, contou com a participação de monitores e técnicos, sob a supervisão a orientação do Prof. Associado Dr. Marcelo Tramontano.

#### **Objetivos da etapa 2**

O objetivo geral da etapa foi desenvolver um processo de projeto de arquitetura de um pavilhão de dimensões reduzidas, envolvendo modelagem paramétrica e fabricação digital, que contemplasse a reflexão sobre princípios matemáticos na constituição da lógica algorítmica para geração de formas complexas, com o uso de meios digitais.

Como objetivos específicos podemos elencar:

(1) Empregar algoritmos de modelagem paramétrica em processos de projeto de arquitetura;

(2) Explorar algoritmos de modelagem paramétrica considerando a lógica matemática subjacente ao modelo produzido;

(3) Produzir modelos físicos parciais e/ou reduzidos para estudos durante o processo de projeto;

(4) Propor uma solução arquitetônica para um pavilhão de pequeno porte, considerando programa, técnicas construtivas e necessidades relativas aos procedimentos de vedação, montagem e desmontagem do objeto arquitônico projetado;

(5) Discutir o processo de projeto desenvolvido junto aos participantes do curso;

(6) Utilização de metodologias ativas de ensino-aprendizagem de projeto em conexão com os meios digitais.

## Metodologia

A construção metodológica do curso foi elaborada juntamente com a mestrandona Nomads.usp Júlia Vechetini, cuja pesquisa visa explorar inovações em metodologias de ensino de projeto e está diretamente relacionada com este estudo. Assim, com base no referencial teórico levantado pelos dois trabalhos e nas discussões realizadas na Etapa 1 deste experimento com os demais pesquisadores envolvidos, foram estabelecidos quatro pilares metodológicos para a segunda etapa do experimento: (1) Abordagem Sistêmica e Transdisciplinar; (2) Utilização dos Meios Digitais em um Processo Digital de Projeto; (3) Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e (4) Sala de Aula Invertida.

A Abordagem Sistêmica e Transdisciplinar fundamenta-se no princípio de que todos os participantes do experimento, incluindo monitores, devem contribuir de maneira igualitária e horizontal na construção do conhecimento, evitando a criação de hierarquias. A ênfase foi colocada em um modelo de ensino-aprendizagem ativo, onde todos os membros do sistema são incentivados a aprenderativamente, evitando a predominância de aulas expositivas tradicionais. Assim, as exposições de conteúdo foram redefinidas como “inputs”, sinalizando uma troca constante de saberes entre teoria e prática. Os monitores deveriam fazer circular a informação e auxiliar a sanar as dúvidas relacionadas às suas pesquisas e aos meios digitais de modelagem e fabricação.

A transdisciplinaridade, que supera as fronteiras disciplinares para abordar problemas complexos de forma holística, foi central para essa abordagem. Em um processo digital de projeto, áreas como matemática, técnicas construtivas e projeto foram exploradas de forma integrada, permitindo a resolução conjunta de problemas projetuais. Essa integração visava não apenas a criação de soluções inovadoras, mas também o desenvolvimento de uma visão crítica e abrangente dos desafios arquitetônicos contemporâneos.

Essa abordagem serviu de base para estruturação de grupos heterogêneos, ou seja, foi incentivada a formação de participantes de universidades, grau de formação e experiência distintos, exatamente para evitar que hierarquias pudessem ser formadas e visando estimular a troca de informação entre diferentes perfis.

A utilização dos meios digitais foi fundamental para que a abordagem sistêmica sustentasse a metodologia de ensino-aprendizagem. Assim, a exploração dos meios digitais foi promovida como *locus* central da produção do projeto. Os meios digitais foram organizados em quatro grupos essenciais:

- **Comunicação:** Foi criado um grupo no WhatsApp para facilitar o diálogo contínuo entre todos os participantes, promovendo um ambiente de comunicação fluida e colaborativa.
- **Modelagem:** A modelagem paramétrica foi explorada por meio de programas como Rhinoceros e seu plugin Grasshopper. Foram fornecidos tutoriais para que os participantes pudessem adquirir um conhecimento prévio e aprofundado dessas ferramentas, permitindo um engajamento mais efetivo no processo digital de projeto.
- **Gestão da Informação:** A plataforma Miro foi utilizada como um “dashboard” colaborativo, estimulando todos os participantes a contribuir na construção do conhecimento de forma organizada e acessível. Além disso, uma pasta no Google Drive foi disponibilizada para armazenar e compartilhar todos os arquivos do projeto, assegurando que a informação de cada grupo estivesse sempre acessível a todos os participantes.
- **Fabricação:** Ferramentas como a cortadora a laser e a impressora 3D foram incorporadas ao processo digital de projeto. Essas tecnologias permitiram a retroalimentação constante do processo projetual, evidenciando questões construtivas e facilitando a materialização das ideias, o que reforça a conexão entre o conceito projetual e sua viabilidade técnica.

Os dois primeiros pilares foram diagramados conforme a Figura 1, buscando elucidar o processo de *feedback* e retroalimentação do projeto, enfatizando a importância da metodologia para o ensino-aprendizagem do processo.

Figura 1: Processo de ensino-aprendizagem não linear.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores (2024).

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) é um método ativo que, de maneira semelhante às dinâmicas tradicionalmente propostas em disciplinas de projeto, orienta os alunos na resolução de problemas através da elaboração de um projeto (BENDER, 2014). A âncora e a questão motriz foram elaboradas visando aproximar os estudantes do problema a ser solucionado. Através dos meios digitais de fabricação, planejou-se que cada equipe tivesse um modelo reduzido como produto final e que os mesmos pudessem expor e fazer uma avaliação coletiva e individual do processo de projeto digital. Essa diagramação pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2: Aplicação do método ativo ABP.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores (2024).

A ABP estimula a busca por soluções transdisciplinares, pois, ao trabalhar com problemas complexos, ainda sem solução no mundo real, os estudantes têm de aprender a relacionar conhecimentos de diferentes áreas, já que os problemas da vida real não apresentam a divisão acadêmica em matérias e disciplinas.

A Sala de Aula Invertida foi proposta tendo em vista a quantidade de tempo limitada das três sessões, tornando fundamental o acesso aos conteúdos disponibilizados com antecedência, especialmente aqueles relacionados aos programas utilizados para o desenvolvimento de algoritmos e à operação das máquinas de fabricação digital. A abordagem da Sala de Aula Invertida propõe que os conteúdos teóricos sejam estudados previamente pelos alunos, permitindo que o tempo de encontro seja dedicado ao aprofundamento e à aplicação prática desses conhecimentos (SILVA, 2020). Este método foi implementado com o objetivo de incentivar o progresso contínuo no processo de projeto entre as sessões, assegurando que os alunos estivessem sempre prontos para avançar nas discussões e na prática projetual. O conteúdo era disponibilizado com antecedência através do Google Drive. Além disso, foi proposto que os grupos se reunissem entre os encontros para prosseguir no desenvolvimento do projeto.

