

# Considerações de educadores sobre Inovação na Educação de Mecânica dos Solos um estudo de caso do projeto GeoFUN

Mariana Ramos Chrusciak

Professora Adjunta, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil, mariana.chrusciak@ufrr.br

Bruna de Carvalho Faria Lima Lopes

Lecturer, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, Reino Unido, bruna.lopes@newcastle.ac.uk

**RESUMO:** A inovação no ensino de engenharia é fundamental para superar os desafios relacionados à evasão escolar e adaptar-se às mudanças comportamentais dos estudantes. Neste contexto, as práticas de ensino ativo vêm ganhando destaque por promoverem uma maior participação dos alunos, estimulando assim o desenvolvimento do pensamento crítico e o aprimoramento de habilidades práticas. Essa percepção despertou nossa motivação para criação do projeto GeoFUN, que revoluciona o ensino de mecânica dos solos através de jogos de tabuleiro interativos. Atualmente o projeto dispõe de seis jogos que abordam temas que vão desde a formação do solo até mecânica dos solos não-saturados. Nesse artigo reflexivo discutimos nossa percepção quanto educadoras e pesquisadoras sobre as diversas fases do GeoFUN, que vão desde o desenvolvimento dos jogos até sua implementação em sala de aula. Acreditamos que envolver os estudantes por meio da participação ativa e estimular suas habilidades de resolução de problemas aprimora a experiência de aprendizado, além de estimular uma apreciação mais profunda pelo assunto. O GeoFUN é um catalisador de mudanças, um chamado para revolucionar a forma como abordamos a educação em mecânica dos solos.

**PALAVRAS-CHAVE:** educação em engenharia, aprendizagem ativa, gamificação, educação inovadora, jogos educacionais.

**ABSTRACT:** Innovation in engineering education is crucial for overcoming challenges related to school dropout and adapting to students' behavioural changes. In this context, active teaching practices have been gaining prominence for promoting greater student participation, thereby stimulating the development of critical thinking and the enhancement of practical skills. This perception sparked our motivation to create the GeoFUN project, which revolutionizes the teaching of soil mechanics through interactive board games. Currently, the project offers six games that cover topics ranging from soil formation to unsaturated soils mechanics. In this reflective paper, we discuss our perception as educators and researchers about the various phases of GeoFUN, from the development of the games to their implementation in the classroom. We believe that engaging students through active participation and stimulating their problem-solving skills enhances the learning experience, in addition to fostering a deeper appreciation for the subject. GeoFUN is a catalyst for change, a call to revolutionize the way we approach soil mechanics education.

**KEYWORDS:** engineering education, active learning, gamification, innovative education, educational games.

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia enfrenta diversas pressões externas que exigem uma adaptação e inovação constantes. Entre essas pressões, destaca-se a alta taxa de evasão nos cursos de engenharia, um fenômeno complexo associado a vários fatores, incluindo a percepção de alta dificuldade dos cursos, falta de engajamento e motivação dos estudantes, e uma desconexão percebida entre o ensino teórico e suas aplicações práticas (Marra et al., 2012; Seymour & Hewitt, 1997). Além disso, a mudança de comportamento da nova geração de estudantes, que são nativos digitais, traz novos desafios para o ensino tradicional. Esses alunos têm expectativas diferentes em relação ao aprendizado, preferindo abordagens mais interativas, flexíveis e integradas com tecnologia (Bennett et al., 2008; Prensky, 2001).

Essas mudanças exigem uma reavaliação das metodologias de ensino tradicionais em engenharia, que frequentemente se baseiam em aulas expositivas e uma abordagem teórica densa. Para responder a essas

demandas, a educação em engenharia tem buscado incorporar metodologias ativas de aprendizagem, que promovem maior engajamento dos estudantes através da participação ativa em seu processo de aprendizado, trabalhando problemas reais, projetos práticos e colaboração em equipe (Freeman et al., 2014; Prince, 2004).

Diante desse contexto, o projeto GeoFUN surgiu como uma iniciativa inovadora no campo da GeoEngenharia, especificamente no ensino de Mecânica dos Solos. O projeto tem como objetivo integrar o uso de jogos educacionais no processo de aprendizagem, oferecendo uma abordagem lúdica e interativa para a compreensão de conceitos complexos da disciplina. O GeoFUN visa, portanto, mitigar alguns dos desafios enfrentados no ensino de engenharia, como a baixa motivação e engajamento dos estudantes, além de proporcionar uma conexão mais tangível entre teoria e prática.

Os jogos desenvolvidos no âmbito do GeoFUN abordam temas centrais da Mecânica dos Solos, como formação do solo, caracterização geotécnica, fluxo de água no solo, adensamento, resistência e mecânica dos solos não-saturados. Essa abordagem lúdica e interativa visa não somente introduzir conceitos fundamentais da disciplina de uma maneira envolvente, mas também promover uma compreensão mais profunda através da aplicação prática desses conceitos.

Utilizando a taxonomia de aprendizagem de Bloom (Bloom, 1956) como referencial para a análise da profundidade e complexidade do aprendizado promovido pelos jogos do GeoFUN, observa-se que todos eles cobrem a base da pirâmide, que inclui os níveis de conhecimento e compreensão. Isso significa que os estudantes são incentivados a recordar informações essenciais sobre a Mecânica dos Solos e compreender os conceitos ao verem-nos aplicados em cenários práticos dentro dos jogos. Esta abordagem inicial ajuda a solidificar a fundação necessária para o entendimento mais aprofundado da disciplina. Além de cobrir os níveis fundamentais de conhecimento e compreensão, alguns jogos do projeto GeoFUN avançam para exigir dos alunos uma maior sofisticação cognitiva, alcançando níveis mais altos da pirâmide de Bloom, como aplicação, análise, síntese e avaliação.

A relevância do GeoFUN reside não apenas na sua capacidade de engajar estudantes de forma inovadora mas também na sua abordagem colaborativa de desenvolvimento. Alunos de graduação são envolvidos em todas as etapas do projeto, desde a concepção até a realização de testes piloto, o que favorece a cocriação do conhecimento e oferece insights valiosos sobre suas necessidades e preferências de aprendizado. Essa participação ativa no processo de desenvolvimento dos jogos também permite que os estudantes desenvolvam habilidades práticas importantes, como trabalho em equipe, pensamento crítico e resolução de problemas.

O projeto GeoFUN, portanto, não apenas aborda os desafios do ensino de engenharia através da inovação pedagógica mas também contribui para a formação de engenheiros mais preparados para enfrentar os desafios práticos da profissão. Ao integrar jogos educacionais no currículo, o GeoFUN oferece uma abordagem que é ao mesmo tempo educativa e engajadora, preparando os estudantes para um aprendizado contínuo e adaptativo, características essenciais para profissionais em um campo em constante evolução como a engenharia.

## **2 METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS DO PROJETO GEOFUN**

O projeto GeoFUN inovou na educação em mecânica dos solos ao integrar alunos de graduação ativamente no desenvolvimento de jogos interativos, proporcionando-lhes uma experiência prática em design de jogos educacionais. Excluindo dois jogos desenvolvidos por uma das autoras, alunos participaram desde a concepção inicial até o design visual e a criação das regras, assumindo um papel central no processo criativo. Essa abordagem metodológica visou não apenas a criação de ferramentas educativas eficientes, mas também a imersão dos alunos em uma experiência de aprendizagem significativa, promovendo habilidades como criatividade e trabalho em equipe.

Além disso, a metodologia colaborativa adotada no projeto envolveu professores e alunos trabalhando juntos no design, testes piloto e refinamento dos jogos, com base em feedback construtivo. Os alunos foram essenciais na organização dos testes piloto, análise dos resultados e na implementação de melhorias nos jogos. Este processo não só garantiu que os jogos atendessem aos objetivos educacionais, mas também proporcionou aos alunos participantes do desenvolvimento dos jogos uma compreensão aprofundada dos conceitos de mecânica dos solos, e exploração de pontos da temática que tinham dificuldades, destacando a importância de envolver estudantes como participantes ativos na criação de conteúdo educacional e preparando-os para

desafios futuros. O alunos que participaram do desenvolvimento dos jogos serão chamados daqui por diante de alunos co-criadores para diferencia-los dos demais.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO GEOFUN

Este capítulo apresenta uma série de jogos educacionais (Figura 1) desenvolvidos para facilitar a compreensão dos conceitos fundamentais de Mecânica dos Solos, transformando o aprendizado em uma experiência acessível, estimulante e interativa. Os jogos, disponíveis tanto em inglês quanto em português, visam promover a inclusão e atender a uma ampla audiência de estudantes. Eles incorporam elementos educacionais projetados para engajar os alunos na exploração dos conceitos de formação do solo, caracterização geotécnica, fluxo de água no solo, adensamento, resistência e mecânica dos solos não-saturados.



