

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA CIVIL

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CIVIL ENGINEERING

Lucas de Oliveira Neves¹, Matheus Nascimento Hilário Damasceno², Victor Almeida Duarte Alarcon³,
Weslei Germano da Silva⁴ e Robson de Oliveira Felix⁵

¹Acadêmico de Engenharia Civil /FACEG Email: Lucas.lo.1055@gmail.com

²Acadêmico de Engenharia Civil /FACEG Email: contatamatheustotal@gmail.com

³Acadêmico de Engenharia Civil/FACEG Email: victor.almeida004@gmail.com

⁴Acadêmico de Engenharia Civil/FACEG Email: germanoweslei@gmail.com

⁵Orientador(a) e Professor(a) do Curso de Engenharia Civil/FACEG Email: robsonfelix.eng2014@hotmail.com

Resumo: O uso crescente de Inteligências Artificiais (IA) na engenharia civil tem sido uma tendência notável, impulsionada pelo avanço tecnológico. Este artigo visa explorar essa tendência, destacando os benefícios, soluções, falhas e limitações da aplicação de IA no setor da construção civil. A IA atua como uma ferramenta tecnológica para otimizar a gestão de recursos, facilitar tomadas de decisão, reduzir erros e custos, e até mesmo aprimorar a segurança no canteiro de obras. A metodologia utilizada neste estudo consistiu em pesquisa bibliográfica e experimentação com IA disponíveis gratuitamente, buscando compreender sua capacidade de interpretação e aplicação conforme as necessidades propostas. A abordagem sistemática permitiu uma análise detalhada de fontes acadêmicas relevantes, proporcionando uma visão abrangente sobre o potencial das IA na engenharia civil. Com base nesses métodos de pesquisa, foi possível reunir os resultados de diferentes ferramentas de IA, tanto disponíveis para o público, quanto para setores específicos, e analisar sua eficácia baseado no que se propõe. Em suma, a utilização de IA's no setor da engenharia civil pode auxiliar práticas e facilitar trabalhos, porém algumas tecnologias ainda precisam de supervisão profissional e um constante aprimoramento, a fim de extrair o máximo das mesmas e evitar possíveis erros.

Palavras-chaves: Inteligência Artificial; Engenharia Civil; Tecnologia; Otimização; Tomada de decisão.

Abstract: The increasing use of Artificial Intelligence (AI) in civil engineering has been a remarkable trend driven by technological advancement. This article aims to explore this trend, highlighting the benefits, solutions, shortcomings, and limitations of AI application in the construction sector. AI serves as a technological tool to optimize resource management, facilitate decision-making, reduce errors and costs, and even enhance safety on construction sites. The methodology employed in this study consisted of bibliographic research and experimentation with freely available AI, seeking to understand its interpretation and application capabilities according to the proposed needs. The systematic approach allowed for a detailed analysis of relevant academic sources, providing a comprehensive insight into the potential of AI in civil engineering. Based on these research methods, it was possible to gather the results of different AI tools, both available to the public and for specific sectors, and analyze their effectiveness based on what they propose. In short, the use of AI in the civil engineering sector can help practices and facilitate work, but some technologies still require professional supervision and constant improvement, in order to get the most out of them and avoid possible errors.

Keywords: Artificial Intelligence; Civil Engineering; Technology; Optimization; Decision-Making.

INTRODUÇÃO

Segundo Carvalho (1), nos últimos anos observou-se uma expansão crescente de ferramentas de inteligência artificial (IA) no dia a dia das pessoas, usadas tanto para atividades rotineiras, como responder mensagens de e-mail, lavagem de roupas, dirigir veículos autônomos ou semiautônomos, quanto para criação de novas tecnologias e auxílio no trabalho.

O conceito da inteligência artificial teve indícios de surgimento em meados dos anos 50, onde um grupo de cientistas no Dartmouth College no estado de New Hampshire, debateram sobre a possibilidade de as máquinas de alguma forma desenvolverem atividades humanas. Naquele período, inteligência artificial era um tema que só existia em histórias de ficção científica (4).

Com o aumento da tecnologia em nossa sociedade o uso constante de IA's vem crescendo de forma exponencial nos últimos anos em diversos setores da

engenharia civil, o manejo deste tipo de ferramenta possui diversos tipos de benefícios em determinadas áreas.

