

## AUTOMAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DE LAJES PRÉ-FABRICADAS TRELIÇADAS BI-APOIADAS

AUTOMATION OF SIZING OF PREFABRICATED BI-SUPPORTED LATTICE SLABS

Thiago Daniel dos Santos Lins<sup>1</sup>  
Lucas Tarlau Balieiro<sup>2</sup>  
Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro<sup>3</sup>

**RESUMO:** Esse artigo busco o objetivo desenvolver uma ferramenta automatizada para o dimensionamento de lajes pré-fabricadas treliçadas bi-apoiadas, utilizadas em sistemas estruturais de construção civil. A pesquisa visa aprimorar a precisão e a eficiência no cálculo de dimensionamento, abordando critérios de segurança. Inicialmente, são apresentados conceitos fundamentais sobre lajes treliçadas, incluindo seus aspectos construtivos, comportamentais e normativos, com base nas normas técnicas vigentes. A metodologia envolve a aplicação dos cálculos em uma planilha do excel que integram dados de carregamento e características geométricas, resultando na obtenção dos esforços de momento, deslocamentos e possível área de aço adicional. A ferramenta proposta permitirá ao engenheiro projetista realizar análises rápidas e precisas, minimizando erros humanos e reduzindo o tempo dedicado ao processo de cálculo manual. Como resultado, espera-se uma solução prática que contribua para a produtividade e a assertividade em projetos de estruturas de concreto, com potencial para ser implementada em empresas do setor e em escritórios de engenharia estrutural.

5101

**Palavras-chave:** Lajes. Excel. Programação. Lajes Treliçadas. Engenharia.

**ABSTRACT:** This article aims to develop an automated tool for the design of precast lattice slabs with two supports, used in structural systems of civil construction. The research aims to improve the accuracy and efficiency in the design calculation, addressing safety criteria. Initially, fundamental concepts about lattice slabs are presented, including their construction, behavioral and normative aspects, based on current technical standards. The methodology involves the application of calculations in an Excel spreadsheet that integrates loading data and geometric characteristics, resulting in the obtaining of moment efforts, displacements and possible additional steel area. The proposed tool will allow the design engineer to perform fast and accurate analyses, minimizing human errors and reducing the time dedicated to the manual calculation process. As a result, a practical solution is expected that contributes to productivity and assertiveness in concrete structure projects, with potential to be implemented in companies in the sector and in structural engineering offices.

**Keywords:** Slabs. Excel. Programming. Lattice Slabs. Engineering.

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Brasil - Fernandópolis-SP.

<sup>2</sup>Universidade Brasil - Fernandópolis-SP.

<sup>3</sup> Mestrado, FEIS-UNESP - Ilha Solteira-SP.

## I. INTRODUÇÃO

Na década de 80, como uma alternativa às lajes maciças e às lajes nervuradas existentes, o sistema de lajes pré-fabricadas começou a ser utilizado nas obras nacionais.

Entretanto, ainda havia carência de ferramentas de cálculo (software) que facilitassem a análise e o dimensionamento desse tipo de sistema de lajes e tampouco existiam estudos consistentes que garantissem a melhor qualidade das lajes pré-fabricas. Segundo a Abilaje (Associação Brasileira da Indústria de Lajes) atualmente fechada, no jornal informativo Lajes do Futuro (1998), em 1990 a participação de lajes pré-fabricadas no mercado era de apenas 5%, crescendo para 40% em 1998. De fato, pode-se afirmar que a utilização das lajes pré-fabricadas é um sistema relativamente novo, onde se destacam agilidade e rapidez na execução (SILVA, B. R. 2012).

Com o grande avanço da tecnologia no mundo, diversos programas/software foram desenvolvidos para maior facilidade no ramo da construção civil. De forma a melhorar a praticidade e rapidez em projetos estruturais, planilhas de fácil utilização foram desenvolvidas para ajudar os profissionais que atuam nessa área.

