

SEÇÃO: IA NOS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

ChatGPT no dimensionamento de vigas de concreto armado: impactos pedagógicos da mediação algorítmica

ChatGPT en el dimensionamiento de vigas de hormigón armado: impactos pedagógicos de la mediación algorítmica

ChatGPT in reinforced concrete beam design: pedagogical impacts of algorithmic mediation

Matheus Goulart Mena Barreto,¹ Enzo Dantas Rossi,²
Gabriela Meller,³ Débora Bretas Silva,⁴ Eduardo Cesar Pachla⁵

RESUMO

A inteligência artificial generativa tem sido rapidamente incorporada ao ensino superior, frequentemente sem regulação pedagógica compatível com as exigências cognitivas e éticas de áreas tecnicamente sensíveis. No ensino de Estruturas de Concreto Armado, esse cenário suscita preocupações relacionadas ao desenvolvimento do raciocínio estrutural, à rastreabilidade das decisões e à delegação epistêmica em tarefas de elevada responsabilidade técnica. Diante desse contexto, o presente estudo investiga os impactos pedagógicos, epistêmicos e éticos do uso orientado do ChatGPT na resolução de uma tarefa de dimensionamento de vigas de concreto armado, em comparação com a condição sem mediação algorítmica. A análise combinou métodos quantitativos e qualitativos, com base em

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8339-407X>. E-mail: matheusgoulartm@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-7328-9607>. E-mail: enzodarossi@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Pelotas, RS, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6691-8111>. E-mail: gabriela.meller@ufpel.edu.br

⁴ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1477-0746>. E-mail: debora.bretas@ufsm.br

⁵ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0263-1562>. E-mail: eduardo.pachla@ufsm.br

uma rubrica composta por sete critérios procedimentais e na avaliação dos registros de interação com a IA. Embora o desempenho médio na condição sem mediação algorítmica (6,07/10,0) tenha sido superior ao da condição GPT-Orientada (4,70/10,0), não foi identificada diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Entretanto, a análise qualitativa revelou fragilidades sistemáticas sob mediação algorítmica, incluindo propagação cumulativa de erros, inconsistências normativas, perda de rastreabilidade do raciocínio e episódios de delegação epistêmica. Conclui-se que a resposta educacional adequada não reside na proibição da tecnologia, mas em sua integração regulada e progressiva, propondo-se o Modelo de Mediação Estrutural Progressiva com IA (MESP-IA) como contribuição teórico-pedagógica para o ensino de disciplinas estruturalmente sensíveis.

Palavras-chave: aprendizagem no ensino superior; delegação epistêmica; inteligência artificial; ensino de engenharia; mediação algorítmica.

RESUMEN

La inteligencia artificial generativa ha sido incorporada rápidamente a la educación superior, frecuentemente sin una regulación pedagógica compatible con las exigencias cognitivas y éticas de áreas técnicamente sensibles. En la enseñanza de Estructuras de Hormigón Armado, este escenario suscita preocupaciones relacionadas con el desarrollo del razonamiento estructural, la trazabilidad de las decisiones y la delegación epistémica en tareas de alta responsabilidad técnica. En este contexto, el presente estudio investiga los impactos pedagógicos, epistémicos y éticos del uso orientado de ChatGPT en la resolución de una tarea de dimensionamiento de vigas de hormigón armado, en comparación con una condición sin mediación algorítmica. El análisis combinó métodos cuantitativos y cualitativos, basados en una rúbrica compuesta por siete criterios procedimentales y en la evaluación de los registros de interacción con la IA. Aunque el desempeño promedio en la condición sin mediación algorítmica (6,07/10,0) fue superior al de la condición orientada por GPT (4,70/10,0), no se identificó una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$). Sin embargo, el análisis cualitativo reveló fragilidades sistemáticas bajo mediación algorítmica, incluyendo la propagación acumulativa de errores, inconsistencias normativas, pérdida de trazabilidad del razonamiento y episodios de delegación epistémica. Se concluye que la respuesta educativa adecuada no reside en la prohibición de la tecnología, sino en su integración regulada y progresiva, proponiéndose el Modelo de Mediación Estructural Progresiva con IA (MESP-IA) como una contribución teórico-pedagógica para la enseñanza de disciplinas estructuralmente sensibles.

Palabras clave: aprendizaje en educación superior; delegación epistémica; inteligencia artificial; enseñanza de ingeniería; mediación algorítmica.

ABSTRACT

Generative artificial intelligence has been rapidly incorporated into higher education, often without pedagogical regulation compatible with the cognitive and ethical demands of technically sensitive fields. In the teaching of Reinforced Concrete Structures, this scenario raises concerns regarding the development of structural reasoning, the traceability of decisions, and epistemic delegation in tasks involving high technical responsibility. In this context, the present study investigates the pedagogical, epistemic, and ethical impacts of the guided use of ChatGPT in solving a reinforced concrete beam design task, compared to a condition without algorithmic mediation. The analysis combined quantitative and qualitative methods, based on a rubric composed of seven procedural criteria and the evaluation of AI interaction logs. Although the mean performance in the no algorithmic mediation condition (6.07/10.0) was higher than in the GPT-Oriented condition (4.70/10.0), no statistically significant difference was identified ($p > 0.05$). However, qualitative analysis revealed systematic weaknesses under algorithmic mediation, including cumulative error propagation, normative inconsistencies, loss of reasoning traceability, and episodes of epistemic delegation. It is concluded that an appropriate educational response does not lie in prohibiting the technology, but in its regulated and progressive integration, proposing the Progressive Structural Mediation Model with AI (MESP-IA) as a theoretical-pedagogical contribution to the teaching of structurally sensitive disciplines.

Keywords: higher education learning; epistemic delegation; artificial intelligence; engineering education; algorithmic mediation.

INTRODUÇÃO

A educação em engenharia visa formar profissionais capazes de atuar de modo ético, crítico e tecnicamente consistente em contextos de elevada complexidade, exigindo domínio conceitual, pensamento crítico e julgamento técnico fundamentado (Clarís; Riley, 2013). Em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4 (ONU, 2015), a qualidade do ensino superior depende da profundidade dos resultados de aprendizagem, demandando a superação de práticas centradas apenas na execução algorítmica e o fortalecimento de habilidades cognitivas de ordem superior, como análise, avaliação e tomada de decisão (Asok *et al.*, 2017).

A rápida disseminação da inteligência artificial generativa (IAG) no ensino superior, especialmente de modelos como o ChatGPT, ampliou a assimetria entre disponibilidade tecnológica e capacidade crítica dos estudantes quanto aos limites e vulnerabilidades dessas ferramentas (Shard *et al.*, 2024). Embora possam auxiliar na organização de informações e na sugestão de estratégias de resolução, tais modelos operam por reconhecimento estatístico de

padrões linguísticos, e não por compreensão semântica verificável, configurando uma opacidade epistêmica estrutural (Yan *et al.*, 2025).