Na engenharia civil em geral, a IA tem como característica agir como meio tecnológico com o objetivo de otimizar e gerenciar a gestão de recursos de um projeto, dar apoio em tomadas de decisões rápidas, tornando-o mais eficiente e barato, diminuir percentuais de erros, otimizar processos e recursos, podendo se estender para segurança do canteiro de obras (2).

Segundo Mairink e Silva (3), de certa maneira, o uso da inteligência artificial como meio de substituição do ser humano no desenvolvimento de tarefas possíveis, gira tudo em torno da forma em como podemos economizar o maior tempo possível com maior eficiência.

Técnicas e métodos de inteligência artificial associadas à metodologia BIM podem ser adotadas para estender as falas humanas e dar suporte ao projetista. A IA pode interpretar automaticamente e dar compatibilidade a diferentes tipos de projetos. Além disso, auxilia e ajuda a reparar falhas de acordo com as restrições do projeto, os

algoritmos de projetos podem auxiliar na geração de outras soluções arquitetônicas, armadura de aço, componentes estruturais de fachada ou fabricação de painéis de madeira para edifícios residenciais.

O presente artigo tem como objetivo abordar amplamente o uso de inteligências artificiais no ramo da construção civil, a fim de situar os leitores acerca dos benefícios e soluções dessa tecnologia, assim como suas falhas e limitações.

REFERENCIAL TEÓRICO

É notório que o mercado de trabalho passou por mudanças significativas ao longo dos anos, principalmente com a chegada da Revolução Industrial, fornecendo aos trabalhadores um ambiente de trabalho mais agradável e jornadas menos extensas. Segundo Balaguer e Abderrahim (2008), o setor da construção civil é uma das mais lentas na implementação de novas tecnologias, apesar de ser mundialmente uma grande parcela no setor econômico.

Na fase inicial de qualquer projeto, a IA contribui significativamente para a análise de dados e tomada de decisões. Softwares inteligentes podem processar uma grande quantidade de informações, como dados geográficos e ambientais, para ajudar na escolha do melhor local para uma construção. Além disso, algoritmos avançados permitem a criação de designs otimizados, levando em conta fatores como eficiência energética, sustentabilidade e estética (7).

Uma aplicação que ganhou bastante destaque é o ChatGPT, um chatbot (programa que simula um ser humano em uma conversação), lançado em 2022 pela empresa OpenAI.

O ChatGPT tem sido uma ferramenta valiosa para engenheiros em diversas áreas. Sua capacidade de gerar texto coerente e contextual relevante tem impulsionado a eficiência em muitos aspectos do trabalho dos engenheiros, podendo prevenir problemas e otimizar o tempo, assim reduzindo custos (6). Em síntese, é fácil interagir com o ChatGPT, porém, para explorar de maneira positiva, é fundamental que o usuário tenha domínio dos mecanismos de coesão textual e contextualização. É crucial reconhecer

suas limitações e adotar uma abordagem proativa ao interagir com o sistema, considerando cuidadosamente a validade e confiabilidade das informações fornecidas, a fim de garantir diálogos mais assertivos (6).

Outro exemplo do uso de inteligência artificial pode ser encontrado em um estudo proporcionado por Sarduy *et al.* (7), onde foi testado modelos de aprendizagem de retropropagação, baseados em redes neurais e métodos inteligentes de otimização para determinar a dosagem de moinhos de bolas de cimento por ferramentas de IA, com o objetivo de reduzir o consumo de energia nas usinas e diminuir impactos ambientais.

As IA's também podem ser empregadas para aprimorar procedimentos fundamentados na metodologia BIM, de fato, a fusão entre BIM e IA possibilita a elaboração de modelos digitais abrangentes contendo os dados essenciais para efetuar análises de projetos, gerar desenhos e relatórios de forma automática, agendar tarefas, simular o desempenho de estruturas, entre outros.

Técnicas de IA associadas ao BIM podem ser adotadas para estender as funções do sistema de suporte ao projetista. A IA pode interpretar automaticamente a compatibilidade de diferentes projetos. Além disso, de acordo com as regras e restrições de projeto, algoritmos de projeto podem auxiliar na geração de outras soluções arquitetônicas, armadura de aço, componentes estruturais de fachada ou fabricação de painéis de madeira para edifícios residenciais modulares (9).

