

Pontes para o saber: uma estratégia ativa para o ensino de estruturas na arquitetura por meio da competição de protótipos

Bridges to knowledge: an active strategy for teaching structures in architecture through a prototype competition

Antonio Gabriel Saraiva dos Santos¹
Caetano Vianna Gonçalves²
Valentina Giuliani Ceretta³
Yasmin Miron Husein⁴
Débora Bretas Silva⁵
Eduardo Cesar Pachla⁶

Resumo

Este artigo apresenta a Competição de Protótipos de Pontes (CPP) como uma estratégia de aprendizagem ativa aplicada na disciplina de Estruturas Isostáticas e Hiperestáticas do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria. A proposta promoveu a integração entre teoria e prática por meio do uso do software Ftool e da construção de modelos físicos com palitos de picolé, culminando em um ensaio de carga. A atividade despertou o protagonismo dos estudantes, favoreceu o raciocínio crítico e promoveu maior engajamento com os conteúdos estruturais. A análise dos resultados demonstrou que a precisão construtiva, o tipo de cola e o preparo dos materiais influenciaram significativamente o desempenho das estruturas. O principal diferencial da proposta está em seu alinhamento com os princípios da neurociência da aprendizagem, ao articular dimensões cognitivas, sensoriais, emocionais e sociais do processo educativo. Ao final, os dados indicaram avanços na compreensão dos conceitos estruturais e apontaram a CPP como uma alternativa eficaz e replicável para o ensino de estruturas na formação de arquitetos.

Palavras-chave: Ensino de Estruturas para Arquitetura; Metodologias Ativas; Competição de Protótipo de Ponte.

Abstract

This article presents the Bridge Prototype Competition (BPC) as an active learning strategy applied in the Isostatic and Hyperstatic Structures course of the Architecture and Urbanism program at the Federal University of Santa Maria. The initiative integrated theory and practice through the use of Ftool software and the construction of physical bridge models using popsicle sticks, culminating in a load testing stage. The activity fostered student agency, encouraged

¹ Graduando em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) titulação. Atuação e Instituição de vínculo atual. E-mail: anthonio.saraiva@acad.ufsm.br

² Graduando do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: viannacaetanocv@gmail.com

³ Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: valentina.g.ceretta@gmail.com

⁴ Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: yasmin.husein@acad.ufsm.br

⁵ Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com ênfase em Construção Civil e Infraestrutura. Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: debora.bretas@ufsm.br

⁶ Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor do Departamento de Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: eduardo.pachla@ufsm.br

critical thinking, and promoted greater engagement with structural content. Results showed that construction accuracy, adhesive type, and material preparation significantly influenced structural performance. The main contribution of this approach lies in its alignment with the principles of learning neuroscience, as it engages cognitive, sensory, emotional, and social dimensions of the educational process. Ultimately, the data indicated improved understanding of structural concepts and highlighted the BPC as an effective and replicable alternative for teaching structures in architectural education.

Keywords: Teaching structures to Architects; Active Learning Methodologies; Bridge Prototype Competition.

1. Introdução

Todo projeto arquitetônico possui uma forma que, para ser preservada ao longo do tempo, exige um sistema estrutural adequado e eficiente, capaz de mantê-la estável. A estrutura, portanto, é a base fundamental que garante a integridade do projeto durante sua vida útil. Por isso, é essencial que o arquiteto tenha uma compreensão sólida sobre os princípios estruturais, para que possa empregá-los de forma harmoniosa ao seu trabalho, ou seja, liberdade criativa, eficiência e segurança (CALLAHAN et al., 2019; COSTA, 2024; MATTANA; SOUZA, 2022).

Além de sua importância técnica, o domínio estrutural é uma exigência legal no Brasil, conforme a Lei 12.378/2010 e a Resolução Nº 21/2012 do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), que atribuem aos arquitetos a responsabilidade pelo desenvolvimento e inovação dos sistemas estruturais (COSTA, 2024; SILVA, 2021).

Embora a trajetória formativa não determine, por si só, o exercício da profissão, as vivências e o aprendizado obtidos durante a graduação desempenham um papel crucial na preparação do arquiteto para os desafios e obrigações de sua atuação. Portanto, refletir sobre a formação de arquitetos e urbanistas, especialmente no campo das estruturas, evidencia que lacunas nesse processo podem impactar negativamente o desempenho profissional (SARAMAGO, 2011).

Nesse viés, uma das falhas recorrentes no ensino pode estar ligada à adoção de modelos pedagógicos desatualizados, como a ideia dos estilos de aprendizagem (visual, auditivo, leitura/escrita, cinestésico). Estudos recentes demonstram que essa teoria carece de evidências científicas sólidas e que sua aplicação não melhora significativamente o desempenho acadêmico (LAWRENCE; YAMAN NTELIOGLOU; MILFORD, 2020; NANCEKIVELL; SHAH; GELMAN, 2020; NGUYEN et al., 2022).

Segundo Whitman (2023), focar exclusivamente em uma modalidade de ensino pode inclusive ser contraproducente, pois limita as oportunidades de o aluno assimilar o conhecimento, uma vez que o cérebro humano processa informações de forma integrada e multissensorial, tornando mais eficaz o uso de abordagens diversificadas. De fato, a compreensão de qualquer informação se dá pelo uso dos múltiplos sentidos de maneira interconectada, sendo, portanto, uma experiência completa (LAWRENCE; YAMAN NTELIOGLOU; MILFORD, 2020).

Em contraste a esta e outras abordagens defasadas, estratégias fundamentadas em evidências, como a aprendizagem ativa, têm se mostrado mais eficazes por desenvolverem a autonomia, a adaptação e o pensamento crítico dos estudantes (DOGANI, 2023; MERCAT, 2022; TORRALBA; DOO, 2020; WHITMAN, 2023).

A aprendizagem ativa consiste em posicionar o aluno no centro do seu processo de aprendizado, priorizando seu protagonismo, em vez de tratá-lo como um mero ouvinte passivo. Essa abordagem enfatiza o desenvolvimento das habilidades dos estudantes, afastando-se da mera transmissão de informações e, portanto, situando o professor como guia e facilitador (VAZ DE CARVALHO; BAUTERS, 2021). Essa perspectiva está totalmente alinhada com os princípios da andragogia, ou seja, dos aspectos considerados ideais para o ensino superior (GOSAVI; ARORA, 2022).

Para Bonwell e Eison (1991), responsáveis pela popularização do termo, aprendizagem ativa refere-se a qualquer metodologia que promova o engajamento dos estudantes tanto no desenvolvimento das ações propostas quanto na reflexão acerca destas. O importante é que essas atividades sejam classificadas como de "ordem superior", ou seja, tarefas de análise, síntese e avaliação (DOGANI, 2023). Além disso, há um maior destaque para a exploração, experimentação e a vivência (VAZ DE CARVALHO; BAUTERS, 2021).