Estudos apontam riscos associados ao uso não supervisionado da inteligência artificial (IA), como dependência cognitiva, superficialização do raciocínio e delegação epistêmica (Dakakni; Safa, 2023), além de fragilidades relacionadas à transparência e à rastreabilidade que podem comprometer o desenvolvimento do julgamento técnico (Kiseleva; Kotzinos; De Hert, 2022). Em resposta, organismos internacionais têm enfatizado princípios éticos de governança, proporcionalidade, transparência e centralidade humana (UNESCO, 2021).

No ensino de Estruturas de Concreto Armado, essas questões tornam-se particularmente relevantes, pois o dimensionamento estrutural exige compreensão conceitual, coerência física entre variáveis e julgamento técnico contextualizado (Todisco, 2025). Apesar do crescimento da produção científica sobre IA na educação, ainda são escassos estudos empíricos sobre o desempenho da IA em tarefas de engenharia de alta criticidade (Baskara, 2023).

Diante desse contexto, o presente estudo investiga comparativamente os impactos pedagógicos, epistêmicos e éticos do uso do ChatGPT no ensino de dimensionamento de vigas de concreto armado, em contraste com a execução manual, analisando desempenho técnico, erros conceituais recorrentes e efeitos da mediação algorítmica sobre a resolução de problemas e o desenvolvimento do julgamento técnico.

MÉTODO

O estudo foi conduzido em duas fases sequenciais, integrando análises quantitativas e qualitativas para comparar o uso orientado do ChatGPT com a condição sem mediação algorítmica (SMA) no ensino universitário de Estruturas de Concreto Armado. Adotou-se uma abordagem de métodos mistos, na qual os dados quantitativos permitiram examinar o desempenho dos estudantes nas tarefas propostas, enquanto as análises qualitativas avaliaram erros conceituais, omissões procedimentais e fragilidades epistêmicas nas interações dos estudantes com a IA.

FASE 1: SEM MEDIAÇÃO ALGORÍTMICA

A Fase 1 constituiu a condição de referência do estudo, destinada a caracterizar o desempenho técnico dos discentes em um contexto tradicional e estruturalmente complexo, após as atividades regulares da disciplina de Estruturas de Concreto Armado. Essa etapa teve como objetivo estabelecer o nível de domínio conceitual e procedimental dos estudantes, servindo como parâmetro comparativo para a fase subsequente.

O delineamento experimental concentrou-se na mensuração do desempenho técnico global, sem análise detalhada das origens ou padrões de erro, uma vez que o foco do estudo não é a identificação de dificuldades intrínsecas de aprendizagem, mas a investigação dos efeitos da introdução da inteligência artificial sobre o desempenho técnico e o processo formativo.

FASE 2: ETAPA GPT-ORIENTADA

A Fase 2 correspondeu à condição experimental do estudo, tendo como objetivo analisar as implicações pedagógicas, cognitivas e éticas do uso orientado de inteligência artificial generativa em um contexto de aprendizagem estruturalmente complexo. Nessa etapa, os estudantes interagiram deliberadamente com ferramentas de IA, com domínio conceitual prévio e orientação pedagógica estruturada, sem supervisão docente direta durante a execução das atividades.

O desenho experimental buscou reproduzir, de forma controlada, padrões contemporâneos de uso de IA no ensino superior, possibilitando a análise do desempenho técnico e das dinâmicas de mediação cognitiva, validação de resultados e tomada de decisão sob suporte algorítmico. Assim, a fase foi concebida como uma intervenção pedagógica indireta, voltada a examinar como a IA modifica qualitativamente o processo de resolução de problemas e a autonomia técnica discente.

PARTICIPANTES E CONTEXTO EDUCACIONAL

O estudo envolveu estudantes de graduação da disciplina de Estruturas de Concreto Armado do curso de Arquitetura e Urbanismo, totalizando 23 participantes na Fase 1 e 23 na Fase 2, em razão de ausências pontuais. A participação foi voluntária, restrita aos alunos matriculados no semestre da pesquisa, e não foram coletados dados individuais, garantindo o anonimato.

Na Fase 1, os participantes haviam recebido instrução formal sobre o dimensionamento à flexão de vigas de concreto armado. Na Fase 2, receberam capacitação prévia sobre o uso do ChatGPT-4⁶, com foco na formulação de *prompts*⁷ claros e pertinentes, aplicada ao dimensionamento estrutural. A atividade utilizou um enunciado com variáveis de projeto predefinidas, exigindo apresentação sequencial das soluções e registro explícito dos cálculos.

⁶ ChatGPT-4 refere-se à versão do sistema conversacional ChatGPT baseada na quarta geração de modelos de linguagem de grande escala (Large Language Models – LLMs), fundamentados em técnicas de inteligência artificial generativa e processamento de linguagem natural.

⁷ *Prompt* refere-se ao comando, instrução ou conjunto de informações fornecidas pelo usuário a um sistema de inteligência artificial generativa, com a finalidade de orientar a produção de respostas, conteúdos ou soluções em linguagem natural.

JUSTIFICATIVA PEDAGÓGICA PARA SIMPLIFICAÇÃO DA TAREFA

A tarefa foi intencionalmente limitada a um problema básico de concreto armado, adequado ao nível dos alunos, para isolar os processos essenciais de raciocínio, reduzir a sobrecarga procedimental e evitar que erros fossem atribuídos à complexidade técnica, e não ao uso da IA, constituindo um ponto de partida controlado para analisar sua influência na resolução de problemas de engenharia. O problema proposto consistiu no dimensionamento da armadura longitudinal de uma viga de concreto armado submetida à flexão simples⁸. Foram fornecidos os seguintes dados de projeto: seção transversal com $b_w=20$ cm, altura total $h=40$ cm, estribos com diâmetro $\phi_t=5$ mm, cobrimento nominal $c=2,5$ cm, aço CA-50, resistência característica do concreto $f_{ck}=30$ MPa e momento fletor característico $M_k^9=75$ kN·m. O esquema estrutural correspondia a uma viga biapoiada submetida à flexão simples, com momento fletor positivo.

CRONOGRAMA, RECURSOS E COLETA DE DADOS

O estudo foi conduzido em duas sessões sequenciais de 50 minutos, correspondentes às condições sem mediação algorítmica e GPT-Orientada, aplicadas aos mesmos estudantes com enunciados equivalentes, permitindo comparação intra-grupo sob diferentes formas de mediação cognitiva. Em ambas as condições, não houve intervenções didáticas, exemplos resolvidos ou orientações em tempo real, de modo a observar a mobilização autônoma do conhecimento, com ou sem mediação por IA.

Ao final de cada sessão, os estudantes submeteram suas soluções completas, incluindo cálculos, etapas intermediárias e resultados. Na condição GPT-Orientada, foram também coletados os históricos integrais de interação com o ChatGPT-4, possibilitando a reconstrução da sequência de *prompts*, respostas e reformulações.

Todos os dados foram anonimizados, sem vinculação a avaliações formais ou registros acadêmicos. O conjunto de evidências permitiu a comparação entre as duas condições, combinando a análise do desempenho técnico (precisão procedimental, coerência matemática e compreensão conceitual) com a investigação de padrões de mediação cognitiva, como dependência da IA, verificação independente e propagação de erros ao longo do processo de resolução.

⁸ Em engenharia estrutural, o dimensionamento de vigas de concreto armado consiste na determinação da quantidade de aço necessária para garantir segurança e resistência aos esforços atuantes. No caso da flexão simples, a viga é solicitada predominantemente por momentos fletores, exigindo a aplicação encadeada de procedimentos normativos, verificações geométricas e compatibilidade entre resistência dos materiais e comportamento estrutural.

⁹ M_k representa o momento fletor característico atuante na viga, isto é, o valor de referência do esforço responsável pela tendência de curvatura e deformação da estrutura sob carregamento, antes da aplicação dos coeficientes de segurança de projeto.

INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO: AVALIAÇÃO BASEADA EM RUBRICA

O desempenho dos alunos nas duas etapas foi avaliado por meio de uma rubrica especificamente desenvolvida para tarefas de dimensionamento de vigas de concreto armado, contemplando as etapas procedimentais e conceituais essenciais do projeto estrutural e permitindo a identificação sistemática de erros ao longo do processo.

A rubrica compreendia sete critérios: (1) determinação do momento fletor de projeto (M_d)¹⁰; (2) cálculo das resistências dos materiais de projeto (f_{cd} e f_{yd})¹¹; (3) definição da geometria da seção transversal e da altura útil¹²; (4) determinação da posição da linha neutra (LN)¹³ e verificação do domínio; (5) cálculo da área de armadura de aço necessária¹⁴; (6) verificação da área mínima de armadura¹⁵; e (7) clareza, organização e sequenciamento lógico da solução. A cada critério foi atribuído uma pontuação predefinida que refletia sua importância relativa dentro do processo geral de projeto, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Rubrica desenvolvida para avaliação

Critério	Dimensão avaliada	Pontuação máxima	Regra de Pontuação
C1	Determinação do momento fletor de projeto (M_d)	0,5	A pontuação máxima é atribuída quando o valor de M_d é determinado corretamente com a devida aplicação dos fatores de segurança; pontuação zero é atribuída quando o valor de M_d está incorreto.
C2	Cálculo das resistências dos materiais de projeto (f_{cd} e f_{yd})	0,5	A pontuação máxima é atribuída quando o f_{cd} e o f_{yd} são calculados corretamente usando os coeficientes de segurança apropriados; pontuação zero é atribuída quando um ou ambos os valores estão incorretos.
C3	Definição da geometria da seção transversal e da profundidade efetiva	1,0	A pontuação máxima é atribuída quando b , w , h e profundidade efetiva (d) são definidos e determinados corretamente; pontuação zero é atribuída quando os parâmetros geométricos estão ausentes ou incorretos.
C4	Verificação da posição e do	3,0	A pontuação máxima é atribuída quando a profundidade do eixo neutro é determinada corretamente e as condições do domínio são

¹⁰ M_d representa o momento fletor de projeto utilizado no dimensionamento estrutural, obtido a partir da majoração do momento fletor característico (M_k) por coeficientes de segurança previstos em norma técnica para consideração das condições de projeto.

¹¹ Resistências de cálculo do concreto (f_{cd}) e do aço (f_{yd}), respectivamente, utilizadas para garantir segurança estrutural segundo critérios normativos.

¹² Distância entre a borda comprimida da viga e o centro da armadura tracionada, parâmetro fundamental para o cálculo da resistência à flexão.

¹³ Região da seção transversal em que as tensões normais são nulas durante a flexão; sua posição influencia o comportamento estrutural e o domínio de deformação da peça.

¹⁴ Quantidade de aço necessária para resistir aos esforços de tração na viga.

¹⁵ Quantidade mínima de aço exigida por norma técnica para garantir segurança, ductilidade e controle de fissuração.

	domínio do eixo neutro		devidamente verificadas; pontuação zero é atribuída quando a verificação está ausente ou incorreta.
C5	Cálculo da área de reforço longitudinal necessária	2,5	A pontuação máxima é atribuída quando a área de reforço de aço necessária é calculada corretamente; pontuação zero é atribuída quando o valor calculado está incorreto.
C6	Verificação da área mínima de reforço	2,0	A pontuação máxima é concedida quando a área mínima de reforço é verificada e atendida corretamente; pontuação zero é atribuída quando a verificação está incorreta.
C7	Organização e rastreabilidade das etapas da solução	0,5	A pontuação máxima é atribuída quando os resultados são apresentados de forma clara, lógica e sequencial; a pontuação zero é atribuída quando as soluções são desorganizadas ou carecem de etapas rastreáveis.

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

A pontuação adotou um critério estritamente binário, atribuindo-se pontuação máxima apenas quando o critério era atendido corretamente; erros ou omissões resultaram em pontuação nula, sem concessão de créditos parciais. Essa escolha metodológica visou evitar a diluição entre raciocínios efetivamente validados e a aceitação não verificada de resultados, particularmente em contextos de uso de IA generativa como apoio cognitivo.

Além da correção técnica, a clareza e a transparência das soluções também foram consideradas requisitos essenciais. Respostas que omitiram etapas intermediárias, não explicitaram premissas ou apresentaram resultados sem justificativa técnica coerente receberam pontuação nula nos critérios correspondentes. Essa estratégia de avaliação buscou valorizar não apenas o resultado final, mas também a explicitação do processo de resolução, em consonância com o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem superior, como análise, avaliação e automonitoramento, conforme a taxonomia de Bloom.

ANÁLISE DE DADOS

A análise adotou uma abordagem de métodos mistos, combinando procedimentos quantitativos e qualitativos para examinar o desempenho técnico e os processos de raciocínio sob mediação da inteligência artificial. A análise quantitativa baseou-se nas pontuações da rubrica composta por sete critérios, utilizando estatísticas descritivas para identificar padrões gerais de desempenho, frequência e distribuição de acertos e erros ao longo das etapas do dimensionamento.

A análise qualitativa concentrou-se nas submissões dos estudantes e nos registros integrais de interação com o ChatGPT na condição GPT-Orientada, com o objetivo de identificar erros conceituais recorrentes, omissões procedimentais e padrões de propagação de erros entre

etapas sucessivas, com ênfase em episódios de aceitação não verificada de respostas geradas pela IA. Adotou-se análise de conteúdo categorial, com categorias derivadas da rubrica (C1-C7) e de princípios epistêmicos centrais ao estudo, como rastreabilidade do raciocínio, validação independente e delegação epistêmica.

A unidade de análise correspondeu a cada critério da rubrica associado ao respectivo encadeamento de interações com a IA, permitindo identificar erros pontuais e sua propagação ao longo do processo. Subcategorias de erro emergiram de forma indutiva e foram posteriormente consolidadas em um esquema classificatório único.

VALIDADE, CONFIABILIDADE E CREDIBILIDADE

A validade do estudo foi assegurada pelo alinhamento entre objetivos, tarefa proposta e rubrica de avaliação, baseada nas etapas canônicas do dimensionamento de vigas de concreto armado. A confiabilidade foi reforçada pelo uso de critérios claramente definidos e pontuação binária, reduzindo subjetividade, com correção colaborativa entre docente e monitores e resolução de divergências por consenso.

Na análise qualitativa, a codificação foi realizada independentemente por três avaliadores experientes, com consenso interpretativo adotado em lugar de métricas estatísticas de concordância, em razão do caráter exploratório do estudo e do uso de categorias previamente definidas. As classificações qualitativas foram discutidas conjuntamente até obtenção de concordância analítica sobre os critérios aplicados, procedimento frequentemente adotado em pesquisas qualitativas aplicadas à educação em engenharia quando as categorias analíticas são delimitadas inicialmente e o foco recai sobre interpretação contextual dos dados.

A credibilidade foi fortalecida pela triangulação entre submissões dos estudantes e registros de interação com a IA, permitindo reconstruir encadeamentos de raciocínio e identificar padrões recorrentes de erro e propagação. Reconhecem-se, contudo, limitações relacionadas ao tamanho da amostra e à especificidade do contexto educacional, de modo que os resultados são interpretados sob perspectiva de generalização analítica, e não estatística.

PRINCÍPIOS ÉTICO-PEDAGÓGICOS DA MEDIAÇÃO POR IA

O estudo foi orientado por cinco princípios ético-pedagógicos – governança e supervisão, inclusão, proporcionalidade, transparência e centralidade no ser humano – derivados de Nguyen *et al.* (2023). A governança foi assegurada pela definição das condições experimentais e supervisão docente; a inclusão, pela disponibilização equitativa dos recursos; a proporcionalidade, pela delimitação da complexidade das tarefas; e a transparência, pelo registro das interações com a IA e do raciocínio adotado. A centralidade humana foi preservada ao posicionar a IA como instrumento de apoio cognitivo, e não como autoridade

decisória. Esses princípios referem-se ao uso pedagógico e epistêmico da IA, distinguindo-se dos aspectos éticos formais da pesquisa com participantes humanos.

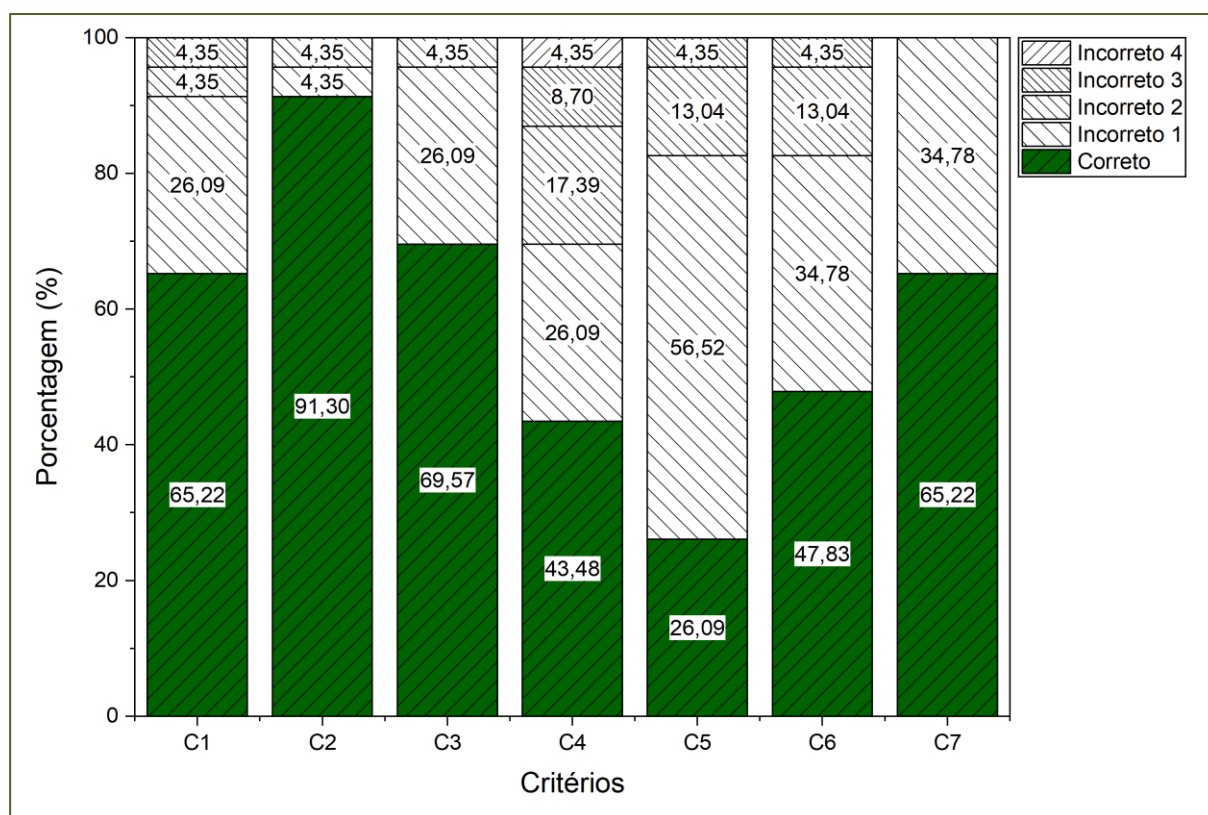
ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

A pesquisa enquadra-se no Art. 1º, inciso V, da Resolução CNS nº 510/2016 (Brasil, 2016), não sendo submetida a Comitê de Ética por envolver análise de práticas pedagógicas sem identificação individual dos participantes. Ainda assim, adotaram-se salvaguardas éticas adicionais, incluindo participação voluntária, anonimização e tratamento agregado dos dados, além de armazenamento seguro dos registros de interação com a IA, visando assegurar confidencialidade, minimização de riscos e autonomia dos participantes.

