



O uso das plataformas de Inteligência Artificial Generativa em Disciplinas de Engenharia Estrutural

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5198

Autores: ELVIDIO GAVASSONI NETO, CAUÊ LOPES DO NASCIMENTO, GUILHERME FABRI FARINHAQUE, GUILHERME SZELEMEI SANTIAGO, MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA, BERNARDO VERAN MARON

Resumo: A disseminação de plataformas de inteligência artificial generativa, como o ChatGPT, traz uma série de questões ao processo de ensino e aprendizado no ensino superior. Essas questões surgem devido ao crescente número de estudantes que afirmam utilizar tais plataformas em seu processo de aprendizagem, porém sem compreender completamente seu funcionamento, limitações e a ética adequada de seu uso em suas futuras práticas profissionais. Como essas plataformas ainda são relativamente recentes, há poucos estudos que demonstram os impactos no ensino superior, especialmente no ensino de disciplinas relacionadas à análise estrutural nos cursos de Engenharia Civil. Este estudo se insere nesse contexto e tem como objetivo investigar o uso, a familiaridade e os impactos no processo de aprendizado de conceitos de análise estrutural por estudantes de graduação em Engenharia Civil. O estudo é baseado na aplicação de um formulário de pesquisa online, que apresenta exemplos do uso dessas ferramentas nas práticas de ensino e aprendizado dos alunos. A pesquisa realizada com alunos de diferentes anos do curso mostra que a maioria afirma estar familiarizada com tais ferramentas e utilizá-las em atividades relacionadas ao processo de aprendizado do curso. Os alunos também relataram perceber impactos positivos do uso dessa tecnologia na aprendizagem e identificaram as principais fontes de preocupação decorrentes desse uso: plágio, dependência excessiva e credibilidade dos resultados obtidos. Os exemplos do uso das plataformas disponíveis para os alunos demonstram que há um potencial benéfico no processo de aprendizado, mas há uma grande dependência do pensamento crítico dos alunos, tanto para fazer perguntas adequadas quanto para analisar os resultados obtidos. Esses resultados indicam que os professores têm um papel importante como tutores, revisores e assistentes no uso dessas plataformas, quando aplicadas ao aprendizado de conceitos de análise estrutural.

Palavras-chave: ChatGPT, Engenharia Civil, LLMs

O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZADO DE CONCEITOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se reformular o modelo tradicional do ensino universitário de engenharia torna-se cada vez mais impositiva frente às necessidades contemporâneas de empregabilidade dos futuros engenheiros e de desenvolvimento de competências profissionais técnicas e não técnicas (Akyazi *et al.*, 2020) que reflitam o cenário atual da sociedade e suas demandas (Valero, 2022). Tal contexto faz com que as instituições de ensino cada vez mais procurem desenvolver alternativas eficientes de ensino e aprendizado de engenharia (Tiboni, 2018).

Esse contexto também se impõe no ensino da análise estrutural. Tal área se constitui um campo da engenharia civil que se ocupa do estudo, do dimensionamento e do projeto de elementos estruturais de edificações civis. O ensino da engenharia estrutural caracteriza-se por aspectos desafiadores em seu processo de ensino e aprendizado (Gavassoni, 2022), entre tais desafios citam-se: ausência de ferramentas que apliquem na prática os conceitos teóricos (Aparicio e Ruiz-teran, 2007); ausência do desenvolvimento de criatividade dos alunos (Teng *et al.*, 2004); dificuldade na visualização de conceitos matemáticos abstratos (Melo e Neto, 2012); falta de abordagens de ensino que promovam o engajamento e o envolvimento dos discentes (Celorrio-Barragué *et al.*, 2019).

Um grupo de professores e alunos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vem se dedicando ao longo da última década a desenvolver e aplicar metodologias ativas e engajadoras para melhoria do processo de ensino e aprendizado da engenharia estrutural (Wogel *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2017; Goes *et al.*, 2017; Zorzan *et al.*, 2017; Tiboni, 2018; Prado *et al.*, 2019, Gavassoni, 2022 e Gavassoni *et al.*, 2023) e mesmo durante os anos de ensino emergencial remoto (Gavassoni, 2021 e Paiva *et al.*, 2023). Tais resultados evidenciam os resultados positivos dessas experiências no aprendizado dos conceitos estruturais e no desenvolvimento de competências profissionais não técnicas. Contudo, as inovações tecnológicas com cada vez mais velocidade e intensidade tem se mostrado ao mesmo tempo uma oportunidade e um desafio na busca de metodologias mais eficientes no processo de aprendizado e ensino. Muitas vezes as novas tecnologias são um constante fator de impulso às inovações nas metodologias de ensino uma vez que constituem até mesmo em mudanças de percepção educacional por parte de diferentes gerações de discentes (Bayhan e Karaca, 2020).