O ensino de estruturas para arquitetos no Brasil, ainda em processo de amadurecimento desde as primeiras experiências pedagógicas na década de 1950, tem buscado superar o modelo tradicional e dialogar com a linguagem projetual (SARAMAGO, 2011). No entanto, muitos estudantes ainda encontram dificuldades quando a abordagem permanece centrada na transmissão expositiva e na abstração

matemática (CALLAHAN et al., 2019; COSTA, 2024; MORAES; VALLE, 2020; SILVA, 2024).

Diante disso, este artigo apresenta a experiência da implementação da Competição de Protótipos de Pontes (CPP) como metodologia ativa na disciplina de Estruturas Isostáticas e Hiperestáticas do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A partir dessa vivência, buscou-se refletir sobre os desafios e os potenciais da proposta, analisando seus impactos no aprendizado dos estudantes. O estudo contribui, assim, para o fortalecimento de estratégias inovadoras que integrem teoria, prática e sensibilidade arquitetônica no ensino de estruturas.

2. Revisão da literatura

A seguir são apresentadas as seções teóricas com revisão de literatura para fundamentar a discussão sobre a temática.

2.1 O ensino de estruturas para arquitetos: lacunas e inovações

estruturais, porém, há uma lacuna histórica no ensino das disciplinas técnicas nos cursos de Arquitetura e Urbanismo (ANDREÃO, 2022; LEITE, 2005; MATTANA; SOUZA, 2022; MORAES; VALLE, 2020). Desde 1974, os Encontros Nacionais de Ensino de Estruturas para a Arquitetura (ENEEEA) evidenciam essa deficiência (COSTA, 2024).

Di Pietro (2000) aponta que currículos desalinhados ao perfil profissional do arquiteto reforçaram a imagem do arquiteto como um artista desvinculado das leis físicas, o que contribui para o desinteresse dos estudantes pelas disciplinas estruturais. Andreão (2022) destaca que o desconhecimento prévio sobre a presença de conteúdos físicos e matemáticos na formação também afeta o engajamento.

Nesse contexto, diversos autores ressaltam o papel essencial do docente na escolha de conteúdos e metodologias que revelem aos estudantes a relevância técnica e legal desses conhecimentos (ANDREÃO, 2022; COSTA, 2024; EMAMI; VON BUELOW, 2016; VALVERDES; PAULETTI; BITECOURT JÚNIOR, 2022).

Entretanto, essa responsabilidade recai, em muitos casos, a engenheiros civis, cuja formação é orientada por métodos mais analíticos e matemáticos, contrastando

com a abordagem projetual e visual típica da arquitetura (COSTA, 2024; MENEGHETTI et al., 2019). Assim, é necessário que esses docentes adotem estratégias didáticas acessíveis, adaptadas ao perfil dos estudantes de arquitetura (EMAMI; VON BUELOW, 2016).

Autores como Menestrina e Bazzo (2008) e Saramago (2011) defendem práticas dinâmicas e interativas que desenvolvam o raciocínio funcional-estrutural e o chamado “sentimento estrutural”. Diante disso, diversas estratégias vêm sendo testadas, como ferramentas digitais (GUERGUIS et al., 2024; MATTANA; SOUZA, 2022; SILVA, 2021), competições (ANDREÃO, 2022; MENEGHETTI et al., 2019), modelos físicos (LOBOSCO; CÂMARA, 2018; OLMEDO; CALLE; ANTUÑA, 2022; RUBIO; SOTO-RUBIO, 2017), protótipos (LIMA DA CRUZ, 2021; VALVERDES; PAULETTI; BITECOURT JÚNIOR, 2022), kits experimentais (LÓPEZ; RODRÍGUEZ; COSTAS, 2022) e atividades ligadas ao ateliê de projetos (AGUIAR; SPENCER; FAVERO, 2018; RESENDE; VELOSO, 2021).

2.2 Aprender Fazendo: Conexões entre Neurociência e Metodologias Ativas

O ensino e a aprendizagem têm raízes no funcionamento do cérebro, e a aproximação entre neurociência e educação tem trazido novas perspectivas pedagógicas (CAREW; MAGSAMEN, 2010; FEILER; STABIO, 2018; GKINTONI; ANTONOPOULOU, 2023).

Apesar dos avanços sobre os processos de memória e aprendizagem, o desafio permanece em como aplicá-los à sala de aula, equilibrando aulas expositivas e metodologias ativas que fomentem o pensamento crítico (BRITO, 2019; DUBINSKY; HAMID, 2024; GOSAVI; ARORA, 2022; SCHWARTZ et al., 2019; TANDON; SINGH, 2016; TORRALBA; DOO, 2020; VAZ DE CARVALHO; BAUTERS, 2021).

A neurociência propõe a adaptação das aulas tradicionais com base em estratégias como recuperação ativa, espaçamento e intercalação de conteúdos (CALLAHAN et al., 2019; GARAVAGLIA; BASSO; SGAMBI, 2020; SÁNCHEZ-CARRACEDO et al., 2021; SRINATH, 2014), que favorecem a memorização, a prática deliberada, a resolução de problemas e o estudo colaborativo (DUBINSKY; HAMID, 2024; VALENCIA; SARAY; GARCÍA, 2024).

A vivência sensorial do comportamento estrutural reforça a confiança dos estudantes e articula técnica e projeto, enquanto noções intuitivas de equilíbrio

auxiliam na compreensão conceitual, embora a formalização matemática ainda represente desafio (RODRIGUES-SILVA; VIEIRA JUNIOR, 2022).

Nesse contexto, destaca-se a abordagem STEAM e a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), como a Competição de Protótipo de Ponte (CPP), que alia avaliação técnica e conceitual ao desenvolvimento de habilidades interpessoais e investigativas (PERIGNAT; KATZ-BUONINCONTRO, 2019).

A CPP permite a internalização de conceitos e a reflexão sobre falhas no processo, sendo valorizada mais pelo aprendizado do que pelo resultado final (RODRIGUES-SILVA; VIEIRA JUNIOR, 2022). Apesar de controvérsias, a literatura reconhece sua contribuição à motivação e à integração entre teoria e prática (DA SILVA; CLÁWSIO; TIMOTEO JÚNIOR, 2024; RODRIGUES-SILVA; VIEIRA JUNIOR, 2022).

2.3 Competições de pontes de palitos de picolé na graduação

As competições acadêmicas envolvendo pontes de palitos de picolé têm se consolidado como uma metodologia eficaz no ensino de Engenharia e Arquitetura. Essas atividades, geralmente estruturadas segundo os princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), promovem a aplicação prática de conceitos teóricos, desenvolvem competências técnicas e estimulam o raciocínio estrutural, a criatividade e o trabalho em equipe (ÁLISSON DA SILVA et al., 2024; SILVA, 2020; TONIN et al., 2024).

