

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

SOFTWARE ON-LINE PARA DESENHO DE ESTRUTURA LINEAR TRIDIMENSIONAL.

PABLO K. B. FERNANDES ¹, GUSTAVO C. NIRSCHL ²

¹ Graduando em Engenharia Civil, IFSP, Câmpus Votuporanga, pablo.b@aluno.ifsp.edu.br

² Professor MSc. da área de Engenharia Civil, IFSP, Câmpus Votuporanga, nirschl@ifsp.edu.br
Área de conhecimento (Tabela CNPq): Mecânica das Estruturas - 3.01.02.04-9

RESUMO: Existem inúmeros programas de computador que realizam cálculos de engenharia civil. Normalmente, esses programas mostram apenas os resultados finais ou alguns passos intermediários. Em contraste, um grupo de pesquisa cadastrado no CNPq desenvolve programas que demonstram via relatório, todo o procedimento de cálculo e os disponibiliza online. Dentro da área de cálculo estrutural, surgiu a necessidade de um ambiente para o desenho de estruturas lineares tridimensionais, como pórticos espaciais, para, posteriormente, realizar a análise estrutural e o dimensionamento desses elementos. Assim, foi criado um programa de computador, chamado CADlinear3D, que permite ao usuário inserir uma estrutura de elementos lineares em 3D. Esse programa servirá de base para futuros módulos que realizarão os cálculos e análises em estruturas de engenharia civil.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia civil; Cálculos estruturais; Desenho tridimensional; Estruturas lineares; Pórticos espaciais; Programas de engenharia; Educação em engenharia.

ONLINE SOFTWARE FOR DESIGN OF THREE-DIMENSIONAL LINEAR STRUCTURES.

ABSTRACT: There are numerous computer programs that perform civil engineering calculations. Typically, these programs only show the final results or some intermediate steps. In contrast, a research group registered with the CNPq develops programs that demonstrate, via report, the entire calculation procedure and make them available online. Within the area of structural calculation, the need arose for an environment for the design of three-dimensional linear structures, such as space frames, in order to subsequently perform the structural analysis and dimensioning of these elements. Thus, a computer program called CADlinear3D was created, which allows the user to insert a structure of linear elements in 3D. This program will serve as the basis for future modules that will perform calculations and analyses in civil engineering structures.

KEYWORDS: Civil Engineering; Structural calculations; Three-dimensional design; Linear structures; Space frames; engineering programs; Engineering education.

INTRODUÇÃO

Os programas de computador da área de estruturas de engenharia civil, como o Ftool, desenvolvido por Martha (2017), normalmente apresentam apenas os resultados finais ou alguns passos intermediários para se chegar até eles.

Procurando mostrar todos os cálculos em relatório, Santos Junior, Lopes e Nirschl (2016), dentro do grupo de pesquisa NEVE (Núcleo de Engenharia Virtual e Experimental), do qual este trabalho faz parte, desenvolveram o programa IFESTRUT, disponível on-line em <https://vtp.ifsp.edu.br/nev/Ifestrut/ifestrut.html>, que permite o desenho de uma estrutura linear 2D e

sua análise por vários métodos (módulos), cada um resultado de um projeto de pesquisa realizado. A **Figura 1** mostra parte da tela do IFESTRUT.

