

## O USO DO FTOOL NO ENSINO DE MECÂNICA VETORIAL PARA ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL NO CAMPUS DA UEMA/SÃO LUIS

*THE USE OF FTOOL IN TEACHING VECTOR MECHANICS FOR ENGINEERING: AN EXPERIENCE IN THE CIVIL ENGINEERING COURSE AT THE UEMA/SÃO LUIS CAMPUS*

Jorge de Jesus Passinho e Silva<sup>1\*</sup> , Karla Graziela Silva da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, São Luís – MA, DEFIS/CECEN.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, São Luís – MA, Curso Engenharia Civil.

**RESUMO:** Este projeto foi aplicado nas turmas de Mecânica Geral, no curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, no ano de 2024, no campus de São Luís. Com o objetivo de tornar o ensino de Mecânica Geral mais atrativo e significativo para os estudantes de engenharia. Introduzimos o uso da linguagem de programação o FTOOL, na classe e extraclasse, para que o aluno utilizasse essa ferramenta em seus estudos na construção dos gráficos dos esforços cortantes e momento fletor de vigas e para o dimensionamento de treliças bidimensionais. A introdução do programa Ftool foi feita através de vídeos e uma apostila elaborada para esse fim. No projeto cada aluno resolveu um problema de treliça e de viga manualmente e comparou o resultado utilizando o Ftool. Essa comparação foi apresentada em forma de artigo ou relatório que complementaram a segunda e terceira avaliação da disciplina e finalizou com os alunos respondendo a um questionário sobre suas experiências com a utilização dessa linguagem e tivemos resultados positivos que se refletiram, conforme respostas do questionário, no alto índice de aprovação na disciplina, que foram de 88,23% no primeiro semestre e 96% na turma do segundo semestre de 2024.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise estrutural. Simulação computacional. Software de engenharia.

**ABSTRACT:** This project was implemented in General Mechanics classes on the Civil Engineering course at the State University of Maranhão in São Luís in 2024. The aim was to make the teaching of General Mechanics more attractive and meaningful for engineering students. We introduced the use of the FTOOL programming language in and outside class so students could use it to construct graphs of shear forces and bending moments in beams, and to design two-dimensional trusses. The FTOOL program was introduced through videos and a booklet prepared for this purpose. As part of the project, each student solved a truss and beam problem manually and then compared the results obtained using Ftool. The results were presented in the form of an article or report, which counted towards the second and third assessments of the module. The project concluded with students answering a questionnaire about their experiences using this language. The results were positive, with a high approval rating of 88.23% in the first semester and 96% in the second semester of 2024.

**KEYWORDS:** Structural analysis. Computer simulation. Engineering software.

## 1 INTRODUÇÃO

A formação de engenheiros é fundamental para o desenvolvimento tecnológico e econômico de um país. No entanto, a evasão nos primeiros períodos dos cursos de Engenharia no Brasil tem sido um obstáculo para alcançar esse objetivo. A complexidade desse problema exige uma análise multifacetada, que considere tanto os aspectos individuais dos estudantes quanto os fatores institucionais e sociais que influenciam a decisão de abandonar o curso. Este artigo busca contribuir para o debate sobre essa temática, apresentando uma alternativa aplicada a uma disciplina do curso, Mecânica Geral, que possui alto índice de reprovação e buscando solucionar esse problema, utilizamos um método de ensino onde introduzimos ferramentas computacionais e virtuais no ensino de da disciplina.

No Brasil, os cursos de Engenharia apresentam índice de evasão elevado. As perdas de estudantes que não concluem seus cursos são desperdícios sociais, acadêmicos e econômicos. No setor público, são recursos públicos investidos sem o devido retorno. No setor privado, são perdas de receitas (Reis, 2021). Diversas são as motivações que levam os estudantes a desistirem e abandonarem os cursos. Dentre os principais fatores, questões acadêmicas e dificuldades da relação instituição-discente são caracterizadas como grandes motivadoras da problemática. Nas últimas décadas, o avanço da tecnologia tem exigido mudanças no processo de aprendizagem, espaço e necessidades dos discentes. O modelo tradicional de ensino nos cursos de graduação ainda é o processo baseado na máxima de obter o docente como um detentor dos conhecimentos e o aluno passivo do processo (Hoffmann, 2019).

