

SOFTWARE DE APOIO À APRENDIZAGEM PARA DIMENSIONAMENTO DE PILARES EM MADEIRA SUBMETIDOS À COMPRESSÃO OU À FLEXOCOMPRESSÃO

LEARNING SUPPORT SOFTWARE FOR DESIGN OF WOODEN COLUMNS SUBMITTED TO COMBINED BENDING AND AXIAL FORCES

Francieli Stefani Cofani ⁽¹⁾, Jorge Luís Nunes de Góes ⁽²⁾ (A)

(1) Engenheira Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Brasil

(2) Dr. Prof., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Endereço de contato: jgoes@utfpr.edu.br; (A) Apresentador

Código de identificação: T6-27

Resumo

Com a implantação da cultura da sustentabilidade e a partir da Conferência Mundial Rio-92, a madeira voltou a ser vista como material chave para o desenvolvimento sustentável, além de ser versátil permitindo combinar soluções estruturais e arquitetônicas com beleza, conforto e segurança. A partir da importância que este material passou a ter no setor da construção civil, torna-se necessário uma normatização eficiente e segura nos métodos de dimensionamento das estruturas construídas em madeira. No Brasil, a NBR 7190 (1997) exerce tal função. Porém, logo que publicada surgiram várias críticas ao método de dimensionamento para peças comprimidas e flexocomprimidas, o que fez com que em 2011 fosse formulado o projeto de norma da NBR 7190. Devido à necessidade de criar softwares que contemplem as alterações apresentadas no projeto de norma da NBR 7190 (2011), além da importância das ferramentas digitais, que permitem um processo de aprendizagem mais dinâmico, este trabalho teve como objetivo desenvolver um software para dimensionamento de pilares em madeira com seção maciça, submetidos à compressão ou à flexocompressão de acordo com o projeto de norma da NBR 7190 (2011). Como resultado deste trabalho obteve-se o software VeM (Verificações de Elementos em Madeira) desenvolvido através da multiplataforma Lazarus, cujo funcionamento consiste na entrada dos dados pelo usuário, cálculo das propriedades do material, cálculo das propriedades geométricas, verificação do elemento à ruptura, verificação do elemento à estabilidade e por fim indicação dos resultados em relatório próprio.

Palavras chave: software; compressão; flexocompressão; pilares em madeira

Abstract

With the implementation of sustainability culture and from the Rio-92 World Conference, the wood started to be seen as a key material for a sustainable development, it is also versatile, allowing us to combine structural and architectural solutions with beauty, comfort and safety. Seeing the importance that this material has in the construction sector, it is necessary an efficient and safe regulation in design methods of wooden structures built. In Brazil, the NBR 7190 (1997) performs that. However, as soon as it was published there were several criticisms of the design method for combined bending and axial forces, which meant that in 2011 it was made the standard design NBR 7190. Due to the need to create a software that addresses the amendments in the NBR 7190 (2011) standard design and the importance of digital tools that allow a process of learning more dynamic, this study is aimed to develop software for sizing columns wood with solid section, under combined bending or axial forces according to the draft standard of the NBR 7190 (2011). As a result of this work it was obtained VEM software (Elements Checks Wood) carried by platform Lazarus, whose operation is the data input by the user, calculating properties of the material, calculating geometric properties, verificating the element to rupture, verificating the stable element and finally displaying the results in a own report.

Keywords: software; axial forces; combined bending; wooden columns

1. INTRODUÇÃO

Com a fixação da cultura sustentável, a utilização de madeira nas construções brasileiras está sendo revista e começa a ganhar espaço no setor, uma vez que este material passou a ser visto principalmente após a Conferência Mundial Rio-92, como um fator importante para o desenvolvimento sustentável [1].

Além do apelo sustentável, a madeira é um material versátil, possibilitando emendas simples, ligações precisas e permite combinar soluções estruturais e arquitetônicas com beleza, conforto e segurança [2]. Quando comparada ao concreto e ao aço, possui produção com baixo consumo energético, é mais leve e apresenta maior facilidade de usinagem [3].

A partir da importância que este material voltou a possuir no cenário atual da construção civil, torna-se necessário uma normatização eficiente e segura dos métodos de dimensionamento das estruturas construídas em madeira. No Brasil, a NBR 7190 exerce tal função, sua versão atual foi publicada em 1997, a qual passou a adotar o método semiprobabilístico dos estados limites para verificação da segurança estrutural [4]. Além disso, novos critérios foram introduzidos na revisão de 1997, a citar: conceitos de excentricidade acidental mínima, consideração da fluência da madeira e amplificação de excentricidades.

Logo que publicada, [4] comenta que surgiram muitas críticas ao método de dimensionamento para peças comprimidas e flexocomprimidas, essas críticas eram devidas basicamente às descontinuidades nos diagramas de resistência x esbeltez e a complexidade de algumas expressões. A partir de estudos realizados a cerca do tema por autores como [5], [6], [7] e [4], em 2011 formulou-se a proposta de norma da NBR 7190.

Visando facilitar a aplicação do método de dimensionamento, os softwares surgem como uma ferramenta poderosa que torna o trabalho de dimensionar mais ágil. Além de auxiliar o profissional, as ferramentas digitais auxiliam o desenvolvimento acadêmico uma vez que o uso de tecnologias na educação possibilitam processos educacionais mais iterativos, colaborando para o desenvolvimento de princípios como a motivação, participação e fixação dos conteúdos, que são essenciais no processo de aprendizagem [8].

Até a formulação do projeto de norma da NBR 7190 (2011), softwares para dimensionamento de peças comprimidas e flexocomprimidas foram desenvolvidos com base na versão de 1997.

Neste contexto, devido à importância das ferramentas digitais e a necessidade de criar softwares que contemplem as alterações apresentadas no projeto de norma da NBR 7190 (2011), este trabalho possui como objetivo principal desenvolver um software para dimensionamento de pilares em madeira com seção maciça, submetidos à compressão ou à flexocompressão de acordo com [9].

2. DESENVOLVIMENTO

Os itens a seguir apresentam um estudo comparativo entre o método de dimensionamento de estruturas comprimidas e flexocomprimidas de acordo com [10] e de acordo com [11], o método de cálculo adotado por [9] e por fim, a lógica de programação utilizada no desenvolvimento do software.

2.1 Comparação do método de dimensionamento da NBR 7190 (1997) com o método adotado pelo EUROCODE 5 (1993)

Em sua dissertação de mestrado, [4] através do cálculo de peças com seção transversal e vinculações frequentes nos projetos estruturais de madeira e sujeitas às solicitações de compressão e flexocompressão, aferiu o modelo da norma brasileira, confrontando os resultados alcançados e a objetividade do método adotado pela norma brasileira com os métodos utilizados por normas internacionais. Ao confrontar [10] com [11] para o caso de peças comprimidas com carga centrada, por exemplo, [4] obteve os diagramas para as folhosas da classe C40 indicados na figura 1.

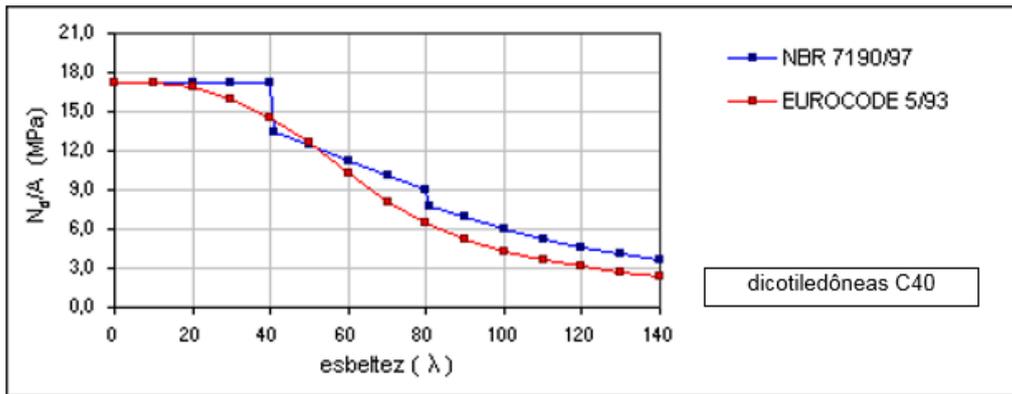


Figura 1: Comparação entre o EUROCODE 5 (1993) e a NBR 7190 (2011) para folhosas de classe C40 submetidas à compressão centrada [4].

A figura 2 mostra os resultados de simulações teóricas obtidos por [4] para peças flexocomprimidas, utilizando [10] e [11].

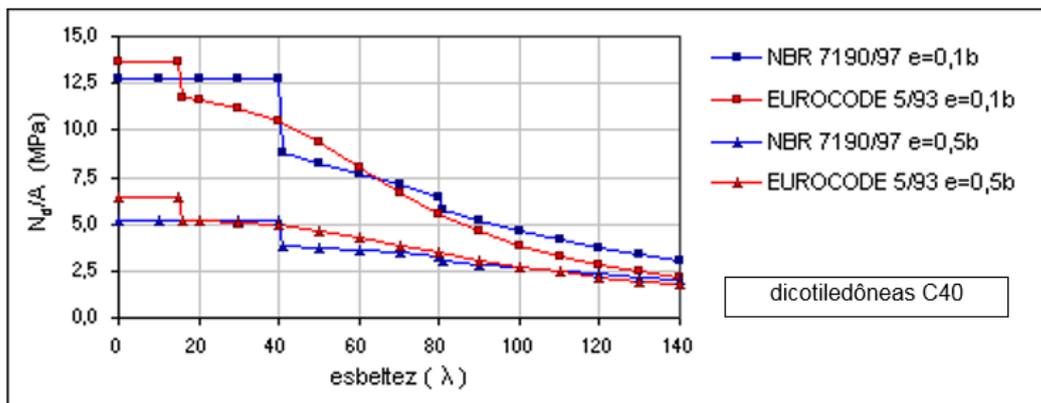


Figura 2: Comparação entre o EUROCODE 5/93 e a NBR 7190/97 para folhosas de classe C40 submetidas à flexocompressão [4].

Observando os diagramas acima se notam as descontinuidades comentadas anteriormente justamente quando há mudança de peças curtas para peças medianamente esbeltas e destas para as esbeltas. Para as peças comprimidas [4] observa que [11] é demasiadamente conservador quando comparado [10], uma vez que apenas “nas coníferas de classe C20, com esbelteza igual a 80, em que se manifestou um valor de N_d cerca de 106% superior àquele devido à norma europeia” [4].

No caso das peças flexocomprimidas, [4] observou que nas peças sujeitas a uma excentricidade inicial equivalente a $0,1*b$, com “b” sendo a menor largura da seção transversal retangular, os dados obtidos com a aplicação dos critérios de [11] superam em até 7%, aproximadamente, aqueles obtidos [10], para esbelteza menor que 15. Acima disso, dados calculados por [10] excedem aqueles calculados por [11], em praticamente todo o intervalo analisado.

Quando se aumenta a excentricidade para $0,5*b$, [4] destaca que ocorre uma alternância entre os desempenhos obtidos pelas normas brasileira e europeia. No trecho referente às peças curtas, os resultados obtidos por [11] superam em 23% os calculados por [10] tanto para as coníferas como para as folhosas, já no trecho referente às peças medianamente esbeltas, [11] volta a exceder em 24% os valores de [10] para as coníferas de classe C20 e folhosas de classe C40. No restante dos trechos prevaleceu [10] superando [11].

Na verificação das peças flexocomprimidas [4] ainda observa que o diagrama gerado por [11] apresenta descontinuidades devido a imposição de diferentes condições de verificação, conforme o

índice de esbeltez, porém as recomendações de [11] são de fácil aplicação, diferentemente das de [10].

2.2 Dimensionamento de elementos comprimidos e flexocomprimidos com seção maciça segundo o projeto de norma NBR 7190 (2011)

Segundo [9] nas peças curtas comprimidas por carga centrada aplicada paralelamente às fibras a condição de segurança é expressa por:

$$\sigma_{c0d} \leq f_{c0d} \quad (1)$$

De acordo com [9] a influência de eventual inclinação das fibras da madeira em relação ao eixo longitudinal da peça comprimida pode ser ignorada até um ângulo $\alpha = 6^\circ$. Para inclinações maiores, é preciso considerar a redução de resistência, fazendo-se: $f_{cd} \leq f_{c\alpha,d}$, sendo que $f_{c\alpha,d}$ pode ser calculado por:

$$f_{c\alpha} = \frac{f_{c0}f_{c90}}{f_{c0}\sin^2(\alpha) + f_{c90}\cos^2(\alpha)} \quad (2)$$

Em relação à verificação da condição de instabilidade da peça, para [9] quando ambos os valores de rigidez relativa $\lambda_{rel,x}$ e $\lambda_{rel,y}$ forem iguais ou menores do que 0,3 ($\lambda_{rel,x} \leq 0,3$ e $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$) a tensão deve satisfazer a condição imposta na equação 1.

Em todos os outros casos, as tensões devem satisfazer as seguintes condições:

$$\frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cx} f_{c0,d}} \leq 1 \quad e \quad \frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cy} f_{c0,d}} \leq 1 \quad (3)$$

Com:

$$k_{cx} = \frac{1}{k_x + \sqrt{(k_x)^2 - (\lambda_{rel,x})^2}} \quad e \quad k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{(k_y)^2 - (\lambda_{rel,y})^2}} \quad (4)$$

Em que:

$$k_x = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,x} - 0,3) + (\lambda_{rel,x})^2 \right] \quad e \quad k_y = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + (\lambda_{rel,y})^2 \right] \quad (5)$$

Nas equações acima, o fator β_c para peças dentro dos limites de divergência de alinhamento definidos anteriormente, assumem os valores:

- a) para madeira maciça serrada e peças roliças: $\beta_c = 0,2$
- b) para madeira laminada colada e madeira microlaminada (LVL): $\beta_c = 0,1$

Já, para os elementos estruturais submetidos a flexocompressão, de acordo com [9] a condição de segurança relativa à resistência das seções transversais é expressa pela mais rigorosa das duas expressões seguintes, aplicadas ao ponto mais solicitado da borda mais comprimida, considerando-se uma função quadrática para a influência das tensões devidas à força normal de compressão.

$$\left(\frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + K_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1 \quad e \quad \left(\frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + K_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1 \quad (6)$$

Onde:

$\sigma_{c0,d}$ é o valor de cálculo da tensão normal devida ao esforço de compressão;

$\sigma_{Mx,d}$ é a tensão máxima devida à componente de flexão atuante, segundo a direção x;

$\sigma_{My,d}$ é a tensão máxima devida à componente de flexão atuante, segundo a direção y;

K_M é o coeficiente de correção, que pode assumir os seguintes valores: $K_M = 0,7$ para seções transversais retangulares e $K_M = 1,0$ para as demais seções transversais.

A tensão normal devida ao esforço de compressão é definida por:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N_d}{A} \quad (7)$$

Onde:

N_d é o valor de cálculo do esforço normal de compressão;

A é a área da seção transversal.

No caso de peças com fibras inclinadas de ângulos $\alpha = 6^\circ$, $f_{c0,d}$ deve ser substituída por $f_{c\alpha,d}$.

Com relação à estabilidade de peças comprimidas e flexocomprimidas, quando ambos os valores de rigidez relativa $\lambda_{rel,x}$ e $\lambda_{rel,y}$ forem iguais ou menores do que 0,3 ($\lambda_{rel,x} \leq 0,3$ e $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$), então as tensões devem satisfazer às condições da flexocompressão expressa na equação 6.

Em todos os outros casos, as tensões devem satisfazer as seguintes condições:

$$\frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cx} f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + K_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1 \quad \text{e} \quad \frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cy} f_{c0,d}} + K_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1 \quad (8)$$

Os fatores k_{cx} e k_{cy} estão definidos na equação (4).

2.3 Desenvolvimento do software

Para o desenvolvimento do software utilizou-se a multiplataforma Lazarus, que consiste em um ambiente integrado de desenvolvimento - IDE (*Integrated Development Environment*) – o que permite editar os códigos, gerenciar os arquivos e montar os projetos. Possui como base a linguagem *Pascal* e o compilador *FreePascal*, o qual consiste em um compilador de código fonte aberto com elevada compatibilidade com Delphi e executável nos sistemas Windows, Mac e Linux [12].

Além disso, foram consideradas as seguintes hipóteses para implementação dos roteiros de cálculo:

- As peças a serem verificadas ficam restritas às condições de compressão paralela às fibras com carga centrada e à flexocompressão considerando aplicação de carga com excentricidade;
- O valor do esforço a ser inserido no software deverá ser o de cálculo, ou seja, já deverão ter sido realizadas as devidas combinações com os carregamentos aplicados;
- As condições de vinculação da estrutura serão limitadas em: Engaste-Engaste; Engaste - