CAD-LAJES: *SITE ON-LINE* PARA ESTRUTURAS PLANAS FLETIDAS

JONATAN V. M. FERNANDES[1], GUSTAVO C. NIRSCHL[2]

[1] Graduando em Engenharia Civil, Voluntário PIVICT, IFSP, Câmpus Votuporanga, jonatan.fernandes@outlook.com.br
[2] Professor MSc. da área de Edificações, IFSP, Câmpus Votuporanga, nirschl@gmail.com
Área de conhecimento (Tabela CNPq): Mecânica das Estruturas - 3.01.02.04-9

RESUMO: Nos dias atuais, com o avanço tecnológico, surgiram diversos *softwares* capazes de realizar cálculos complexos da Engenharia Civil. Contudo, a maioria desses *softwares* apenas apresentam o resultado final, sem mostrar todo o processo de cálculo desses resultados. Por isso, esse artigo apresenta um *software* feito com linguagens *web* (HTML/JavaScript), uma base CAD-Lajes, que permite o desenho de lajes e servirá de base para a criação de módulos por professores da área de Engenharia Civil, que apresentarão todos os cálculos de análises estruturais das lajes via relatório em PDF. O *software* em questão foi elaborado por duas frentes. Nesta frente 1 são apresentadas algumas funcionalidades, tais como funções para desenho da laje, substituição dos dados da laje, cargas pontuais e trem-tipo, salvar e abrir arquivo, sistema de unidade final, medir e relatório em PDF.

PALAVRAS-CHAVE: *software*; engenharia civil; *on-line*; javascript; html; laje

CAD-SLABS: ONLINE WEBSITE FOR FLECTED FLAT STRUCTURES

ABSTRACT: Nowadays, with technological advances, several softwares have appeared capable of performing complex calculations of civil engineering. However, most of these softwares only present the final result, without showing the whole calculation process of it. Therefore, this paper presents a software made with web languages (HTML/JavaScript), a base CAD-Slabs, that allow the slab design and will be used as a base for the creation of modules by professors of the civil engineering field, that will present all calculations of structural analysis of the slabs via PDF report. The software in question was developed on two fronts. In this front 1, some features are presented, such as functions for slab design, replacement of the slab data, point loads and load-train, save and open file, final unit system, measure and report in PDF.

KEYWORDS: software; civil engineering; online; javascript; html; slab

INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico, diversos modos de facilitar o processo de cálculo de uma estrutura de Engenharia Civil foram surgindo, tornando-se assim desnecessário utilizar apenas métodos manuais. Por isso, nos dias atuais, existem diversos programas de computador cujo principal objetivo é realizar tais cálculos. Contudo, a maioria desses programas apenas retorna os resultados ou nem todos os passos realizados, sem mostrar qual o processo completo desses cálculos.

Neste contexto, um grupo de pesquisa cadastrado no CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) do qual o autor faz parte, vem criando programas *on-line* que não só fazem cálculos, mas que demonstram todo o procedimento realizado, onde vários módulos foram criados para a análise de estruturas lineares planas. Sendo assim, apresenta-se um programa, nos mesmos moldes, para estruturas planas fletidas (lajes), um *software* de ambiente gráfico 2D, voltado para o futuro cálculo dessas estruturas desenhadas.

Portanto, a criação desse ambiente utilizando linguagem de página de internet servirá de base para a elaboração de programas (módulos) por professores da área de Engenharia Civil, principalmente

da área de estruturas, que participam do grupo de pesquisa cadastrado e ativo no CNPq chamado NEVE (Núcleo de Engenharia Virtual e Experimental), que tem também como foco trabalhos voltados à Engenharia de cunho virtual, como *softwares*, vídeos, maquetes virtuais, etc.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse *software*, foram utilizadas as linguagens de programação para *web* HTML/JavaScript, de maneira que a fundamentação teórica para o desenvolvimento do ambiente CAD-Lajes pode ser encontrada em W3Schools (REFSNES DATA, 1998) e MDN web docs (MOZILLA, 1998), consistindo no estudo relacionado ao comando *canvas*, que se trata de uma tela gráfica da linguagem HTML (*Hypertext Markup Language*). Além disso, foi necessário conhecer equações relacionadas à geometria, como equações de rotação e posição de pontos no plano, para com isso ser possível fazer a representação de recursos presentes no programa, no caso desta frente 1. Tais recursos são: desenho da laje, substituição dos dados da laje, cargas pontuais, carga trem-tipo, salvar e abrir arquivo, sistema de unidade final e atalhos para a utilização de funcionalidades. Além disso, juntamente com a frente 2, foi desenvolvido a função medir e o relatório em PDF.

Ademais, como o programa servirá de base para futuros módulos que mostrarão os resultados de cálculo, foi inserida uma biblioteca que facilita a criação de relatórios em PDF a partir dos dados do programa, sendo ela o PDFMake (PAMPUCH; M., 2020). Essa biblioteca possui funções de edição de arquivos PDF, como edição de textos, tabelas, margens, fontes, símbolos, dentre outros.

Em se tratando de um programa que será disponibilizado *on-line*, tornou-se viável a utilização de uma biblioteca que melhora o retorno de problemas durante a utilização do programa pelo usuário, sendo ela o SweetAlert2 (MONTE, 2020), de maneira que, com essa biblioteca, é possível retornar um aviso de erro de entrada ou de saída para o usuário de maneira mais intuitiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado final do programa pode ser observado na tela inicial, presente na Figura 1, onde também pode ser visto uma laje inserida com algumas cargas pontuais. A apresentação das funcionalidades dará ênfase nos trabalhos da frente 1.

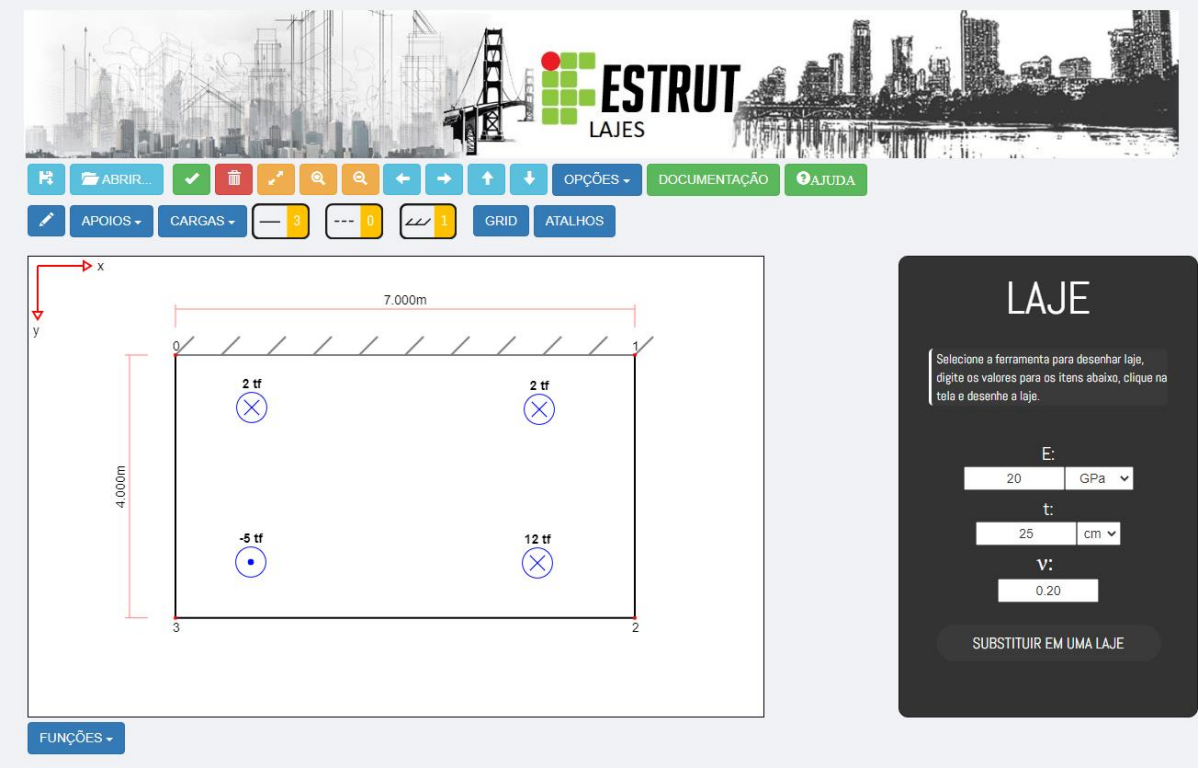

FIGURA 1. Tela inicial do programa.