Segundo pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Instituto Lobo de desenvolvimento da Educação, Ciência e Tecnologia, entre os anos de 2001 e 2011 houve um significativo acréscimo de ingressantes nos cursos de Engenharia, entretanto o estudo revelou que cerca de 63% dos estudantes dos cursos de engenharia evadiram de suas instituições, sendo cerca de 41,43% provenientes de universidade pública. Para Hoffmann (2019), Propostas que visem transformar as didáticas tradicionalistas em métodos atualizados no sentido de gerar aprendizagens significativas e contribuir a motivação discente são essenciais no combate à evasão universitária. Diante desse cenário, é importante ressaltar a necessidade de mudança da pedagogia tradicionalista, por meio do advento da tecnologia e utilização das ferramentas disponíveis, de modo a gerar maior motivação e, conseqüentemente, reduzir os altos índices de evasão dos cursos de engenharia.

Nessa perspectiva, o uso de *softwares* é uma alternativa que deve ser estudada e aplicada para avaliarmos os efeitos do seu uso no ensino de Engenharia, pois é uma maneira de incentivar uma posição mais interativa e curiosa do aluno, essencial à aprendizagem. O tema é de grande importância no ambiente de ensino das disciplinas da área de estruturas do curso de Engenharia Civil, pois neste ambiente devido os processos complexos e excesso de cálculos, o estudante pode perder o interesse durante o ensino (Borçato, Hackbarth e Damaceno, 2022). A utilização de recursos computacionais nas disciplinas de engenharia civil é cada vez mais comum e necessária para facilitar o entendimento sobre o assunto e diminuir os esforços na resolução dos problemas, além de atrair a atenção dos estudantes para o conteúdo abordado em sala de aula. Apesar das vantagens mencionadas, a utilização dessas ferramentas nas disciplinas de Estruturas, como, por exemplo, Mecânica Vetorial, Resistência dos Materiais, Concreto, Pontes, Estruturas de Madeiras e Estruturas Metálicas precisam ser mais explorada.

O FTOOL é um programa de análise estrutural bidimensional, ou seja, em duas di-

mensões, que tem foco educacional e didático, para plano acadêmico, na sua versão básica gratuita. Esse programa permite a modelagem da estrutura de maneira simples e eficiente. O programa foi desenvolvido na PUC-Rio, sendo idealizado pelo Prof. Luiz Fernando Martha, do Departamento de Engenharia Civil do Centro Técnico Científico da PUC-Rio (CTC/PUC-Rio) e coordenador de projetos no Instituto Tecgraf/PUC-Rio. Com o auxílio do programa é possível determinar as reações de apoio e os diagramas dos esforços solicitantes na estrutura (Diagrama dos esforços cortantes, diagrama dos esforços normais e diagrama dos momentos fletores), atividades que demandam muito tempo e atenção. Esses cálculos quando feitos à mão são bem trabalhosos e cheios de detalhes, sendo muito propícios a erros. O FTOOL tem sido uma ferramenta amplamente utilizada nos cursos de Engenharia, devido a sua simplificação na modelagem estrutural e por não demandar computadores robustos na sua utilização. Apesar disso, muitos estudantes apresentam dúvidas em relação ao *software*, devido à falta de incentivo pelo professor, e ausência de material de apoio e capacitação no âmbito acadêmico.

Assim, o presente projeto tem como objetivo a aplicação do FTOOL como ferramenta auxiliadora no ensino das disciplinas de estrutura, área de alta complexidade e desistência, visando elevar os entendimentos e estimular os discentes, ações essenciais no combate à evasão e reprovação universitária. Ademais, este estudo ainda tem o propósito de causar impacto na prática docente nos cursos de Engenharia, demonstrando a importância dos *softwares* computacionais na vida do futuro engenheiro para a compreensão e resolução de problemas, além de diminuir as dificuldades dos discentes perante os conteúdos programáticos. É importante ressaltar que as engenharias desempenham relevante papel para o desenvolvimento social, econômico e político dos países, tendo em vista que a produção tecnicista executada através da sua prática formata o dia-a-dia dos indivíduos e todo o contexto comunitário (Leite, Souza e Santos, 2022).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da área de atuação

O Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) do campus São Luís, fica localizado na Cidade Universitária Paulo VI, Av. Lourenço Vieira da Silva N.º 1000, CEP: 65.055-310, Jardim São Cristóvão. Atualmente, o centro integra os cursos de Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia de Computação, Engenharia de Produção, CFO (curso de formação de oficiais-bombeiro) e Arquitetura e Urbanismo. O CCT instalado no campus Paulo VI conta com estrutura e disposição para atender as demandas e necessidades da comunidade acadêmica e científica dos cursos de Engenharia. O seu espaço dispõe dos Laboratórios de Informática e Simulação Prof. Demerval Dias Ramos com modernos computadores, além do Núcleo Tecnológico de Engenharia (NUTENGE), onde estão alocados diversos laboratórios para execução das aulas práticas. Nesse contexto, o CCT está voltado a desenvolver a profissionalização e capacitação dos futuros profissionais das áreas de Engenharia Civil, Mecânica, Produção, Computação, Arquitetura e Administração por meio da inovação e tecnologia.