Dentre as tecnologias mais revolucionárias empregadas na etapa de construção, destaca-se também a impressão 3D impulsionada por inteligência artificial. Essa inovação possibilita automatizar uma grande parte do processo construtivo, viabilizando a "impressão" de elementos estruturais e objetos volumosos em 3D com alta velocidade e precisão.

Um exemplo dessa aplicação pode ser encontrado em um projeto em desenvolvimento de uma usina hidrelétrica, localizado na China. A estrutura fica à sudoeste do país e fará parte da usina hidrelétrica de Yangqu. Segundo Minari (10), toda a estrutura será erguida

camada por camada, utilizando um processo semelhante ao de impressoras 3D convencionais. A diferença é que para construir a barragem serão usados caminhões, tratores, pavimentadoras, escavadeiras e rolos compressores não tripulados, controlados por um sistema de IA.

No que se refere a obras subterrâneas, também é possível encontrar métodos auxiliados por IA, como é o caso do sistema GEOPAT, que, segundo Correia *et al.* (15), serve para prever parâmetros geomecânicos para a modelação de obras subterrâneas. O sistema, que na época estava em fase de desenvolvimento foi usado em duas importantes obras subterrâneas, túneis de rede de comboios, no norte de Portugal.

A ascensão da inteligência artificial (IA) na engenharia civil traz consigo uma miríade de benefícios, mas não está isenta de desafios e considerações éticas. Enquanto a IA revoluciona processos, otimiza projetos e aprimora a eficiência, é crucial abordar questões éticas para garantir que essas inovações sejam implementadas de maneira responsável e sustentável. Destacam-se como desafios e considerações éticas associados às aplicações práticas de inteligência artificial na engenharia civil: o viés nos algoritmos, a responsabilidade e tomada de decisão, a privacidade e segurança de dados e o impacto socioeconômico (11).

Em suma, o uso das IA's nem sempre pode ser vantajoso, possuindo alguns pontos negativos como a dependência de um determinado programa. Dependendo de uma ferramenta pode acabar sendo ruim, à medida que essas ferramentas se tornam mais sofisticadas e de fácil acesso pode-se haver uma diminuição significativa em vários setores de trabalho.

METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi desenvolvida com o intuito de garantir uma análise abrangente e fundamentada. Inicialmente, foram conduzidas pesquisas bibliográficas extensivas, abrangendo uma ampla gama de fontes acadêmicas relevantes ao tema em estudo. Essa abordagem permitiu uma compreensão aprofundada das teorias, conceitos e práticas existentes na área.

Além disso, para complementar esse artigo, foi realizada uma pesquisa experimental utilizando inteligências artificiais disponíveis gratuitamente. Essa etapa teve como objetivo avaliar a capacidade dessas IA's em interpretar e analisar as propostas apresentadas no contexto da pesquisa. Essa análise experimental forneceu insights valiosos sobre as capacidades atuais das IA's em lidar com as questões específicas abordadas neste estudo.

A combinação dessas abordagens - pesquisa bibliográfica e experimental - permitiu uma análise abrangente e rigorosa do tema, fornecendo uma base sólida para as conclusões e discussões apresentadas neste artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio foi realizado três testes de compreensão ao ChatGPT, onde no primeiro foi inserido o seguinte prompt: "Dimensione uma sapata com 400Kn de carga vertical para um solo com 150kPa de suporte". Vale salientar que foi utilizada a versão mais recente da aplicação, tendo sido estes testes realizados em 03/2024. As Figuras 1 e 2 mostram a resposta do ChatGPT.

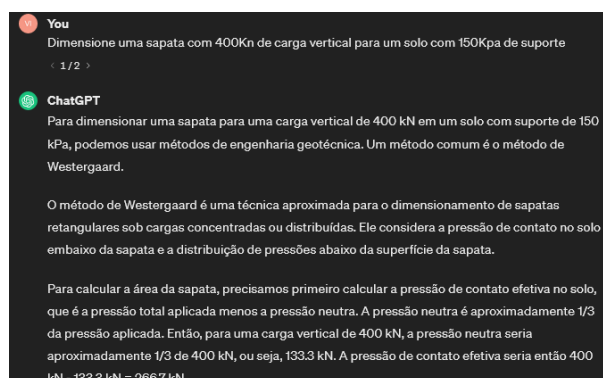


Figura 1: Entrada do prompt e parte dos resultados.