RESULTADOS

Na condição SMA, os estudantes obtiveram média de 6,07/10,00, com elevada dispersão expressa pelo desvio padrão amostral ($DP_a=4,19$) e coeficiente de variação de 70,10%, indicando heterogeneidade acentuada no domínio conceitual e procedimental. Na condição GPT-Orientada, a média foi inferior (4,70/10,00), com menor desvio padrão amostral ($DP_a=2,85$), porém ainda alta variabilidade ($CV=60,72\%$), evidenciando desempenho globalmente mais baixo e heterogêneo, mesmo após orientação sobre o uso da IA. A distribuição de acertos e erros por critério é apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Distribuição de soluções corretas e tipos de erros de acordo com os critérios da rubrica de correção



Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

Desse modo, critérios iniciais de menor carga conceitual (C1-C3) apresentaram taxas de acerto substancialmente superiores às dos critérios que exigem modelagem estrutural e aplicação de equações de projeto (C4-C6). Enquanto mais de dois terços dos estudantes acertaram os cálculos iniciais, observa-se queda acentuada a partir do C4, com redução para pouco mais de 40% no cálculo da linha neutra e cerca de 25% no cálculo da área de armadura, indicando deterioração progressiva do desempenho à medida que a tarefa passa a exigir raciocínio estrutural encadeado, verificação de hipóteses e consistência física entre variáveis, mesmo sob mediação orientada por IA.

DISTRIBUIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ERROS DE ACORDO COM OS CRITÉRIOS DE PROJETO

Para complementar a visão geral apresentada no Gráfico 1, o Quadro 2 apresenta a classificação detalhada dos erros identificados nas submissões dos alunos. Os erros foram codificados no formato Cx-ly, em que Cx corresponde ao critério da rubrica e ly identifica um tipo específico de erro associado a esse critério.

Quadro 2 – Classificação de erros de acordo com os critérios estabelecidos

Código	Descrição	Frequência	Porcentagem (%)
C1-I1	Adotou que $M_k=M_d$, esquecendo-se do coeficiente de segurança.	6	26,09
C1-I2	Confundiu esforço externo com esforço interno.	1	4,35
C1-I3	Coef. de Segurança Incorreto no <i>prompt</i> .	1	4,35
C2-I1	Foi inserido o coeficiente de segurança incorretamente no <i>prompt</i> .	1	4,35
C2-I2	Coeficiente de segurança no f_{yd} .	1	4,35
C3-I1	Utilizou cobrimento incorreto.	6	26,09
C3-I2	Inverteu h e b_w no <i>prompt</i> .	1	4,35
C4-I1	Equação para determinação da altura de LN incorreta.	6	26,09
C4-I2	Utilizou $M_k=M_d$ para a equação da altura de LN.	4	17,39
C4-I3	Não expôs o resultado da altura de LN, ferindo P. Transparência.	2	8,70
C4-I4	Equação da altura de LN de Araújo correta, porém variáveis incorretas em função de <i>prompt</i> incorreto.	1	4,35
C5-I1	Equação de A_s incorreta, em função da Resultante das Tensões de Compressão no Concreto.	13	56,52
C5-I2	Equação de A_s correta, porém determinou-se com $M_k=M_d$.	3	13,04
C5-I3	Equação de A_s correta, porém com variáveis incorretas em função de <i>prompt</i> incorreto.	1	4,35
C6-I1	Equação incorreta do $A_{s,min}$.	8	34,78
C6-I2	Não determinou $A_{s,min}$.	3	13,04
C6-I3	Equação correta, porém com altura da viga inserida incorretamente no <i>prompt</i> .	1	4,35
C7-I1	<i>Prompt</i> sem etapas.	8	34,78

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

O Quadro 2 explicita que os erros observados não são aleatórios, concentrando-se em falhas conceituais, procedimentais e epistêmicas específicas. Nos critérios iniciais (C1-C3), predominam erros localizados – confusão entre grandezas características e de projeto, uso

inadequado de coeficientes de segurança e parâmetros geométricos incorretos nos *prompts* – que, em princípio, não comprometem toda a cadeia de cálculo. Em C4 e C5 ocorre mudança qualitativa, com elevada incidência de erros nas equações da linha neutra e da área de aço, decorrentes da aceitação de formulações incorretas fornecidas ou induzidas pelo ChatGPT, os quais se propagam por ocuparem posição central no dimensionamento. Adicionalmente, falhas associadas a *prompts* mal formulados (C4-I4, C5-I3 e C6-I3) e à ausência de explicitação das etapas de cálculo (C7-I1) evidenciam interação epistêmica deficiente e delegação da verificação e validação do raciocínio à IA.

Propagação de erros ao longo do processo de Projeto Estrutural

A análise indica um padrão consistente de propagação de erros, no qual equívocos introduzidos nas etapas iniciais do dimensionamento repercutem cumulativamente nas fases subsequentes. Como o cálculo da armadura depende de variáveis previamente definidas – como momento de cálculo, posição da linha neutra, braço de alavanca e resistências dos materiais – inconsistências iniciais geram imprecisões acumuladas, explicando a queda de desempenho nos critérios 4, 5 e 6 e evidenciando a elevada interdependência procedimental do projeto estrutural.

Nos registros analisados, observaram-se erros conceituais e procedimentais recorrentes. Em diversos casos, o ChatGPT forneceu equações inadequadas para determinação da linha neutra, incompatíveis com as formulações teóricas de concreto armado, levando a erros no braço de alavanca e, conseqüentemente, no cálculo da armadura longitudinal. Também foram identificados erros induzidos por *prompts*, como a adoção incorreta da igualdade entre momento característico e momento de cálculo ($M_k = M_d$), posteriormente incorporada pela IA sem verificação normativa e propagada ao longo de todo o encadeamento procedimental.

Erros e acertos naturais ou transformados

Na condição GPT-Orientada, distinguiram-se respostas aceitas na primeira interação daquelas corrigidas após reformulações de *prompt*, totalizando 95 acertos e 67 erros. Entre os erros, 58 não foram objeto de tentativa de correção e 9 persistiram mesmo após intervenções sucessivas. As intervenções consistiram na identificação de inconsistências lógicas ou procedimentais e na solicitação de reformulação parcial da solução pela IA, com indicação explícita da etapa incorreta. O processo era repetido iterativamente até que a resposta atendesse aos critérios estabelecidos ou permanecesse inconsistente. Dos 97 erros inicialmente registrados, apenas 20 foram convertidos em acertos por refinamento dos *prompts*, indicando monitoramento metacognitivo pontual. Entre os acertos, 75 ocorreram na primeira interação e 20 resultaram de correções.