### 2.2 Procedimentos metodológicos

A metodologia do projeto envolveu diversas etapas, desde a revisão bibliográfica e criação de material didático até a aplicação em sala de aula, avaliação e análise dos resul-

tados. O projeto foi implementado nas turmas de Mecânica Geral do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), campus de São Luís, nos períodos 2024.1 e 2024.2.

Os procedimentos metodológicos seguiram as seguintes etapas:

- I. Revisão bibliográfica: foi realizada uma pesquisa qualitativa de publicações científicas, revistas, teses e dissertações sobre evasão nos cursos de Engenharia, avanço tecnológico nas universidades, uso de softwares no aprendizado em Engenharias e o uso específico do FTOOL. A coleta de materiais ocorreu principalmente na plataforma Google Acadêmico;
- II. Criação de material didático: uma apostila de capacitação em FTOOL foi produzida utilizando Word e Canva, explicando o uso do software e posteriormente disponibilizada em formato PDF. Além disso, foram concebidos e lançados vídeos explicativos no YouTube, divulgados na universidade e redes sociais, complementando o material da apostila e demonstrando a representação de estruturas no FTOOL;
- III. Aplicação do material didático: o material (apostila e vídeos) foi utilizado em sala de aula e também disponibilizado em um grupo do Telegram criado para facilitar a comunicação com os alunos, onde vídeos e a apostila foram postados e dúvidas foram esclarecidas;
- IV. Aplicação de atividades avaliativas: cada aluno recebeu uma questão de treliça e uma de viga para resolver manualmente e, em seguida, comparar os resultados com a solução obtida, por ele, utilizando o FTOOL. Essa comparação foi apresentada em formato de artigo ou relatório, que complementou as avaliações da disciplina. Os trabalhos foram avaliados, e a maioria obteve aprovação;
- V. Aplicação de questionário: o final das atividades, foi aplicado um questionário aos alunos para avaliar suas experiências com a utilização do FTOOL.

Para a aplicação do projeto, foram utilizados recursos como a sala de aula, *Google Forms*, *Google*, o software *FTOOL*, *YouTube* e o *Telegram*. Em sala de aula, *notebook*, *data show*, livro texto, apostila e o próprio FTOOL foram empregados para ministrar aulas sobre os temas e sobre o uso do software.

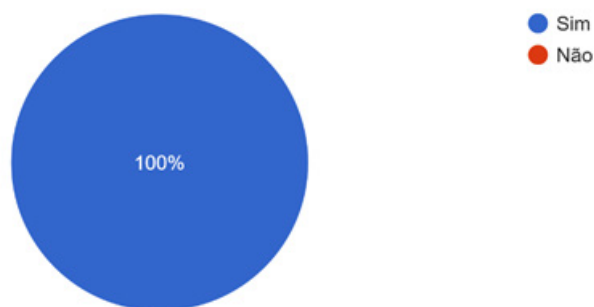
A análise dos dados coletados através do questionário permitiu avaliar a percepção dos alunos em relação à utilidade, eficácia e facilidade de uso do FTOOL, além da sua satisfação geral com a experiência.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização das atividades avaliativas utilizando as soluções manuais e computacionais de vigas e treliças, os alunos ficaram entusiasmados com a nova ferramenta e puderam comprovar a eficiência da linguagem para aplicar em diversas situações do seu estudo. A partir desse diálogo em sala, elaboramos o primeiro questionário para avaliarmos o estado de satisfação da turma sobre a nova ferramenta de estudos e obtivemos o seguinte resultado.

Nossa primeira pergunta (Figura 1) foi para identificar o uso de tecnologias computacionais como FTOOL no estudo de vigas e treliças e, para nossa surpresa, o resultado foi o seguinte:

Figura 1. Você considera FTOOL uma ferramenta útil para aprender sobre vigas e treliças?