Figura 1. Jogos GeoFUN (versão em inglês), incluindo permeHabilidade (permAbility), Show Solo (Soil Character), UnSaLuDo, Forma Solo (Muddy Mate) e Adensa Solo (Consolidate)

Os jogos, "Forma Solo", sobre formação do solo, "Show Solo", sobre caracterização do solo, "permeHabilidade", sobre fluxo de água no solo, "Adensa Solo", sobre adensamento, "Não Deslize", sobre resistência do solo e "UnSaLuDo", sobre mecânica dos solos não saturados, podem ser jogados por 2 a 4 participantes e combinam desafios de memória, perguntas de múltipla escolha, verdadeiro ou falso, além de elementos de sorte. Eles abordam diferentes níveis da Taxonomia de Bloom, desde conhecimento e compreensão até análise e avaliação, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas como pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação e cooperação.

Cada jogo é projetado para melhorar a retenção e compreensão de conceitos específicos da Mecânica dos Solos. Além disso, os jogos encorajam a colaboração e a competição saudável entre os alunos, tornando o aprendizado uma experiência envolvente e interativa. Ao integrar esses jogos no currículo educacional, os educadores podem criar um ambiente de aprendizado mais dinâmico e eficaz, onde os alunos não apenas absorvem informações mas vivenciam ativamente os conceitos, facilitando uma compreensão mais profunda e duradoura.

Detalhes sobre o desenvolvimento do jogo "Show Solo" assim como os resultados do seu teste piloto são apresentados em Chrusciak et al. (2024), enquanto detalhes sobre o desenvolvimento do jogo "UnSaLuDo" são apresentados em Cardoso et al. (2023).

### 4 REFLEXÕES SOBRE A DINÂMICA DE DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS

Ao explorar a dinâmica de desenvolvimento dos jogos educativos no contexto do projeto, identificamos diversos desafios e aprendizados que transcendem a simples criação de conteúdo didático. Como mencionado, quatro dos seis jogos desenvolvidos até o momento foram idealizados por alunos de graduação (alunos co-criadores), com supervisão das autoras deste artigo. Um dos aspectos mais reveladores desse processo foi a dificuldade encontrada em cultivar o interesse de alunos por pesquisas que unem geotecnia e educação. Isso reflete a persistência dos métodos convencionais de ensino e uma divisão entre as disciplinas de engenharia e educação, ressaltando uma cultura acadêmica que, por vezes, desvaloriza a inovação educacional.

Nesse cenário, a estratégia adotada para estimular a participação estudantil focou em destacar a oportunidade de revisitar e aprofundar temas pouco explorados, visando contribuir significativamente para o aprendizado das futuras gerações. Essa abordagem resultou não apenas no despertar do interesse dos alunos co-criadores, mas também em uma valiosa mudança de perspectiva sobre seu papel no âmbito educacional.

Durante o desenvolvimento dos jogos, a incorporação de elementos criativos de design e marketing representou inicialmente um desafio para os estudantes, acostumados às metodologias tradicionais de ensino. Contudo, ao descobrirem novas habilidades, observamos um aumento notável em sua autoconfiança, que se traduziu em comprometimento com o projeto.

Entretanto, um dos aspectos mais desafiadores foi a gestão de feedback durante as reuniões quinzenais. Notamos que a reação inicial a críticas frequentemente inclinava-se para a defensiva, limitando as oportunidades para um diálogo frutífero que é crucial para o refinamento das ideias. Esse fenômeno pode ser melhor compreendido à luz da pesquisa de Böhlich & Axmann (2020), que investigaram a relação da Geração Z com feedback no ambiente de trabalho. O estudo revelou que, embora os jovens desta geração estejam abertos ao aprendizado por meio da crítica, eles frequentemente reagem de forma defensiva a feedbacks negativos, chegando a considerar a desistência em face de críticas. Essa compreensão nos ajuda a enquadrar melhor as reações dos alunos co-criadores ao feedback dentro de um contexto mais amplo, destacando a importância de desenvolver estratégias que promovam a resiliência e o crescimento pessoal.