Uma das inovações tecnológicas que possuem um potencial impacto mais disruptivo no processo de aprendizado e educação é a inteligência artificial (IA), principalmente os grandes modelos de linguagem (LLMs). A IA tem ganhado popularidade após ter sido usada em uma série de plataformas, como as baseadas em modelo generativo pré-treinado de transformadores (GPT). Essas plataformas são treinados para gerar sentenças convincentes sem ajuda humana em interface de chat como *ChatGPT* lançado em 2022 (Chiarello *et al.*, 2023). As plataformas de IAG provêm respostas instantâneas e precisas de forma dinâmica ao usuário abrangendo, de modo versátil, uma ampla gama de perguntas em vários campos do conhecimento (Hamid *et al.*, 2023). Essa popularidade é fruto não somente da qualidade dos seus resultados, ou do seu uso de natureza universal, mas primariamente na interação com o usuário (Chiarello *et al.*, 2024). É exatamente esse

caráter iterativo dinâmico que faz das IAG uma ferramenta interessante para discentes e docentes.

Alguns estudos, mesmo em caráter incipiente, indicam que o uso de plataformas de IA no ensino de engenharia pode ser benéfica no ensino e aprendizado (Pursnani *et al.*, 2023; Tsai *et al.* 2023; Qadir, 2023). Contudo dado o seu recente surgimento o número e a abrangência de tais estudos sobre o uso das plataformas de IAG no ensino superior ainda são incipientes e no caso de disciplinas de engenharia falta evidência empírica que corrobore o ganho ou não no aprendizado dos conceitos relativos utilizando-se tais ferramentas no ensino. Por outro lado, percebe-se um rápido crescimento no número usuários dessas plataformas, incluindo-se discentes universitários. Soma-se a isso o fato de que resultados efetivos obtidos com IAG dependem do senso crítico e do entendimento do usuário de como tais ferramentas funcionam. Todo este contexto demanda mais investigações sobre a influência do uso da IA no processo educativo e no impacto do aprendizado dos alunos. O objetivo deste trabalho é avaliar a percepção do uso das plataformas de IA por estudantes de engenharia estrutural e o desempenho de tais plataformas na resolução de questões conceituais técnicas ligados às áreas de engenharia estrutural. Uma breve revisão bibliográfica sobre a IA e seu uso no ensino de engenharia é apresentada, seguindo da apresentação da metodologia e dos resultados e suas análises de forma a proporcionar importantes insights para docentes e discentes interessados no seu uso no processo de ensino e aprendizado.

2 REFERÊNCIAL TÉORICO

Os LLMs são ferramentas que se constituem de modelos de aprendizado profundo muito grandes pré-treinados em grandes quantidades de dados (Furtado *et al.*, 2024). A Inteligência Artificial Generativa (IAG) é um subgrupo dos LLMs capaz de gerar novos conteúdos. A IAG utiliza o processamento de linguagem natural para alimentar um LLM, que podem ser usados para gerar desde imagens até músicas, com base em uma palavra inserida (Chiarello *et al.*, 2023). Os Chatbots de inteligência artificial, diferentemente do convencional que é programado para seguir um roteiro, podem simular interações humanas utilizando o processamento de linguagem natural (NLP). Assim, tem-se dois tipos de IA, a de processamento de linguagem natural, em que os pedidos dos clientes, incluindo gírias, erros de digitação e abreviações, são interpretados de forma natural e o aprendizado de máquina (“machine learning”), em que melhoram com o tempo à medida que ganham mais experiência (Tsai *et al.* 2023).

No campo da engenharia a IAG pode amplificar o potencial criativo de atividades de projeto onde a coparticipação de tal ferramenta pode alargar as fronteiras de inovação, tanto por realizar rápidas e múltiplas combinações com soluções já existentes quanto por explorar soluções ainda não testadas (Furtado *et al.*, 2004). As plataformas de IAG podem ainda ser usadas diretamente para melhorar a experiência de visualização de modelos e imagens de projeto, obter modelos preditivos, processos de fabricação, engajamento interativo com o modelo, análises de dados e sua interpretação e literacia digital (Furtado *et al.*, 2004). Particularmente no caso da engenharia estrutural o uso de plataformas de IAG pode se mostrar uma ferramenta efetiva para explicar os princípios e conceitos da análise estrutural, apresentar em forma de tutorial os modelos analíticos e computacionais de análise estrutural, prover tutoriais no uso dos pacotes de modelagem computacional de estruturas, auxiliar e criar modelos de simulação estrutural, auxílio na interpretação dos modelos computacionais e busca de fontes de erros e discrepâncias nos resultados dos modelos utilizado (Aluga, 2023).

Mesmo com o rápido crescimento na utilização das plataformas baseadas em IAG estas ainda estão em sua infância, sendo caracterizadas por: transformação radical nos

processos em que são utilizadas, crescimento exponencial na sua capacidade, impacto relevante e um grau de incerteza e ambiguidade (Chiarello *et al.*, 2024). Tais características impõe a necessidade de investigação no seu uso. No caso dos discentes de engenharia as plataformas de IAG constituem-se em assistente na resolução de problemas, promovendo pensamento crítico, fortalecendo a competência de resolução de problemas complexos, e facilitando um entendimento mais profundo dos conceitos envolvidos no problema (Tsai *et al.* 2023). Podem ajudar e preparar estudantes a passarem em avaliações, dando *feedback* personalizado, criando sistemas de tutoria virtual e personalizando planos de estudo (Pursnani *et al.*, 2023). Além disso, os alunos podem usá-las para resolver questões, escrever artigos, sumários, obter *feedback* personalizado, assistente em edição e escrita de textos, assistente no aprendizado de línguas estrangeiras, assistente de buscas por informações, aprendizado personalizado, tutor virtual, praticar idiomas, resolver questões técnicas de engenharia bem como não técnicas e assistente de busca de informações (Qadir, 2023).