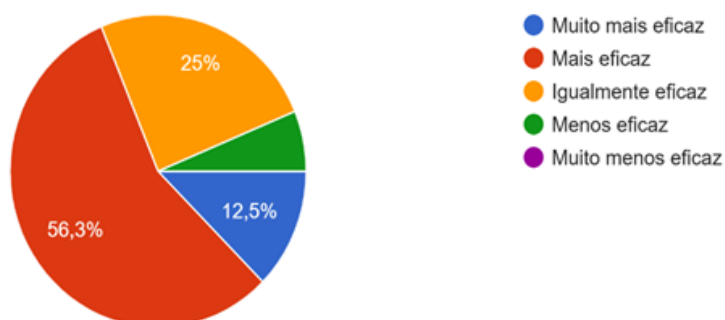
Fonte: autores (2024)

A análise do primeiro questionário revelou uma aprovação de 100% do FTOOL como ferramenta de aprendizado para vigas e treliças. Este resultado foi considerado extremamente positivo e indicou vários aspectos importantes, como a interface intuitiva do *software*, a visualização clara dos diagramas de esforços e deformações, a facilidade de uso, a complementação do ensino teórico e o aumento da motivação para o aprendizado. Este resultado sugere que o FTOOL é uma ferramenta valiosa para o ensino desses tópicos e poderia ser utilizado de forma mais abrangente no ensino de engenharia. Nesse sentido, de acordo com Papert (1980/1985) o professor, diante da importância de inserir o aluno nesse contexto computacional, precisar compreender,

[...] a frase “instrução ajudada pelo computador” (computer-aided instruction) significa fazer com que o computador ensine a criança. Pode-se dizer que o computador está sendo usado para “programar” a criança. Na minha perspectiva é a criança que deve programar o computador e, ao fazê-lo, ela adquire um sentimento de domínio sobre um dos mais modernos e poderosos equipamentos tecnológicos e estabelece um contato íntimo com algumas das ideias mais profundas da ciência, da matemática e da arte de construir modelos intelectuais. (Papert, 1980/1985, p.17)

Na segunda pergunta (Figura 2), procuramos identificar, a relação que o estudante faz com o uso do FTOOL e o método tradicional de ensino, no quadro e no giz e obtemos a seguintes respostas:

Figura 2. Em comparação com outros métodos de aprendizagem (aulas expositivas, exercícios em papel) qual a sua percepção da efetividade do FTOOL?



Fonte: autores (2024)

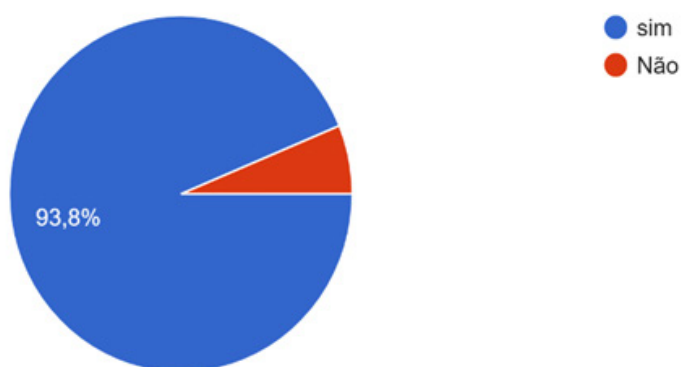
Na segunda pergunta, comparando o FTOOL com o método tradicional de ensino (aulas expositivas e exercícios em papel), houve uma alta taxa de aprovação do FTOOL como método de ensino “mais eficaz” obtendo 56,3%, obtivemos também 25% igualmente eficaz, 12,5% muito mais eficaz. Essa preferência clara por ferramentas digitais e interativas foi atribuída à visualização e interação proporcionadas pelo software, à aprendizagem ativa dos alunos, ao *feedback* instantâneo e à complementação do ensino tradicional. Assim, segundo Wing (2006), nos enfatiza que, o

Pensamento computacional é uma habilidade fundamental para todos, não somente para cientistas da computação. À leitura, escrita e aritmética, deveríamos incluir pensamento computacional na habilidade analítica de todas as crianças. Assim como a máquina impressora facilitou a divulgação dos três R's 2 o que é apropriadamente incestuoso sobre essa visão é que a computação e os computadores facilitaram a divulgação do pensamento computacional (Wing, 2006, p. 33).