## Resultados Esperados

A partir da definição da metodologia, os pesquisadores definiram um cronograma de atividades que foi apresentado aos alunos já no início da primeira sessão (Quadro 1), buscando deixar claras as expectativas quanto ao desenvolvimento do curso e os resultados a serem alcançados, proporcionando aos participantes uma visão integrada do processo de ensino-aprendizagem.

Quadro 1: Cronograma e resultados esperados para cada sessão. Fonte: AUTORES (2024)

ETAPAS	ATIVIDADES	DIA 01	ENTRE SESSÕES	DIA 02	ENTRE SESSÕES	DIA 03
01	Dinâmica e apresentações: Apresentação do curso Dinâmica Long live line Apresentação das pesquisas envolvidas Apresentação da metodologia e lançamento do exercício projetual					
	Inputs: Input 1: Parametrização e arquitetura Input 2: Modelagem paramétrica e superfícies curvas: a matemática subjacente à forma Input 3: Processos de montagem e desmontagem Input 4: Envelope como sistema					
	Prática: Implementação do algoritmo que gera as superfícies curvas Exploração do algoritmo e materialização com fabricação digital – impressora 3D					
02	Estudo do material fornecido através do Google Drive e manipulação do algoritmo, tentativa de implementação e levantamento de dúvidas.					
	Exploração de partidos projetuais, possibilidades formais considerando esses partidos e os pressupostos, modelos físicos e digitais					
03	Debate/Feedback: Comentários de cada um dos grupos sobre o que foi produzido na semana anterior com apresentação das diretrizes projetuais definidas e partidos a serem considerados.					
	Prática: Trabalho em equipes com discussões sobre: Projeto, Montagem/Desmontagem, Vedação, Algoritmos, Modelagem Paramétrica e Fabricação Digital					
04	Propostas envolvendo Montagem e Desmontagem ou conceito de Envelope, de acordo com a equipe, e estudos volumétricos com modelos físicos					

05	Trabalho em equipe: Produção do dois slides síntese (um slide referente ao processo e outro referente ao produto - Explicitando os pressupostos e partidos da equipe, como eles se apresentam na proposta desenvolvida, propostas de detalhamento e imagens de modelos digitais e físicos)					
	Avaliação: Preenchimento do formulário de avaliação individual do curso; Exposição das propostas; Discussão coletiva.					

Dentre os resultados esperados, destacam-se:

- Trabalho em equipes de forma colaborativa e sistêmica.
- Aprendizagem do processo digital de projeto e desenvolvimento de um diálogo crítico por meio da exploração dos meios digitais durante o desenvolvimento do projeto.
- Compreensão das demandas projetuais específicas (encaixes, vedações, materiais) necessárias para a execução do sistema de montagem e desmontagem do envelope.
- Aplicação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem no desenvolvimento do projeto.
- Utilização dos meios digitais, incluindo os de fabricação, durante o processo de desenvolvimento, de forma a retroalimentar o processo projetual.
- Apresentação de um modelo físico reduzido do pavilhão proposto pelas equipes.

### **Participantes e técnicos**

De acordo com os dados obtidos no questionário aplicado aos participantes do experimento, que foi respondido por 11 dos 15 participantes, 45% dos respondentes não possuíam familiaridade com a impressora 3D, e 9% desconheciam o funcionamento da cortadora a laser. Em relação aos programas de modelagem propostos, 45% dos respondentes afirmaram não ter conhecimento prévio do programa Rhinoceros, e 55% desconheciam o *plugin* Grasshopper. Entre aqueles que já haviam tido contato com esses meios, aproximadamente um terço relatou possuir apenas um conhecimento básico. Diante desse perfil, tornou-se evidente a necessidade da aplicação da metodologia da Sala de Aula Invertida, que consistiu na disponibilização dos materiais de estudo antecipadamente, buscando uma melhor preparação dos participantes.

O Nomads.usp desempenhou um papel central na realização do curso, que contou com a colaboração de diversos pesquisadores para além dos que estavam diretamente envolvidos com suas pesquisas de mestrado e iniciação científica, além dos técnicos de informática do IAU-USP.

### **Desenvolvimento**

As atividades do primeiro dia iniciaram-se com uma breve apresentação, em seguida, foram expostos os objetivos e a metodologia do curso, e iniciaram-se as apresentações dos *inputs*, que consistiam em breves exposições teóricas a respeito das temáticas que fundamentaram as atividades propostas.

Após esse momento, foi lançado o exercício projetual proposto: o desenvolvimento de um pavilhão de dimensões reduzidas, envolvendo modelagem paramétrica e fabricação digital, que refletisse sobre princípios matemáticos aplicados à lógica algorítmica para a geração de formas complexas, utilizando meios digitais. Além disso, o projeto deveria ser capaz de abrigar atividades de socialização dentro da universidade, obedecendo os seguintes critérios:

- A fabricação deveria partir do corte de placas planas;
- O pavilhão deveria apresentar geometria complexa;
- A geometria complexa deveria ser gerada a partir de uma superfície resultante de funções trigonométricas, definidas algebricamente ou graficamente pela equipe;
- A proposta final deveria contemplar um sistema de montagem/desmontagem ou de vedação, conforme a escolha da equipe;
- O processo de desenvolvimento deveria seguir uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem.

Em seguida, foi solicitado que os participantes se dividissem em grupos necessariamente heterogêneos, de acordo com os princípios metodológicos explicitados no tópico 2. No entanto, como o tempo destinado aos *inputs* foi mais longo que o previsto, essa tarefa foi adiada para depois do término da sessão. Do ponto de vista metodológico, essa alteração foi prejudicial, pois dificultou a formação e colaboração efetiva dos grupos durante o primeiro e o segundo encontros presenciais.

Dessa forma, diferentemente do planejado no cronograma, os *inputs* expositivos terminaram uma hora após o previsto. Esse atraso, somado ao tempo necessário para o deslocamento e acomodação no Laboratório de Ensino Informatizado (LEI) e às dificuldades de acesso às máquinas devido a um problema de *login* e senha fornecidos pela Seção Técnica de Informática (STI), retardou ainda mais o início da parte prática, ou seja, da implementação do algoritmo com os participantes.

Durante a atividade de implementação do algoritmo, foi observado que alguns participantes, ao se distraírem com o celular ou outras tarefas, perdiam o passo a passo e não comunicavam isso ao mestre Maurício, que coordenou o desenvolvimento de algoritmos, ou aos monitores. No entanto, os pesquisadores do Nomads.usp, especialmente aqueles com maior domínio do programa, intervieram prontamente para evitar que informações importantes fossem perdidas. Outro ponto a ser destacado foi a percepção de que o foco dos participantes estava mais em acompanhar as etapas do tutorial do que em compreender a lógica por trás da implementação do algoritmo.

No intervalo entre as sessões, alguns participantes entraram em contato com os monitores via WhatsApp para esclarecer dúvidas, principalmente relacionadas à escolha da área de implantação do pavilhão e à definição do programa de necessidades. No entanto, nenhum participante manifestou dúvidas específicas sobre a implementação do algoritmo, o que reforça a hipótese de que a prática da primeira sessão não foi suficiente para garantir a compreensão das alternativas para a manipulação do algoritmo.