Tais competições desafiam os estudantes a projetar, construir e testar protótipos sob critérios técnicos previamente definidos — como carga mínima suportada, peso máximo da ponte, vão livre e dimensões específicas —, promovendo uma aprendizagem significativa e interdisciplinar. Os modelos geralmente seguem configurações treliçadas, que podem ser analisadas previamente com o uso de ferramentas digitais como o software Ftool, permitindo a visualização dos esforços solicitantes e a otimização do desempenho estrutural (DE MORAES et al., 2019; FANTIN DE SOUZA; CAETANO, 2024; STOCO et al., 2021).

Estudos de caso demonstram a eficácia dessa metodologia. Na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), análises numéricas evidenciaram como fatores geométricos da treliça — como o número de triângulos, a altura e a presença

de montantes — influenciam diretamente a distribuição de esforços e a eficiência estrutural (SILVA, 2020).

Na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por meio do Programa de Educação Tutorial (PET) da Engenharia Civil, alunos desenvolveram protótipos de pontes de palitos de picolé, alcançando resultados notáveis: a equipe vencedora suportou 63,60 kg, a segunda obteve 53,20 kg e a terceira, 51,00 kg. As estruturas construídas apresentaram entre 100 e 120 cm de comprimento, 5 a 20 cm de largura e altura máxima de 30 cm (TONIN et al., 2024)

Em outras competições acadêmicas pontes de 470 g suportaram cerca de 150 kg e pontes de 913 g suportaram 70 kg. Essas variações destacam a influência das diferentes configurações de projeto e os distintos padrões de ruptura na capacidade de carga das estruturas testadas (SILVA et al., 2023).

2.4 Uso de ferramentas digitais e simulações no ensino de estruturas

A integração de ferramentas digitais no ensino de estruturas tem se mostrado uma abordagem necessária para aprimorar a compreensão dos estudantes sobre conceitos complexos (MATTANA; SOUZA, 2022; SILVA, 2021) .

Silva (2021) relata experiências metodológicas da incorporação de softwares computacionais, abrangendo temas desde mecânica e simulação estrutural até o projeto e detalhamento de estruturas em diferentes materiais. Os resultados apresentados pelo autor indicaram que alunos capacitados no uso de simuladores desenvolveram uma consciência clara e profissional sobre a concepção estrutural, verificando a aceitabilidade estrutural com precisão.

Nesse contexto, o software Ftool, desenvolvido pela PUC-Rio, se destaca como uma ferramenta amplamente utilizada em ambientes acadêmicos para simular e analisar estruturas planas, como treliças e pórticos, permitindo que os alunos possam visualizar os efeitos de diferentes cargas e configurações estruturais. Sua interface gráfica interativa facilita a compreensão dos princípios de mecânica estrutural, tornando-se uma ferramenta valiosa no processo de aprendizagem ao permitir que o aluno compreenda com maior clareza os efeitos de suas decisões projetuais (BRANCHIER; GAUER; HANSEN, 2020; VEIGA et al., 2020; VIEIRA et al., 2024)

Além disso, o Ftool não busca substituir métodos tradicionais de ensino, mas complementar o processo pedagógico, oferecendo uma alternativa mais visual e

exploratória. Essa abordagem está alinhada com metodologias contemporâneas de ensino, que valorizam a aprendizagem e a construção ativa do conhecimento pelo aluno (BRANCHIER; GAUER; HANSEN, 2020).

A adoção do Ftool em disciplinas como Análise Estrutural tem mostrado benefícios não apenas no engajamento dos alunos, mas também em seu desempenho acadêmico. Dessa forma, pesquisadores na área demonstram que o uso de tecnologias computacionais não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para tornar o ensino de estruturas mais interativo, eficiente e alinhado com a prática profissional (BRANCHIER; GAUER; HANSEN, 2020; VEIGA et al., 2020; VIEIRA et al., 2024).

3. Metodologia

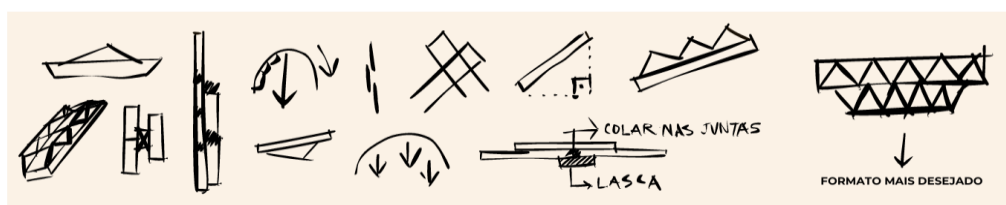
Para ilustrar a importância das metodologias ativas no ensino superior, especialmente no ensino de estruturas para arquitetos, este trabalho relata a experiência da Competição de Pontes de Palitos de Picolé, realizada na disciplina de Estruturas Isostáticas e Hiperestáticas do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSM. A atividade teve como objetivo aplicar, na prática, os conhecimentos sobre treliças planas, promovendo o “aprender fazendo” e o trabalho em equipe — princípios alinhados à neurociência educacional.

A turma, composta por 29 alunos, foi organizada em grupos de até cinco integrantes e recebeu um edital com especificações padronizadas para garantir a comparabilidade dos modelos, tais como:

- A ponte deveria ser indivisível;
- As pontes deveriam suportar um peso mínimo de 10 kg durante 20 s e vencer um vão livre de 60 cm, com peso próprio máximo de 600 g;
- Deveria ser reservado um comprimento mínimo de 10 cm nas extremidades da ponte para possibilitar o apoio durante o ensaio;
- A ponte deveria possuir, em seu centro, uma extensão plana mínima de 20 cm, para possibilitar o apoio das anilhas;
- A altura máxima da ponte verticalmente não podia ultrapassar 30 cm;
- A ponte deveria ter uma largura mínima de 10 cm e máxima de 20 cm ao longo de todo o seu comprimento;
- A ponte não poderia ser revestida ou pintada de nenhuma forma;
- A ponte deveria ser construída com palitos de picolé de ponta quadrada.

Os alunos deveriam elaborar e apresentar um relatório com a análise estrutural da ponte, incluindo simulações no Ftool, registros fotográficos e justificativa técnica do modelo adotado. O processo envolveu modelagem digital, construção do protótipo, entrega do relatório com defesa do projeto e teste de ruptura com aplicação progressiva de carga. Em três semanas as pontes foram desenvolvidas e avaliadas. Como estudo de caso, foi detalhada neste trabalho a "Ponte Faraday", uma das vencedoras da competição, cujo projeto iniciou-se com croquis e sketches (Figura 1).