Relativo à engenharia estrutural, existem de uma maneira geral três tipos de programas: programas de análise, programas de dimensionamento e verificação e programas que fazem ambas as situações. Os programas de análise são programas que visam efetuar a análise estrutural de uma determinada estrutura afim de obter os esforços solicitantes. Os programas de dimensionamento e verificação são programas que, de acordo com uma determinada entrada de dados, faz o dimensionamento dos elementos estruturais e os verifica com base nas normas específicas. Já os programas que fazem ambas as situações, ou seja, análise, dimensionamento e verificação, são programas mais completos, no qual após o lançamento dos elementos constituintes de uma determinada estrutura de forma genérica, o programa faz as análises dos esforços solicitantes, bem como também dimensiona e verifica os elementos com base nas normas técnicas específicas, apresentando os erros encontrados e possíveis soluções (BALIEIRO, L. T. 2016).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver uma planilha de dimensionamento de lajes treliçadas em acordo com as normas, a fim de auxiliar profissionais da área da

construção civil, com um cálculo rápido e eficaz, para melhor aproveitamento de novas tecnologias. A planilha contara com linguagem de programação em VBA (Visual Basic for Applications) para criação do memorial de cálculo exportado em arquivo PDF.

Apresentar e discorrer sobre os principais aspectos do projeto de lajes treliçadas, incluindo os procedimentos recomendados pela NBR 6118 e as prescrições da NBR 14859.

Analisar a influência dos seguintes fatores no comportamento e dimensionamento das lajes.

Fatores a considerar:

- Momentos fletores de cálculo em função dos carregamentos atuantes;
- Verificação das armaduras de flexão;
- Valores para área de aço adicional se necessário;
- Verificação do deslocamento.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

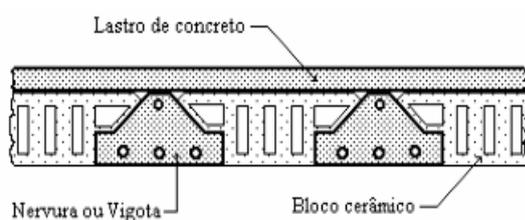
#### 3.1 TIPOS DE LAJES

Na prática, existem diferentes tipos de lajes que são empregadas nas obras de um modo geral, sendo que podem ser classificadas da seguinte forma:

- Quanto a sua composição;
  - Quanto ao esquema estático;
- a) Quanto a sua composição, as lajes podem ser:

- Lajes mistas pré-moldada:

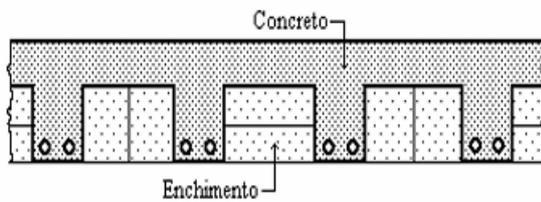
**Figura 1** - Laje mista pré-moldada



**Fonte:** RACANICCHI (2015)

- Lajes mistas moldadas na obra:

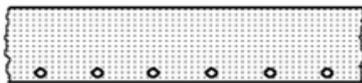
**Figura 2** - Laje mista moldada na obra



Fonte: RACANICCHI (2015)

- Lajes maciça:

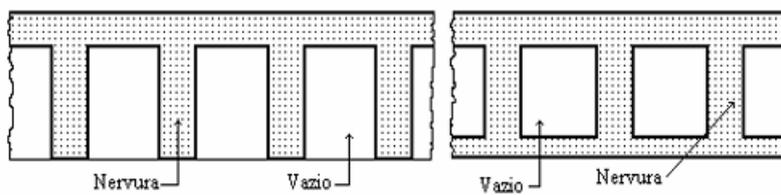
**Figura 3** - Laje maciça



Fonte: RACANICCHI (2015)

- Lajes nervuradas:

**Figura 4** - Laje nervurada

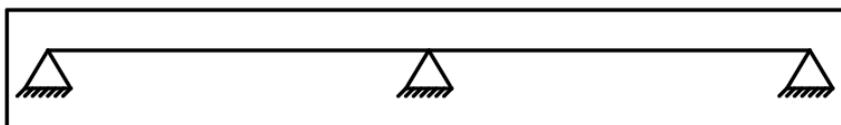


Fonte: RACANICCHI (2015)

b) Quanto ao esquema estático, as lajes podem ser:

- Lajes contínuas:

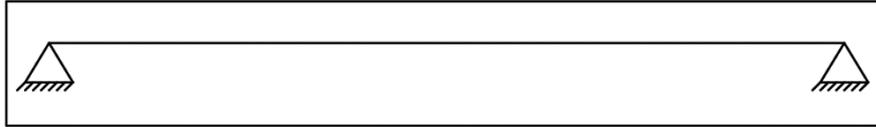
**Figura 5** - Lajes contínua



Fonte: Autoria própria

- Lajes bi-apoiadas:

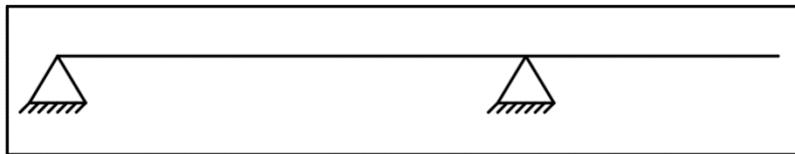
Figura 6 - Laje bi-apoiada



Fonte: Autoria própria

- Lajes em balanço continua:

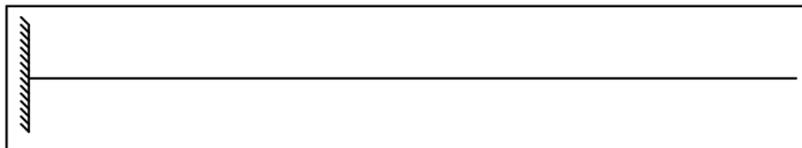
Figura 7 - Laje em balanço continua



Fonte: Autoria própria

- Lajes em balanço não continua:

Figura 1 - Laje em balanço não continua



Fonte: Autoria própria

### 3.2. LAJES TRELIÇADAS

A laje treliçada é um sistema construtivo de laje pré-moldada, que é composto por vigotas de concreto armado e por algum material de preenchimento, podendo ser de cerâmica ou de EPS, conhecido como isopor. Esse sistema começou a chamar atenção no mercado pelo ótimo custo-benefício e rapidamente foi disseminada pelo país. Algumas também apresentam uma armadura complementar para reforço estrutural.

Nas lajes treliçadas é possível eliminar boa parte do concreto que ficaria abaixo da linha neutra, região que sofre esforços de tração, e é pouco eficiente no suporte de cargas. Isso gera uma grande economia de material.

As vigotas e painéis treliçados possibilitam uma ótima união entre as peças pré-moldadas e o concreto moldado in loco deixando a obra mais racionalizada.

A avaliação do carregamento em uma laje, para posterior pré-dimensionamento e orçamento, deve começar com a separação de todas as cargas atuantes conforme suas origens. Nesta separação deve ficar distinto o que são ações permanentes e o que são ações variáveis (acidentais). A separação dessas ações é devido a possibilidade de se utilizar coeficientes de majoração distintos para cada tipo de ação em razão do tipo de combinação utilizado, tanto para ELU como para ELS.

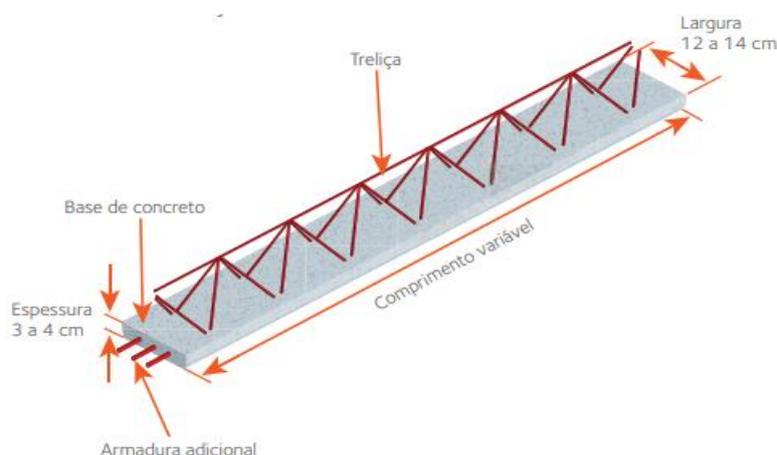
É importante lembrar que neste cálculo o efeito da deformação lenta do concreto incide somente sobre a parcela das ações permanentes. As ações permanentes são aquelas que atuarão durante a maior parte da vida útil da estrutura.

Neste tipo se enquadram o peso próprio, os revestimentos e as cargas de alvenaria. As ações variáveis (cargas acidentais), por outro lado, são variáveis com o tempo e atuam sobre períodos curtos da vida útil da estrutura. Neste tipo se enquadram todas as sobrecargas de utilização.

### 3.3. VIGOTAS TRELIÇADAS

O conjunto é formado pela armação treliçada, a armadura adicional e a base de concreto. Nas fábricas de laje, as vigotas são moldadas em formas de chapas metálicas de 3mm de espessura, dobradas tipo calha, de 12 à 14 cm de base por 3 à 4 cm de altura. O concreto utilizado nessa base deve atender às especificações das normas NBR 6118, NBR 8953, NBR 12654 e NBR 12655, e sua resistência à compressão será no mínimo de 20 Mpa ou aquela especificada no projeto estrutural, prevalecendo o valor mais alto.

**Figura 9** - Medidas da vigota treliçada

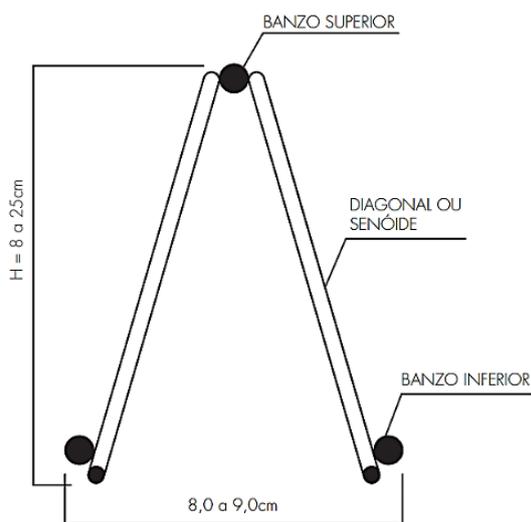


**Fonte:** Arcelor Mittal (2016)

Essas lajes são constituídas por um conjunto composto de vigotas treliçadas espaçadas de acordo com o intereixo do projeto, contendo enchimentos que podem ser em lajotas cerâmicas ou EPS, com adição final de capa de concreto.

A treliça é composta por Banzo Superior, Banzo Inferior e Diagonal ou Senóide.

**Figura 10** - Composição da Treliça



**Fonte:** Adaptado do manual da TRELIART (2002)

A designação dos tipos de treliças varia de fabricante para fabricante, mas de modo geral todas seguem um mesmo padrão.

Conforme tabela abaixo segue os diferentes tipos de treliças conforme especificação do fabricante.

**Tabela 1** - Diferentes tipos de treliça

Designação	Peso	Altura	Banzo	Diagonal	Banzo Inferior
	(kgf/m)	(cm)	Superior (mm)	(mm)	(mm)
NBR 14862					
TRo8644	0,735	8	6,0	4,2	4,2
TRo8645	0,825	8	6,0	4,2	5,0
TR12645	0,886	12	6,0	4,2	5,0
TR12646	1,016	12	6,0	4,2	6,0

TR16745	1,032	16	7,0	4,2	5,0
TR16746	1,168	16	7,0	4,2	6,0
TR20745	1,111	20	7,0	4,2	5,0
TR20756	1,446	20	7,0	5,0	6,0
TR25756	1,602	25	7,0	5,0	6,0
TR25857	1,855	25	8,0	5,0	7,0

**Fonte:** Adaptado de Batista et al. (2010)

### 3.4. ENCHIMENTOS

As lajes pré-moldadas têm como principal vantagem a diminuição da quantidade de concreto, através de um material ou elemento de enchimento. O elemento de enchimento deve ser formado por material estático, leve e rígido para que assim consiga suportar as operações de execução. Geralmente os elementos têm tamanhos padronizados, e seguem normas específicas e recomendações de fabricantes para garantir suas próprias características, desempenho e utilização.

5108

Atualmente os materiais de enchimento mais utilizados na construção de residências unifamiliares são os blocos de EPS (poliestireno expandido) conhecido também como isopor e os blocos cerâmicos as famosas lajotas cerâmicas. Esses blocos têm estruturas parecidas, com as faces superior e inferior plana, e nas laterais abas para encaixe nas vigotas. Logo esses blocos deverão ter tamanhos compatíveis para preencher o vazio entre as vigotas, pois evitará o desperdício de concreto estrutural, já que sobre os blocos aplica-se uma capa de concreto.

Vale lembrar que os enchimentos tanto a lajota como o EPS não influenciam na resistência da laje, e sim somente em seu peso próprio.

#### 3.4.1 BLOCO DE EPS (POLIESTIRENO EXPANDIDO)

A estrutura do EPS é formada por um material plástico na forma de espuma com microcélulas fechadas com nada dentro, contendo somente “ar”. Segundo dados da Isoplast, umas das fábricas que produzem os produtos em EPS no norte-nordeste brasileiro, o EPS após seu processo de polimerização, apresenta em seu volume 98% de ar e apenas 2% de poliestireno.

O peso específico do material varia de acordo com a fabricante e a norma NBR 6120 especifica o peso específico aparente do EPS de alta densidade em  $30 \text{ kgf/m}^3$ .

Os EPS apresentam grandes vantagens, como:

- Fácil adequação com corte de serra;
- Ótimo isolante termo-acústico;
- Como se trata de um material leve, leva menos tempo para carga, descarga e montagem;
- Economia de mão de obra;
- Coeficiente de absorção muito baixo, favorecendo concreto;
- Material 100% reciclável;
- Absorção a choques e;
- Resistência a compressão.

**Figura 11** - Bloco tipo EPS

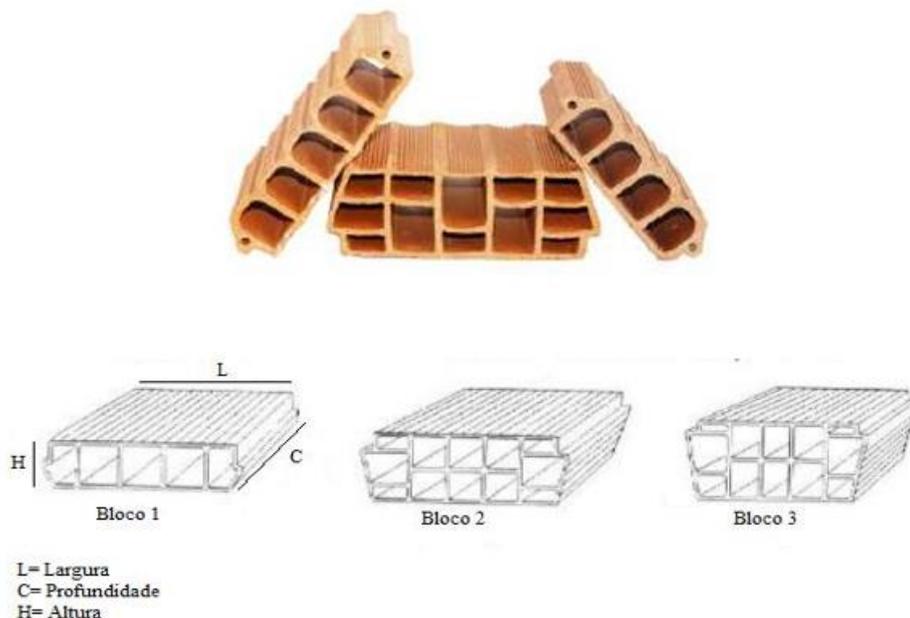


**Fonte:** Lajemax (2018)

#### **3.4.2. BLOCO CERÂMICO (LAJOTA CERÂMICA)**

O bloco cerâmico é utilizado em lajes pré-fabricadas. Apresentam uma execução e estrutura semelhante ao bloco de EPS. De acordo com a NBR 6120 especifica o peso específico da lajota cerâmica em  $1800 \text{ kgf/m}^3$ . O bloco cerâmico é produzido em diversos fabricantes pelo Brasil, sendo produzido com dimensões padronizadas, assim como mostra a figura 13.

**Figura 12 - Bloco tipo cerâmico**



**Fonte:** Cerâmica Carnaúba (2018)

## 4 AÇÕES

5110

Para a análise dos elementos estruturais nos estados-limites últimos e de serviço devem ser levantadas e consideradas todas as ações atuantes na estrutura.

De acordo com a ABNT NBR 8681, norma técnica brasileira relativas aos procedimentos que se referem a ações e segurança estrutural, denomina-se ações como sendo as causas que provocam esforços e deformações nas estruturas.

Segundo a norma, as ações a serem consideradas na análise estrutural se classificam em três tipos: ações permanentes, ações variáveis e ações excepcionais.

### 4.1.1 AÇÕES PERMANENTES

Ações que atuam com valores praticamente constantes, ou com pequena variação em torno de sua média, durante a vida da edificação ou que aumentam com o tempo, tendendo a um valor-limite constante.

As ações permanentes são subdivididas em ações permanentes diretas e indiretas. As ações permanentes diretas são aquelas caracterizadas pelo peso próprio da estrutura, dos

elementos construtivos fixos, instalações permanentes e empuxos. Já as ações permanentes indiretas, são constituídas por deformações ocasionadas por efeitos de fluência, retração, deslocamentos nos apoios e imperfeições geométricas.

#### 4.1.2 AÇÕES VARIÁVEIS

São ações variáveis as que ocorrem com grandes variações ao longo da vida útil da estrutura.

As ações variáveis são caracterizadas por sobrecargas (de acordo com o uso e ocupação do edifício), equipamentos removíveis, vento, temperatura e pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, ou seja, devem ser consideradas ações variáveis tudo o que possa causar efeitos de solicitação na estrutura de forma não constante.

#### 4.1.3 AÇÕES EXCEPCIONAIS

As ações excepcionais são caracterizadas por explosões, incêndios, enchentes, sismos e choques de veículos, ou seja, tudo aquilo o que possa causar efeito significativo em curto prazo, porém com baixa probabilidade de ocorrência.

### 4.2 VALORES DAS AÇÕES

As ações atuantes em um elemento estrutural devem ser quantificadas a fim de possuir valores representativos. A ABNT NBR 8681:2004 nos traz quatro tipos de valores: valores característicos, valores característicos nominais, valores representativos e valores de cálculo.

#### 4.2.1 VALORES CARACTERÍSTICOS

No caso de ações permanentes, os valores característicos são adotados de forma idêntica aos valores médios das distribuições probabilísticas, que corresponde ao quantil de 50%, independente se os efeitos foram favoráveis ou desfavoráveis.

Em relação às ações variáveis, os valores característicos foram estabelecidos em normas específicas, como a ABNT NBR 6120:2019. Os valores característicos das ações variáveis possuem probabilidade de serem ultrapassados em condições desfavoráveis durante um período de 50 anos.

#### 4.2.2 VALORES CARACTERÍSTICOS NOMINAIS

Os valores característicos nominais substituem os valores característicos no caso da ocorrência de ações que não possuam variabilidade expressa através de distribuições e probabilidade de forma adequada.

No caso da ocorrência de ações que possuam baixa variabilidade, apresentando pouca diferença entre os valores característicos superior e inferior, são adotados como característicos os valores médios das distribuições.

#### 4.2.3 VALORES REPRESENTATIVOS

Os valores representativos são os valores que, propriamente dito, representam as ações. São constituídos dos valores característicos ou valores característicos nominais, valores das ações excepcionais e valores reduzidos em função de combinação de ações.

#### 4.2.4 VALORES DE CÁLCULO

São valores finais das ações a serem considerados no dimensionamento, obtidos por um procedimento de majoração dos valores característicos, multiplicando-se pelos seus respectivos coeficientes de ponderação.

### 5. EXCEL E MICROSOFT VISUAL BASIC

O Microsoft Office Excel, conhecido também por office Excel ou somente Excel, é um software da Microsoft. Este programa foi lançado em 1985, para a plataforma MAC, da Apple. O programa foi criado para competir com o Lótus 1-2-3, que estava ganhando espaço no mercado. A primeira versão para Windows saiu em 1987, e após este ano, a Microsoft lançou várias novas versões do Excel, em geral a cada dois anos uma nova versão.

O Excel revolucionou as planilhas eletrônicas, e avançou muito mais rápido que a concorrência. O programa ofereceu muitas alterações na interface do usuário, porém, continuou com o padrão de organização em linhas e colunas. O Excel foi o primeiro a permitir modificações de fonte, cor, tamanho, tudo com facilidade para o usuário.

Após 2003, o Excel implantou a VBA (Visual Basic for Applications), linguagem de programação criada com básica em Visual Basic, e ajudou as automatizar algumas funções do

programa. O Excel permite fazer cálculos matemáticos avançados nas planilhas, esta função popularizou ainda mais o programa.

A linguagem de programação Visual Basic é orientada com base em eventos (event-driven programming) contendo um ambiente desenvolvedor integrado IDE (integrated development environment) gráfico, tornando efetiva a construções de aplicações.

## 6. A PLANILHA PRÓ-LAJE

A planilha “PRÓ-LAJE” é o objetivo deste trabalho, sendo uma planilha totalmente automatizada para dimensionamento e verificação de lajes treliçadas conforme as especificações da norma técnica ABNT NBR 6118:2023 desenvolvida através do Microsoft Excel.

### 6.1. CONSIDERAÇÕES

A planilha “PRÓ-LAJE” trabalha com a automação do cálculo para dimensionamento e verificações de lajes pré-fabricadas treliçadas bi-apoiadas conforme especificações de normas técnicas.

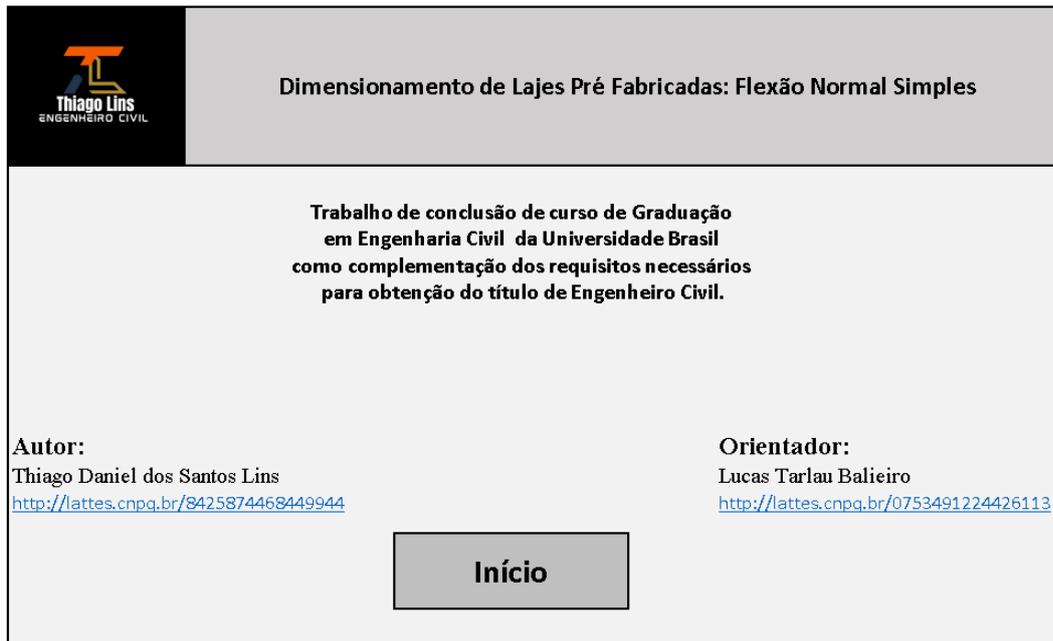
O PRÓ-LAJE conta com janelas interativas e de fácil utilização, cabe ao usuário conhecimento técnico para levantar os carregamentos e dimensões da laje para serem informadas a planilha de forma correta.

A planilha efetua o procedimento de verificação de forma prática e efetiva de acordo com a inserção de dados do usuário.

### 6.2. TELA INICIAL

A tela inicial (Figura 13) contém as informações da planilha, dos autores e instituição.

**Figura 13** - Tela inicial da planilha PRÓ-LAJE



**Fonte:** Autoria própria

## 7. RESULTADOS

5114

Para verificação da confiabilidade da planilha PRÓ-LAJE quantos aos resultados obtidos, foram realizadas comparações entre problemas aleatórios propostos resolvidos através de soluções analíticas, e o mesmo problema resolvido através da utilização da planilha, para lajes com enchimentos em lajota cerâmica e em EPS.

Serão apresentados dois tipos de dimensionamento que serão distintos pelos seus enchimentos, sendo eles em lajota cerâmica e EPS.

Representados abaixo por exemplo 1 (lajota cerâmica) e exemplo 2 (EPS).

Dimensionar a laje pré-fabricada treliçada para o uso em uma edificação, conforme dados a seguir:

- ✓ Laje piso para dormitório, dimensões 3,00m x 4,00m;
- ✓ Laje treliçada beta 12 cm (8+4);
- ✓ Bloco de enchimento em lajota cerâmica 8x20x25cm (2,40 kg por unidade);
- ✓ EPS (Poliestireno Expandido) 8x33x100 cm (0,80 kg por unidade);
- ✓ Treliça 1D TRo8644;
- ✓ Concreto 25 Mpa;

- ✓ Classe de agressividade ambiental II (CAA-II);
- ✓ Aço CA-50;
- ✓ Revestimento inferior em argamassa espessura 2,00 cm;
- ✓ Regularização superior em argamassa espessura 2,00 cm;
- ✓ Revestimento superior em piso porcelanato espessura 0,80 cm, com argamassa de assentamento espessura 0,30 cm.

Tabela 2 - Tabela de comparação de resultados

Exemplo	Solução Analítica		Solução Planilha	
<b>Exemplo numérico 1</b>	Momento fletor de cálculo	307 kN.cm	Momento fletor de cálculo	310,45 kN.cm
	Momento limite seção T	1799,5 kN.cm	Momento limite seção T	1797,26 kN.cm
	Ycg	7,56 cm	Ycg	7,56 cm
	Inércia – Iz	2980,33 cm <sup>4</sup>	Inércia – Iz	2980,33 cm <sup>4</sup>
	Inércia efetiva – Ief	2086,23 cm <sup>4</sup>	Inércia efetiva – Ief	2086,23 cm <sup>4</sup>
	As existente	0,25 cm <sup>2</sup>	As existente	0,28 cm <sup>2</sup>
	As adicional	0,49 cm <sup>2</sup>	As adicional	0,47 cm <sup>2</sup>
	Flecha	0,31 cm	Flecha	0,32 cm
	Flecha máxima	1,05 cm	Flecha máxima	1,047 cm
<b>Exemplo numérico 2</b>	Momento fletor de cálculo	288 kN.cm	Momento fletor de cálculo	278,77 kN.cm
	Momento limite seção T	2178,43 kN.cm	Momento limite seção T	2175,64 kN.cm
	Ycg	7,83 cm	Ycg	7,83 cm
	Inércia – Iz	3192,00 cm <sup>4</sup>	Inércia – Iz	3192,00 cm <sup>4</sup>
	Inércia efetiva – Ief	2234,40 cm <sup>4</sup>	Inércia efetiva – Ief	2234,40 cm <sup>4</sup>

	As existente	0,25 cm <sup>2</sup>	As existente	0,28 cm <sup>2</sup>
	As adicional	0,45 cm <sup>2</sup>	As adicional	0,39 cm <sup>2</sup>
	Flecha	0,26 cm	Flecha	0,26 cm
	Flecha máxima	1,05 cm	Flecha máxima	1,047 cm

Fonte: Autoria própria

## CONCLUSÃO

Esse tipo de consistência demonstra que, em certas situações, a automação pode substituir o processo analítico manual sem perda de qualidade, mantendo a exatidão e oferecendo vantagens em termos de velocidade e economia de recursos. Assim, quando bem implementada e validada, a análise automatizada se apresenta como uma ferramenta valiosa, permitindo escalabilidade e garantindo que os resultados sejam consistentes, sem comprometer a autenticidade dos dados obtidos.

Em conclusão, este trabalho demonstra que o aplicativo desenvolvido mostrou-se confiável nos resultados e eficiente no processo operacional, proporcionando precisão conforme os exemplos apresentados e reduzindo o tempo necessário para os cálculos por parte dos usuários. Assim, o aplicativo se consolida como uma ferramenta que contribui para a informatização das práticas de engenharia.

5116

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BALIEIRO, L. T. **Automação dos processos de verificação de perfis de aço laminado solicitados à flexão normal simples e axialmente conforme critérios da ABNT NBR 8800:2008**: Revisão de Literatura, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Brasil, Fernandópolis, 2016.

BEZERRA, A. V. R.; NUNES, A. G. **Estrutura de laje pré-moldada: Análise comparativa entre enchimento com EPS e Bloco Cerâmico**: Revisão de Literatura, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – UFERSA (Universidade Federal Rural do Semiárido), Mossoró-RN, 2020.

SILVA, B. R. **Contribuições à análise de lajes pré-fabricadas com vigotas treliçadas**: Dissertação, 2012. Dissertação de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), Santa Maria-RS, 2012.

HALVORSON, M. **Visual Basic 2010: Passo a passo**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PACIEVITCH, Yuri. **Excel**. Infoescola, s.d. Disponível em: <https://www.infoescola.com/informatica/excel/>. Acesso em: 21 Set. 2024.

PINHEIRO, Igor. **Lajes Treliçadas: Tudo o Que Você Precisa Saber**. Inovacivil, 2022. Disponível em: <https://inovacivil.com.br/lajes-trelicadas-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 21 Set. 2024.

MARTINS, J. C.; BENEVIDES, J. C. M.; BRITO, C. R. **Comparative analysis between ribbed slabs and steel deck slabs in construction civil works in the city of Manaus**. 16<sup>a</sup> ed. Manaus: Itegam-Jetia. 2018.

RACANICCHI, Roberto. **Concreto Armado: Lajes**. 2015. Universidade Brasil. Notas de aula.

RACANICCHI, Roberto. **Concreto Armado: Flexão Simples**. 2015. Universidade Brasil. Notas de aula.

BALIEIRO, L. T. **Lajes pré-fabricadas**. 2024. Universidade Brasil. Notas de aula.