É esse pensamento computacional que o professor, diante de tal interesse, precisa inserir em seus planejamentos a utilização de tais recursos computacionais, para que nossos alunos desenvolvam essa habilidade analítica oriundo desse contexto tecnológico.

Na terceira pergunta (Figura 3), queríamos saber se os estudantes se sentiam motivados a seguir nos aprofundamentos dos estudos de vigas e treliças.

Figura 3. O FTOOL o motivou a se aprofundar nos conceitos de vigas e treliças?



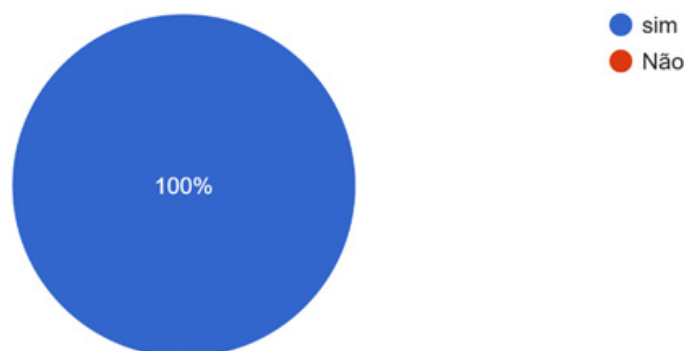
Fonte: autores (2024)

A terceira pergunta identificou que 93,8% dos estudantes se sentiram motivados a se aprofundar nos estudos de vigas e treliças após a utilização do FTOOL. Essa alta motivação foi relacionada à capacidade de visualização e experimentação, bem como à autonomia proporcionada pelo software no processo de aprendizagem. Essa motivação é considerada crucial, e a utilização de recursos computacionais é vista como uma forma de desenvolver o pensamento computacional dos alunos.

Na quarta questão, perguntamos se os estudantes indicariam essa linguagem a outros estudantes (Figura 4). Neste questionamento, 100% dos estudantes afirmaram que recomendariam o FTOOL para outros alunos. Este resultado foi interpretado como um indicador excepcional da satisfação e eficácia do FTOOL como ferramenta de aprendizado, com potencial para maior difusão e valorização da ferramenta no ensino de engenharia.



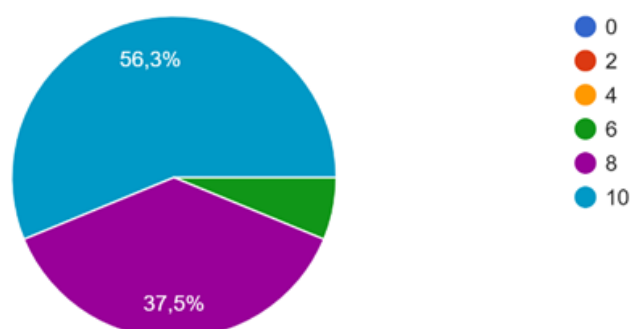
Figura 4. Você recomendaria o FTOOL para outros que desejam aprender sobre vigas e treliças



Fonte: autores (2024)

Na pergunta de número 05, confirmamos que a maioria da turma, mais de 80% da turma, aprovaram os vídeos que foram utilizados para ensinar o usar a linguagem FTOOL, ou seja, 56,3% deram a nota 10 (dez) para os vídeos que foram utilizados, 37,5% deram a nota 08 (oito) para esses mesmos vídeos, assim constatamos que foi de grande relevância a utilização dos vídeos na compreensão do FTOOL no processo de ensino aprendizagem (Figura 5).

Figura 5. Que nota você daria aos vídeos disponibilizados no grupo para os vídeos aula sobre FTOOL



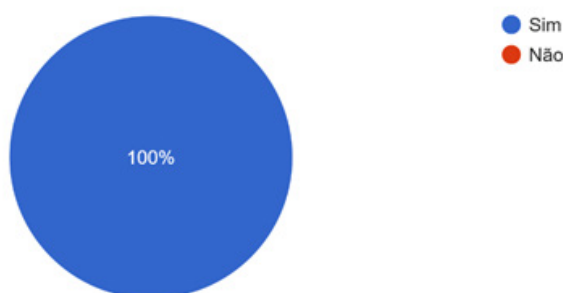
Fonte: autores (2024)

Na sexta pergunta, 100% dos alunos consideram que o FTOOL é fácil de usar e aprender (Figura 6). Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular/2018, vem corroborar no sentido de enfatizar que precisamos,

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BNCC, 2018).