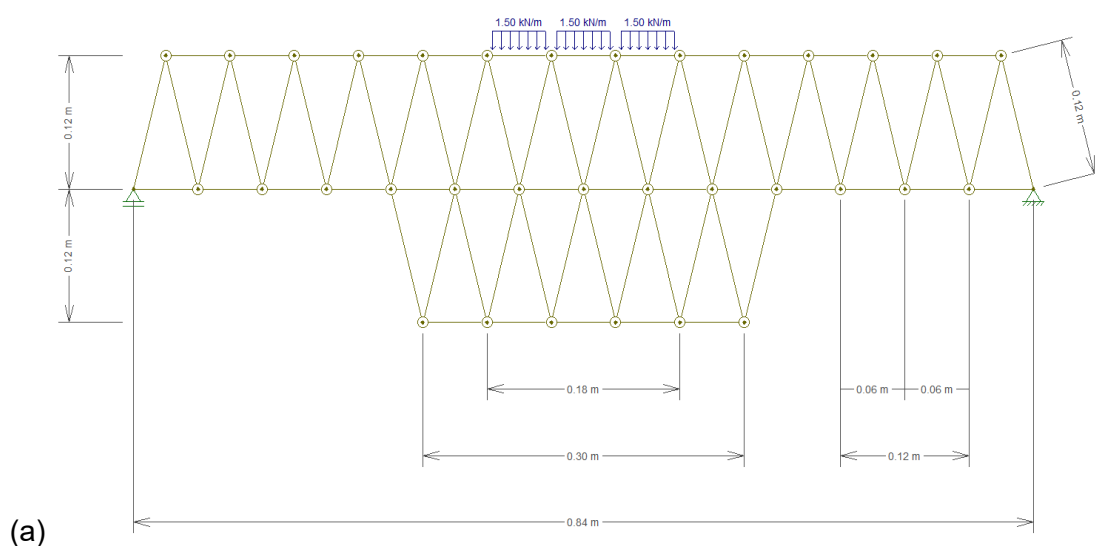
Figura 1 – Esboços da Ponte Faraday

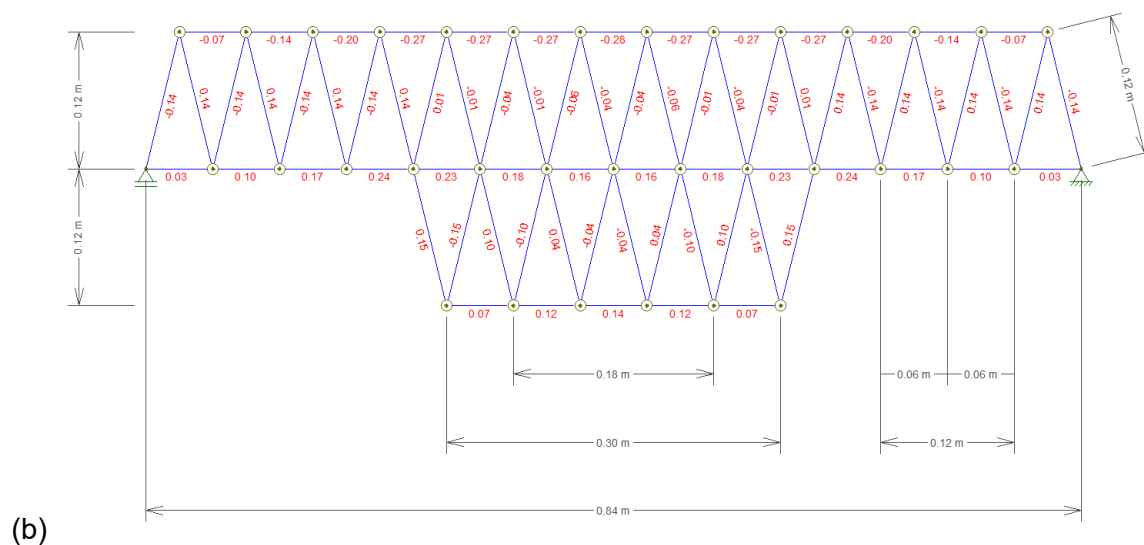


Fonte: Elaboração própria (2024)

Com base nos croquis, o grupo simulou diferentes formatos de treliça no Ftool, visualizando os esforços normais nas barras para orientar decisões. Optou-se pela treliça tipo Warren (Figura 2) por sua modularidade — palitos de 12 cm —, facilitando a construção sem cortes que pudessem fragilizar o material, diferentemente de modelos como a catenária (Ponte em Arco).

Figura 2 – a) Modelo digital da ponte selecionada como estudo de caso (FTOOL); e
b) Esforços normais nas barras

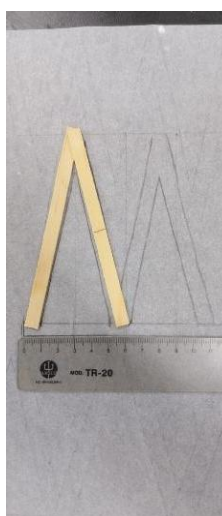




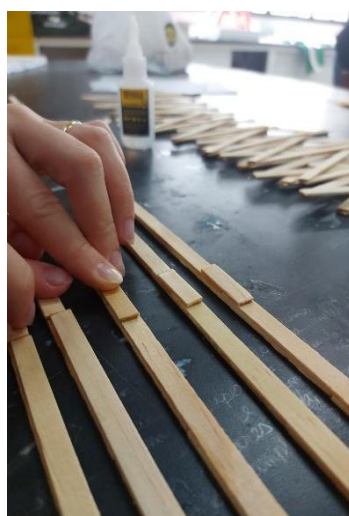
Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

A produção começou com a criação de um gabarito (Figura 3-a) com ângulo agudo para maior altura. Apenas as barras superiores foram reforçadas, por estarem sob maior compressão (Figura 3-b), e os palitos foram lixados para melhorar a aderência da cola (Figura 3-c). Durante a montagem, aferiu-se o peso das partes (Figura 4-a) para atender ao edital. A construção final envolveu a união das faces, travamentos internos e base para o teste de carga (Figuras 4-b e 4-c).

Figura 3 – a) Gabarito para colagem; b) Reforço das barras horizontais; c) Lixamento



(a)