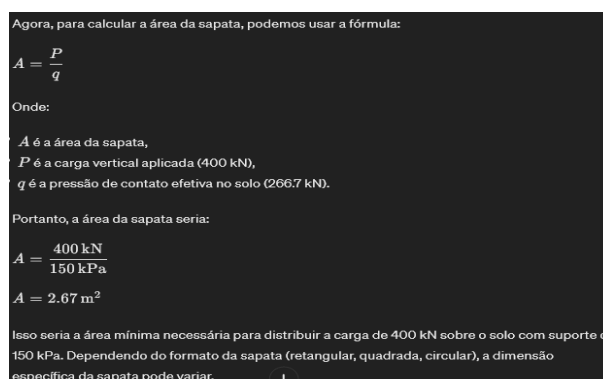


Figura 2: Restante dos resultados.

Para este exemplo simples, pode-se observar uma pequena inconsistência, apesar do resultado ser correto. Nota-se que na Figura 1 o resultado encontrado para a pressão de contato efetiva é de 266,7kN, porém ao encontrar a área da sapata o valor usado é o de 150kN proposto anteriormente.

Para o segundo teste, foi feito a seguinte questão: “A NBR 6118 (ABNT, 2014) considera junta de dilatação parcial a redução da espessura igual ou maior do que?”. O resultado é visto na Figura 3.

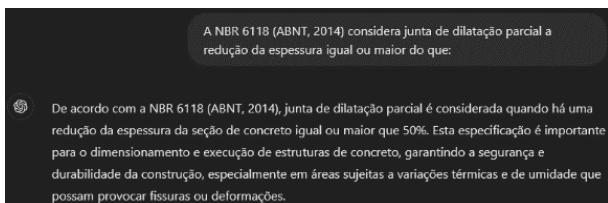


Figura 3: Segundo prompt e resultado.

Neste teste, observa-se que a resposta foi incorreta. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), a junta de dilatação parcial de redução de espessura tem que ser igual ou maior que 25 % da seção de concreto, e não 50% como aponta o ChatGPT.

Já no terceiro teste, o prompt foi o seguinte: “Um reservatório de concreto armado com peso próprio de 20kN e mais 6 m³ de água em seu interior está apoiado sobre 4 pontaletes de madeira em seus quatro cantos, de forma simétrica conforme ilustração abaixo. Considerando que cada pontalete possui seção transversal de 10cm x 10cm, qual a tensão gerada no pontalete considerando o peso próprio da estrutura mais o peso da água em seu interior? (Considerar aceleração da gravidade igual a 10m/s²)”. A Figura 4 e 5 mostram os resultados.

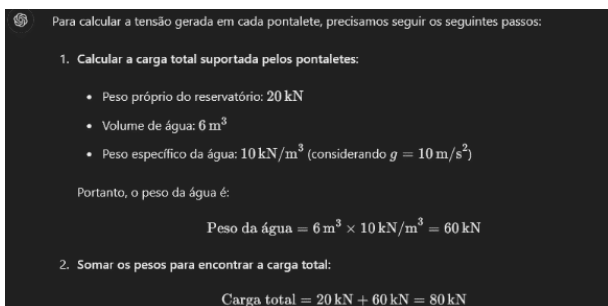


Figura 4: Parte dos resultados.

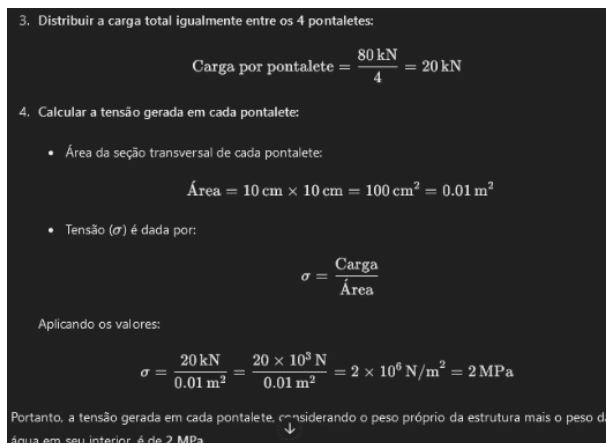


Figura 5: Restante dos resultados

No último teste, o ChatGPT conseguiu chegar no resultado correto, apesar da complexidade da questão. Usando as fórmulas de área e de tensão, e considerando os quatro pontaletes apresentados no prompt, ele conseguiu chegar no resultado de 2MPa de tensão para cada pontalete.