Os testes pilotos foram momentos de apreensão dos alunos co-criadores, revelando a forte necessidade desta geração por autoafirmação (Ceretta & Froemming, 2011; Lalwani et al., 2021; Stahl & Literat, 2023). A excelente aceitação dos jogos ajudou a aliviar essas tensões, tornando a etapa de ajustes e finalização dos jogos uma experiência positiva e motivadora para todos os envolvidos. Nesse sentido as reuniões de avaliação final dos projetos refletiram esse sentimento, com os alunos co-criadores expressando satisfação e felicidade com os resultados obtidos.

## 5 REFLEXÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

Os testes pilotos realizados com cada jogo proporcionaram insights valiosos sobre sua eficácia educacional. O feedback obtido dessas sessões iniciais foi fundamental para o refinamento e aprimoramento dos jogos, tornando-os mais alinhados às necessidades e ao contexto de aprendizado dos alunos.

A segunda versão de alguns jogos (pós testes piloto) foi posteriormente implementada em diversos cenários acadêmicos, incluindo um "Teaching Open Day" na Newcastle University (Figura 2) e sessões de revisão de duas disciplinas para alunos de pós-graduação (Fundações e Estruturas de Contenção) e graduação (Fundações), ambos também na Newcastle University.

Os professores do grupo de Geotecnia e Estruturas (GEST) que participaram do "Teaching Open Day" ofereceram feedback extremamente positivo, destacando a eficácia dos jogos "Forma Solo", "Show Solo", e "Adensa Solo" em promover o entendimento de conceitos complexos de maneira lúdica, interativa e divertida.



Figura 2. GEST Teaching Away Day – Jogos GeoFUN



Para os alunos de pós-graduação que jogaram "Adensa Solo" e "UnSaLuDo" como parte de sua revisão para a disciplina Fundações e Estruturas de Contenção, foi aplicado um questionário para capturar suas percepções e avaliações mais detalhadas sobre a experiência. Onze alunos jogaram o jogo "Adensa Solo" e dez alunos jogaram o jogo "UnSaLuDo". Os questionários foram preenchidos de maneira voluntária e anônima.

Analisando os dados coletados do questionário respondido pelos estudantes que jogaram o jogo "Adensa Solo", percebe-se que a recepção do jogo foi majoritariamente positiva. Cerca de 91% dos alunos expressaram um alto nível de satisfação com o design do jogo, incluindo o tabuleiro e as cartas, concedendo a nota máxima. As regras do jogo também foram bem recebidas, com 82% dos estudantes achando-as claras e fáceis de entender, embora um estudante tenha expressado uma leve insatisfação com o tempo alocado para o jogo.

Quanto à dinâmica do jogo, a exaustão e o tédio foram minimamente expressos, indicando uma experiência envolvente para a grande maioria dos participantes. No entanto, há uma divisão de opiniões a respeito da complexidade e do desafio das perguntas, com cerca de 27% dos estudantes indicando alguma dificuldade em relação à divisão das questões ou achando-as muito simples.

No que diz respeito ao conteúdo, uma alta porcentagem, em torno de 91%, achou que o conteúdo do jogo será útil em complementar aos temas vistos em sala de aula. Além disso, aproximadamente 73% dos alunos sentiram-se mais informados sobre o tema do jogo após a experiência, embora um pequeno grupo tenha relatado confusão devido à quantidade de informações apresentadas.

Em termos de motivação e satisfação, 91% dos estudantes se sentiram motivados a continuar jogando, e uma parcela semelhante manifestou o desejo de aprender mais sobre o assunto do jogo. A sensação de realização foi compartilhada por uma grande maioria, com 82% dos estudantes sentindo-se realizados ao completar os desafios e obter as respostas certas.