Nesse contexto, conforme orienta a BNCC (2018), as tecnologias podem ser utilizadas para produzir conhecimento e resolver problemas. É com esse propósito que apresentamos o FTOOL nos cursos de engenharia, como uma ferramenta significativa, especialmente considerando que 100% dos alunos relataram facilidade em seu uso e aprendizado.

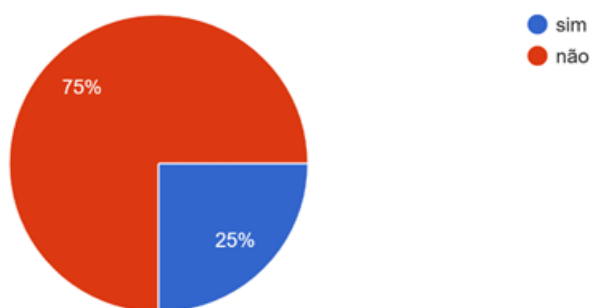
Figura 6. Você considera o FTOOL fácil de usar e aprender?



Fonte: autores (2024)

Na sétima pergunta 75% dos alunos não encontraram dificuldade em aprender a usar o FTOOL, porém 25% relataram ter alguma dificuldade (Figura 7).

Figura 7. Você encontrou dificuldade para usar o FTOOL?



Fonte: autores (2024)

Na sétima pergunta temos um quadro um pouco mais completo. Se 25% dos alunos relataram ter tido alguma dificuldade em utilizar o FTOOL, podemos interpretar essas respostas da seguinte forma:

- A facilidade não é universal: embora a maioria (75%) tenha achado a linguagem fácil, a minoria de 25% indica que a experiência de aprendizado e uso do FTOOL não é igualmente simples para todos. Existem barreiras ou desafios que precisam ser considerados;
- Identificação de áreas de melhoria: esses 25% representam uma oportunidade valiosa para identificar pontos específicos da linguagem, da documentação, das ferramentas de suporte ou do processo de aprendizado que podem ser aprimorados. Compreender as dificuldades enfrentadas por esse grupo pode levar a melhorias que beneficiarão todos os futuros usuários;
- Necessidade de suporte adicional: a existência de dificuldades para uma parcela dos alunos sugere que pode haver uma demanda por mais recursos de suporte, como tutoriais mais detalhados, exemplos práticos adicionais, fóruns de discussão ativos ou até mesmo suporte individualizado;
- Variações no perfil dos alunos: é possível que as dificuldades estejam relacionadas a diferentes níveis de experiência prévia com programação ou com ferramentas similares. Alunos com menos familiaridade com conceitos de programação podem ter encontrado mais obstáculos;



- Importância de investigar as dificuldades específicas: a porcentagem de 25% é significativa o suficiente para justificar uma investigação mais aprofundada. Perguntar *quais* foram as dificuldades específicas pode fornecer insights valiosos para direcionar melhorias. Por exemplo, as dificuldades foram com a sintaxe da linguagem, com a instalação e configuração do ambiente, com a compreensão de conceitos específicos, ou com a falta de exemplos para resolver problemas práticos?

Em contraste com a resposta anterior, a quinta pergunta, agora vemos que:

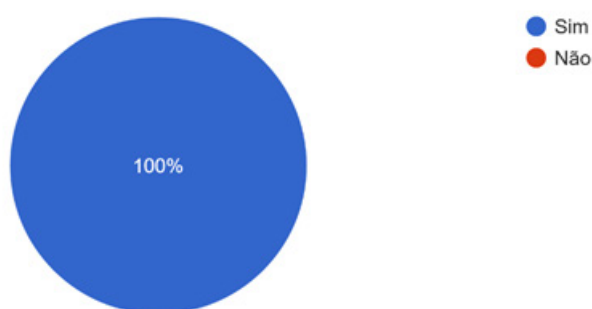
- A percepção de facilidade é predominante, mas não unânime;
- Existe um grupo considerável que enfrentou desafios, e suas experiências são importantes para aprimorar a linguagem e o processo de aprendizado.

Isso sugere uma forte percepção de usabilidade e um aprendizado suave, validando o design da linguagem do software e indicando um bom potencial para adoção. No entanto, uma análise mais detalhada da sétima pergunta revelou que 25% dos alunos relataram ter tido alguma dificuldade em utilizar o FTOOL, enquanto 75% o consideraram fácil. Essa parcela de alunos que enfrentou dificuldades foi vista como uma oportunidade para identificar áreas de melhoria na linguagem, documentação, suporte ou processo de aprendizado, além de indicar a necessidade de suporte adicional e variações no perfil dos alunos.

