ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

FTOOL E SAP2000 COMO RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE ANÁLISE ESTRUTURAL: ANÁLISE DE APLICAÇÕES E MODELAGEM COMPUTACIONAL.

FTOOL AND SAP2000 AS DIDACTIC RESOURCES IN TEACHING STRUCTURAL ANALYSIS: ANALYSIS OF APPLICATIONS AND COMPUTATIONAL MODELING.

FTOOL Y SAP2000 COMO RECURSOS DIDÁCTICOS EN LA ENSEÑANZA DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL: ANÁLISIS DE APLICACIONES Y MODELADO COMPUTACIONAL.

doi.org/10.53426/con.v5i0.009

[Conceição Jane Guedes de Lira][1]; [Renata de Oliveira Marinho][2]; [Danieli Luciani Rossi][3] ; [Rodrigo da Silva Romero][4]; [Talles Freitas Rodrigues][5]

[1] [Universidade de Brasília - UnB, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Prédio FE 03 - Sala BT 06 / 14 - Asa Norte - Brasília-DF, guedeslira1511103@gmail.com]; [2] [Faculdade Única, Ipatinga -MG, renataoliveiramm@gmail.com]; [3] [Faculdade Única, Ipatinga -MG, dani_rossi602@hotmail.com]; 4 [Faculdade Única, Ipatinga -MG, rod.romero@hotmail.com]; 5 [Faculdade Única, Ipatinga -MG, talles93160767@gmail.com

Grupo de Trabalho: GT 9 – Engenharias, Arquitetura, Urbanismo e Infraestrutura

RESUMO

O emprego de softwares de análise estrutural constitui um importante recurso para aproximar os conhecimentos teóricos da prática no ensino de Engenharia Civil. Este trabalho tem como objetivo analisar as possibilidades de utilização do FTOOL e do SAP2000 no ensino de análise estrutural, articulando a análise das funcionalidades e aplicações educacionais das ferramentas à modelagem computacional de uma estrutura mista no SAP2000. A metodologia compreendeu levantamento bibliográfico, análise das características e possibilidades de aplicação dos dois softwares e modelagem computacional de um barracão de estrutura mista de madeira e aço no SAP2000. A partir do modelo desenvolvido, foram analisados esforços internos, reações de apoio, deslocamentos e deformações, além das possibilidades de visualização dos resultados. A análise das ferramentas evidenciou que o FTOOL apresenta recursos voltados à representação e compreensão de estruturas planas, enquanto o SAP2000 possibilita a construção e análise de modelos estruturais com maior nível de detalhamento. Os resultados indicam possibilidades complementares de utilização das ferramentas no ensino de análise estrutural, desde a abordagem dos fundamentos e da representação gráfica até a modelagem computacional de sistemas estruturais mais detalhados.

Palavras-chave: Análise Estrutural; SAP2000; FTOOL; Engenharia Civil; softwares.

INTRODUÇÃO

O emprego de ferramentas computacionais no ensino de estruturas pode contribuir para aproximar conceitos teóricos de situações práticas e favorecer a visualização do comportamento estrutural e o processo de aprendizagem dos estudantes de Engenharia Civil (Branchier et al., 2020).

Entre os recursos computacionais empregados no ensino de análise estrutural destaca-se o FTOOL, desenvolvido com enfoque didático para a representação e análise de estruturas reticuladas bidimensionais como vigas, treliças e pórticos planos, permitindo a visualização gráfica de diferentes parâmetros do comportamento estrutural e o SAP2000, que permite modelagem bidimensional e tridimensional, possui diferentes tipos de elementos e permite definir materiais, seções, vínculos,

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

carregamentos e combinações. Vázquez et al. (2024) apresentam a utilização do SAP2000 como recurso aplicado ao ensino de estruturas, evidenciando a utilização de ferramentas computacionais na abordagem de sistemas estruturais.

Apesar da disponibilidade dessas ferramentas, permanece o desafio de estabelecer uma relação adequada entre modelos simplificados, utilizados para a compreensão dos fundamentos da análise estrutural, e modelos computacionais com maior nível de detalhamento. O presente trabalho tem como objetivo analisar as possibilidades de utilização do FTOOL e do SAP2000 no ensino de análise estrutural, considerando as características, funcionalidades e limitações das ferramentas, bem como a aplicação de modelagem computacional de uma estrutura mista no SAP2000.

METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter aplicado, exploratório e comparativo, tendo como foco a utilização de ferramentas computacionais como recursos de apoio ao ensino de análise estrutural em Engenharia Civil.Inicialmente, foram realizado levantamento bibliográfico sobre o uso de ferramentas computacionais no ensino de análise estrutural, com ênfase nas características e aplicações educacionais do FTOOL e do SAP2000. A partir da literatura consultada, foram identificadas as principais possibilidades de utilização das ferramentas, considerando os tipos de estruturas que podem ser representadas, os recursos de modelagem e as formas de visualização dos resultados.

Ressalta-se que, neste estudo, não foi realizada uma modelagem prática do galpão no FTOOL, sendo sua análise baseada na literatura e nas características e funcionalidades identificadas no software.