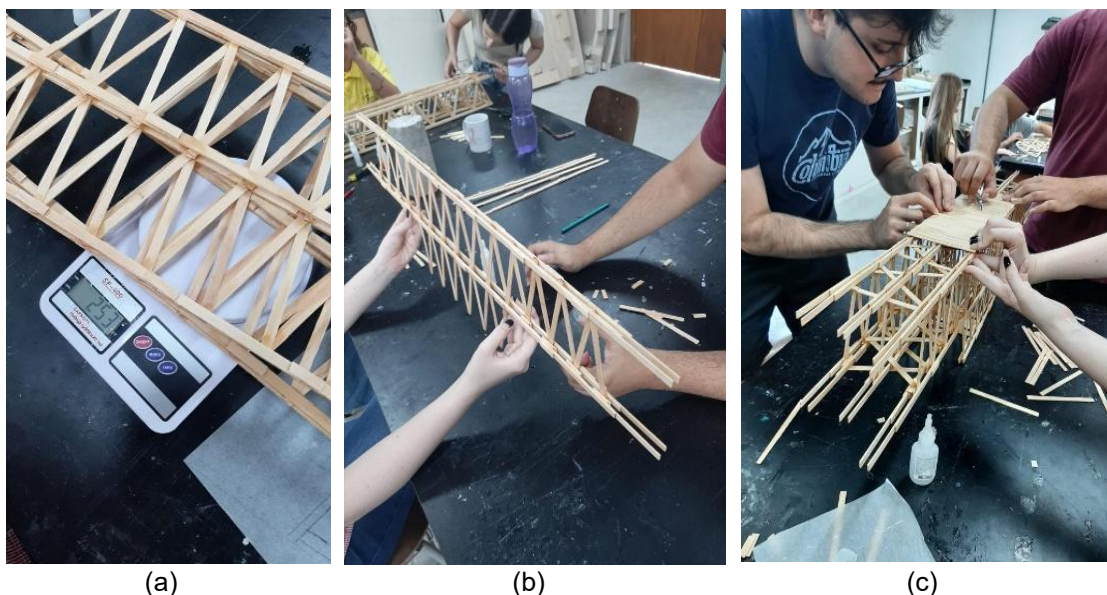
(b)



(c)

Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Figura 4 – a) Pesagem para conferência; b) Junção das três faces da ponte; c) Colagem da base para posicionamento das anilhas



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

4. Resultados

A atividade gerou desdobramentos significativos, analisados em três eixos: (i) desenvolvimento dos protótipos, (ii) desempenho das pontes no ensaio de ruptura e (iii) percepção dos estudantes. A análise integrada desses aspectos evidencia o potencial da aprendizagem ativa para aproximar teoria e prática, valorizar o protagonismo discente e ressignificar o ensino estrutural na Arquitetura.

4.1 Desenvolvimento das pontes

Na etapa de construção, os sete grupos participantes aplicaram conhecimentos prévios adquiridos em disciplinas de estruturas e maquete para desenvolver seus protótipos de pontes com palitos de picolé. Cada equipe elaborou um relatório explicativo contendo imagens do processo, justificativas técnicas e simulações no software Ftool.

As abordagens adotadas variaram entre análises computacionais e testes empíricos. Essa diversidade favoreceu a troca de experiências entre os grupos e o aprimoramento das decisões de projeto. Os alunos identificaram diferenças de desempenho entre marcas de palitos e colas, bem como desenvolverem estratégias para melhorar a rigidez das conexões, como lixamento e aumento da área de colagem.

O uso de gabaritos em papel manteiga garantiu simetria e precisão na montagem das treliças. A integração entre simulação, experimentação e atenção aos detalhes resultou em estruturas eficientes e alinhadas às exigências estabelecidas, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Resultado final da Ponte Faraday



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

4.2 O dia da ruptura

No dia da ruptura realizou-se a conferência do vão a ser vencido pelos protótipos, bem como todas as demais características estipuladas em edital individualmente para cada uma das pontes. O rompimento só ocorreu mediante atendimento à tais critérios. Durante o processo os alunos de cada equipe envolvidos na aplicação da carga utilizaram equipamentos de proteção individual (EPI's).

A Tabela 1 apresenta os resultados individuais das sete pontes participantes. O podium foi composto pelas equipes Vélus e Faraday (1º lugar), Equipe Rústica (2º lugar) e Equipe Franki (3º lugar). Embora esse quesito não tenha sido levado em consideração, nota-se que dentre as pontes que alcançaram o 1º lugar, ambas com carga de ruptura de 74 kgf, a ponte Vélus apresentou menor peso-próprio e, portanto, conseguiu uma melhor otimização dos materiais.

Um ponto interessante a ser destacado é que embora a estética final das pontes campeãs tenham sido distintas, ambas utilizaram a treliça Warren como formato básico principal, as únicas na competição. Além disso, a ponte que ficou na última posição não rotulou as ligações em sua análise no Ftool, o que certamente ocasionou uma análise incorreta dos esforços solicitantes. Ademais, foi a ponte mais alta, sendo

visualmente possível observar sua elevada instabilidade lateral em comparação às demais.

Tabela 1 – Informações das Pontes Participantes

Nome da Ponte	Peso próprio (kg)	Carga de ruptura (kgf)
Vélus	0,475	74,00
Faraday	0,513	74,00
Rústica	0,372	57,00
Franki	0,280	39,00
Titanic	0,540	38,00
Fandango	0,205	33,00
Rocha	0,504	21,00

Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

4.3 Percepção dos discentes sobre a atividade

A avaliação dos discentes foi realizada por meio de um formulário digital composto por seis questões objetivas utilizando uma escala graduada que variava de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”. A seguir, são apresentados os itens avaliados (ver Tabela 2) e a análise das respostas, permitindo identificar como os alunos perceberam os impactos da atividade em sua formação e no engajamento com o conteúdo de estruturas. É importante destacar que a taxa de resposta foi 65,50%.

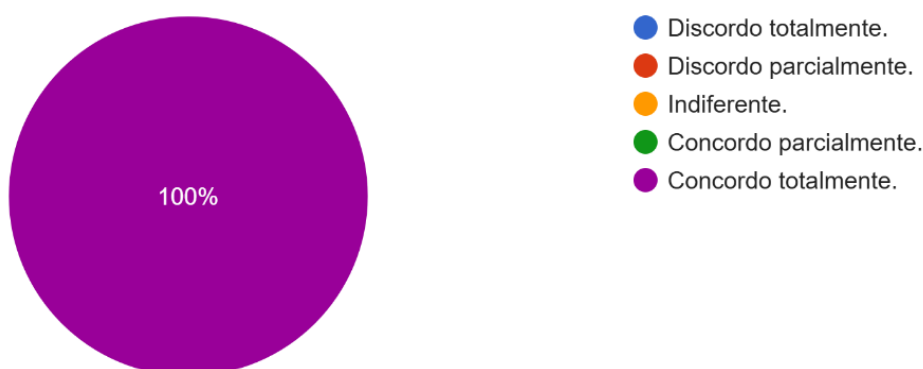
Tabela 2 – Questionamentos feitos aos discentes após a conclusão da atividade

Pergunta 1	A atividade deve ser mantida no plano de ensino da disciplina?
Pergunta 2	O exercício contribuiu para uma melhor compreensão acerca do funcionamento das treliças?
Pergunta 3	O exercício contribuiu para o meu desenvolvimento no que tange a trabalhos em equipe?
Pergunta 4	O formato de competição foi um aspecto incentivador?
Pergunta 5	O exercício foi mais atrativo do que outras atividades tradicionais de ensino?
Pergunta 6	A etapa de ruptura foi importante para uma identificação mais correto dos erros e acertos individuais de cada equipe?

Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Como ilustra a Figura 6, a totalidade dos participantes que responderam ao questionário considerou que a atividade deve ser mantida no plano de ensino da disciplina.

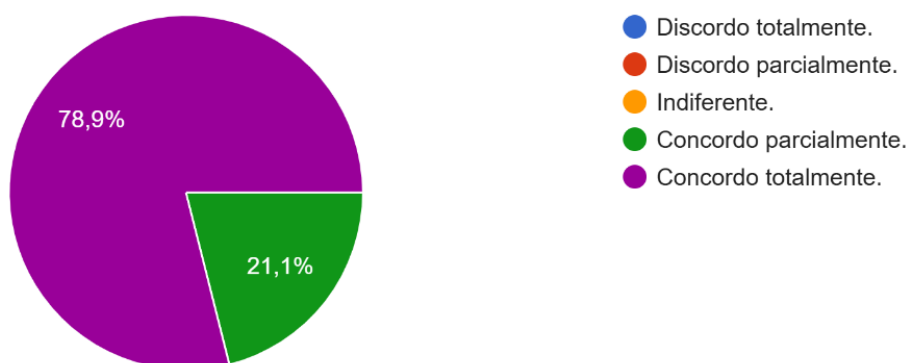
Figura 6 – Resultado da pergunta 1



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Considerando que a atividade foi desenvolvida no contexto da disciplina de Estruturas Isostáticas e Hiperestáticas, com foco na compreensão do funcionamento de treliças planas, os discentes também foram questionados especificamente sobre esse aspecto. De forma semelhante à pergunta anterior, não houve discordâncias quanto à contribuição da atividade para a assimilação desse conteúdo, ao passo que 78,90% dos discentes concordaram totalmente com a afirmação (ver Figura 7).

Figura 7 – Resultado da Pergunta 2



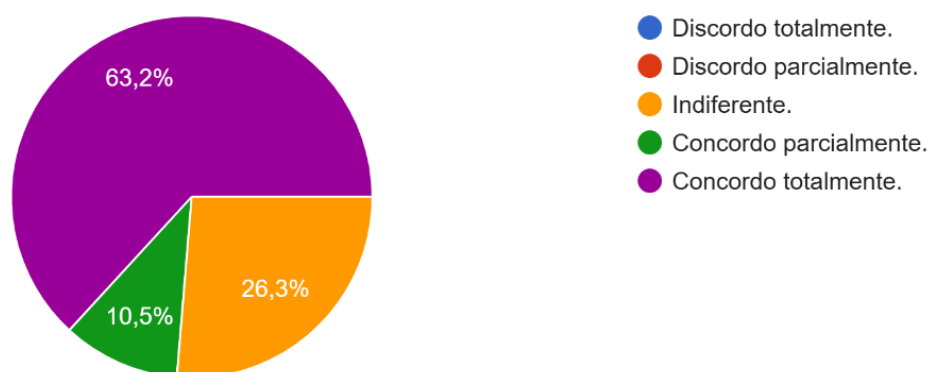
Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Como um dos objetivos deste artigo era avaliar o potencial da CPP como metodologia ativa — e, portanto, alinhada às abordagens neurocientíficas que favorecem aprendizagens mais significativas —, os participantes foram questionados

sobre o trabalho em grupo. Nesse aspecto, 63,20% concordaram totalmente que a atividade contribuiu para o desenvolvimento de habilidades colaborativas; 10,50% concordaram parcialmente, e 26,30% mostraram-se indiferentes (ver Figura 8).

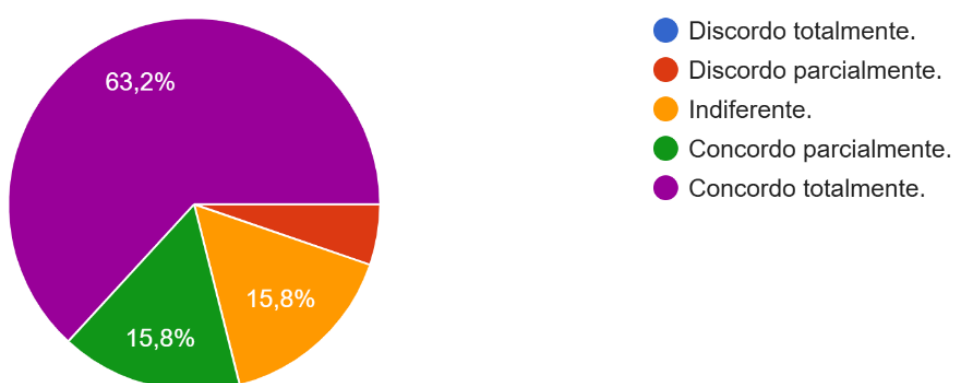
De forma semelhante, ao serem questionados sobre o formato de competição com podium, 63,20% dos discentes concordaram totalmente que essa estrutura foi motivadora para a conclusão do exercício. Outros 10,50% concordaram parcialmente, 26,30% foram indiferentes, e apenas 5,30% discordaram parcialmente. Não houve discordâncias totais (ver Figura 9).

Figura 8 – Resultado da Pergunta 3



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Figura 9 – Resultado da Pergunta 4

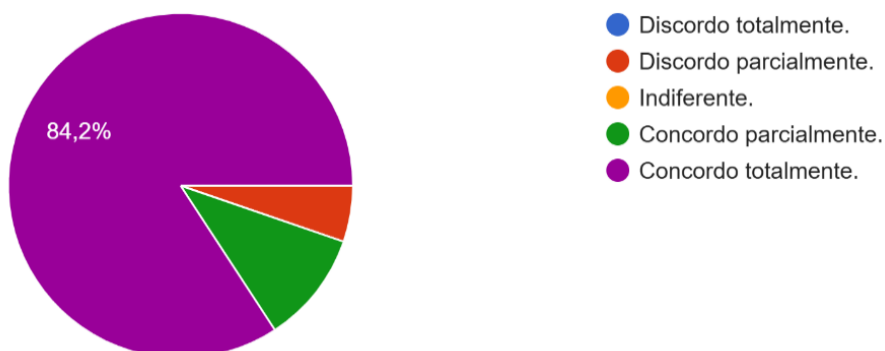


Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Por fim, como ilustra a Figura 10, 84,20% dos participantes afirmaram que a atividade foi mais atrativa em comparação às metodologias tradicionais. Além disso, 73,70% consideraram que a etapa de ruptura foi essencial para compreender os

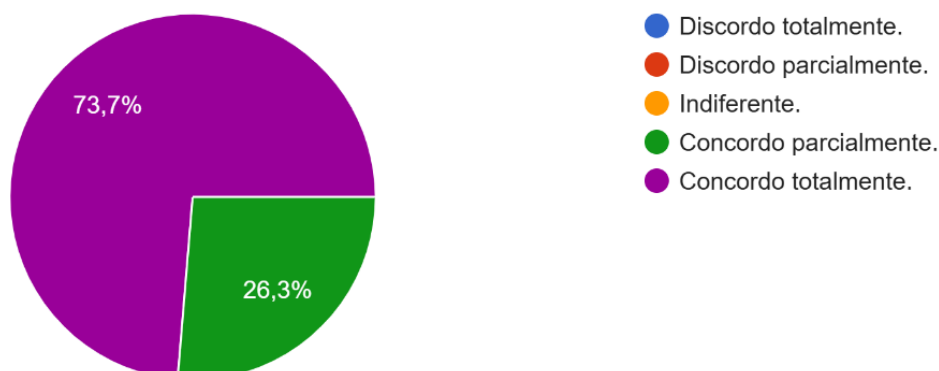
acertos e falhas de cada grupo (ver Figura 11), servindo como um encerramento significativo para a proposta.

