SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE PUNÇÃO DE LAJES LISAS DE CONCRETO ARMADO

Camila Aguiar Camargo (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Elyson Andrew Pozo Liberati (Orientador). E-mail: eapliberati@uem.br
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Maringá, PR.

Engenharia Civil /Estruturas

Palavras-chave: Lajes lisas; Punção; Software.

RESUMO

As lajes lisas de concreto armado são amplamente utilizadas na construção civil por proporcionarem flexibilização do layout arquitetônico, simplificação de fôrmas e armaduras e redução da altura total das edificações; entretanto, estão sujeitas à ruptura por punção na ligação laje-pilar, um modo de falha frágil que pode desencadear colapso progressivo da estrutura. Diante disso, este trabalho teve como objetivo desenvolver um software para o dimensionamento da armadura de punção em lajes lisas de concreto armado, com interface intuitiva e amigável, capaz de apresentar os resultados de cálculo e o detalhamento executivo. A metodologia adotada envolveu revisão bibliográfica sobre o fenômeno da punção, estudo do modelo normativo de verificação previsto na ABNT NBR 6118:2023, capacitação em programação web e implementação progressiva das interfaces do software em HTML5, CSS3 e JavaScript. Como resultados, foi concluído o levantamento bibliográfico sobre a evolução histórica e os fundamentos mecânicos da punção, realizada a decomposição do procedimento normativo de verificação em etapas lógicas, concluída a capacitação técnica em desenvolvimento web e desenvolvidas as interfaces de entrada de dados e de saída de resultados, contemplando os parâmetros geométricos do pilar, os carregamentos atuantes, as propriedades da laje e do concreto e as características das armaduras. Conclui-se que o desenvolvimento do software encontra-se na fase final de testes, com as rotinas de cálculo implementadas e em processo de validação, indicando avanço consistente rumo à disponibilização de uma ferramenta funcional para o dimensionamento da armadura de punção em lajes lisas de concreto armado.

INTRODUÇÃO

A engenharia de estruturas busca projetar sistemas que atendam simultaneamente ao Estado Limite Último e ao Estado Limite de Serviço. As estruturas de concreto armado são as mais utilizadas pela humanidade, sendo o concreto o material mais aplicado em volume no mundo (MEHTA; MONTEIRO, 2005). As lajes lisas, estruturas laminares horizontais apoiadas diretamente em pilares, sem vigas, tornaram-se comuns por proporcionarem flexibilização do layout, diminuição da altura total do edifício e simplificação de fôrmas e armaduras (TRAUTWEIN, 2006).

Em contrapartida, apresentam maiores deslocamentos verticais, maiores momentos fletores na ligação laje-pilar e risco de ruptura por punção, que pode levar ao colapso progressivo da estrutura (LIBERATI et al., 2019). A punção é um modo de falha por cisalhamento localizado, provocado por cargas ou reações concentradas, que pode resultar em ruptura brusca do elemento estrutural (OLIVEIRA, 2003). Com o avanço da informática, o projeto estrutural foi cada vez mais automatizado; no entanto, cálculos complementares de elementos isolados, como a verificação à punção, ainda se fazem necessários. Diante desse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta de dimensionamento da armadura de punção de lajes lisas de concreto armado, com interface amigável e resultados apresentados por meio de recursos gráficos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi adotada a seguinte metodologia: revisão bibliográfica sobre o fenômeno da punção em lajes lisas; estudo do modelo de cálculo para estimativa da resistência ao cisalhamento previsto na ABNT NBR 6118:2023; capacitação em programação web para o desenvolvimento do software; desenvolvimento da interface de entrada de dados do usuário; implementação das rotinas de cálculo em linguagem JavaScript; desenvolvimento da interface de saída de resultados; testes e validação das rotinas de cálculo implementadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na revisão bibliográfica, verificou-se que os primeiros modelos de dimensionamento à punção remontam a estudos experimentais do início do século XX, posteriormente refinados por pesquisas voltadas à definição do perímetro crítico de verificação e à formulação de equações empíricas baseadas em resultados experimentais. Constatou-se que os modelos normativos diferem principalmente quanto à definição geométrica do perímetro crítico, à forma de consideração da taxa de armadura longitudinal e à influência da resistência à compressão do concreto. Observou-se também que, diferentemente da ruptura por flexão, de comportamento dúctil, a ruptura por punção é caracterizada por baixa capacidade de deformação e ruptura brusca, associada ao risco de colapso progressivo (OLIVEIRA, 2003).