Os professores com auxílio das IAG podem criar conteúdo, ementas disciplinares, apresentações, códigos, *quizzes*, avaliações e artigos científicos (Qadir, 2023). O uso da IA pode auxiliar ainda na elaboração e aplicação de atividades de PBL (Aprendizado baseado em problemas ou projeto como evidenciado por Hamid e coautores (2023) para alunos de Farmácia e também por Tsai e coautores (2023) para estudantes do curso de engenharia química. O processo de correção da avaliação também pode ser melhorado por meio do uso de IAG eliminando as subjetividades pessoais e gerando resultados mais isonômicos (Pursnani *et al.*, 2023). No estudo de caso realizado por Hamid e coautores (2023) observou-se um aumento do engajamento e da colaboração nas atividades do PBL em relação ao mesmo tipo de atividade sem o uso de IA, aumentando também a motivação e induzindo mais perguntas dos discentes em relação ao conteúdo. No caso do estudo realizado por Tsai e coautores (2023) os estudantes também forneceram um *feedback* positivo sobre o uso da IA como uma ferramenta disponível e prática de auxílio na resolução dos problemas propostos.

Apesar das muitas vantagens no uso das plataformas IAG essas ferramentas apresentam uma série de limitações e dificuldades no processo de ensino e aprendizado tais como desafios à integridade dos processos de avaliação de alunos, principalmente gerando questões resistentes à IA (Pursnani *et al.*, 2023). Questões como trapaça, fraudes, isenção de responsabilidade pessoal ou plágios são importantes e vem preocupando os agentes educativos (Qadir, 2023). Outra preocupação importante se dá com o desenvolvimento de insegurança por parte dos discentes ao tornarem-se superdependentes das respostas e resoluções obtidas junto às plataformas IAG (Qadir, 2023). A obtenção de respostas erradas ou incompletas é também uma preocupação constante. Caso as bases de informações em que se baseiam as IAG contenham informações erradas as respostas também poderão apresentar inconsistências (Pursnani *et al.*, 2023). Além disso, a resposta varia, dependendo do contexto e principalmente dos comandos ou perguntas feita pelo usuário. Ou seja a efetividade da ferramenta depende do conhecimento prévio do usuário que fazendo as perguntas e intervenções a seu modo impacta a resposta com uma análise crítica que muitas vezes o estudante ainda não tem ou não o desenvolve no assunto que procura obter conhecimento da IAG (Qadir, 2023). Inclusive as modificações nos comandos foram capazes de aumentar em quase 10% as precisões obtidas pelo *ChatGPT* no *Fundamentals of Engineering* exame de Engenharia Ambiental nos EUA em um estudo recente (Pursnani *et al.*, 2023).

Somam-se a tais limitações as dificuldade, por parte dos discentes, em entender as respostas dadas por plataformas como o *ChatGPT* questionando-se assim sua confiabilidade e credibilidade (Hamid *et al.*, 2023). No caso específico das disciplinas da

engenharia estrutural que frequentemente envolvem a aplicação de conceitos matemáticos complexos e habilidades de resolução de problemas podem impor desafios aos modelos de IAG como o *ChatGPT* (Pursnani *et al*, 2023). Embora o *ChatGPT* tenha demonstrado habilidades matemáticas aprimoradas na resolução de algumas questões do *Fundamentals of Engineering* exame (Pursnani *et al*, 2023), ainda existem limitações em resolver problemas de engenharia complexos principalmente com questões envolvendo o nível superior da matemática produzindo resultados falhos ou equivocados. Na matemática, portanto, o uso do *ChatGPT* pode apresentar mais sucesso na busca por informações (Qadir, 2023).

3 METODOLOGIA

Nesta seção são abordados as principais plataformas de IAG utilizadas na pesquisa, bem como o formulário de pesquisa utilizado.

3.1 Inteligência Artificial Generativa

Os principais tipos de IAG utilizados neste trabalho são brevemente descritos a seguir. A linguagem GPT, ou “*Generative Pre-Trained Transformer*” é um modelo de inteligência artificial que interage por meio de chat, conversando com o usuário a partir do processamento de um imenso volume de dados. Desenvolvido em 2019 pela empresa norte-americana *OpenAI*, a plataforma em apenas 2 meses conquistou a marca de 100 milhões de usuários e em 2024 recebe mais de 1,6 bilhão de visitas diárias. O modelo segue o aprendizado de máquina e *deep learning*, treinado a partir de dados de textos disponíveis na internet, permite decodificar palavras para oferecer respostas textuais, traduzir idiomas, escrever diferentes tipos de conteúdo criativo e realizar tarefas de processamento de linguagem natural. O funcionamento do GPT é colaborativo com o usuário, uma vez que este pode corrigir as informações fornecidas. O *ChatGPT* não tem acesso à internet, portanto suas informações se restringem até setembro de 2021, no caso da versão 3.5. A versão 4, mais recente, possui informações até abril de 2023. A diferença entre versões está na quantidade de parâmetros e conseqüentemente na maior capacidade de lidar com as nuances da linguagem e responder a uma variedade mais extensa de *prompts*. A versão gratuita restringe-se ao 3.5 e portanto será a utilizada neste artigo.