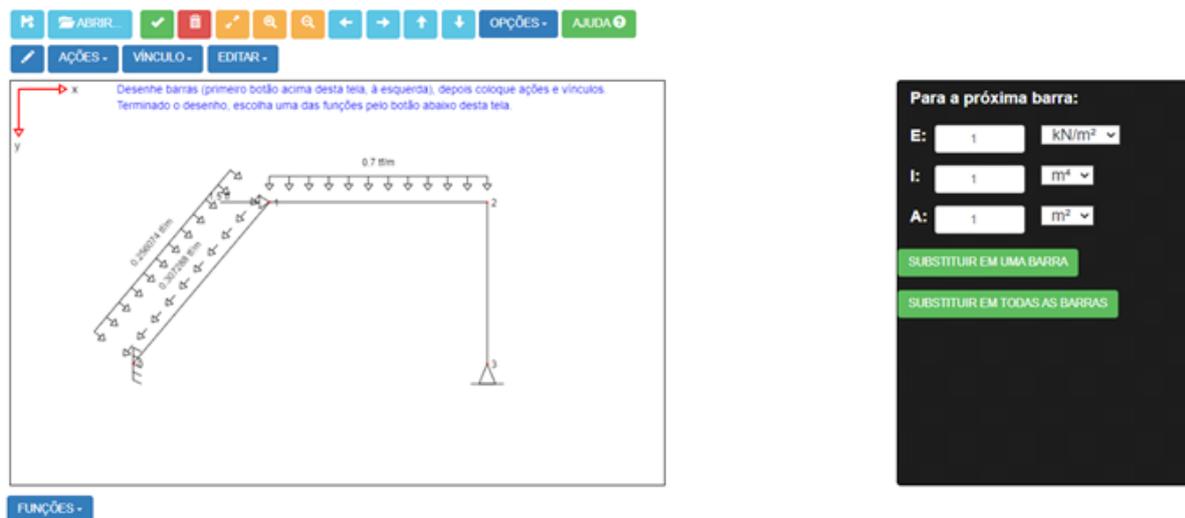


Figura 1: Parte da tela do IFESTRUT - Fonte: O próprio autor utilizando o programa disponível em <https://vtp.ifsp.edu.br/nev/Ifestrut/ifestrut.html>. Acesso em 23/08/2023.

Após o desenvolvimento de vários programas, como o da **Figura 1**, o grupo de pesquisa sentiu a necessidade de criar um ambiente para o desenho de estruturas lineares tridimensionais, como pórticos espaciais, com o objetivo de que futuros projetos possam desenvolver a análise estrutural e o dimensionamento desses elementos.

Com esse propósito, foi desenvolvido um programa que permite ao usuário inserir uma estrutura de elementos lineares em 3D, como barras posicionadas em qualquer coordenada em um ambiente tridimensional (x, y, z). O programa oferece diversas funcionalidades, como a configuração de vinculação dos nós, aplicação de forças e momentos concentrados nos nós, cargas distribuídas nas barras, e definição do material das barras, entre outras funções. O programa também possui uma funcionalidade de impressão gráfica de valores de esforços e deslocamentos genéricos. Estes valores serão efetivamente calculados em módulos resultantes de outras pesquisas científicas do grupo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolver o programa na plataforma e disponibilizá-lo no *site* do grupo de pesquisa, utilizou-se a linguagem HTML/Javascript em conjunto com CSS. Os principais recursos utilizados para o desenvolvimento incluíram as seguintes plataformas: W3Schools(1998-2024), FreeCodeCamp(2015-2024), Codecademy(2011-2024) e outros. A partir de todo esse material, foi possível desenvolver e implementar o programa conforme os requisitos do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 2** apresenta a tela inicial do programa criado, disponibilizado em <https://vtp.ifsp.edu.br/nev/Ifestrut-barras3D/CADlinear3D.html>, com todas as suas funções essenciais e espaço com coordenadas (x, y, z).

Os botões amarelos na **Figura 2** permitem que o usuário insira nós e barras. Os nós são criados digitando suas coordenadas x, y e z. As barras podem ser criadas de três maneiras:

- 1) selecionando 2 nós previamente criados;
- 2) partindo do ponto (0,0,0), apontando com o mouse a direção da barra e digitando seu comprimento;
- 3) clicando em um nó existente, apontando com o mouse a direção da barra e digitando seu comprimento.

Após adicionar os nós da estrutura, é possível escolher suas vinculações pela lista de opções do botão mostrado na **Figura 3**.