Em resumo, a resposta de 25% indicando dificuldades nos lembra de que a facilidade de uso e aprendizado é uma escala e que sempre há espaço para melhorias, especialmente ao considerarmos as diversas experiências e conhecimentos prévios dos usuários. Essa informação é crucial para tornar o FTOOL ainda mais acessível e eficaz para um público mais amplo.

Na última pergunta do questionário, pergunta de número oito (Figura 8), tivemos um resultado excelente! Essa informação final de 100% de satisfação com a experiência de uso do FTOOL, combinada com as respostas anteriores, nos permite fechar a análise do questionário com algumas conclusões importantes e um panorama geral interessante:

Figura 8. No geral, você está satisfeito com sua experiência com o FTOOL?



Fonte: autores (2024)

Nesta última pergunta podemos tirar as seguintes conclusões, levando em considerações as respostas de outras questões, vejamos:

- Forte percepção de facilidade e satisfação: a grande maioria dos alunos (75%) considera o FTOOL fácil de usar e aprender, e a totalidade dos entrevistados (100%) está satisfeita com a experiência geral de uso. Isso sugere que, para o público pesquisado, o FTOOL entrega uma experiência positiva, mesmo que uma parcela tenha encontrado dificuldades iniciais;

- As dificuldades não impactaram a satisfação geral: o fato de 25% dos alunos terem relatado dificuldades, mas ainda assim 100% estarem satisfeitos com a experiência, indica que as dificuldades encontradas podem ter sido superadas com o tempo, com suporte, ou que outros aspectos positivos da ferramenta (funcionalidade, resultados obtidos, etc.) compensaram esses desafios iniciais;
- Potencial de retenção e recomendação: a alta taxa de satisfação é um forte indicativo de que os alunos provavelmente continuarão a usar o FTOOL e podem até mesmo recomendá-lo a outros. Uma experiência positiva é fundamental para a fidelização de usuários;
- Sucesso geral da ferramenta: Considerando a facilidade percebida pela maioria e a satisfação unânime, podemos concluir que o FTOOL, de maneira geral, está atendendo bem às necessidades e expectativas dos alunos que o utilizaram.

O questionário revela um cenário predominantemente positivo em relação ao FTOOL. A maioria dos alunos o considera fácil de usar e aprender, e todos estão satisfeitos com a experiência geral. No entanto, a identificação de que 25% enfrentaram dificuldades é um ponto crucial para o aprimoramento contínuo da ferramenta e do processo de aprendizado.

A última pergunta do questionário obteve um resultado de 100% de satisfação com a experiência de uso do FTOOL. Esse resultado, combinado com as respostas anteriores, permitiu concluir que o FTOOL proporciona uma experiência positiva para os alunos, mesmo que alguns tenham encontrado dificuldades iniciais. As dificuldades não impactaram a satisfação geral, possivelmente sendo superadas com o tempo ou compensadas por outros aspectos positivos da ferramenta.

Em suma, a análise dos dados do questionário apontou para um sucesso notável do projeto em proporcionar uma experiência satisfatória aos alunos, com a identificação de dificuldades por uma parcela que oferece oportunidades de melhoria contínua. Os resultados foram considerados inequivocamente positivos, demonstrando um impacto significativo na experiência de aprendizado dos alunos, com o FTOOL se mostrando eficaz, motivador, com boa visualização e interação, complementar ao ensino tradicional e altamente recomendado pelos alunos. As implicações para o ensino das disciplinas de estruturas incluem a possível incorporação do FTOOL ao currículo, o desenvolvimento de atividades práticas, a formação de professores e a realização de pesquisas contínuas. As recomendações futuras incluem ampliar o uso do FTOOL, desenvolver novos recursos, realizar estudos de caso e, principalmente, investigar a fundo as dificuldades relatadas por 25% dos alunos para implementar melhorias direcionadas.

Pontos-chave que podemos destacar do projeto:

- a) Eficácia: O FTOOL se mostrou uma ferramenta eficaz para o aprendizado de conceitos complexos sobre vigas e treliças, superando métodos tradicionais de ensino;
- b) Motivação: O software promoveu um maior engajamento dos alunos, despertando a curiosidade e incentivando a exploração de diferentes cenários;
- c) Visualização e Interação: a capacidade de visualizar o comportamento das estruturas e interagir com o modelo facilitou a compreensão dos conceitos teóricos;
- d) Complementaridade: o FTOOL se mostrou um complemento valioso às aulas teóricas, tornando o aprendizado mais dinâmico e completo;
- e) Recomendação: a recomendação unânime do FTOOL para outros alunos demonstra a sua relevância e o seu potencial para se tornar uma ferramenta padrão no

ensino de engenharia.

- f) Implicações para o Ensino das disciplinas de Estruturas no curso de Engenharia:
- g) Incorporação ao Currículo: os resultados sugerem a necessidade de incorporar o FTOOL de forma mais sistemática no currículo dos cursos de engenharia civil;
- h) Desenvolvimento de Atividades Práticas: o software pode ser utilizado para desenvolver atividades práticas que estimulem a criatividade e a resolução de problemas;
- i) Formação de Professores: é fundamental oferecer aos professores formação adequada para que possam utilizar o FTOOL de forma eficaz em suas aulas;
- j) Pesquisa Contínua: É importante realizar pesquisas contínuas para avaliar o impacto do uso do FTOOL no desempenho dos alunos e identificar novas possibilidades de aplicação.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa evidenciam o grande potencial do FTOOL como ferramenta de apoio ao ensino de estruturas. A alta satisfação dos alunos, a sua eficácia na aprendizagem e a sua capacidade de motivar os estudantes demonstram que o software representa um avanço significativo na forma como os conceitos de engenharia estrutural são transmitidos.

Recomendações:

- Ampliar o uso do FTOOL: incentivar a utilização do software em outras disciplinas de engenharia e em diferentes níveis de ensino;
- Desenvolver novos recursos: estimular o desenvolvimento de novos recursos e funcionalidades para o software, como a integração com outras ferramentas e a criação de bibliotecas de elementos estruturais;
- Realizar estudos de caso: realizar estudos de caso para avaliar o impacto do uso do FTOOL em diferentes contextos e identificar as melhores recomendações para o Futuro;
- Investigar as dificuldades: é altamente recomendável investigar a fundo as dificuldades relatadas pelos 25% dos alunos. Entender a natureza desses desafios permitirá implementar melhorias direcionadas na linguagem, na documentação, no suporte ou nos materiais de ensino.
- Capitalizar na satisfação: a alta taxa de satisfação pode ser utilizada como um forte argumento para promover o FTOOL para novos usuários. Depoimentos e casos de sucesso podem ser valiosos.
- Monitorar continuamente: é importante continuar coletando feedback dos usuários para garantir que a facilidade de uso e a satisfação se mantenham elevadas ao longo do tempo e com diferentes grupos de usuários.

Em suma, a análise do questionário aponta para um sucesso notável do projeto em proporcionar uma experiência satisfatória aos alunos, com um ponto de atenção importante nas dificuldades enfrentadas por uma parcela, que oferece oportunidades de melhoria contínua.

## REFERÊNCIAS

- BORÇATO, Alan G.; HACKBARTH, Crizane; MELO, Nicolay D. A. Uso de softwares no processo de ensino-aprendizagem dos cursos de Engenharia Civil da educação profissional. **Revista de Extensão & Cidadania**, Bahia, v. 10, n. 17, p. 1-12, jan./jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI); INSTITUTO LOBO DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Evasão nos cursos de engenharia no Brasil**. Brasília, DF, 2012.
- HOFFMANN, Jussara. **Avaliação mediadora**: uma prática em construção da pré-escola à universidade. 35. ed. Porto Alegre: Mediação, 2019.
- LEITE, Carlos; SOUZA, João; SANTOS, Maria. A importância das engenharias no desenvolvimento social, econômico e político. *Revista Brasileira de Educação Tecnológica*, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 45-60, 2022.
- MARTHA, Luiz Fernando. **FTOOL**: um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento de estruturas. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 2002. Disponível em: <https://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- OLIVEIRA, Claudio; MOURA, Samuel Pedrosa; SOUSA, Edinaldo Ribeiro de. TICs na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. **Revista Pedagogia em Ação**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2015.
- PAPERT, Seymour. **Mindstorms**: children, computers, and powerful ideas. New York: Basic Books, 1980.
- PAPERT, Seymour. **Logo**: computadores e educação. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- REIS, José Carlos. Evasão nos cursos de engenharia no Brasil: causas e impactos. **Revista Brasileira de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 1-15, 2021.
- WING, Jeannette M. **Computational thinking**. *Communications of the ACM*, New York, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.