Para a aplicação prática, foi utilizado o software SAP2000, no qual foi desenvolvido um modelo tridimensional de um galpão de estrutura mista de madeira e aço. Na quarta etapa, os recursos e possibilidades de utilização do FTOOL e do SAP2000 foram comparados considerando sua aplicação ao ensino de análise estrutural.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão bibliográfica realizada permitiu identificar diferentes possibilidades de utilização de ferramentas computacionais no ensino e na análise estrutural, com ênfase no FTOOL e no SAP2000. O FTOOL é uma ferramenta computacional desenvolvida com enfoque educacional para a representação e análise de estruturas bidimensionais como vigas, treliças e pórticos planos. Sua utilização permite visualizar graficamente esforços internos, reações, deslocamentos e deformações, ontribuindo para a compreensão do comportamento estrutural. Entretanto, sua aplicação é restrita a sistemas reticulados bidimensionais, não contemplando, por exemplo, estruturas cuja representação exija elementos de superfície ou volume, como chapas, vigas-parede e barragens. Martha e Rangel (2022) destacam a utilização do FTOOL como recurso educacional para o ensino de análise estrutural, enquanto Farias e Bleicher (2024) e Passinho e Silva (2025) apresentam experiências de aplicação do software em atividades acadêmicas.

A exploração do FTOOL realizada neste trabalho ocorreu por meio da análise bibliográfica e da identificação de suas principais funcionalidades. Dessa forma, não foi realizada uma modelagem prática no FTOOL equivalente à desenvolvida no SAP2000. Sua análise permitiu, contudo, identificar características relacionadas à representação gráfica de estruturas reticuladas bidimensionais, à definição de geometria, condições de apoio, propriedades dos elementos e carregamentos.

O SAP2000 é um software de análise utilizado para a modelagem e análise do comportamento de estruturas bidimensional e tridimensional submetidas a diferentes condições de carregamento.Vázquez-Greciano et al. (2024), incorporaram exercícios com SAP2000 a uma

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

disciplina de análise estrutural, associando a modelagem computacional a atividades formativas e avaliação automatizada. Esses estudos evidenciam diferentes possibilidades de utilização das ferramentas em contextos educacionais, sem que se atribua ao presente trabalho uma avaliação direta da aprendizagem dos estudantes.

Em relação ao SAP2000, Foi realizada a modelagem tridimensional de um galpão de estrutura mista, com 36 m de comprimento, 18 m de largura e 9 m de altura, cobertura inclinada em 10°, pilares de aço W 360 × 72 e vigas de madeira Ipê com seção de 7 × 14 cm. As combinações adotadas foram: C1 = peso próprio + sobrecarga + vento a 0°; C2 = peso próprio + sobrecarga + vento a 90°; C3 = peso próprio + vento a 0° + sobrecarga; C4 = peso próprio + vento a 90° + sobrecarga; C5 = peso próprio + sobrecarga; C6 = peso próprio + vento a 0°; e C7 = peso próprio + vento a 90°. Foram considerados peso próprio, sobrecarga de 1 kN/m² e ações de vento de 2 kN/m nas direções de 0° e 90°, com pilares engastados na base.

O peso próprio foi considerado na modelagem, enquanto a sobrecarga adotada foi de 1 kN/m² e as ações de vento foram aplicadas nas direções de 0° e 90°, com intensidade de 2 kN/m. As combinações foram processadas no SAP2000 para avaliar a resposta estrutural nas diferentes situações de carregamento. Para a verificação dos deslocamentos dos elementos estruturais, adotou-se como critério de aceitabilidade o limite de (L/300), conforme estabelecido pela ABNT NBR 7190:2022. Considerando o vão de 9,00 m da estrutura analisada, o deslocamento máximo resultando em (900/300=3) cm.

A análise resultou em deslocamentos máximos de 2,59 cm na direção Y e 1,71 cm na direção X, ambos inferiores ao limite de 3,00 cm adotado. Entre os esforços obtidos, destacam-se o esforço normal de 160,286 kN no pilar P13 e o momento fletor de 98,189 kN·m na viga V5. A modelagem permitiu visualizar a resposta estrutural do galpão e explorar, de forma prática, os procedimentos de definição, processamento e interpretação dos resultados no SAP2000.

A diferença entre as ferramentas não se limita, portanto, à quantidade de recursos disponíveis, mas também está relacionada à formulação e à possibilidade de representação dos sistemas estruturais. O FTOOL é baseado em uma abordagem matricial de rigidez direcionada à análise de estruturas reticuladas bidimensionais. O SAP2000, por sua vez, utiliza o método dos elementos finitos e disponibiliza diferentes tipos de elementos para a representação de sistemas estruturais, permitindo a construção de modelos bidimensionais e tridimensionais com diferentes níveis de aproximação.

Essa diferença é particularmente relevante no modelo analisado. O galpão possui pórticos sucessivos e uma configuração espacial tridimensional, cuja representação integral ultrapassa as possibilidades de modelagem do FTOOL. Embora partes individualizadas do galpão possam ser idealizadas como estruturas planas e analisadas em uma ferramenta bidimensional, a análise do sistema espacial completo requer recursos de modelagem tridimensional, como os disponíveis no SAP2000.