Nesta tela, ficam todas as funcionalidades do programa, como o botão de desenho da laje, que pode ser feita por meio do clique do mouse na tela (ponto inicial) e atribuindo valores específicos para as dimensões (ou clicando num segundo ponto diretamente na tela), de maneira que o programa proporciona uma cota para o usuário visualizar as dimensões que está colocando. Dados como a espessura, coeficiente de Poisson e Módulo de Elasticidade são inseridos no quadro que aparece à direita, na Figura 1. Existe ainda o botão para substituir dados de uma laje já desenhada. A laje desenhada pode ser salva em arquivo (botões no canto superior esquerdo da Figura 2).

Também está presente o menu de cargas, que, no caso da carga pontual, pode ser inserida por meio do clique do mouse ou definindo as coordenadas referentes ao primeiro vértice da laje. Além disso, existe também o botão opções, na qual o usuário pode definir as unidades finais, medir os elementos inseridos na laje e ver os dados da laje inserida.

Por fim, tem-se o botão funções, onde serão futuramente adicionados módulos para cálculos referentes à análise estrutural da laje desenhada. Inicialmente, foi implementada a função redesenhar, que gera um relatório em PDF com todos os dados da laje desenhada.

Na Figura 2, pode ser visto uma carga trem-tipo, de acordo com a NBR 7188 (2013), inserida em uma laje, juntamente com o menu de carga trem-tipo usado para a sua inserção.

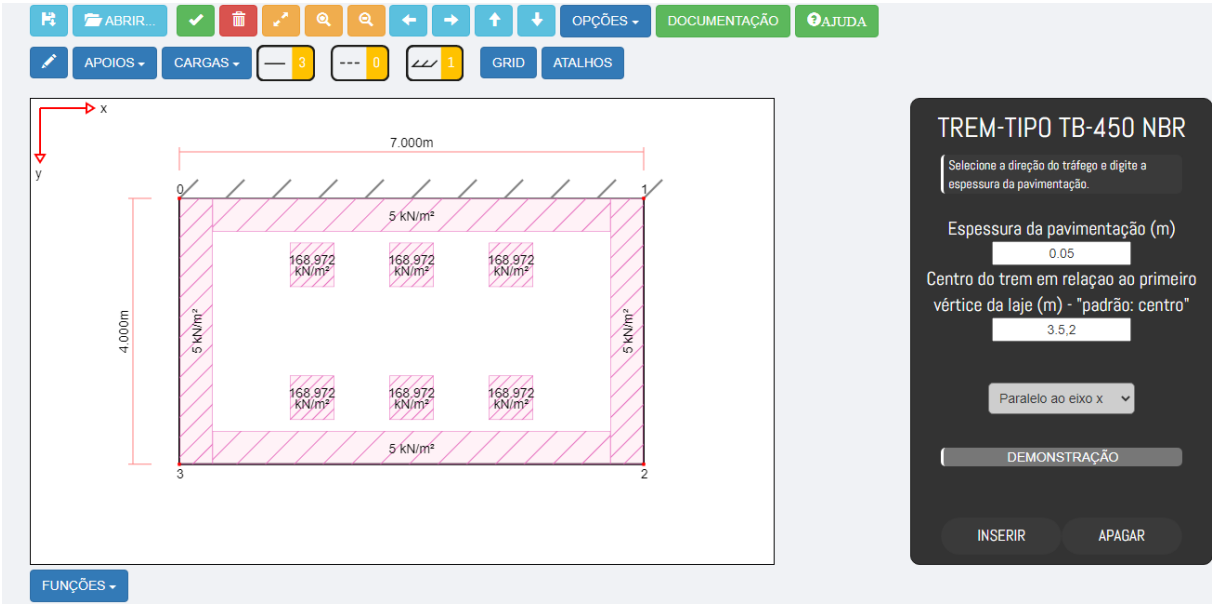

FIGURA 2. Laje com carga trem-tipo inserida no ambiente.

Conforme a Figura 2, no menu da carga trem-tipo pode ser definida a espessura da pavimentação e também a posição do centro do trem-tipo em relação ao primeiro vértice da laje, além da direção do tráfego desejada, ou seja, tráfego paralelo ao eixo x ou tráfego paralelo ao eixo y.

É possível, dentro do botão de opções, definir qual será o sistema de unidades dos valores finais, bem como ver os dados da laje e medir elementos dentro do ambiente, conforme presente na Figura 3.

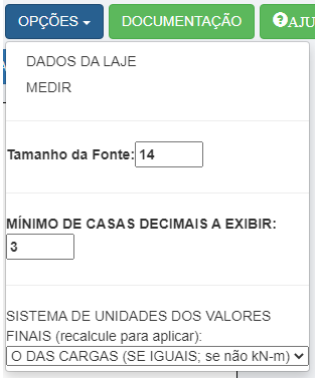

FIGURA 3. Botão de opções.

Para o caso onde existe carga trem-tipo inserida, o relatório PDF possui informações teóricas relacionadas a esse tipo de carga, bem como tabelas com os dados de entrada da carga trem-tipo inserida, como espessura da pavimentação, coordenadas do centro das cargas externas e internas e o módulo da carga.

Na Figura 4, pode ser visto uma página do relatório PDF gerado relacionado à laje na tela da Figura 2, ou seja, o caso em que existe carga trem-tipo inserida.

$$t = \sqrt{0,2 \times 0,5} + 2 \times (e + \frac{h}{2})$$

Então, conforme demonstrado acima, as cargas a serem aplicadas serão 75 kN distribuidos numa área de t por t para cada uma das seis cargas presentes no trem-tipo.

DADOS DO TREM TIPO

Tabela 3 - Propriedades do TREM TIPO.

Espessura da pavimentação(e) (m)	Coordenada X do centro do trem-tipo (m)	Coordenada Y do centro do trem-tipo (m)
0.0500	3.500 (centro da laje)	2.000 (centro da laje)

DADOS DO TREM-TIPO INSERIDOS PELO USUÁRIO

CARREGAMENTOS DAS RODAS

Tabela 4 - Dados dos Carregamentos das Rodas.

Índice	t (m)	t (m)	Módulo (kN/m²)
0	0.666	0.666	168.972
1	0.666	0.666	168.972
2	0.666	0.666	168.972
3	0.666	0.666	168.972
4	0.666	0.666	168.972
5	0.666	0.666	168.972

CARREGAMENTOS DAS PARTES DE FORA

Tabela 5 - Dados dos Carregamentos de Fora.

Índice	Altura (m)	Largura (m)	Módulo (kN/m²)
6	4.000	0.500	5.000
7	4.000	0.500	5.000
8	0.500	6.000	5.000
9	0.500	6.000	5.000

FIGURA 4. Parte do relatório PDF gerado.

CONCLUSÕES

O resultado atingido foi o esperado e poderá ser utilizado como base para a criação de módulos de cálculo de estruturas planas fletidas (lajes). Esses módulos terão o diferencial de gerar um pdf com o processo de cálculo completo de tais estruturas. Portanto, pretende-se atualizar o *software* implementando algoritmos para resolver diversos tipos e análises de lajes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao IFSP e ao meu orientador por toda a ajuda durante o desenvolvimento da pesquisa voluntária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.** Rio de Janeiro, 2013.

MONTE, Limon. **SweetAlert2**: Biblioteca geradora de caixa de alerta. Versão 10. [*S. l.*], 5 set. 2020. Disponível em: < https://sweetalert2.github.io/>. Acesso em: 16 set. 2020.

MOZILLA. **MDN web docs**: Recursos de desenvolvedores para desenvolvedores. [*S. l.*], 1998. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/ >. Acesso em: 15 set. 2020.

PAMPUCH, Bartek; M., Libor. **PDFMake**: Biblioteca geradora de pdf. Versão 0.1.6.8. [*S. l.*], 20 jul. 2020. Disponível em: <http://www.pdfmake.org/ >. Acesso em: 16 set. 2020.

REFSNES DATA (Noruega). **W3Schools**: Site de desenvolvedores web. [*S. l.*], 1998. Disponível em: <https://www.w3schools.com/ >. Acesso em: 16 set. 2020.