Uso de Redes Neurais Artificiais

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são métodos de Deep Learning (Aprendizado Profundo) com capacidade de reconhecimento de padrões complexos ou numerosos e com função de aprendizado dentro da própria rede. As RNA baseiam-se na arquitetura dos neurônios humanos e destinam-se a reproduzir o aprendizado por meio do desenvolvimento de sistemas que aprendem com exemplos de treinamento. As RNA são compostas por camada de entrada, saída e pelo menos uma camada oculta, que transforma os dados recebidos na entrada em algo que a saída possa usar. Essas camadas são compostas por neurônios (13).

Na Engenharia Civil, o uso das ferramentas das RNAs ainda é bastante recente. Nos últimos anos, esta estratégia de modelagem matemática vem ganhando um espaço cada vez maior devido à sua praticidade. As Redes Neurais têm fornecido resultados confiáveis em diversos setores de pesquisa envolvendo sistemas complexos utilizados em áreas como Hidrologia, Geotecnia, Estruturas, Engenharia de Transportes e Gerenciamento de Obras Civis (12).

Pode-se encontrar um exemplo dessa aplicação em um estudo de Maia (14), onde foi realizado um teste utilizando RNA's para determinar danos em estruturas de vigas e pórticos planos, tendo como base parâmetros como frequências naturais e modos de vibração.

O estudo concluiu que, na viga usada como exemplo, que foi a mesma usada por Brasiliano (14), as RNA's treinadas apresentaram bons resultados nas fases de treinamento, validação e generalização, localizando com eficácia todos os pontos danificados. Já no pórtico plano, algumas RNA's não foram capazes de identificar com precisão todos os pontos. Para Maia, alguns fatores como simetria da estrutura e utilização de poucos pontos nos modos de vibração influenciaram negativamente nos testes de RNA's.

Sistemas Baseado em Conhecimento

Um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) é um programa de computador que utiliza conhecimento representado explicitamente para resolver problemas, ou seja, SBC's são desenvolvidos para serem usados em problemas que requerem uma quantidade considerável de conhecimento humano e de perícia para serem resolvidos (10).

Um exemplo de software SBC é o GEOPAT, mencionado anteriormente. Trata-se de um SBC para a previsão de parâmetros geomecânicos em formações graníticas para maciços rochosos, terrosos e heterogêneos para a modelação de obras subterrâneas. Este sistema foi desenvolvido baseado em conhecimento sistematizado e organizado obtido por especialistas em túneis e caracterização geomecânica, em pesquisa bibliográfica e em estudos detalhados sobre as expressões e hipóteses a considerar. Para organizar este conhecimento estabeleceram-se redes causais. O GEOPAT pretende ser uma ferramenta importante no apoio à decisão (15).

Após a utilização do software, os autores concluíram que, através de modelação numérica, os resultados apresentaram uma aproximação bastante razoável o real comportamento deformacional do maciço e das estruturas.

CONCLUSÕES

Com base nos testes realizados e na análise dos resultados obtidos, bem como na revisão das ferramentas empregadas, é possível destacar algumas considerações importantes.

Primeiramente, o teste de compreensão realizado com o ChatGPT evidenciou uma capacidade satisfatória da aplicação em compreender e responder adequadamente a consultas específicas no contexto da Engenharia Civil. Apesar de ter sido identificada uma pequena inconsistência na utilização dos dados, a resposta final demonstrou-se correta, sugerindo que o ChatGPT pode ser uma ferramenta útil para auxiliar em cálculos e consultas preliminares.

Quanto ao uso de Redes Neurais Artificiais (RNA), observa-se um crescente interesse e aplicação dessas técnicas no campo da Engenharia Civil. A capacidade das RNA em lidar com sistemas complexos e reconhecer padrões tem proporcionado resultados promissores em diversas áreas, incluindo Hidrologia, Geotecnia, Estruturas, Engenharia de Transportes e Gerenciamento de Obras Cíveis. Embora ainda em estágio inicial de adoção na engenharia civil, os estudos revisados sugerem que as RNA têm potencial para melhorar a precisão e eficiência em análises e previsões em diversos domínios.