Figura 10 – Resultado da Pergunta 5



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

Figura 11– Resultado da Pergunta 6



Fonte: elaborado pelos pesquisadores (2024)

De modo geral, os resultados obtidos com a implementação da competição de pontes evidenciam o potencial transformador de práticas pedagógicas baseadas em metodologias ativas. A atividade não apenas favoreceu a compreensão dos conceitos estruturais, como também estimulou o engajamento, a autonomia e o trabalho em equipe — aspectos essenciais para a formação integral de arquitetos e fortemente respaldados pelas evidências mais recentes da neurociência da educação. Essa abordagem ativa, que integra múltiplas formas de estímulo e participação, reforça a importância de estratégias didáticas que aproximem teoria e prática, tornando o aprendizado mais significativo e conectado à realidade profissional.

5. Considerações finais

A Competição de Protótipos de Pontes mostrou-se uma estratégia eficaz para o ensino de estruturas no curso de Arquitetura e Urbanismo. No entanto, o principal diferencial desta proposta — e o foco inovador deste artigo — está em demonstrar por que essa abordagem funciona: sua eficácia está diretamente relacionada à adoção de uma metodologia ativa alinhada aos princípios mais recentes da neurociência educacional.

Ao integrar teoria e prática por meio de uma atividade desafiadora, concreta e colaborativa, a proposta ativa múltiplas regiões cerebrais, envolvendo os estudantes de forma cognitiva, sensorial, emocional e social. A construção das pontes com palitos de picolé, aliada ao uso do software Ftool, proporcionou um ambiente de aprendizagem significativo, no qual o raciocínio lógico, a criatividade e o pensamento crítico emergiram de maneira natural e contextualizada.

A neurociência contemporânea indica que aprendemos de forma mais eficaz quando o processo envolve experiências multissensoriais, contextos reais e engajamento emocional — exatamente os pilares que sustentam a atividade aqui descrita. Ao iluminar esse vínculo, o presente artigo contribui para uma compreensão mais profunda sobre os fundamentos do ensino técnico eficaz na arquitetura.

Além disso, a simplicidade dos materiais, a clareza metodológica e a acessibilidade das ferramentas utilizadas tornam essa proposta replicável em diferentes instituições e contextos, especialmente em disciplinas introdutórias de estruturas. Assim, mais do que uma prática pontual, a CPP representa um caminho promissor para uma formação mais integrada, ativa e alinhada aos princípios da neurociência educacional.

Referências

- AGUIAR, M.; SPENCER, C. E.; FAVERO, M. Da ideia à matéria Uma experiência pedagógica no ensino de estruturas em ateliê integrado de projeto. **Arquitextos**, n.203, 2018.
- ÁLISSON DA SILVA, F. et al. **Metodologia para construir pontes com palito de picolé methodology for building bridges with popsicle sticks**. v. 43, p. 2024, 2024.
- ANDREÃO, P. V. Metodologias ativas no ensino de estruturas no curso de arquitetura e urbanismo. **Revista Pensar Acadêmico**, v. 20, n.2, 2022.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active learning**: Creating excitement in the classroom. (Online). 1991. Disponível em: < <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf> >. Acesso em 17 out. 2025.

BRANCHIER, H. S.; GAUER, E. A.; HANSEN, B. Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 39, n. 1, p. 472–479, 2020.

BRITO, S. M. R. Introductory Chapter: Active Learning - Beyond the Future. In: **Active Learning - Beyond the Future**. [s.l.] IntechOpen, 2019.

CALLAHAN, M.; SHADRAVAN, S., YETUNDE; HASENFRATZ, E. A Student-Centered Active Learning Approach to Teaching Structures in a Bachelor of Architecture Program”, **Building Technology Educators’ Society**, v. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7275/na8x-dv75>

CAREW, T. J.; MAGSAMEN, S. H. **Neuroscience and Education: An Ideal Partnership for Producing Evidence-Based Solutions to Guide 21st Century Learning**. Neuron, set. 2010.

COSTA, E. N. P. **Cenários didático-pedagógicos para o ensino de estruturas em cursos de arquitetura e urbanismo**. 2024. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Brasília, Universidade de Brasília (UnB).

DA SILVA, F. Á.; CLÁWSIO, R. C. DE S.; TIMOTEO JÚNIOR, J. F. Metodologia para construir pontes com palito de picolé. **Revista Ensino da Engenharia**, v. 43, 2024.

DE MORAES, M. H. M; FREITAS, J.; JUNIOR, J.; SILVA, W.; FILHO, G.; MORAES D. **Precedimento de análise experimental e numérico de uma ponte executada com palitos de picolé**. Ponta Grossa: Editora Atenas, 2019.

DI PIETRO, J. E. **O conhecimento qualitativo das estruturas das edificações na formação do arquiteto e do engenheiro**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

DOGANI, B. Active learning and effective teaching strategies. **International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches**, v. 4, n. 4, p. 136-142, 2023.

DUBINSKY, J. M.; HAMID, A. A. The neuroscience of active learning and direct instruction. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews Elsevier**, 1 ago, 2024.

EMAMI, N.; BUELOW, P. **Teaching Structures to architecture students through Hands-On Activities**. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/306014937>>.

FANTIN DE SOUZA, T.; CAETANO, M. R. **O desafio das pontes de espaguete no IFSUL: entre a teoria e a prática**. v. 43, p. 2024, 2024.

FEILER, J. B.; STABIO, M. E. Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. **Trends in Neuroscience and Education Elsevier GmbH**, 1 dez. 2018.

GARAVAGLIA, E.; BASSO, N.; SGAMBI, L. The role of structures in architecture: the multidisciplinary experience of active learning in a master of science. **Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research**, v. 14, n. 3, p. 469–488, 11 nov. 2020.

GKINTONI; ANTONOPOULOU. **Educational Neuroscience in Academic Environment. A Conceptual Review**. Disponível em: <www.techniumscience.com>.

GOSAVI, C. S.; ARORA, S. Active Learning Strategies for Engaging Students in Higher Education. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 36, Special Issue, 2022.