A formação dos grupos também ocorreu tarde e alguns não seguiram as pré-definições solicitadas, o que exigiu uma intervenção por parte dos monitores. Essa intervenção visava garantir a heterogeneidade das equipes, evitando que um grupo fosse composto exclusivamente por participantes familiarizados com os meios de modelagem e fabricação, enquanto outro ficasse em desvantagem por desconhecer esses recursos, comprometendo tanto o processo de ensino-aprendizagem, quanto o produto final.

O segundo encontro começou com o ajuste final na formação dos grupos, buscando adequá-los ao critério de heterogeneidade, e com as adaptações necessárias para o andamento das atividades. Durante esse encontro, foi realizado um sorteio para definir as responsabilidades específicas de cada grupo: alguns ficaram encarregados das demandas relacionadas à montagem e desmontagem, enquanto outros se concentraram nas soluções de vedação. Além disso, foi sorteada a forma de manipulação do algoritmo: alguns grupos utilizaram gráficos e outros, fórmulas.

A primeira parte do encontro foi dedicada ao esclarecimento de dúvidas e à exploração formal. Observou-se que algumas questões, que poderiam ter sido resolvidas durante o intervalo entre sessões, surgiram apenas nesse momento. Foi possível perceber que os grupos formados logo após o primeiro encontro avançaram de maneira colaborativa na exploração do algoritmo, utilizando meios digitais de gestão da informação, como a plataforma Miro, para desenvolver o projeto de forma integrada e

dialógica. Além disso, os meios digitais de comunicação – como o Google Meet e WhatsApp – foram essenciais, pois o processo projetual aconteceu à distância, já que os integrantes dos grupos residiam em cidades diferentes.

Por outro lado, alguns grupos, especialmente aqueles sem experiência prévia com o programa ou com modelagem paramétrica, tiveram dificuldade em compreender a exploração formal dialógica por meio dos recursos digitais. Esses grupos optaram inicialmente por criar modelos analógicos, baseados em propostas formais que desejavam alcançar. No entanto, à medida que a exploração avançava, eles passaram a entender que o processo projetual digital proposto dferia do modelo tradicional, no qual se define o programa de necessidades, estuda-se a planta e a volumetria e, em seguida, se realiza a modelagem, com a produção da maquete apenas ao final do processo. Todavia, também foi possível observar que, mesmo num processo digital, os croquis à mão livre ainda eram utilizados para expressar ideias, concepções matemáticas e formais.

A metodologia proposta foi fundamental para reforçar o ensino-aprendizagem de um processo dialógico de projeto, onde a concepção da planta e volumetria, a modelagem e a produção de modelos reduzidos acontecem de forma integrada, permitindo a retroalimentação do processo projetual por meio de *feedbacks* e *outputs*. A compreensão de que os meios digitais deixariam de ser apenas uma ferramenta de representação para tornar-se parte do processo foi adquirida, principalmente, ao longo do segundo encontro presencial.

Com o avanço na exploração do algoritmo ao longo da sessão, o alinhamento constante permitiu a solução de dúvidas tanto em relação ao algoritmo, quanto aos métodos construtivos e às premissas de montagem, desmontagem e vedação, que se evidenciaram durante a manipulação da forma. Alguns grupos chegaram a propostas formais e mostraram o desejo de produzir modelos físicos reduzidos, com o objetivo de compreender as questões construtivas envolvidas e realizar revisões projetuais a partir dessas observações. Nesse momento, os grupos começaram a preparar seus arquivos para as máquinas de fabricação digital: alguns para a cortadora a laser e outros, para a impressora 3D.

Durante o processo de adaptação dos arquivos de modelagem para os arquivos de impressão, um dos grupos identificou problemas construtivos na geometria que inviabilizavam a fabricação do modelo reduzido, tanto na impressora 3D, quanto na cortadora a laser, comprometendo, inclusive, a viabilidade de uma possível construção em escala 1:1. Esse grupo precisou buscar alternativas formais que permitissem a fabricação do modelo.

A transição da modelagem digital para a produção do modelo físico gerou diversas dúvidas em todos os grupos, especialmente relacionadas à conversão de arquivos, ajustes de escala e à necessidade de utilizar programas específicos para os meios digitais de fabricação. Esses programas haviam sido disponibilizados antes do primeiro encontro, mas a maioria dos participantes não os instalou em seus computadores, o que acabou atrasando ainda mais o processo.

Após alguns ajustes, dois grupos finalmente conseguiram gerar arquivos para impressão na impressora 3D, porém não foi possível executá-los devido a um problema técnico na máquina. Assim, alguns grupos precisaram realizar ajustes em seus modelos para conseguir converter a produção do modelo reduzido para a cortadora a laser. Esse processo exigiu a realização de um avanço no algoritmo, que separou as formas em montantes verticais e horizontais, viabilizando a execução do modelo na cortadora a laser. Ao final deste encontro, apenas um grupo conseguiu produzir um modelo reduzido parcialmente, fato que ocorreu devido principalmente aos problemas técnicos enfrentados pela equipe. Nesse sentido, foi comunicado aos participantes que o laboratório ficaria disponível durante a semana, com os monitores presentes em horários específicos, para que pudesse produzir os modelos reduzidos antes do último encontro presencial.

No intervalo entre o segundo e o terceiro encontro presencial, a impressora 3D não pôde ser reparada. Isso comprometeu o processo projetual ao impedir que as interações entre a casca e a estrutura fossem observadas em um modelo físico, restando apenas a análise digital. Apesar da disponibilização das máquinas durante a semana, nenhum grupo conseguiu produzir modelos físicos. No entanto, foi observado pelos monitores que os grupos se reuniram para discutir o projeto, tanto

presencialmente, quanto via Google Meet. Os monitores também foram acionados diversas vezes durante a semana para resolver questões construtivas, projetuais e, principalmente, relacionadas ao algoritmo.

Para o terceiro dia de curso o cronograma previa que os modelos reduzidos estivessem prontos e as apresentações em fase final de montagem. O cronograma pedia a elaboração de duas pranchas: a primeira, abordando o projeto do pavilhão desenvolvido, e a segunda, detalhando o processo projetual adotado pelo grupo. Entretanto, devido aos atrasos e problemas técnicos enfrentados nos encontros anteriores, o último dia precisou ser reestruturado. A primeira parte do encontro, até o intervalo, foi dedicada à conclusão dos modelos físicos e à finalização das apresentações, com possibilidade de extensão para o início da segunda parte. Ainda assim, os últimos 15 minutos foram reservados para o preenchimento do formulário individual e para a avaliação coletiva.

Nesse encontro final, ficou ainda mais evidente o que já havia sido observado anteriormente: em um dos grupos, a presença de um participante com maior domínio dos aplicativos de modelagem (Grasshopper e Rhinoceros) permitiu uma exploração mais aprofundada das proposições formais, matemáticas e construtivas. Mesmo com apenas um integrante experiente, o grupo demonstrou um avanço significativo no desenvolvimento do projeto. Esse grupo, que já havia progredido substancialmente entre o segundo e o terceiro encontros, foi o primeiro a realizar o corte das peças na cortadora a laser e a iniciar a montagem.

Durante a montagem, diversos problemas foram identificados, especialmente em relação à transição do modelo digital para o físico. Aspectos como a espessura e a angulação dos sulcos de encaixe, a nomenclatura das peças e o método de montagem só puderam ser avaliados de forma precisa na prática.

A quebra de várias peças durante o processo levou à necessidade de ajustes, com um novo método de montagem e de nomenclatura das peças sendo proposto em resposta às dificuldades enfrentadas. Nessa etapa, ficou evidente a necessidade de criar uma base (fundação) que pudesse servir de gabarito para a montagem. Além disso, falhas no modelo digital que não haviam sido previstas anteriormente foram identificadas, o que reforçou a importância de se considerar os meios digitais de fabricação como parte integral do processo projetual, e não apenas como uma etapa final. Embora o grupo tenha conseguido recortar as peças novamente, não foi possível concluir a montagem a tempo.

Um dos grupos conseguiu fabricar e montar o modelo reduzido por completo, incorporando imagens do processo na apresentação final. Em termos formais, o grupo em questão conseguiu adicionar mais variáveis ao algoritmo e, ao mesmo tempo, conseguiu alcançar a solução mais viável do ponto de vista construtivo.

Por outro lado, o terceiro grupo não conseguiu produzir o modelo reduzido. A complexidade da forma exigia uma impressão 3D, pois os montantes verticais e transversais apresentavam torções que impossibilitaram o corte na cortadora a laser.

Durante as apresentações, a diferença entre os três grupos ficou evidente. Embora todos tenham explorado o processo digital, a estrutura discursiva das apresentações ainda estava muito próxima do processo projetual tradicional. Mesmo com o uso intensivo dos meios digitais, a narrativa seguiu uma lógica convencional, com etapas lineares.

A evolução dos grupos também apresentou diferenças marcantes. Dois deles exploraram as formas, mas não avançaram nas soluções de vedação ou montagem/desmontagem. Em contraste, o grupo com maior domínio digital conseguiu resolver essas questões no ambiente digital, ainda que não no modelo físico. A dificuldade na montagem física levou à revisão do modelo digital, gerando o ciclo de retroalimentação projetual esperado nesse processo.

A gestão do tempo foi um desafio constante no último dia. Todo o período foi dedicado à finalização das peças, à montagem e aos ajustes nas apresentações. Os grupos foram chamados para dar um depoimento coletivo em outro espaço, mas o preenchimento do formulário individual não foi

realizado em sala. Houve, portanto, a necessidade de solicitar esse preenchimento após o término do curso, uma vez que a emissão dos certificados estava condicionada a essa etapa.

Nos minutos finais do encontro, iniciaram-se as apresentações dos grupos. Alguns grupos já haviam deixado o local, deixando apenas um representante para expor o pavilhão desenvolvido. Apesar do tempo limitado para o desenvolvimento do projeto e das dificuldades enfrentadas no uso dos meios digitais, todos os grupos atingiram os objetivos propostos. Apenas um deles não conseguiu produzir o modelo reduzido, mas todos conseguiram concluir o processo projetual conforme planejado.

Essa reflexão evidencia o impacto das limitações técnicas e temporais no desenvolvimento do curso, reforçando a importância de se prever mais tempo para ajustes e experimentações, principalmente quando o foco está em metodologias que integram tecnologias digitais ao processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a variação na capacidade de domínio das ferramentas digitais entre os participantes mostrou-se um fator determinante no resultado final, sugerindo a necessidade de abordagens pedagógicas mais equilibradas e que promovam a inclusão de todos os participantes em um ambiente de aprendizado colaborativo e dialógico.

### **Desafios e superação**

Nessa etapa do experimento, foi evidenciada a necessidade de se planejar estratégias contingenciais no ensino-aprendizagem de projeto, especialmente no contexto do emprego dos meios digitais. No entanto, ficou claro que os desafios superados foram fundamentados no pensamento complexo de Edgar Morin, que orientou a metodologia proposta.

Ao considerar que todos os participantes faziam parte de um sistema aberto, foi possível observar que eventos externos, como a falha da impressora 3D, desencadearam uma desordem que resultou em auto-organização. Através da interação entre os participantes, novas propriedades emergentes se manifestaram, adicionando camadas de complexidade e retroalimentando o sistema, promovendo ciclos contínuos de reorganização e adaptação. Essas soluções reconfiguraram o processo de ensino-aprendizagem e o desenvolvimento projetual, transformando-o em um sistema dinâmico e em constante evolução.

Entre os principais desafios enfrentados, destacam-se a limitação de espaço nas salas utilizadas e a falha no acesso aos computadores do laboratório, causada pela não validação prévia dos *logins* e senhas fornecidos pela STI. Além disso, o problema técnico com a impressora 3D impactou significativamente o processo, o produto final e a metodologia proposta. A falta de mão de obra técnica especializada para resolver problemas nos meios digitais de fabricação foi um obstáculo, e o conhecimento dos monitores, responsáveis pelas máquinas, não foi suficiente para solucionar o problema em tempo hábil.

No entanto, entre todos os desafios, a maior dificuldade foi o tempo insuficiente para realizar todas as atividades propostas. Considerando que a maioria dos participantes tinha pouco ou nenhum conhecimento sobre os meios digitais de modelagem e fabricação, talvez fosse necessário oferecer um pré-curso ou aulas introdutórias para que, na fase de desenvolvimento de projeto, as discussões se concentrassem apenas na manipulação dos algoritmos e nas questões projetuais.

Esses desafios reforçam a hipótese de que a maior dificuldade em promover um processo de ensino-aprendizagem de projeto de arquitetura de forma ativa, sistêmica e transdisciplinar, com o uso de meios digitais, ainda reside na falta de capacitação técnica para explorar esses meios como parte indissociável do processo projetual na formação do arquiteto e urbanista.

### **Avaliação**

#### **a. Pelos participantes**

Como parte da metodologia proposta, o processo de avaliação foi essencial para verificar a efetividade das ações implementadas, além de contribuir para a construção do conhecimento. Os

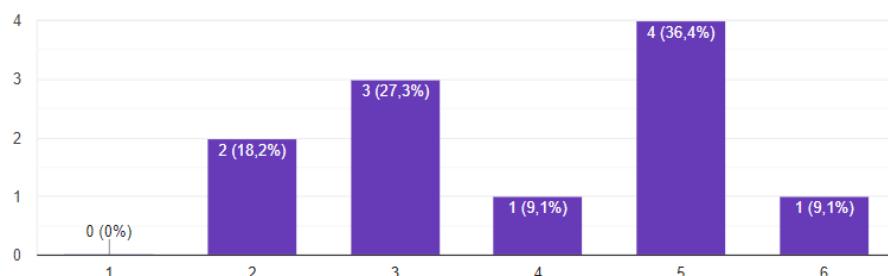
métodos de avaliação utilizados foram baseados nos princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), reforçando a importância de um processo contínuo de avaliação por meio de *feedbacks*.

Uma falha na metodologia proposta para o curso de difusão foi a ausência de uma avaliação coletiva e de um debate envolvendo todos os atores do sistema. A avaliação foi conduzida em grupo, por meio de entrevistas que coletaram depoimentos e promoveram discussões entre os integrantes do grupo, e de forma individual, através de um questionário elaborado pelos monitores e pelo coordenador, com o objetivo de compreender a evolução pessoal de cada participante.

As perguntas do questionário individual variaram entre múltipla escolha e questões discursivas, abordando a compreensão dos pressupostos teóricos e do processo projetual. A seguir, será apresentado graficamente o retorno de 11 participantes que responderam ao questionário e, consequentemente, tiveram seus certificados emitidos. As respostas das questões de múltipla escolha foram expressas em uma escala gráfica crescente, onde 1 representava o pior cenário, insuficiência ou incompreensão, e 6 indicava total entendimento e satisfação.

O consenso sobre a dificuldade de realizar as atividades propostas no tempo disponível ficou evidente na resposta à seguinte questão: "Em relação ao tempo disponível para o objetivo proposto no curso de difusão, como você avalia a duração das sessões?" (Gráfico 1). As respostas indicam que pelo menos metade dos participantes considerou o tempo destinado ao desenvolvimento das atividades insuficiente.

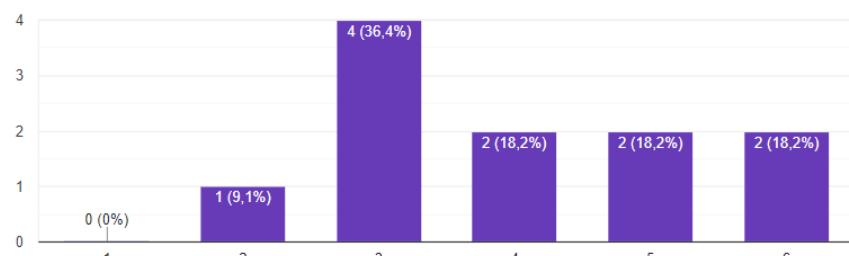
Gráfico 1: Em relação ao tempo dado para o objetivo proposto no curso de difusão, como você avalia a duração das sessões?



Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

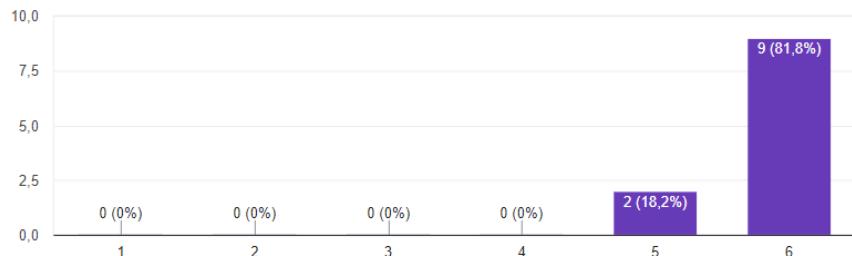
As respostas sobre o acesso às máquinas também tiveram uma variação grande de avaliações (Gráfico 2), demonstrando que a dificuldade, seja nos entraves de *login* e acesso ou até mesmo as falhas das máquinas disponíveis, refletiu no processo avaliativo dos participantes. Diferentemente da avaliação dos monitores (Gráfico 3), onde 81,8% dos participantes avaliaram que o auxílio dos pesquisadores foi muito importante no desenvolvimento do projeto.

Gráfico 2: Quanto ao acesso às máquinas (computadores, impressora 3D, cortadora a laser), como você avalia:



Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

Gráfico 3: O quanto você considera que a atuação dos monitores auxiliou no processo de desenvolvimento do produto:

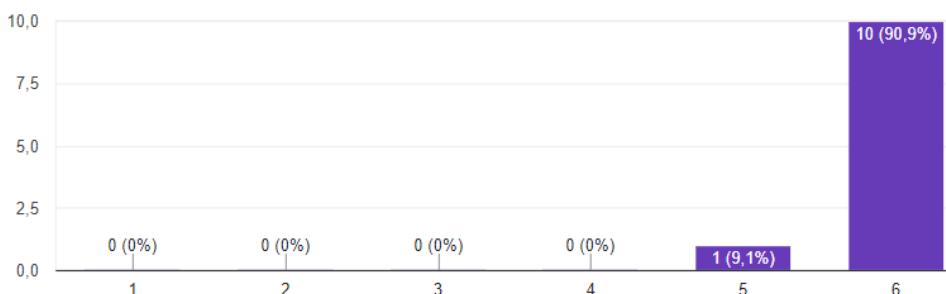


Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

Após as avaliações sobre a infraestrutura e atuações, as questões de múltipla escolha foram direcionadas para a avaliação da explicação dos *inputs* e o quanto os mesmos contribuíram para maior compreensão dos pressupostos teóricos que deveriam ser atingidos no exercício prático.

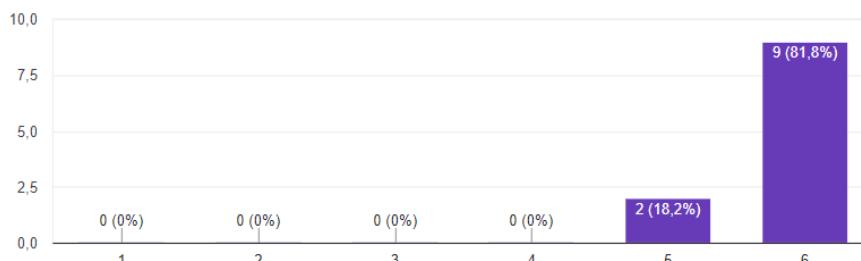
Em seguida, a avaliação passou a ser direcionada a metodologia, onde mais de 90% dos alunos consideraram a apresentação do curso e da metodologia de ensino-aprendizagem no início do processo muito importante para o desenvolvimento do projeto (Gráfico 4). Nesse sentido, a avaliação do uso dos meios digitais no processo de ensino-aprendizagem também mostrou um resultado positivo, na medida que 9 dos 11 alunos respondentes assinalaram o critério máximo de satisfação neste tópico (Gráfico 5).

Gráfico 4: Input 0 - Em que medida a apresentação do curso e da metodologia de ensino-aprendizagem proposta contribuíram para o processo de projeto e para o desenvolvimento do produto final?



Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

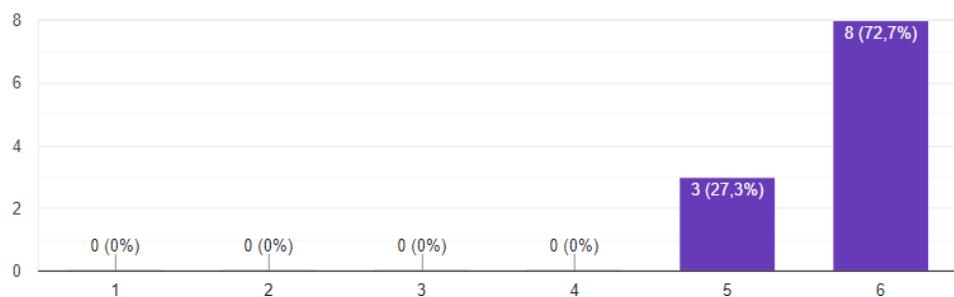
Gráfico 5 - Como você avalia a utilização dos meios digitais (de comunicação, modelagem, gestão da informação e fabricação) no processo de ensino-aprendizagem?



Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

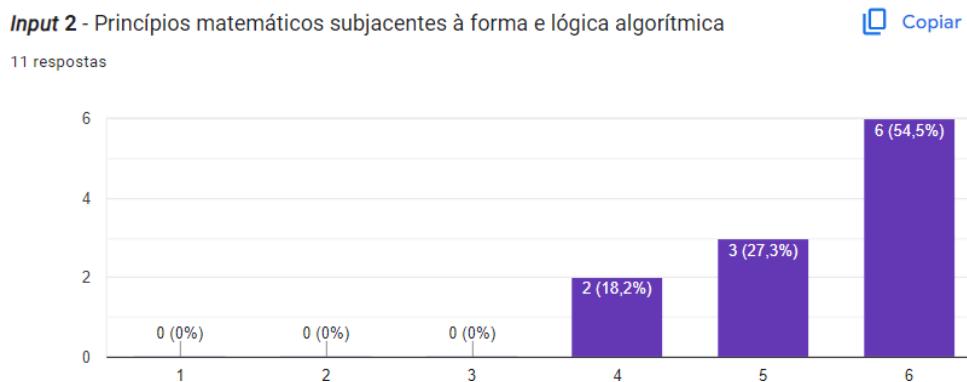
Mesmo a maioria das apresentações dos *Inputs* tendo a maior parte de avaliações positivas, na questão que permitia aos participantes discorrer sobre o primeiro dia, fica evidente que o tempo utilizado para essas explanações que ultrapassaram o previsto, acabaram prejudicando a atividade prática.

Gráfico 6 - Input 2 - Princípios matemáticos subjacentes à forma e lógica algorítmica



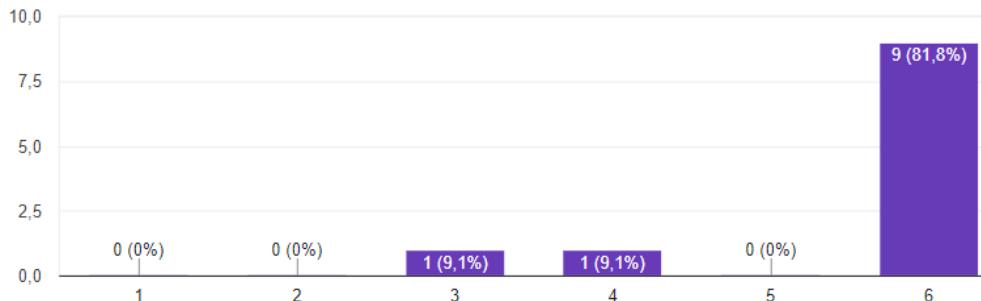
Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

Gráfico 7 - Input 2 - Princípios matemáticos subjacentes à forma e lógica algorítmica



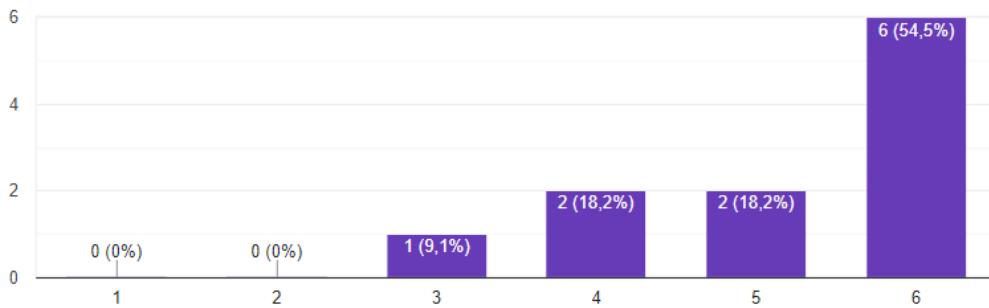
Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

Gráfico 8 - Input 3 - Pavilhões temporários e desmontáveis



Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

Gráfico 9 - Input 4 - Envelopes de geometrias complexas



Fonte: Questionário de avaliação individual - Curso de Difusão 1 (2024)

Porém, apesar da constatação de que as apresentações foram essenciais, outro comentário reforça que o tempo dedicado à explicação das noções de montagem e desmontagem e envelope foi insuficiente. É interessante observar que todos os pressupostos deveriam ser centrais, mas havia uma concentração muito grande na implementação e manipulação do algoritmo, o que fez com que as questões de montagem e desmontagem e vedação parecessem estar em segundo plano.

Quanto à avaliação da metodologia utilizada para implementação do algoritmo e a clareza da apresentação do mesmo, as respostas foram em sua maioria positivas. Porém, quanto à velocidade da explicação, foram expressas mais de uma avaliação negativa. Isso reforça a hipótese de que, como a maioria dos participantes não tinha conhecimento nenhum da plataforma, acabaram gastando um tempo inicial para compreender sua interface, o que atrasou o acompanhamento da implementação.

Alguns comentários sobre esta etapa do curso 1 reforçam esta percepção:

“Acho que a atividade introdutória ao algoritmo (no final do primeiro dia) tenha recebido menos tempo do que necessitaria, porque o 1º dia já estava carregado e cansativo até ali, então talvez se essa atividade fosse alocada no segundo dia nós teríamos mais tranquilidade para se compreender o programa, sem dividir entre uma semana e outra esse primeiro contato e o exercício efetivo de projeto.”;

“Talvez poderia ter uma aula mais introdutória, similar ao conteúdo que foi disponibilizado previamente, apenas para mostrar os principais comandos nesse momento presencial para melhor fixação.”

Em relação às avaliações discursivas dos pressupostos, foram propostas as seguintes questões: “Sobre a abordagem sistêmica no processo de ensino-aprendizagem, alguns pressupostos foram apresentados: 1. Não devem existir hierarquias. (Ex: liderança e imposição) 2. Todos os saberes devem ser considerados. 3. Deve existir transdisciplinaridade: diálogo entre diferentes áreas do conhecimento. Em que medida esses pressupostos foram observados na dinâmica do seu grupo? Houveram outras situações ou abordagens que destoassem da abordagem proposta?”

Nesse sentido, a maioria das respostas destaca o atendimento aos pressupostos metodológicos propostos. Todavia, duas respostas chamaram a atenção:

“O primeiro ponto foi muito complicado porque eu, particularmente, não sentia que o meu grupo tinha muita força de discussão, acabava ficando cada um usando seu próprio computador, ainda que eu entenda que isso foi essencial para o aprendizado e entendimento individual de cada integrante. O segundo ponto acredito ter sido bem desenvolvido no meu grupo, o terceiro ponto também, ainda que ele tenha sido o mais prejudicado no fato do curso ter tempo reduzido para experienciamos a transdisciplinaridade, não houve hierarquia, mas um dos integrantes tinha muito conhecimento no programa, então os outros membros do grupo acabaram por mais acompanhar a realização do script do que de fato fazê-lo.”

“O processo de projeto foi o tempo todo baseado em trocas, sempre um contribuindo com o outro, levantando questões e soluções conjuntamente.

Acredito que um único ponto que senti que havia uma diferença era em relação ao nível de conhecimento dos alunos e dos pesquisadores, o que é absolutamente normal, mas que infelizmente devido ao pouco tempo que tínhamos, algumas vezes acabava que os próprios pesquisadores precisavam ajustar o código para algo que queríamos, mas por se tratar de algo complexo muitas vezes não conseguimos acompanhar muito bem o que estava sendo feito."

Estas respostas reforçam as dificuldades provocadas pelas diferenças de nível de conhecimento dos programas computacionais pelos participantes, destacando que muitas vezes os alunos se distanciaram do processo de projeto por não compreenderem os processos de projeto pelo programa.

Em relação às metodologias ativas de ensino-aprendizagem e sua aplicabilidade no processo de ensino-aprendizagem de projeto, foi feito a seguinte pergunta: "Discorra sobre quais foram os benefícios das metodologias ABP (Aprendizagem Baseada em Projetos) e Sala de Aula invertida para o processo de projeto proposto, e, se possível, relacione-as com a utilização dos meios digitais".

No geral, os alunos destacaram os aspectos positivos no uso das metodologias ativas no curso, concluindo que elas permitiram uma abordagem mais prática e autônoma, com liberdade criativa para os alunos explorarem o processo de projeto. No entanto, a sobrecarga de atividades no final do semestre e o tempo limitado para experimentação prejudicaram a aplicação plena desses métodos.

A integração dos meios digitais durante a concepção do projeto através de ferramentas como Miro e Google Meet foi essencial para a colaboração e troca de ideias durante o processo. Essa infraestrutura permitiu que o trabalho em grupo fluísse também fora do horário de realização do curso, possibilitando que os alunos organizassem reuniões e discutissem suas ideias de forma mais dinâmica. Além disso, a parametrização digital aliada à prototipagem física mostrou-se fundamental para a compreensão da lógica projetual, permitindo a identificação e correção de problemas que não eram visíveis no modelo digital.

Os desafios enfrentados, como a falta de tempo e a dificuldade em dominar novas ferramentas digitais, foram superados em parte pela confiança que a experiência e o apoio dos monitores proporcionaram aos alunos em arriscar e explorar soluções projetuais. A troca entre participantes com diferentes níveis de conhecimento através da formação de grupos heterogêneos gerou um ambiente de aprendizado rico e colaborativo, onde o diálogo entre diferentes saberes resultou em soluções mais inovadoras e seguras.

Por fim, o processo de exploração dos modelos físicos permitiu que fossem abordados aspectos que não foram percebidos na etapa digital, como dificuldades de montagem e resistência das peças, o que reforçou a importância da prática dessa transição entre abordagens do processo projetual. Conclui-se que metodologias ativas, quando aliadas a um ambiente digital bem estruturado e colaborativo, enriquecem significativamente o ensino de projeto arquitetônico, embora ajustes no tempo de experimentação sejam necessários para maximizar os resultados obtidos. Além disso, o auxílio dos monitores se mostrou crucial para o desenvolvimento do processo, principalmente para os alunos que tinham pouco contato com os programas computacionais.

### **b. Pelos pesquisadores**

O experimento revelou que a falta de repertório projetual e o desconhecimento prévio das ferramentas digitais dificultam o desenvolvimento criativo dos estudantes, comprometendo a fluidez do processo de projeto. A ausência de uma base sólida tanto no uso dos programas, quanto no repertório arquitetônico, limita a exploração de soluções inovadoras e torna o aprendizado mais fragmentado. Para superar essas barreiras, é essencial uma abordagem pedagógica que integre o desenvolvimento dessas habilidades de forma contínua e interligada.

A dinâmica entre os participantes também evidenciou a desigualdade técnica no domínio dos programas. Aqueles com maior conhecimento das plataformas digitais, como Rhinoceros e Grasshopper,

assumiram papéis de liderança, criando uma hierarquia dentro dos grupos. Embora essa estrutura tenha facilitado o avanço em algumas tarefas, ela também limitou a participação plena de todos os integrantes, prejudicando a aprendizagem coletiva. Esse cenário ressalta a importância de equilibrar a distribuição do conhecimento técnico para evitar a concentração de decisões e promover uma colaboração mais equitativa.

A criação de subsistemas autônomos dentro dos grupos foi outro fenômeno notável. Pequenas equipes se organizaram para resolver desafios específicos, refletindo um processo natural de auto-organização. Embora essa fragmentação tenha contribuído para a eficiência em algumas etapas, ela também evidenciou a necessidade de maior coordenação e comunicação entre os subsistemas para manter a coesão do projeto final. Em ambientes educacionais, a orientação adequada dessa divisão é crucial para garantir que a fragmentação não comprometa o resultado coletivo.

O cansaço gerado pelas aulas teóricas foi um ponto de atenção. A sobrecarga de conteúdos expositivos, embora essencial para a formação conceitual, diminuiu o engajamento dos alunos em um contexto onde o foco principal deveria ser a prática projetual. Um equilíbrio mais dinâmico entre teoria e prática, com atividades que integrem ambos os aspectos, poderia ter mantido o interesse dos participantes e reforçado os conteúdos de forma mais eficiente.

A produção dos modelos físicos trouxe à tona problemas que não foram percebidos no ambiente digital, como questões de montagem e resistência das peças. Esse processo evidenciou a importância da materialização como etapa fundamental no desenvolvimento do projeto, permitindo ajustes e aprimoramentos que só são identificáveis quando as ideias saem do ambiente digital e se concretizam fisicamente.

A clareza na explicação dos objetivos e da metodologia foi crucial para o sucesso do experimento. Uma vez que os estudantes entenderam o propósito das atividades e sua conexão com o processo de projeto, houve um avanço significativo na dinâmica de trabalho. Esse fator destaca a importância de uma comunicação pedagógica transparente, que vincule cada etapa do curso aos objetivos maiores, aumentando o engajamento dos alunos.

As metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), provaram ser eficazes em promover o engajamento dos alunos. Ao colocá-los no centro do processo de aprendizado, os estudantes se tornaram agentes ativos, o que gerou um ambiente colaborativo e dinâmico. A troca de experiências e o aprendizado por meio da prática se destacaram como elementos chave para um ensino mais eficaz e adaptado às necessidades contemporâneas.

Por fim, o foco no ensino de processos, em vez de apenas no produto final, desafiou a mentalidade tradicional dos alunos, que estão acostumados a priorizar resultados. A transição para uma abordagem centrada em processos pode ser desconfortável no início, mas ela oferece uma formação mais crítica e flexível, preparando os estudantes para lidar com a complexidade e incerteza da prática profissional de forma mais adaptativa.

### **3. CONCLUSÃO**

O ensino de projeto de arquitetura no Brasil ainda se dá de forma rígida e desatualizada e, mesmo diante das transformações e atualizações que o exercício da profissão sofreu nas últimas décadas, o ensino da atividade de projeto nas universidades parece ter mudado muito pouco.