Por outro lado, os Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) representam uma abordagem complementar, focada na utilização de conhecimento humano explícito para resolver problemas complexos. Exemplos como o GEOPAT demonstram como esses sistemas podem ser empregados para a previsão de parâmetros geomecânicos em obras de engenharia, fornecendo uma ferramenta valiosa para apoiar a tomada de decisões.

No entanto, é importante ressaltar que tanto as RNA quanto os SBCs ainda enfrentam desafios em sua implementação, como a necessidade de dados de treinamento adequados, a validação e interpretação dos resultados, e a integração eficiente com os processos de engenharia existentes. Além disso, questões éticas e de

segurança relacionadas ao uso dessas tecnologias também devem ser consideradas.

Em suma, os resultados apresentados indicam que tanto as Redes Neurais Artificiais quanto os Sistemas Baseados em Conhecimento têm o potencial de aprimorar significativamente as práticas e os processos na Engenharia Civil. No entanto, é necessário um esforço contínuo de pesquisa e desenvolvimento para explorar plenamente seu potencial e garantir sua integração eficaz no contexto da engenharia civil moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 CARVALHO, A; **Inteligência Artificial: riscos, benefícios e uso responsável**. Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, 2021.
- 2 TEIXEIRA, F. et al. **Estudo Prospectivo Sobre Inteligência Artificial Aplicada ao Setor da Construção Civil**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, 2019.
- 3 SILVA, J. A. S.; MAIRINK, C. H. P. **Inteligência artificial: aliada ou inimiga**. LIBERTAS: Rev. Ciência. Soc. Apl., Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 64-85, ago./dez. 2019.
- 4 SOARES L. M. B.; PIRES, R. S. A. **Reflexões acerca do imediatismo generalizado no espaço escolar**. Revista Tecnologia Educacional [online], Rio de Janeiro, n. 236, p.69-83, 2023. ISSN: 0102-5503.
- 5 ALVES, J. et al. **Investigação das aplicações integradas de inteligência artificial e BIM na indústria da construção civil**. Universidade Federal de Pernambuco, 2023.
- 6 ANJOS, R. et al. **Inteligência artificial e a engenharia: dos Oráculos ao Chat GPT**. Revista Técnico Científica da Universidade Corporativa do CREA, 2023.
- 7 GÓMEZ, J., MONTEAGUDO, J., GRANADO, M., **Determining cement ball mill dosage by artificial intelligence tools aimed at reducing energy consumption and environmental impact.**, *Ingeniería e Investigación*, Vol. 33, No. 3, December 2013, pp. 49 - 54.
- 8 CAVALCANTI, E. **Como funciona a Inteligência Artificial na Engenharia Civil**. 30 de nov de 2023. Disponível em: <https://blogdaengenharia.com/especiais/tecnologia/inteligencia-artificial/inteligencia-artificial-na-engenharia-civil/>. Acesso em: 14/03/2024.
- 9 ZHANG, F. et al. **Integrated applications of building information modeling and artificial intelligence techniques in the AEC/FM industry**. The Hong Kong Polytechnic University, Department of Building and Real Estate, 2020.
- 10 MINARI, G. **Chineses usam IA e impressão 3D para construir usina hidrelétrica**. 23 de maio de 2022.
- 11 SICHMAN, J, S. **Inteligência Artificial e sociedade: Avanços e Riscos**. Estudos Avançados, 2021.
- 12 CARVALHO, M, W. et al. **Considerações gerais sobre a aplicação das Redes Neurais Artificiais na engenharia civil**. Revista OBRAS CIVIS, 2018.
- 13 ALVES, P, M. **Inteligência Artificial e Redes Neurais**. IPEA, Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2020.
- 14 MAIA. et al. **Detecção de dano estrutural em estruturas planas utilizando redes neurais**. Universidade de Brasília, 2016.
- 15 CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE GEOTECNIA, 3, Curitiba, Brasil, 2006 – “Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia: anais”. [Curitiba: ABMS, 2006]. p. 155-160.