O *Copilot* é uma ferramenta de inteligência artificial que atua como um assistente virtual, projetada para ajudar os usuários a interagir com conteúdo digital de forma mais eficiente. Ele utiliza tecnologias avançadas de processamento de linguagem natural para compreender e responder a perguntas em vários idiomas, facilitando a navegação na web e a obtenção de informações. Além disso, o *Copilot* pode gerar conteúdo criativo, como redações e códigos, e é capaz de descrever imagens carregadas pelos usuários, tornando-se um recurso versátil para diversas tarefas (Texto gerado pelo Copilot). A UFPR tem convênio institucional com a Microsoft e todos os discentes e docentes possuem contas institucionais de acesso à plataforma.

3.2 Formulário de Pesquisa

Um formulário de pesquisa eletrônico foi aplicado em uma amostra de 35 discentes de níveis diferentes no curso de Engenharia Civil da UFPR em um período das duas semanas iniciais do mês de maio de 2024. Além de informações demográficas foram feitas 12 perguntas sobre a familiaridade dos discentes com o uso das plataformas de IA, a percepção do seu uso, a sua integração com o currículo tradicional de engenharia civil e as principais vantagens e limitações do uso dessas plataformas.

4 RESULTADOS

Os resultados das pesquisas com os discentes são apresentados e discutidos na primeira seção, a seguir os exemplos do uso de plataformas de IAG por alunos é abordado.

4.1 Formulário de Pesquisa

Os dados demográficos dos alunos que participaram respondendo ao formulário eletrônico são mostrados na Tabela 1. As respostas distribuem-se quase que igualmente por alunos que cursam do segundo ao terceiro ano, todos já com contato com as disciplinas de análise estrutural.

Tabela 1 – Informações demográficas dos participantes da pesquisa (N=35).

Informações Demográficas dos Participantes

Item	N(%)
Sexo	
Feminino	21 (60)
Masculino	14 (40)
Ano Acadêmico	
1	1 (3)
2	11 (31)

Fonte: Os autores.

Na Tabela 2 são abordado os resultados quanto à familiaridade dos alunos no uso da IA. Observa-se que mais de $\frac{3}{4}$ dos alunos já ouviram falar do uso da IA na educação, porém 80% dos mesmos dizem ter pouca o média familiaridade com tais plataformas. O *ChatGPT* é a plataforma mais utilizada com 94% dos alunos participantes, seguindo (com porcentagens bem mais baixas) o *BING AI* e o *Gemini*. Apesar do convênio institucional apenas 9% dos participantes afirmaram usar o *Copilot*. O número dos que afirmam usar a IA no aprendizado também é alto alcançando quase 75%. Quanto ao tipo de atividades de aprendizado em que os alunos usam as ferramentas de IA as mais citadas são as de assistente de escrita e edição com 60%, tutor virtual de ensino com 51% e em terceiro mais mencionado o seu uso como buscador de informações técnicas com 49%.

Os resultados do formulário relacionados à percepção estudantil do uso de IAG no aprendizado encontra-se sumarizado na Tabela 3. A maioria percebe tais ferramentas como positiva e muita positiva nas duas perguntas realizadas. NA Tabela 4 são organizados os resultados da pesquisa relativos à integração do currículo tradicional do curso de engenharia civil com o uso da IAG. Nenhum dos participantes afirmaram ter prévia experiência de aprendizado em que o uso das plataformas de IAG por partes dos docentes tenha sido feito nas aulas e no material dos cursos, ainda que 60% declara preferir que tais ferramentas fossem adotadas. Um grande número, 97% dos participantes, diz discordar da afirmação de que a IA pode substituir os professores e instrutores no processo de aprendizado da engenharia civil.

Quanto aos desafios observados pelos discentes no uso das IAG destacam-se os resultados apresentados na Tabela 5. As questões de plágio, confiabilidade das informações obtidas e dependência excessiva foram as que receberam maior nota de preocupação, enquanto que as que menos preocupam foram a falta de familiaridade com as ferramentas por parte dos alunos seguida pela confusão causada pelo excesso de formação fornecida por tais ferramentas.

4.2 Tutor virtual e assistente de estudos

Alguns exemplos do uso das plataformas de IAG pelos discentes são apresentados aqui, especialmente aqueles ligados à análise estrutural. Os discentes podem utilizar tais

plataformas para aprofundarem conhecimentos adquiridos durante as aulas ou mesmo reformularem dúvidas externadas durante as mesmas. Em uma aula sobre análise estrutural de estruturas em arcos planos são utilizados cenas de filmes conhecidos com colapsos de pontes em arco que apresentam comportamentos irreais ou equivocados no seus mecanismos de colapsos. Os alunos assistem as cenas com links dos respectivos vídeos no *Youtube* disponibilizados pelo professor no ambiente virtual de aprendizado (AVA) do curso. Em seguida um *brainstorm* em grupos menores de alunos é realizado especulando-se os possíveis erros das cenas. Depois o professor, atuando como mediador da discussão, vai encaminhando a aula até a identificação das falhas da cena e qual deveria ser o real mecanismo de colapso das pontes, utilizando-se os conhecimentos prévios do funcionamento estrutural de arcos. Um dos exemplos do uso de cenas de filmes refere-se ao mecanismo de colapso da Ponte *Khazad-dûm* na cena do filme “*The Fellowship of the Ring*” de 2001. Mesmo após a discussão durante a aula é normal que alguns alunos ainda tenham dúvidas. Um deles ficou em dúvida mesmo após ter participado da discussão ativamente em aula. A resposta dada pelo referido aluno durante a aula estava correta, porém incompleta. Após a aula o mesmo aluno, utilizou o *ChatGPT* e *Copilot* como tutores virtuais para um maior aprofundamento no tema. Os seguintes contextos e perguntas feitos nas duas plataformas foram:

Contexto e pergunta feito às plataformas de IAG: *“Na última aula de mecânica das estruturas meu professor perguntou à classe porque o mecanismo de colapso da ponte em arco de rocha de uma cena do filme O Senhor dos Anéis, quando Gandalf golpeou com seu cajado a seção central da ponte, é estruturalmente incorreto e irreal. A resposta que dei foi de que apenas uma das metades da ponte colapsou durante a cena e que a parte restante sobre a qual Gandalf estava sobre permaneceu no lugar. Um colapso realista incluiria a ruptura de toda a ponte. Porém, meu professor disse que a minha resposta estava incompleta, por que?”*

Resposta do ChatGPT: *“O seu professor provavelmente considerou a sua resposta incompleta porque ela se concentrou apenas no resultado do colapso (apenas metade da ponte desmoronando) sem abordar os princípios estruturais subjacentes que tornam o mecanismo de colapso irrealista. Embora apontar a discrepância entre o colapso retratado e um cenário realista seja válido, fornecer uma análise mais completa envolveria discutir por que o mecanismo de colapso retratado na cena do filme é estruturalmente irrealista. Aqui estão alguns pontos que você poderia incluir para melhorar a sua resposta:*
Distribuição de Carga Inadequada: *As pontes de arco de pedra distribuem o peso da estrutura e quaisquer cargas colocadas sobre ela de forma uniforme em toda a extensão. Na cena do filme, o impacto do bastão de Gandalf cria uma força localizada na seção central da ponte. Um colapso mais realista envolveria essa força sendo distribuída por toda a estrutura, levando a um colapso ou deformação mais uniforme de toda a extensão.*
Falha em Considerar a Integridade Estrutural: *As pontes de arco de pedra dependem de uma de toda a extensão, incluindo a seção onde Gandalf estava. Sem um suporte adequado, a parte restante da ponte dificilmente permaneceria intacta.*
Desconsideração das Propriedades do Material: *A pedra é um material resistente, mas frágil, e seu comportamento sob tensão é influenciado por fatores como a forma do arco, a qualidade da pedra e a presença de elementos de suporte de carga. O colapso rápido e desigual retratado na cena do filme não reflete com precisão como as estruturas de pedra se deformariam e falhariam sob carga. Uma representação mais realista envolveria deformação e colapso gradual, com toda a extensão sucumbindo às forças que atuam sobre ela.”*

Tabela 2 – Familiaridade dos discentes com IA (N=35)

Questões	N(%)
Você já ouviu falar sobre o uso de IA na educação superior antes?	
Sim	27 (77)
Não	8 (23)
Como você classificaria sua familiaridade com tecnologias de IA ?	
Muito Familiar	1 (3)
Familiar	6 (7)
Média	14 (40)
Pouco Familiar	14 (40)
Não Familiar	0 (0)
Quais dos seguintes softwares de IA vocês usam?	
ChatGPT	34 (94)
Copilot	3 (9)
Chatsonic	0 (0)
YouChat	1 (3)
Perplexit AI	0 (0)
Bing AI	6 (18)
Gemini	4 (12)
Outros	1 (3)
Você já usou tecnologia de IA no seu aprendizado de engenharia civil?	
Sim	26 (74)
Não	9 (26)
Em quais modos você usa a IA como auxílio no seu aprendizado de engenharia civil	
a) Revisão Bibliográfica	11 (31)
b) Assistente de redação	21 (60)
c) Idiomas estrangeiros	6 (17)
d) Buscador de informações técnicas	17 (49)
d) Tutoria no estudo	18 (51)

Fonte: Os autores.

Tabela 3 – Percepção por parte dos discentes dos benefícios do uso de IA no processo de aprendizado em Engenharia Civil (N=35).

Questões	N (%)
Qual percepção do impacto da IA no seu processo de aprendizado em Engenharia Civil?	
Muito Positivo	3 (9)
Positivo	17 (49)
Neutro	11 (31)
Negativo	2 (6)
Muito Negativo	2 (6)
Qual o seu nível de concordância com a afirmação “A IA pode aprimorar sua experiência de aprendizado como estudante de engenharia civil”,	
Concordo Fortemente	6 (17)
Concordo	25 (71)
Nem concordo nem Discordo	3 (9)
Discordo	1 (3)
Discordo Fortemente	0 (0)

Fonte: Os autores.