Apesar da avaliação positiva geral, as opiniões sobre o nível de desafio foram mistas, com aproximadamente 45% dos estudantes sugerindo que o jogo poderia ser mais desafiador. No entanto, a disposição para jogar novamente é alta, com 91% dos alunos indicando que jogariam o jogo novamente, e a mesma porcentagem estaria disposta a recomendar o jogo a outros.

Os comentários adicionais refletem um sentimento geral de que o jogo é interessante e divertido. Contudo, eles também sugerem que o interesse dos jogadores pode ser condicionado pela afinidade com o tema do jogo. De maneira geral, o jogo foi bem-visto em termos de design e conteúdo, mas diferentes percepções sobre o desafio das questões foi reportado. A disposição para jogar novamente e recomendar o jogo a outros é um indicativo claro do sucesso geral do jogo entre os estudantes.

Em relação às respostas obtidas pelos estudantes que jogaram o jogo "UnSaLuDo" observa-se resultados semelhantes. O design do jogo foi avaliado positivamente por 90% dos participantes. As regras e explicações foram claras para cerca de 70% dos alunos, enquanto a dinâmica do jogo recebeu opiniões mistas, com 30% dos estudantes relatando fadiga ou tédio. O tempo de jogo foi considerado apropriado por 50% dos participantes, mas divisivo entre os restantes. O conteúdo desafiador foi apreciado por 80%, e a utilidade do aprendizado foi reconhecida por uma porcentagem similar. A satisfação geral com o jogo foi alta, com muitos estudantes expressando desejo de aprender mais e continuar jogando, apesar de 30% acharem o jogo chato. A recomendação do jogo foi notavelmente alta, com 90% dos alunos inclinados a sugerir o jogo a outros. Comentários adicionais sugerem que o jogo é educativo e muito desafiador.

Os alunos de graduação da disciplina de Fundações jogaram o jogo "Adensa Solo" como revisão do conteúdo de adensamento (Figura 3). Embora eles não tenham respondido a um questionário estruturado, o feedback escrito recebido através do representante de turma ressaltou "O jogo de tabuleiro foi particularmente bem recebido pelos alunos, foi uma ótima maneira de recapitular o conteúdo estudado na disciplina de Geotecnia".

A experiência de integrar jogos educacionais no ensino de Mecânica dos Solos mostrou-se extremamente frutífera, não apenas melhorando o engajamento e a retenção de conhecimento dos alunos, mas também apresentando uma nova via para superar as barreiras tradicionais do ensino. A feedback positivo e os resultados preliminares sugerem que essa abordagem lúdica ao aprendizado tem um grande potencial para enriquecer a educação em diversas áreas do conhecimento.



Figura 3. Aplicação do jogo “Adensa Solo” durante aula da disciplina de Fundações

## 6 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO EM GEOENGENHARIA

O projeto GeoFUN representa um marco importante na busca por métodos educacionais inovadores na área de Mecânica dos Solos, oferecendo valiosas lições e contribuições para o campo da educação em Geoengenharia. Através da implementação de jogos educativos interativos, este projeto demonstrou o potencial significativo de abordagens lúdicas para melhorar o engajamento dos alunos, a compreensão de conceitos complexos e a retenção de conhecimento. Uma das principais lições aprendidas é que a educação pode e deve ser adaptativa, incorporando metodologias que vão além das abordagens tradicionais de ensino e aprendizagem.

A experiência do projeto GeoFUN ressalta a importância da inovação educacional na facilitação do aprendizado. A utilização de jogos como ferramenta pedagógica promoveu não apenas uma maneira mais envolvente de explorar a Mecânica dos Solos, mas também estimulou habilidades críticas como pensamento analítico, resolução de problemas e trabalho em equipe. Estas competências são essenciais para estudantes de Geoengenharia, preparando-os melhor para os desafios práticos que enfrentarão em suas carreiras profissionais. A inclusão de elementos lúdicos no currículo também demonstrou potencial para reduzir a ansiedade dos alunos em relação a temas complexos, facilitando uma abordagem mais acessível e menos intimidadora ao aprendizado.