Com base nessa revisão, foi realizado o estudo do procedimento normativo de verificação à punção para pilares internos previsto na ABNT NBR 6118:2026, decompondo-se o modelo em etapas lógicas — determinação dos valores de cálculo, definição dos perímetros de controle, verificação da tensão resistente de compressão diagonal do concreto e verificação das superfícies críticas com e sem armadura de punção — o que fundamentou a implementação do algoritmo de cálculo do software.

Paralelamente, foi realizada capacitação técnica em HTML5, CSS3 e JavaScript, o que permitiu o desenvolvimento das interfaces de entrada de dados e de saída de resultados do software, com o dimensionamento da punção em pilares internos já implementados. A interface contempla três seções de entrada: dados geométricos do pilar e carregamentos atuantes; propriedades da laje e do material; e parâmetros

das armaduras, incluindo diâmetro e espaçamento das barras (Figura 1). Essa organização reflete a sequência lógica do procedimento normativo estudado, e o software encontra-se atualmente na fase final de testes e validação das rotinas de cálculo implementadas.

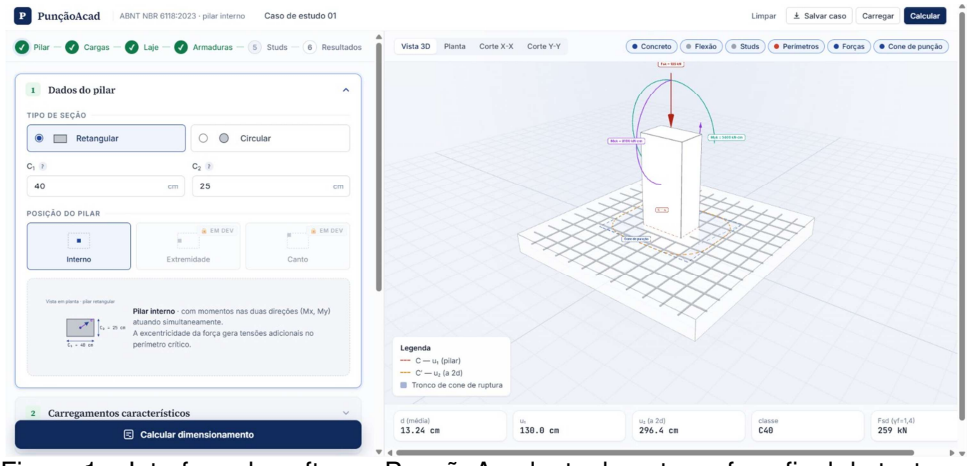


Figura 1 – Interface do software PunçãoAcad, atualmente na fase final de testes. .
Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam o avanço consistente do projeto, com a consolidação da fundamentação teórica sobre o fenômeno da punção, a estruturação do procedimento normativo da ABNT NBR 6118:2026 em etapas lógicas de cálculo e o desenvolvimento das interfaces de entrada de dados e de saída de resultados do software. O trabalho encontra-se atualmente na fase final de testes e validação das rotinas de cálculo implementadas, consolidando-se como uma ferramenta funcional para o dimensionamento da armadura de punção em lajes lisas de concreto armado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), vinculado ao CNPq e à Fundação Araucária (FA), e à Universidade Estadual de Maringá (UEM), pelo apoio financeiro e institucional concedido ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 2023.

LIBERATI, E. A. P.; MARQUES, M. G.; LEONEL, E. D.; ALMEIDA, L. C.; TRAUTWEIN, L. M. Failure analysis of punching in reinforced concrete flat slabs with openings adjacent to the column. Engineering Structures, v. 182, p. 331-343, 2019.

MEHTA, K.; MONTEIRO, P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 3. ed. Berkeley: McGraw-Hill Professional, 2005. 684 p.

OLIVEIRA, D. R. Estudo da punção em lajes de concreto armado. 2003.

TRAUTWEIN, L. M. Punção em lajes cogumelo de concreto armado: análise experimental e numérica. 2006. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.