Resposta do Copilot: “A resposta do seu professor pode estar relacionada ao fato de que, em uma ponte de arco de pedra real, o mecanismo de colapso é geralmente mais complexo do que simplesmente uma metade caindo enquanto a outra permanece intacta. As pontes

de arco de pedra são projetadas para distribuir cargas uniformemente através do arco, e quando um colapso ocorre, é frequentemente devido a uma falha na integridade estrutural do arco como um todo. Em um cenário de colapso realista, se uma seção central do arco fosse comprometida, isso afetaria a distribuição de tensões ao longo de todo o arco, potencialmente levando ao colapso de toda a estrutura. Isso ocorre porque as pontes de arco de pedra dependem da forma do arco para manter a estabilidade; sem a curvatura contínua e a compressão uniforme, a integridade estrutural é perdida. Além disso, o mecanismo de colapso envolve frequentemente a formação de articulações plásticas, que são pontos onde o momento excede a capacidade do material, levando a uma falha progressiva. Portanto, a resposta “incompleta” pode ser porque você considerou apenas a queda física de uma metade da ponte, sem levar em conta a integridade estrutural e os princípios de distribuição de carga que afetariam toda a ponte. A análise de colapso de pontes de arco de pedra geralmente envolve a consideração de vários fatores, incluindo propriedades mecânicas, distribuição de carga e a presença de articulações plásticas.”

As respostas foram compartilhadas no AVA pelo aluno e foram discutidas no chat deste post. Observa-se que apesar de apresentar alguns conceitos corretos, nenhuma das duas plataformas realmente fornece a parte que falta na resposta do aluno que trata da incompetência estrutural do material da ponte em resistir tensões de trações que passam a existir na metade não colapsada da ponte em função da flexão devido ao seu peso próprio e pelo fato da mesma atuar em balanço, tal comportamento levaria à ruptura da parte que no filme permaneceu de pé pelo fissuramento desde o extradorso até o intradorso de uma seção próxima ao apoio da metade em balanço. Além disso, o *Copilot* fornece uma explicação baseada na formação de rótulas plásticas que não é observado em materiais frágeis. As respostas também demonstram uma certa tendência das plataformas em fornecer informações básicas e genéricas mesmo quando perguntas mais profundas e de aplicação de conhecimentos básicos são realizados, demandando assim uma análise crítica e uma série de reformulações nas perguntas que nem sempre os alunos conseguem fazer sem uma tutoria.

Tabela 4 – Integração do uso das ferramentas de IA e o currículo do curso (N=35).

Questões	N (%)
Você teve alguma disciplina ou material de aprendizado da graduação que utilize tecnologias de IA dentro do seu programa de engenharia civil?	
Sim	0 (0)
Não	35 (0)
Você preferiria usar ferramentas e recursos impulsionados por IA para estudar e aprender conceitos de engenharia civil em mais disciplinas da graduação?	
Sim	21 (60)
Indiferente	8 (23)
Não	6 (17)
Qual o seu nível de concordância com a afirmação “A IA pode substituir o professor na tarefa de fornecer aprendizado em engenharia civil”?	
Concordo Fortemente	0 (0)
Concordo	1 (3)
Nem concordo nem Discordo	0 (0)
Discordo	15 (43)
Discordo Fortemente	19 (54)

Fonte: Os autores.

Tabela 5 – Desafios e limitações no uso de ferramentas de IA (N=35).

Questões

Para os tópicos a seguir assinale de 1 (discordo fortemente) a 5 (concordo fortemente) que representam desafios e limitações no uso da IA no processo de aprendizado e ensino da Engenharia Civil

Tópicos:	Média
a) Plágio por parte dos estudantes	4,3
b) Dependência excessiva por parte dos alunos	4,0
c) Confiabilidade e/ou imprecisão das informações obtidas	4,2
d) Falta de familiaridade com IA por parte dos alunos	2,9
e) Falta de familiaridade com IA por parte dos professores	3,8
f) Integração do uso de IA com as práticas tradicionais do currículo de engenharia civil	3,4
g) Confusão por fornecimento de informação excessiva por parte da IA	3,1

Para as habilidades listadas a seguir assinale de 1 (discordo fortemente) a 5 (concordo fortemente) que podem ser positivamente impactadas pelo uso da IA no processo de ensino e aprendizado da engenharia ci

Habilidades:	Média
a) Pensamento crítico	2,7
b) Criatividade	2,6
c) Compreensão e resolução de problemas de engenharia complexos	3,5
d) Trabalho em grupo	3,1

Você acredita que o uso da IA será indispensável no exercício da profissão de engenharia civil?

Sim	N (%)
Não	21 (60)
	14 (40)

Fonte: Os autores.

4.3 Preparação para realização de avaliações

O auxílio de plataforma de IAG na preparação dos alunos pode-se dar de diferentes modos, desde ao planejamento e elaboração de resumos feito a partir de textos, apostilas e demais materiais de estudo, até mesmo a resolução de provas antigas de uma dada disciplina disponibilizadas pelos docentes. Neste último caso as provas de disciplinas ligadas à análise estrutural devem focar em questões conceituais e não em questões de cálculo dadas as já discutidas dificuldades de algumas plataformas com cálculos matemáticos de nível superior (Pursnani *et al*, 2023). O exemplo a seguir, baseia-se em uma disciplina de análise estrutural do terceiro ano do curso de engenharia civil da UFPR onde apenas questões conceituais são comumente apresentadas. As provas de anos prévios disponibilizadas geralmente utilizam muitos recursos gráficos como fotos de edificações, esquemas e desenhos estruturais, gráficos e diagramas de parâmetros estruturais e portanto podem ser resolvidas apenas por plataformas que permitem a leitura de recursos gráficos como o *Copilot*. Foram feitos pelos alunos os testes em quatro provas dos anos de 2019, 2022 - 2024 as respostas foram compartilhadas com o professor via AVA e a correção e comentários foi discutida no chat da mesma plataforma. As perguntas, recurso gráficos e o contexto dados ao *Copilot* foram idênticos aos das questões da prova.