Um aspecto crucial do sucesso do projeto GeoFUN é sua escalabilidade e o potencial de adaptação para outras disciplinas dentro da Geoengenharia. A estrutura e a metodologia empregadas na criação e implementação dos jogos oferecem um modelo replicável que pode ser ajustado para abordar diferentes áreas de estudo. Esta adaptabilidade sugere que abordagens semelhantes podem ser eficazes em melhorar os resultados de aprendizagem em uma variedade de contextos educacionais, incentivando os educadores a explorar o uso de jogos educativos interativos em suas próprias disciplinas.

A aplicação dessas metodologias em outras áreas da Geoengenharia não apenas ampliaria o alcance do aprendizado ativo e engajado, mas também fomentaria uma cultura de inovação pedagógica, incentivando educadores e alunos a colaborarem no desenvolvimento de recursos educacionais que são tanto informativos quanto estimulantes. Essa abordagem colaborativa e interdisciplinar ao aprendizado pode facilitar uma compreensão mais holística da Geoengenharia, promovendo uma educação que é relevante, atual e capaz de atender às demandas de um mundo em rápida evolução.

### AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão e reconhecimento aos alunos que generosamente dedicaram seu tempo e esforço para participar do desenvolvimento e teste piloto dos jogos, tornando-se co-criadores deste projeto inovador. Os feedbacks e insights recebidos foram cruciais para refinar os jogos e assegurar a eficácia de cada um como ferramenta de aprendizado.

Nosso agradecimento especial à Hingred Karoline Magalhães da Luz, pelo seu papel crucial no desenvolvimento do jogo "Show Solo", Rebeca Dias de Souza, pela dedicação e esforço no jogo "permeHabilidade", Felipe Araújo, Arine Agrella, e Vitoria Eduarda, por seu trabalho no jogo "Não Deslize" e Gustavo Augusto Froes Cardoso, pelo envolvimento no desenvolvimento do jogo "UnSaLuDo",

Agradecemos a todos os envolvidos por sua paixão, dedicação e compromisso em transformar a educação em Mecânica dos Solos. Seu trabalho não apenas contribuiu para o sucesso do projeto GeoFUN mas também inspirou uma nova abordagem de aprendizado na GeoEngenharia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. (2008). The “digital natives” debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 775–786. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x>
- Bloom, B. (1956). Taxonomy of educational objections, the classification of educational goals, handbook 1: cognitive domain. In *Cataloging and Classification Quarterly*. David McKay Company. [https://doi.org/10.1300/J104v03n01\\_03](https://doi.org/10.1300/J104v03n01_03)
- Böhlich, S., & Axmann, R. (2020). Generation Z: A comparative study of the expectations of Gen Z and the perception of employers. *IUBH Discussion Papers - Human Resources*, 1(1), 1–15.
- Cardoso, G. A. F., Chrusciak, M. R., Cordao-Neto, M. P., & Lopes, B. de C. F. L. (2023). UnSaLuDo: The development of an educational board game on unsaturated soil mechanics. *E3S Web of Conferences*, 382. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338224008>
- Ceretta, S. B., & Froemming, L. M. (2011). Geração Z: Compreendendo Os Hábitos De Consumo Da Geração Emergente. *RAUnP - ISSN 1984-4204*, 3(2), 15–24. <https://repositorio.unp.br/index.php/raunp/article/view/70>
- Chrusciak, M. R., Luz, H. K. M. da, Souza, R. D. de, & Lopes, B. de C. F. L. (2024). The development and evaluation of an educational board game on basic geotechnical soil characterization. *Soils and Rocks*, 47(2), 1–12. <https://doi.org/10.28927/SR.2024.003723>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Lalwani, E., Kumar, G., & Rani, M. (2021). The Influence of Social Media on Buying Behaviour of Generation-Z. *Archives.Palarch.Nl*, 18(8), 4239–4253. <https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/9662>
- Marra, R., Rodgers, K., Shen, D., & Bogue, B. (2012). Leaving Engineering: A Multi-Year Single Institution Study. *Journal of Engineering Education*, 101(1), 6–27.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Seymour, E., & Hewitt, N. M. (1997). *Talking about leaving*. Westview Press.
- Stahl, C. C., & Literat, I. (2023). #GenZ on TikTok: the collective online self-Portrait of the social media generation. *Journal of Youth Studies*, 26(7), 925–946. <https://doi.org/10.1080/13676261.2022.2053671>