Nesse contexto, o uso das metodologias ativas de ensino-aprendizagem integradas ao emprego de meios digitais resultam na maior motivação do estudante, no aumento do rendimento e aprovações e no desenvolvimento de competências e habilidades que muitas vezes ultrapassam o campo disciplinar abordado, permitindo a formação de um profissional capacitado a lidar com as situações reais da dinâmica de trabalho de um arquiteto e urbanista.

É necessário, portanto, um maior engajamento das universidades e dos docentes em explorar novas metodologias de ensino, buscando sempre a melhor forma de engajar o aluno no processo de ensino e formar profissionais capacitados. Assim, é fundamental capacitar professores no âmbito pedagógico e permitir com que novas possibilidades de ensino de projeto sejam exploradas.

O uso das metodologias ativas no ensino de projeto, principalmente da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), tem mostrado resultados muito positivos, conforme os estudos de caso aqui apresentados demonstraram. Destaca-se, a partir do Experimento Pavilhão, que o uso dessas metodologias quando aliadas a um ambiente digital bem estruturado e colaborativo, enriquecem significativamente o processo de ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico.

#### 4. REFERÊNCIAS

- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso Editora, 2018.
- BARCELOS, G. T., BATISTA, S. F. Ensino Híbrido: aspectos teóricos e análise de duas experiências pedagógicas com Sala de Aula Invertida. **Renote**, 17(2). UFRGS, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2Sg3lQR>. Acesso em 16 jul. 2024.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos:** educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.
- CARARO, J. F. J.; BEHRENS, M. A. Metodologia ativa de aprendizagem fundamentada no pensamento complexo: uma vivência no curso de Arquitetura e Urbanismo. In: **SEMINÁRIO PROJETAR**, 9., 2019, Curitiba. Anais [...]. Curitiba:UFRN, 2019. p. 1-14. Disponível em:[http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/bitstream/handle/123456789/1294/\\_65\\_Metodologia%20ativa%20de%20aprendizagem\\_viv%C3%A1ncia%20na%20arquitetura\\_02%2009%2019\\_revisado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/bitstream/handle/123456789/1294/_65_Metodologia%20ativa%20de%20aprendizagem_viv%C3%A1ncia%20na%20arquitetura_02%2009%2019_revisado.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 25 fev. 2024.
- CELANI, G., SEDREZ, M. (org.) **Arquitetura contemporânea e automação:** prática e reflexão. São Paulo: ProBooks, 2018.
- COMAS, Carlos (org.). **Projeto Arquitetônico:** disciplina em crise, disciplina em renovação. São Paulo, Projeto, 1986.
- ECKER, E. C. A; ORTIZ, S. **Metodologia ativa aplicada ao ensino de arquitetura e urbanismo:** um relato sobre o exercício “Folies do Minhocão”. Revista Belas Artes, n. 27, 2018.
- FOIRE, A. L. **Atelier Híbrido de Projeto:** metodologias de ensino e aprendizagem. 2023. 70 f. Relatório Final de Iniciação Científica do Programa Unificado de Bolsas (PUB-USP). Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** Saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro/ São Paulo: Paz e Terra, 2019.
- HOFFMANN, A.; JACQUES, J.; SILVA, T. L.; SILVA, R. P. Revisão sistemática da literatura: metodologias ativas de ensino aprendizagem e sua utilização nos cursos de design, engenharia e arquitetura.In: OLIVEIRA, G. G. de; NUÑEZ, G. J. Z. **Design em Pesquisa – Volume 3.** Porto Alegre: Marca Visual, 2020. cap. 2, p. 34-54. E-book. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/212659/001116679.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- MACIEL, S. D.; AMORIM, A. L. CHECCUCCI, E. S. Ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital: uma experiência na Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 21-38, 2018. Disponível em:<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/133839>. Acesso em: 23 out. 2024..
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, v. 24 n. 6. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24\\_n6\\_moreira.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira.pdf). Acesso em: 5 abr. 2024.
- MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo.** Porto Alegre: Sulina, 2001.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** São Paulo: Cortez;Brasília, DF: UNESCO, 2000.
- PAPERT, S. **Mindstorms:** Children, Computers, and Powerful Ideas. New York: Basic Books, 1980.
- RHEINGANTZ, P. A., GRALA DA CUNHA, E., MONTEIRO KREBS, C. Ensino de projeto de arquitetura no limiar do século XXI: Desafios frente às dimensões ambiental e tecnológica. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 1, n. 1,p. 12–25, 2016. Disponível em:<https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/18367>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- SOUTO, A. E. M.; CONTO V. D. Abordagem contemporânea para ensino e aprendizagem de projeto arquitetônico: os meios analógicos, digitais e sua relação na formação e atuação do arquiteto. **Pixo - Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, v. 4, n. 15, p. 101-121, 2020. Disponível em:<https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/pixo/article/view/2791/2194>. Acesso em: 14 abr. 2024.
- SCHÖN, D. **Educating the Reflective Practitioner:** Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions. Oxford/San Francisco: Jossey-Bass, 1991.

TRAMONTANO, M. Como seguir em frente: O ensino de projeto, o híbrido e o digital. **Arquitextos**, São Paulo, ano 23, n. 265.04, Vitruvius, jun. 2022. Disponível em: <https://t.ly/EAIO>. Acesso em: 23 out. 2023.

TRAMONTANO, M. Quando pesquisa e ensino se conectam: Design paramétrico, fabricação digital e projeto de arquitetura. **Arquitextos**, São Paulo, ano 16, n. 190.01, mar. 2016. Disponível em: <https://t.ly/Xfe0>. Acesso em: 15 abr. 2024.

TRAMONTANO, M.; VALLEJO, M.; SILVA FILHO, M. J.; MEDEIROS, D. C. Projeto Remote Design Studios: relatório final. **V!RUS**, n. 21, Semestre 2, dezembro, 2020a. [online]. Disponível em: <https://bit.ly/43sMhGC>. Acesso em: 15 abr. 2024.

TRAMONTANO, M., VALLEJO, M., SILVA FILHO, M., MEDEIROS, D. Remoto online, ensino de projeto: Lições de uma pandemia. **Arquitextos**, São Paulo, ano 21, n. 247.05, dez. 2020. Disponível em: <https://t.ly/Bppw>. Acesso em: 15 abr. 2024.

TRAMONTANO, M. O ensino de projeto e o digital: notas sobre futuros possíveis. **Arcos Design**, v. 14, n. 1, p. 48-59, 2021. Tradução. DOI:<https://doi.org/10.12957/arcosdesign.2021.66272>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/arcosdesign/article/view/66272>. Acesso em: 15 abr. 2024.

VELOSO, M., ELALI, G. Projeto como construção coletiva: da participação à colaboração – os desafios do ensino. **Anais. III ENANPARQ**, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://t.ly/sdOKd>. Acesso em: 10 jun. 2024;

ZUCCHERELLI, M. A APRENDIZAGEM ATIVA NO ENSINO DA DISCIPLINA DE PROJETO DE ARQUITETURA NA PUCPR, CURITIBA. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [S. I.J, v. 4, n. 2, p. 36–47, 2019. DOI: 10.21680/2448-296X.2019v4n2ID17345. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/17345>. Acesso em: 10 ago. 2024