Os rendimentos acadêmicos obtidos pelo *Copilot* e as médias dos alunos nos referido anos estão sumarizados na Tabela 6. Observa-se da Tabela 6 que nos quatro anos a resolução obtida pelo *Copilot* não obtém a nota necessária de 7 pontos. Além disso a nota é inferior a nota média dos alunos nos três anos, sendo no máximo 57% da média obtida pelos alunos. Tais resultados indicam as dificuldades da IAG com os conceitos estruturais. Muitas vezes observou-se na resolução das 3 provas que muitas respostas certas eram dadas, porém as explicações estavam erradas, eram evasivas ou simplesmente não eram fornecidas. Como as pontuações nas questões são distribuídas em maior valor para a explicação e em menor para a resposta certa, muitas vezes a pontuação obtida pelo *Copilot* foi parcial. Observa-se também que algumas imagens não foram perfeitamente

Tabela 6 – Rendimentos obtidos na resolução de avaliações pela plataforma de IAG e pelos alunos

Ano	Copilot	Média dos alunos
2019	3,5	6,2
2022	2,8	5,6
2023	3,3	5,8
2024	2,7	5,6

Fonte: Os autores.

interpretadas pelo *Copilot* e mesmo assim no lugar de acusar a dificuldade ou pedir mais detalhes do contexto as respostas errôneas são fornecidas. Tais dificuldades embora possam ser sanadas pelo constante e rápido avanço dessas linguagens indicam a importância dos docentes na tutoria dos discentes quando do uso de tais ferramentas na sua preparação para avaliação e estudos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O advento e popularização das plataformas de IAG tal como *ChatGPT* traz ao cenário do ensino superior de Engenharia Civil a necessidade da discussão do uso de tais plataformas tanto por parte dos discentes quanto dos docentes. A pesquisa conduzida junta ao grupo de alunos do curso de Engenharia Civil da UFPR demonstra que uma grande maioria dos alunos está familiarizada e usa tais ferramentas no processo de aprendizado do curso, não havendo, porém adoção por parte de professores do seu uso nas disciplinas do curso. A pesquisa revela que a maioria dos participantes percebe como positivo o uso de tais plataformas no processo de aprendizado e gostaria de utilizá-lo mais no processo de ensino dos docentes. Muitas questões e limitações no uso dessas plataformas levantadas por outros estudos são compartilhadas pelos participantes da pesquisa entre essas o plágio, a dependência excessiva e a credibilidade das informações obtidas junto a tais plataformas de IAG. Os resultados obtidos em experiências de aprendizado demonstram que há potencial de uso de tais plataformas no processo de ensino e aprendizado das disciplinas de engenharia estrutural tais como tutor virtual, assistente de estudo e de busca de informações técnicas. Porém tal como a percepção dos alunos participantes da pesquisa indica há a necessidade de treinamento do usuário para obter um auxílio confiável e eficiente com os seus resultados. Além disso existem alguns desafios das versões utilizadas das plataformas neste estudo na consideração de problemas práticos conceituais utilizados em provas, uma vez que em todos os três casos estudados uma das plataformas obteve resultados inferiores a 60% do rendimento médio dos alunos que resolveram as mesmas questões. Os resultados também indicam que a análise crítica e conhecimento prévios dos usuários são essenciais tanto na formulação do contexto e perguntas inseridos nos prompts das plataformas quanto na análise dos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores participantes do PET agradecem ao FNDE/MEC pela concessão da bolsas aos discentes do Programa de Educação Tutorial do PET e à infraestrutura concedida pelo CESEC – Centro de Estudos em Engenharia Civil e ao Departamento de Construção Civil da UFPR. Também agradece pela colaboração efetiva na obtenção dos resultados do discente de Engenharia Civil da UFPR Murillo Vinicius Bednarczuk.

REFERÊNCIAS

AKYAZI, T. et al. Skills needs of the civil engineering sector in the European Union countries: Current situation and future trends. **Applied Sciences**, v. 10, n. 20, p. 1–24, 2020.