GUERGUIS, M. et al. **Visualizing Structures: Integrative Methodology for Teaching Structural Principles to Architecture Students**. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/358748710>>.

LAWRENCE, B. C.; YAMAN NTELIOGLOU, B.; MILFORD, T. **It Is Complicated: Learning and Teaching Is Not About “Learning Styles”**. Disponível em: <<http://ehinger.ca/>>.

LEITE, M. A. D. F. D. **A aprendizagem tecnológica do arquiteto**. Tese. (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) 2006. São Paulo, Universidade de São Paulo.

LIMA DA CRUZ, M. C. Uso de metodologias ativas no curso de arquitetura e urbanismo: maratona escala real. **Economia e Sociedade**, v.8, n.4, 2021.

LOBOSCO, T.; CÂMARA, D. C. Desenvolvimento de modelos qualitativos para o ensino de estruturas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 3, p. 203–214, 28 set. 2018.

LÓPEZ, D. L.; RODRÍGUEZ, M. D.; COSTAS, S. G. Intuition and experimentation as teaching tools: physical and interactive computational models. **In: INTED 2022 Proceedings**, 16th International Technology, Education and Development Conference, 2022.

MATTANA, L.; SOUZA, J. C. Ensino-aprendizagem de projetos de estruturas para arquitetura com tecnologias educacionais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 13, p. e022011, 2022.

MENEGHETTI, L. et al. **Published by the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) with permission.** Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/352466583>>.

MENESTRINA, T. C.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade e formação do engenheiro: análise da legislação vigente. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.1, n.2, 2008.

MERCAT, C. **Introduction to Active Learning Techniques**. Open Education Studies De Gruyter Open L., 2022.

MORAES, A. C.; VALLE, M. R. DO V. I. Análise sobre o ensino de estruturas em madeira nas escolas de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 26, p. 82–95, 2020.

NANCEKIVELL, S. E.; SHAH, P.; GELMAN, S. A. Maybe they're born with it, or maybe it's experience: toward a deeper understanding of the learning style myth. **Journal of Educational Psychology**, v. 112, n. 2, p. 221–235, 2020.

NGUYEN, N. et al. Learning Styles Are Out of Style: Shifting to Multimodal Learning Experiences. **Kappa Delta Pi Record**, v. 58, n. 2, p. 70–75, 2022.

OLMEDO, C.; CALLE, A.; ANTUÑA, J. What is built and what is taught: The difference between teaching and professional practice in building structures. **Architecture, Structures and Construction**, v. 2, n. 4, p. 685–698, dez. 2022.

PERIGNAT, E.; KATZ-BUONINCONTRO, J. STEAM in practice and research: An integrative literature review. **Thinking Skills and Creativity**, v. 31, p. 31–43, 1 mar. 2019.

RESENDE, C. C.; VELOSO, M. F. D. O ensino da concepção estrutural no ateliê de projeto de edifícios verticais: um estudo de caso na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 16, n. 2, p. 197–211, 12 mar. 2021.

RODRIGUES-SILVA, J.; VIEIRA JUNIOR, N. Ensino de estruturas treliçadas via competição de protótipo de ponte. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, n. 1, p. 446–458, 2022.

RUBIO, M. S.; SOTO-RUBIO, M. **The Use of Physical Models to Teach Structures in Architecture School: A Pedagogical Approach** Interfaces: architecture. engineering. science. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/320111514>>.

SÁNCHEZ-CARRACEDO, F. et al. Successful Engineering Lecturing based on Neuroscience. **International Journal in Engineering Education (IJEE)**. Disponível em: <<https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching->>.

SARAMAGO, R. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia). São Carlos, USP, 2011.

SCHWARTZ, M. S. et al. Neuroscience knowledge enriches pedagogical choices. **Teaching and Teacher Education**, v. 83, p. 87–98, 2019.

SILVA, F. T. Experiências com ferramentas digitais no ensino de estruturas arquitetônicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 12, p. e021022, 2021.

SILVA, K. **Metodologia BIM utilizando Revit e TQS aplicada a residência unifamiliar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UFU, Uberlândia, 2024.

SILVA, M. E. S. M. et al. **Pontes de palito de picolé como estratégia de ensino para entendimento do comportamento das estruturas**. 2024. (Online). Disponível em: <<https://editora.ascses-unita.edu.br/wp-content/uploads/2024/11/pontes-de-palito-de-picole-como-estrategia-de-ensino-para-entendimento-do-comportamento-das-estruturas.pdf>> Acesso em 19 out. 2024.

SILVA, S. D. S. **Análise de comportamento estrutural de pontes com palitos de picolé e aplicabilidade em competições no ensino de graduação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Rural do Semi-Árido, Pau de Ferros, 2020.

SRINATH, A. Active learning strategies: an illustrative approach to bring out better learning outcomes from Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) students. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 9, n. 9, p. 21–25, 2014.

STOCO, C. E. A. et al. Aprendizagem de estruturas treliçadas baseada em competição de ponte de macarrão. In: **XXVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica**. Curitiba, 2021.

TANDON, P. N.; SINGH, N. C. Educational neuroscience: Challenges and opportunities. **Annals of Neurosciences**. Karger AG, 2016.

TONIN, A. et al. Do ensino à extensão: pet engenharia civil da UFSM promovendo competições acadêmicas. **Revista Eletrônica do Programa de Educação Tutorial**. Três Lagoas, v. 6, n.6, 2024

TORRALBA, K. D.; DOO, L. Active Learning Strategies to Improve Progression from Knowledge to Action. **Rheumatic Disease Clinics of North America**, W.B. Saunders, 2020.

VALENCIA, J. A. G.; SARAY, F. J. M. DEL C.; GARCÍA, A. G. Mejora del proceso de enseñanza aprendizaje en educación superior: aula invertida en materias de estructuras en carrera de arquitectura. **Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. e4151, 2024.

VALVERDES, L. C. M.; PAULETTI, R. M. DE O.; BITECOURT JÚNIOR, L. A. G. Experiências táteis no ensino de sistemas estruturais. **Revista de Ensino em Engenharia**, 2022.

VAZ DE CARVALHO, C.; BAUTERS, M. **Lecture Notes in Educational Technology Technology Supported Active Learning Student-Centered Approaches**. Disponível em: <<http://www.springer.com/series/11777>>.

VEIGA, J.; CARVALHO, C.; RODRIGUES, C. Uma proposta pedagógica com o software ftool para apoio ao ensino da estática baseado na teoria dos registros de representação semiótica. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/5553>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VIEIRA, F. S. et al. Ferramenta Gráfico-Interativa para o Ensino de Disciplinas do eixo de Estruturas do Curso de Engenharia Civil. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 13, p. e11427, 2024.

WHITMAN, G. M. Learning Styles: Lack of Research-Based Evidence. **The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas**, v. 96, n. 4, p. 111–115, 2023.