Esse padrão revela aceitação majoritária das respostas da IA, com controle epistêmico limitado. Embora a conversão de erros em acertos indique potencial mediador da IA quando associada a postura reflexiva, tais episódios foram excepcionais e insuficientes para assegurar verificação conceitual consistente em tarefas de elevada responsabilidade técnica, nas quais o uso orientado da IA tende a reforçar a passividade epistêmica.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

Análise inferencial da diferença entre condições

A comparação entre as condições SMA e GPT-Orientada foi realizada por meio de teste *t* pareado ($n=23$), considerando o desempenho dos mesmos estudantes nas duas etapas. A média na condição tradicional foi de 6,07 ($DP_a=4,19$), enquanto na condição GPT-Orientada foi de 4,70 ($DP_a=2,85$), em ambos os casos considerando o desvio padrão amostral, com diferença média de 1,37 pontos.

O teste não indicou diferença estatisticamente significativa entre as condições ($t(22)=1,278$; $p=0,215$). O intervalo de confiança de 95% entre $-0,85$ e $3,59$ abrange desde um pequeno efeito favorável à mediação algorítmica até um efeito substancialmente favorável à condição sem mediação, incluindo a possibilidade de ausência de diferença real. O tamanho de efeito foi pequeno ($dz=0,27$). A normalidade das diferenças foi confirmada (Shapiro-Wilk, $p=0,577$).

Embora a rubrica binária tenha aumentado a consistência da correção, ela pode ter reduzido a sensibilidade da avaliação e dificultado a identificação de efeitos sutis. Assim, apesar da média inferior na condição GPT-Orientada, não houve evidência estatística de impacto significativo da mediação algorítmica no desempenho global. Por isso, os resultados quantitativos devem ser analisados em conjunto com os achados qualitativos, que apontaram fragilidades na rastreabilidade do raciocínio, propagação de erros e validação normativa.

A imprevisibilidade da IA como fator de risco em domínios de alta responsabilidade

Os resultados evidenciaram elevada variabilidade nas respostas da IA, ilustrada por um caso de desempenho superior sob mediação algorítmica obtido com *prompts* equivalentes aos de colegas com baixo desempenho. Esse achado indica que resultados aparentemente corretos podem emergir por contingência algorítmica e não por compreensão conceitual ou validação consciente, configurando risco epistêmico em domínios de alta responsabilidade técnica. Tal imprevisibilidade decorre da natureza estatística da IA, baseada em reconhecimento de padrões e não em raciocínio causal estruturado, permitindo respostas formalmente plausíveis, porém conceitual ou normativamente inadequadas (Yan *et al.*, 2025).

O deslocamento da responsabilidade epistêmica do estudante para o sistema compromete o princípio da centralidade humana e converge com evidências de elevada variabilidade, limitações conceituais e riscos de dependência cognitiva associados à IA (Jin *et al.*, 2025), restringindo seu emprego, nesses contextos, ao papel de instrumento de mediação sob supervisão humana rigorosa.

Fragilidade estrutural do raciocínio encadeado sob mediação algorítmica

Os resultados indicam desempenho consistente do ChatGPT apenas em critérios de baixa complexidade, com queda acentuada em etapas que exigem encadeamento lógico-dedutivo, coerência física e verificação normativa, evidenciando fragilidade sistêmica no raciocínio estrutural integrado. Embora execute procedimentos isolados, o modelo não sustenta coerência global entre hipóteses, equações e parâmetros, podendo gerar falsa sensação de progresso inicial e colapso cognitivo nas fases decisivas do projeto, com prejuízo à rastreabilidade e à verificação independente do raciocínio.

Sob a perspectiva ética, esse funcionamento viola os princípios da transparência e da proporcionalidade, ao falhar justamente em cálculos normativamente críticos, nos quais os riscos superam os benefícios pedagógicos, convergindo com críticas que alertam para a incorporação acrítica da IA no ensino superior e o enfraquecimento da mediação humana sob lógicas de eficiência e racionalização tecnológica (Tostes; Beleti Junior, 2025).

Limites estruturais da IA frente a métodos técnicos pouco difundidos

A dificuldade recorrente do ChatGPT em aplicar corretamente o Método de Araújo¹⁶, salvo quando as equações são explicitamente fornecidas, evidencia a dependência estrutural dos modelos de linguagem da recorrência estatística e da padronização discursiva de seus dados de treinamento, limitando sua capacidade de generalizar métodos técnicos pouco difundidos. Em domínios de alta responsabilidade, como o projeto estrutural, essa limitação amplia riscos de generalizações indevidas e uso de modelos incompatíveis com exigências normativas e de segurança (Cong-Lem; Soyoof; Tsering, 2025). Assim, no estado atual, a IA não se mostra adequada como fonte metodológica primária em engenharia, devendo atuar apenas como suporte secundário sob validação humana rigorosa, o que reforça a necessidade de literacia digital crítica.

¹⁶ Procedimento de dimensionamento de vigas de concreto armado proposto por José Milton de Araújo, amplamente utilizado no ensino de estruturas de concreto no Brasil, caracterizado por formulações analíticas simplificadas para verificação da flexão simples segundo os princípios da NBR 6118.

Recomendações educacionais para o uso consciente de inteligência artificial em disciplinas de estruturas de concreto armado

Embora não tenha sido identificada diferença estatisticamente significativa entre as condições SMA e GPT-Orientada, a análise qualitativa revelou fragilidades relevantes sob mediação algorítmica, incluindo propagação de erros, inconsistências normativas, perda de rastreabilidade do raciocínio e delegação epistêmica. Esses achados indicam riscos ao encadeamento lógico e à validação técnica em tarefas estruturalmente sensíveis, ainda que não se traduzam em diferenças estatísticas globais de desempenho. À luz do princípio da proporcionalidade, tais riscos não justificam a proibição da tecnologia, mas sustentam a adoção de uma abordagem regulatória e progressiva.

A literatura recente destaca que a integração da IA no ensino de engenharia exige estruturas explícitas de governança pedagógica e desenvolvimento de literacia crítica em IA, abrangendo limitações, vieses e implicações éticas (Schleiss; Johri; Stober, 2024; Southworth *et al.*, 2023). Embora esses modelos delimitem adequadamente os níveis institucional e curricular da governança educacional da IA, permanecem lacunas quanto à regulação microdidática do uso da IA em tarefas técnicas cumulativas e normativamente sensíveis (Abbasnejad *et al.*, 2025).