- ALUGA, M. Applications of CHATGPT in Civil Engineering. **East African Journal of Engineering**, v. 6, n.1, p. 104-112, 2023.
- APARICIO, A. C.; RUIZ-TERAN, A. M. Tradition and Innovation in Teaching Structural Design in Civil Engineering. **Journal of professional issues in engineering education and practice**, n. October, p. 340–350, 2007.
- BAYHAN, H; KARACA, E. Technological innovation in architecture and engineering education - an investigation on three generations from Turkey. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 17, n. 1, p. 1–22, 2020.
- CELORRIO-BARRAGUÉ, L.; CALVO-SIMÓN, S.; GASPAS, M.; VIDAL-CORTÉS, M.; MARTÍN-RAMOS, P. 3D printed models-based lab activities to enhance learning-teaching processes in Structural Engineering courses. **ACM International Conference Proceeding Series**, p. 80–86, 2019.
- CHIARELLO, F. et al. Future applications of generative large language models: A data-driven case study of ChatGPT. **Technovation**, 133, 2024.
- COSTA, G. C. F.; SILVA, N. M.; GAVASSONI, E. Desmodelagem estrutural - análise hierarquia estrutural aplicada a edifícios altos. **COBENGE**, 2017.
- FURTADO, L.S. et al. A task-oriented Framework for Generative AI in Desing. **Journal of Creativity**, pre-proof, 2024.
- GAVASSONI, E. Metodologias ativas aplicadas ao ensino de forma não presencial: estudo de caso em duas disciplinas de análise estrutural. **XLIX COBENGE**, Online, 2021
- GAVASSONI, E. Uso do mola structural kit no ensino do método dos deslocamentos. **50 Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Online, 2022.
- GOES, F. G.; SCHULZE, H. P.; GAVASSONI, E. A competição de pontes de papel como ferramenta de aprendizagem ativa. **9a Semana Integrada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFPR**. Curitiba: 2017.
- HAMID, H. et. Al., Exploratory study on the student perception on the use of chat AI in process-driven problem-based learning. **Cur. in Phar. T. Lear.**, v. 15, p. 1017-1025, 2023.
- Teng, J. G. et al. Fostering Creativity in Students in the Teaching of Structural Analysis. **International Journal of Engineering Education**, v. 20, n.1, p. 96-102, 2004.
- MELO, NATÁLIA DIAS DE; NETO, JANUÁRIO PELLEGRINO. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO E GRÁFICO PARA O ENSINO DA ENGENHARIA DE ESTRUTURAS COM O USO DO KIT ESTRUTURAL MOLA. v. 50, n. p. 3–10, 2012.
- PAIVA, A. J. B. Impacto Da Pandemia Sobre O Desempenho Acadêmico Dos Estudantes De Engenharia Civil Da UFPR. **51 COBENGE**. Rio de Janeiro: 2023
- PURSNANI, V. ET AL. Performance of ChatGPT on the US Fundamentals of Engineering Exam: Comprehensive Assessment of Proficiency and Potential Implications for Professional Environmental Engineering Practice. **Comp. Ed.: Art. Intelligence**, v. 5, 2023.
- PRADO, C. R. et al. A reformulação da competição de pontes de papel e o processo de execução. **11 SIEPE/UFPR**. Curitiba: 2019.
- QADIR, J. Engineering Education in the Era of CHATGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education. <http://openai.com/blog/chatgpt>, 2023.
- TIBONI, G. R. **Inovações no curso de engenharia civil da universidade federal do paran  (UFPR) sob a ética das metodologias ativas**. [s.l.] UFPR, 2018.
- TSAI, M.L. ET AL. Exploring the use of Large Models (LLMs) in Chemical Engineering Education: Building Core Course Problem with Chat-GPT. **Education for Chemical Engineer**, 44, p. 71-95, 2023.
- VALERO, Miguel. Challenges, difficulties and barriers for engineering higher education. **Journal of Technology and Science Education**, v.12, n.3, p.551-566, 2022.
- WOGEL, O. M. et al. Aplica o do PBL (Project Based Learning) na disciplina Estruturas de Madeira do curso de Engenharia Civil da UFPR. **XIX SULPET**, Florianópolis, 2016.

ZORZAN, L. G. et al. Vídeos didáticos como ferramenta de aprendizado no curso de engenharia civil da UFPR: o festival do minuto. **XXII Encontro Nacional PET**, 2017
PATAGONIO, Luiz. Mito da motivação. In: SANTANA, Júlia (Org.). **Administração do século XXI**. 2. ed. São Paulo: Editora Santos, 2015. p. 154-184.

Abstract: *The popularization of generative artificial intelligence platforms such as ChatGPT brings forth a series of issues to the teaching and learning process in higher education. These issues arise from an increasing number of students claiming to use such platforms in their learning process, yet without fully understanding how these platforms work, their limitations, and the appropriate ethics of their use in their future professional practice. As these platforms are still relatively recent, there are few studies showing the impacts on higher education, especially in the teaching of subjects related to structural analysis within Civil Engineering courses. This study fits into this context and aims to investigate the use, familiarity, and impacts on the learning process of structural analysis concepts by undergraduate Civil Engineering students. The study is based on the application of an online survey form presenting examples of the use of such tools in students' teaching and learning practices. The survey conducted with students from various years of the course shows that the majority claim to be familiar with such tools and to use them in activities related to the learning process of the course. Students also reported perceiving positive impacts of using such technology in learning and identified the main sources of concern arising from this use: plagiarism, excessive dependence, and credibility of the results obtained. Examples of the use of platforms available to students demonstrate that there is beneficial potential in the learning process, but there is a great dependence on students' critical thinking both to ask appropriate questions and to analyze the results obtained. These results indicate that teachers have a broad field of action as tutors, reviewers, and assistants in the use of such platforms when applied to the learning of structural analysis concepts.*

Keywords: ChatGPT; Structural Analysis; Large Language Models