Dessa forma, não foi realizada uma comparação numérica direta entre os resultados dos dois softwares, uma vez que a aplicação prática desenvolvida neste estudo ocorreu somente no SAP2000. A comparação apresentada concentra-se nas características, limitações e possibilidades de aplicação das ferramentas. Os resultados indicam, portanto, possibilidades complementares de utilização das ferramentas no ensino de análise estrutural. O FTOOL pode ser utilizado na abordagem dos conceitos fundamentais e na visualização do comportamento de estruturas reticuladas bidimensionais, enquanto o SAP2000 permite explorar situações de maior complexidade geométrica e diferentes configurações de modelagem. Essa diferenciação possibilita relacionar modelos estruturais simplificados a

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

aplicações computacionais mais detalhadas, respeitando as características e limitações de cada ferramenta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar comparativamente o uso dos softwares FTOOL e SAP2000 como ferramentas de apoio ao ensino de análise estrutural em Engenharia Civil, considerando suas características, funcionalidades, possibilidades de visualização e interpretação do comportamento estrutural.

A análise do FTOOL, realizada a partir do levantamento bibliográfico e da exploração de suas funcionalidades, evidenciou seu direcionamento à representação e análise de estruturas reticuladas bidimensionais, possibilitando a visualização de reações de apoio, esforços internos, deslocamentos e deformações. A aplicação prática realizada no SAP2000 consistiu na modelagem de um barracão de estrutura mista de madeira e aço, considerando sua geometria, materiais, seções, vínculos e carregamentos. A análise possibilitou a obtenção de esforços internos, reações de apoio, deslocamentos e deformações. Entre os resultados obtidos, destacam-se os deslocamentos máximos de 2,59 cm na direção Y e 1,71 cm na direção X, inferiores ao limite de 3,00 cm adotado para a verificação.

A análise também evidenciou que a configuração tridimensional do barracão, composta por pórticos sucessivos, ultrapassa o escopo de representação do FTOOL, que é direcionado a estruturas reticuladas bidimensionais. Dessa forma, enquanto o FTOOL pode ser utilizado para a representação e compreensão de modelos estruturais planos, o SAP2000 permite analisar a estrutura espacial como um conjunto, além de possibilitar diferentes níveis de detalhamento na modelagem.

Dessa forma, o FTOOL pode ser empregado na abordagem inicial dos conceitos e do comportamento de estruturas reticuladas bidimensionais, enquanto o SAP2000 possibilita avançar para a modelagem e análise de sistemas estruturais com maior complexidade geométrica e espacial. A associação dessas características permite organizar o uso das ferramentas de forma progressiva, partindo dos fundamentos da análise estrutural e avançando para a modelagem computacional de estruturas mais detalhadas.

REFERÊNCIAS

BRANCHIER, H. S.; GAUER, E. A.; HANSEN, B. Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 39, p. 472–479, 2020. DOI: 10.37702/REE2236-0158.v39p472-479.2020.

FARIAS, A. S.; BLEICHER, S. Aplicação do software Ftool: estudo de caso na disciplina de estabilidade do curso técnico pós-médio de edificações. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 3, e5976, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17.n.3-290.

FONSECA, Ronald Assis; RAFAEL, Clélio Rodrigo Paiva; VICTOR, Emerson Francisco; SANTOS, Núbia Cristina Geraldo dos; OLIVEIRA, Amanda Xavier de; SILVA, Cleiciane Ferreira da. O uso do Mentimeter como metodologia ativa virtual no curso de Gestão Ambiental da Faculdade Única de Ipatinga. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 4, p. 1–7, 2021. DOI: 10.51189/rema/1939.

MARTHA, L. F.; RANGEL, R. L. FTOOL: Three decades of success as an educational program for structural analysis. In: XLIII Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering – CILAMCE, 2022.

PASSINHO, J.; SILVA, K. G. S. O uso do FTOOL no ensino de mecânica vetorial para engenharia: uma experiência no curso de Engenharia Civil no Campus da UEMA/São Luís. **Revista Práticas em Extensão**, v. 9, n. 2, 2025. DOI: 10.18817/rpe.v9i2.4112.

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

RAFAEL, Clélio Rodrigo Paiva; TESSAROLE, Cristina de Lacerda; FONSECA, Ronald Assis. A importância das tecnologias da informação e comunicação (TIC's) no processo de ensino e aprendizagem do ensino fundamental: uma revisão. **Anais do EVIDOSOL/CILTec-Online**, v. 11, n. 1, 2023. Disponível em: https://ciltec.textolivre.pro.br/index.php/CILTecOnline/article/view/1131. Acesso em: 1 out. 2026.

VÁZQUEZ-GRECIANO, A.; HERNANDO, J. I.; DE SANTOS-BERBEL, C.; DE OÑA, A.; AZNAR, A. Improving education in structural analysis: integration of SAP-2000 exercises and automated classroom assessment. In: 17th Annual International Conference of Education, Research and Innovation – ICERI2024. Seville, Spain, 2024. p. 957–962. DOI: 10.21125/iceri.2024.0328.