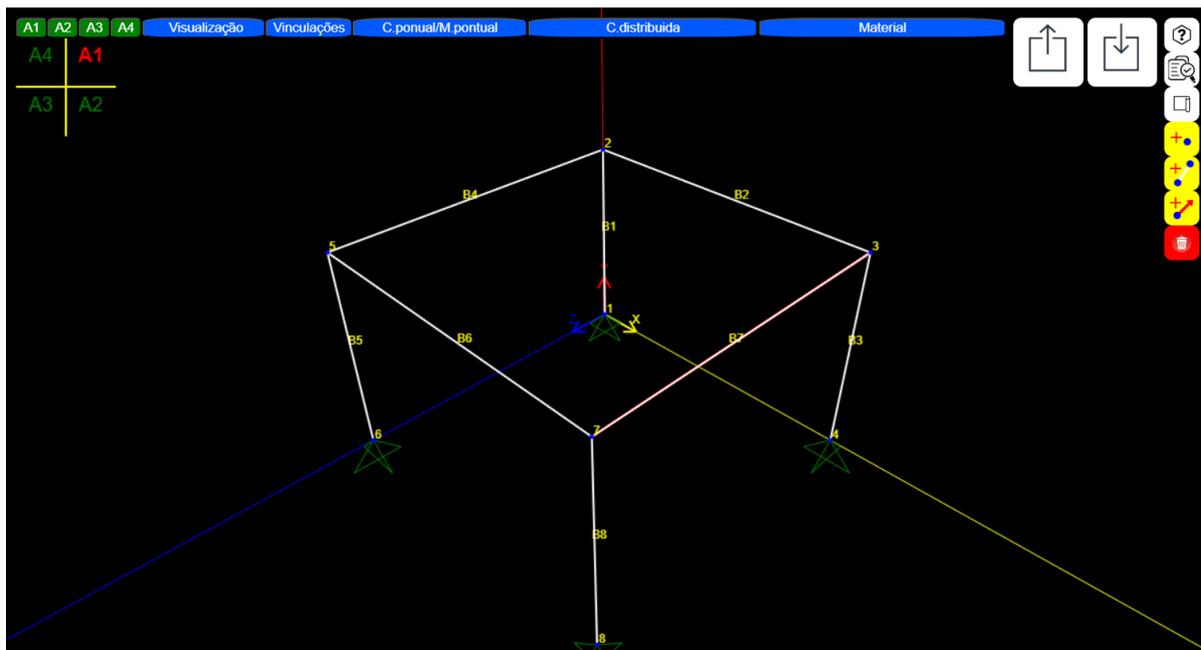


Figura 2 - Aplicação de um pórtico no CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

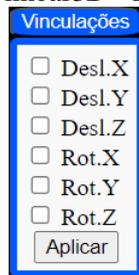


Figura 3 – Tipos de vinculações do CADlinear3D Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

O nó então receberá uma representação gráfica correspondente ao seu vínculo conforme a numeração dos nós exemplificados na **Figura 4**, sendo:

- 1) Deslocamento restringido apenas em y;
- 2) Deslocamento restringido em y e x;
- 3) Deslocamento restringido em y, x e z;
- 4) Deslocamento restringido apenas em x;
- 5) Deslocamento restringido apenas em z;
- 6) Rotação restringida apenas em y;
- 7) Rotação restringida apenas em x;
- 8) Rotação restringida apenas em z;
- 9) Rotação restringida em x, y e z;
- 10) Rotação restringida em y e deslocamento restringido em x; e
- 11) Todos os movimentos restringidos;

Essas são as principais representações. Destas, diversas combinações são possíveis.

É possível adicionar uma força ou momento pontual nos nós pela lista de opções do botão mostrado na **Figura 5**. Podem-se escolher entre várias unidades dentro dos sistemas kgf, N, kN e tf e mm, cm e m. Exemplo de aplicação conforme a numeração dos nós da **Figura 5**.

- 2) Força concentrada de -2kN em y e 3kN em x;
- 3) Força concentrada de -5tf em y e 1tf em x;
- 4) Força concentrada de 5N em y, -5N em z e -5N em x;
- 5) Momento concentrado de 2Nm em torno de x;
- 6) Momento concentrado de 10tfmm em torno de z; e
- 7) Momento concentrado de 4Ncm em torno de y;

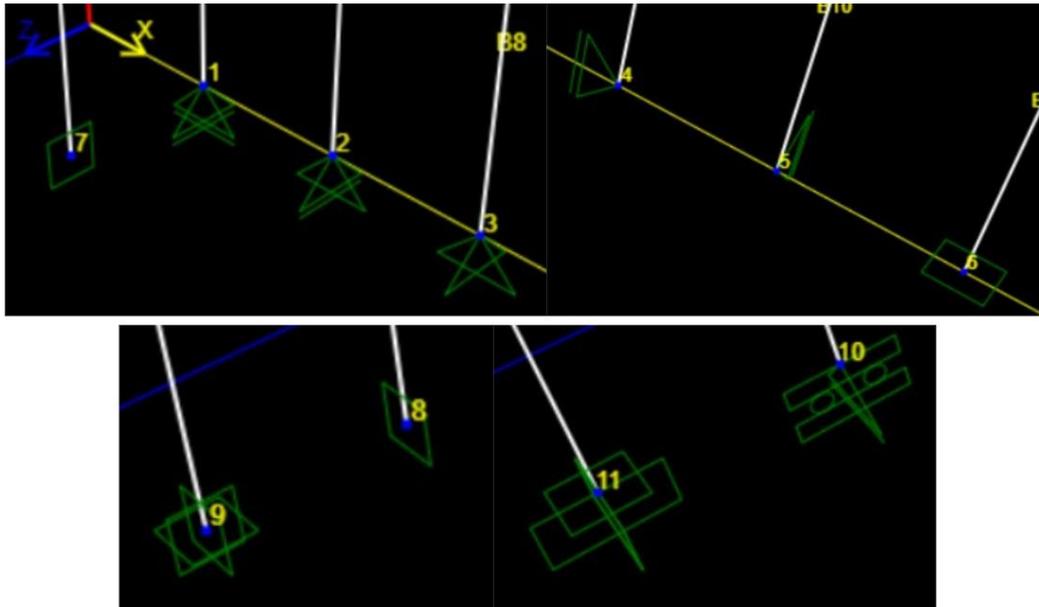


Figura 4 -Vinculações do CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

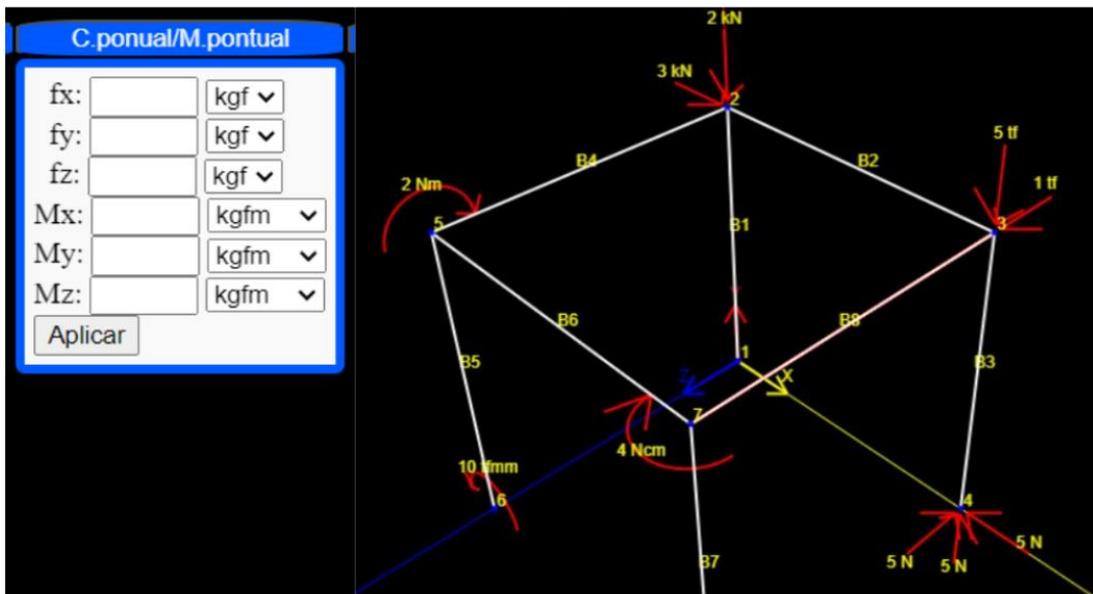


Figura 5 - Configuração de ações pontuais do CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

Na aba de material (**Figura 6**), o usuário pode adicionar os dados antes ou depois de adicionar as barras:
 1) Criar um ou mais tipos (conjuntos) de dados, pelo botão CRIAR da **Figura 6** antes de iniciar o desenho; e

2) Selecionar um tipo pré-existente, depois atribuí-lo a uma (botão UM+ da figura 6) ou todas (botão TUDO+ da figura 6) as barras.

Para criar um tipo de material, é preciso fornecer dados relacionados à barra, sendo:

A = Área da seção transversal da barra, no sistema cm^2 , m^2 e mm^2 ;

E = Módulo de elasticidade longitudinal do material, no sistema GPa, MPa, kPa, Pa e (kgf, N, kN, tf)/(m^2 , cm^2 , mm^2);

I_y = Momento de inércia em y da seção transversal, no sistema cm^4 , m^4 e mm^4 ;

I_z = Momento de inércia em z da seção transversal, no sistema cm^4 , m^4 e mm^4 ;

G = Módulo de torção do material, no sistema GPa, MPa, kPa, Pa e (kgf, N, kN, tf)/(m^2 , cm^2 , mm^2); e

ν = Coeficiente de Poisson do material, adimensional;

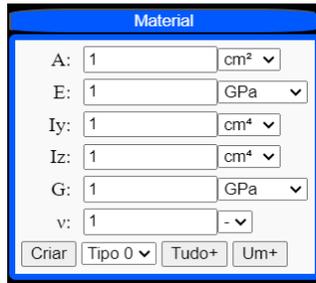


Figura 6 - Configuração de material no CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

É possível adicionar carga distribuída perpendicular às barras por meio da aba mostrada na **Figura 7**. A carga distribuída pode ser adicionada no sistema (kgf, kN, N, tf)/(m, cm, mm). Em barras paralelas aos eixos x, y e z, podem ser utilizadas as três primeiras opções. Em barras inclinadas em uma ou mais direções, utiliza-se o eixo local x, y da barra, sendo as duas últimas opções (CargaLX e CargaLY). Exemplo de aplicação numerado pelo número da barra da **Figura 7**:

- B1) Carga distribuída de 9 kN/m em z;
- B2) Carga distribuída de -2N/cm em y;
- B3) Carga distribuída de -7N/mm em y local da barra;
- B4) Carga distribuída de 5 kgf/m em x; e
- B5) Carga distribuída de -3N/mm em x local da barra;

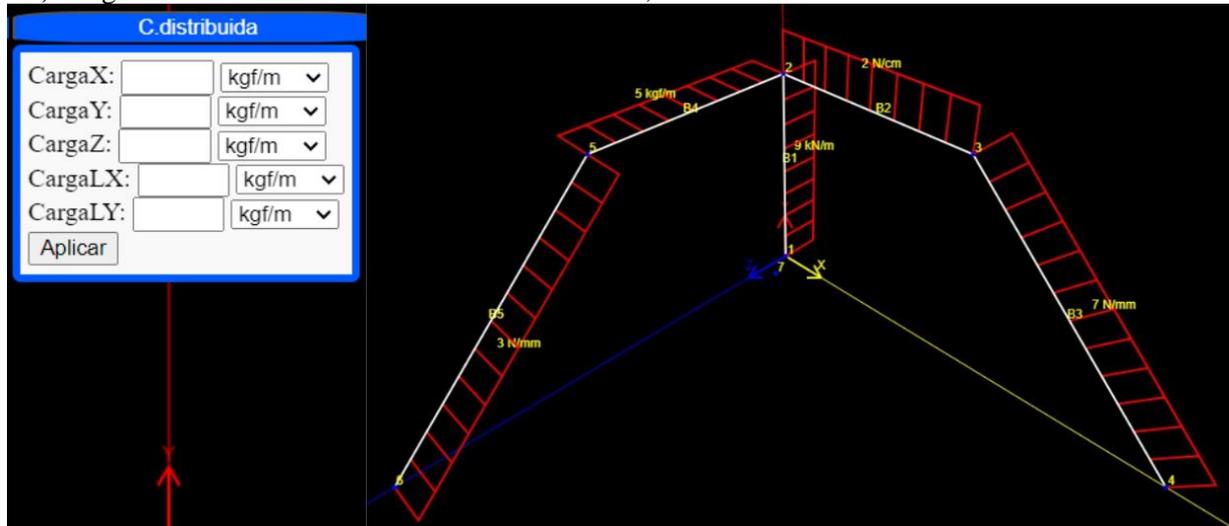


Figura 7 - Configuração de carga distribuída do CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

Ao selecionar uma barra ou um nó, são exibidas suas informações, conforme exemplo na **Figura 8**.

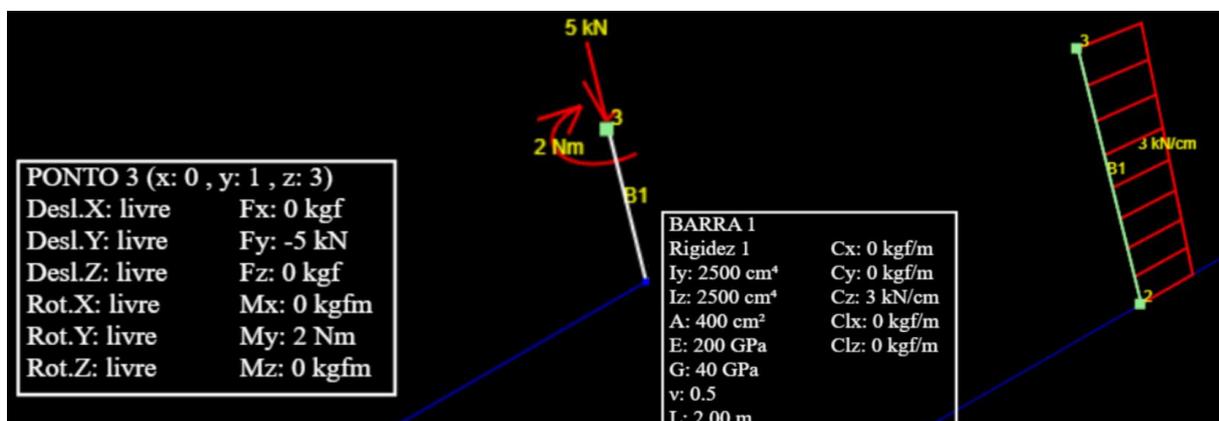


Figura 8 - Dados de barras e nós no CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa.

E, finalmente, o programa possui uma rotina genérica para a representação gráfica dos esforços e deslocamentos que serão calculados em futuros módulos, como por exemplo a representação do momento em torno de Z local de uma barra (**Figura 9**).

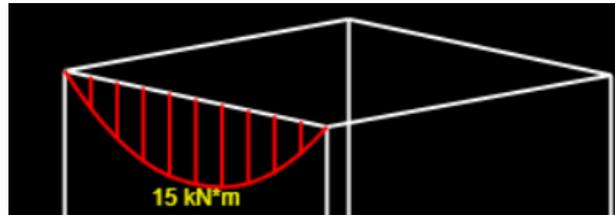


Figura 9 -Gráfico de momento no CADlinear3D - Fonte: O próprio autor, utilizando o programa

CONCLUSÕES

A criação do ambiente para o desenho de estruturas tridimensionais, como pórticos espaciais, possibilitará a criação de futuros módulos para análises e dimensionamentos, que mostrarão relatórios de todos os cálculos, conforme premissa do grupo de pesquisa. Sua disponibilização *online* facilita o acesso para engenheiros, pesquisadores e estudantes, promovendo o avanço do conhecimento em engenharia civil. Além disso, reforça a importância de recursos educacionais abertos para o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes e transparentes.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Pablo Kauan Batista Fernandes atuou na pesquisa, curadoria e análise dos dados, além de conduzir a redação do trabalho.

Gustavo Cabrelli Nirschl contribuiu com a supervisão e revisão do trabalho, além de aprovar a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia e ao meu orientador pela ajuda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CODECADEMY. Learn to code - for free | Codecademy. EUA, Nova Iorque, 2011-2024.

Disponível em: <<https://www.codecademy.com/>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

FREECODECAMP. Learn to code | freeCodeCamp.org. EUA, Oakland, 2015-2024. Disponível em

<<https://www.freecodecamp.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MARTHA, Luiz Fernando. **Ftool: Two-dimensional Frame Analysis Tool**. Versão básica 4.00.03.

Rio de Janeiro: Instituto Tecgraf/PUC-Rio, 2017. Ftool para Windows. Disponível em:

<https://www.Ftool.com.br/Ftool/>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

REFSNES DATA (Noruega). **W3Schools: Site de desenvolvedores web**, [S.I.], 2024. Disponível em

<<http://www.w3schools.com/>>. Acesso em 20 mar. 2024.

SANTOS JUNIOR, L. J.; LOPES, A. J. F.; NIRSCHL, G. C. **Programa base CAD para a análise de estruturas lineares**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSP, 7., 2016, Matão. Anais[...]. Disponível em //mto.ifsp.edu.br/images/CPI/Anais/IC/1720.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2023.