Nesse contexto, propõe-se preliminarmente o Modelo de Mediação Estrutural Progressiva com IA (MESP-IA), concebido como uma hipótese pedagógica para organização progressiva do uso da IA em tarefas tecnicamente sensíveis, condicionada ao domínio conceitual prévio, à criticidade cognitiva da atividade e à capacidade de validação independente do raciocínio técnico pelo estudante. O modelo parte da premissa de que competências fundamentais de raciocínio estrutural e verificação normativa devem ser inicialmente consolidadas sem mediação algorítmica, para que o uso posterior da IA ocorra sob controle epistêmico consciente. Sua estrutura conceitual preliminar, organizada em quatro fases progressivas de mediação pedagógica da IA, é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Proposição preliminar do Modelo de Mediação Estrutural Progressiva com IA (MESP-IA)

Fase	Denominação	Objetivo Pedagógico	Nível de Uso da IA	Exigências Metodológicas	Competências Desenvolvidas
1	Consolidação do Conhecimento	Consolidar bases matemáticas, normativas e conceituais do dimensionamento estrutural	Uso vedado	Resolução manual integral; explicitação completa das etapas	Autonomia cognitiva primária; encadeamento lógico-dedutivo; domínio conceitual
2	Auxílio Procedimental	Introduzir a IA como ferramenta de verificação e comparação	Uso parcial e secundário	Resolução prévia autônoma obrigatória; comparação	Monitoramento metacognitivo; auditoria técnica; capacidade de

				crítica entre solução manual e resposta da IA; relatório de divergências	validação independente
3	Projeto Mediado	Permitir uso orientado da IA em tarefas de maior complexidade	Uso ativo condicionado	Registro integral de <i>prompts</i> ; explicitação de hipóteses; reconstrução manual das etapas críticas; verificação normativa obrigatória	Controle epistêmico sob mediação tecnológica; responsabilidade técnica; rastreabilidade do raciocínio
4	Auditoria Crítica	Desenvolver postura profissional crítica e capacidade de supervisão	Uso analítico e avaliativo	Análise de inconsistências; identificação de erros algorítmicos; reconstrução de cadeias de erro; avaliação normativa comparativa	Julgamento técnico; governança profissional; responsabilidade estrutural

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

O MESP-IA organiza fases sequenciais para evitar a substituição precoce do raciocínio técnico pela automação algorítmica, priorizando consolidação conceitual, resolução manual, verificação crítica e supervisão das respostas geradas por IA, culminando em competências de julgamento técnico e responsabilidade profissional. Embora formulado a partir de evidências em Estruturas de Concreto Armado, o modelo possui caráter preliminar e teórico, com potencial de adaptação a outras áreas da Engenharia, mas ainda demanda investigação empírica sobre sua aplicabilidade, limites e impactos pedagógicos. Estudos futuros poderão avaliar o modelo em diferentes cenários educacionais, incluindo comparações entre tarefas realizadas com e sem mediação de IA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou os impactos pedagógicos, epistêmicos e éticos entre as condições sem mediação algorítmica e GPT-Orientada. Embora não tenha sido identificada diferença estatisticamente significativa no desempenho médio, a análise qualitativa revelou fragilidades relevantes sob mediação algorítmica, especialmente em etapas que exigem encadeamento lógico-dedutivo e verificação normativa, evidenciando propagação de erros, perda de rastreabilidade do raciocínio e delegação epistêmica. Com base em princípios de governança,

proporcionalidade e centralidade humana, conclui-se que a resposta educacional adequada não é a proibição da tecnologia, mas sua integração regulada e progressiva, materializada no Modelo de Mediação Estrutural Progressiva com IA (MESP-IA).

Entre as limitações do estudo destacam-se o número reduzido de participantes, o recorte restrito ao dimensionamento de vigas de concreto armado e o uso do Método de Araújo, pouco difundido em bases abertas, o que limitou a aplicação autônoma do procedimento pelo ChatGPT. O tamanho da amostra restringe o poder estatístico das análises e a generalização dos resultados, recomendando interpretação exploratória e de generalização analítica.

Além disso, o delineamento intragrupo com aplicação sequencial das condições pode introduzir efeitos de ordem, como aprendizagem prévia, familiarização com a tarefa, fadiga e maturação cognitiva, impedindo atribuição causal estrita exclusivamente à mediação algorítmica.

Ainda assim, a convergência entre os achados quantitativos e qualitativos sustenta interpretações consistentes sobre os mecanismos epistêmicos envolvidos. Recomenda-se que pesquisas futuras adotem delineamentos contrabalanceados ou grupos independentes, ampliem o escopo para outros domínios técnicos e comparem diferentes modelos de linguagem.

DECLARAÇÃO DE USO DE IA GENERATIVA

Ferramentas de IA generativa foram utilizadas exclusivamente como parte da condição experimental (uso do ChatGPT pelos estudantes) e como objeto de análise; as saídas geradas pela IA e os registros de interação compõem parte do conjunto de dados empíricos. Nenhuma ferramenta de IA foi utilizada pelos autores para codificação dos dados, análises estatísticas, análise qualitativa, interpretação ou tomada de decisão sobre as conclusões do estudo.

Durante a preparação do manuscrito, o ChatGPT foi empregado apenas para revisão linguística e aprimoramento de clareza e coesão em trechos selecionados. Todas as sugestões foram revisadas, editadas e validadas pelos autores, que assumem integral responsabilidade pela precisão, integridade e originalidade do conteúdo.

Nenhuma ferramenta de IA foi utilizada na avaliação dos trabalhos discentes, na elaboração/classificação da taxonomia de erros ou na formulação das conclusões; todas as análises e interpretações foram realizadas pelos autores.

REFERÊNCIAS

ABBASNEJAD, Behzad; SOLTANI, Sahar; TAGHIZADEH, Foad; ZARE, Ali. Developing a multilevel framework for AI integration in technical and engineering higher education:

insights from bibliometric analysis and ethnographic research. *Interactive Technology and Smart Education*, v. 23, n. 1, p. 49-79, maio/2025. DOI: <https://doi.org/10.1108/ITSE-12-2024-0314>. Disponível em: <https://www.emerald.com/itse/article/23/1/49/1251419/Developing-a-multilevel-framework-for-AI>. Acesso em: 23 maio 2026.

ASOK, Divya; ABIRAMI, A. M.; ANGELINE, Nisha; LAVANYA, Raja. Active learning environment for achieving higher-order thinking skills in engineering education. *In: IEEE 4th International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*, Madurai, India, 2016. *Proceedings [...]*: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. p. 47-52. DOI: <https://doi.org/10.1109/MITE.2016.020>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8049054>. Acesso em: 23 maio 2026.

BASKARA, FX. Risang. AI-Driven Dynamics: ChatGPT transforming ELT teacher-student interactions. *Lensa: Kajian Kebahasaan, Kesusastraan, dan Budaya*, Semarang, Indonésia, v. 13, n. 2, p. 261-275, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26714/lensa.13.2.2023.261-275>. Disponível em: <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/lensa/article/view/12795>. Acesso em: 23 maio 2026.

BRASIL. *Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016*. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, n. 98, seção 1, p. 44-46, 24 maio 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/atos-normativos/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2026.

CLARIS, Lionel; RILEY, Donna. Situation critical: Critical theory and critical thinking in engineering education. *IEEE Women in Engineering Magazine*, vol. 7, n. 1, p. 32-36, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1109/MWIE.2013.2249993>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6515012>. Acesso em: 23 maio 2026.

CONG-LEM, Ngo; SOYOOF, Ali; TSERING, Diki. A systematic review of the limitations and associated opportunities of ChatGPT. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 41, n. 7, p. 3851-3866, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2344142>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10447318.2024.2344142>. Acesso em: 23 maio 2026.

DAKAKNI, Deema; SAFA, Nehme. Artificial intelligence in the L2 classroom: implications and challenges on ethics and equity in higher education: A 21st century Pandora's box. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, p. 100179, ago./2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100179>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000589?via%3Dihub>. Acesso em: 23 maio 2026.

JIN, Yueqiao; YAN, Lixiang; ECHEVERRIA, Vanessa; GAŠEVIĆ, Dragan; MARTINEZ-MALDONADO, Roberto. Generative AI in higher education: a global perspective of

institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 8, p. 100348, ago./2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X24001516?via%3Dihub>.

Acesso em: 23 maio 2026.

KISELEVA, Anastasiya; KOTZINOS, Dimitris; DE HERT, Paul. Transparency of AI in healthcare as a multilayered system of accountabilities: between legal requirements and technical limitations. *Frontiers in Artificial Intelligence*, v. 5, p. 1-21, maio/2022. DOI:

<https://doi.org/10.3389/frai.2022.879603>. Disponível em:

[https://www.frontiersin.org/journals/artificial-](https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2022.879603/full)

[intelligence/articles/10.3389/frai.2022.879603/full](https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2022.879603/full). Acesso em: 23 maio 2026.

NGUYEN, Andy; NGO, Ha Ngan; HONG, Yvonne; DANG, Belle; NGUYEN, Bich-Phuong Thi.

Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information*

Technologies, v. 28, n. 4, p. 4221-4241, 13 de out. 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-022-11316-w#citeas>. Acesso em: 23 maio 2026.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*.

2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 23 maio 2026.

SCHLEISS, Johannes; JOHRI, Aditya; STOBBER, Sebastian. Integrating AI education in disciplinary engineering fields: towards a systems and change perspective. In: SEFI 2024 - 52nd Annual Conference of the European Society for Engineering, 2024, Lausanne.

Proceedings: Educating Responsible Engineers, Lausanne: Zenodo, 2024, p. 2126-2137, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14256877>. Disponível em:

<https://zenodo.org/records/14256877>. Acesso em: 23 maio 2026.

SHARD; PANKAJ, Vaidya; SAPNA, Koul; ANKUR, Arora; SONIA; PANKAJ, Jain. Exploring student perspectives on ChatGPT in higher education. In: 2024 3rd Edition of IEEE Delhi Section Flagship Conference – DELCON, 3., 2024, New Delhi. *Proceedings [...]* New Delhi: IEEE, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/DELCON64804.2024.10866660>. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/10866660/authors#authors>. Acesso em: 23 maio 2026.

SOUTHWORTH, Jane; MIGLIACCIO, Kati; GLOVER, Joe; GLOVER, Ja'Net; REED, David;

MCCARTY, Christopher; BRENDMUHL, Joel; THOMAS, Aaron. Developing a model for AI Across the curriculum: transforming the higher education landscape via innovation in AI literacy. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 4, p. 100127, jan./2023. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100127>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000061?via%3Dihub>.

Acesso em: 23 maio 2026.

TODISCO, Leonardo. A retrospective and prospective view on teaching conceptual design of structures (Una visión retrospectiva y prospectiva sobre la enseñanza del diseño conceptual

de estruturas). *Hormigón y Acero*, v. 77, n. 308, 5 mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.33586/hya.2025.4103>. Disponível em: <https://www.hormigonyacero.com/index.php/ache/article/view/4103>. Acesso em: 23 maio 2026.

TOSTES, Raimundo Alberto; BELETI JUNIOR, Carlos Roberto. O uso da inteligência artificial no ensino superior e o aprofundamento da empresarização da educação. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 15, p. 1-14, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2025.58868>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/58868>. Acesso em: 23 maio 2026.

UNESCO. *Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial*. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por. Acesso em: 23 maio 2026.

YAN, Biwei; LI, Kun; XU, Minghui; DONG, Yueyan; ZHANG, Yue; REN, Zhaochun, CHENG, Xiuzhen. On protecting the data privacy of Large Language Models (LLMs) and LLM agents: a literature review. *High-Confidence Computing*, v. 5, n. 2, p. 100300, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hcc.2025.100300>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667295225000042?via%3Dihub>. Acesso em: 23 maio 2026.

Matheus Goulart Mena Barreto

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo e graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

matheusgoulartm@hotmail.com

Enzo Dantas Rossi

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo e graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

enzodarossi@gmail.com

Gabriela Meller

Doutora e mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde também concluiu Licenciatura para Educação Profissional. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Professora adjunta do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL).

gabriela.meller@ufpel.edu.br

Débora Bretas Silva

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Mestra e graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Professora assistente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

debora.bretas@ufsm.br

Eduardo Cesar Pachla

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), com especializações em Gestão de Projetos e Projetos de Estruturas. Mestre em Engenharia, com ênfase em Tecnologia dos Materiais, pela UNIPAMPA e Doutor em Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

eduardo.pachla@ufsm.br

Como citar este documento – ABNT

BARRETO, Matheus Goulart Mena; ROSSI, Enzo Dantas; MELLER, Gabriela; SILVA, Débora Bretas; PACHLA, Eduardo Cesar. ChatGPT no dimensionamento de vigas de concreto armado: impactos pedagógicos da mediação algorítmica. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 16, e064326, p. 1-22, 2026. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2026.64326>.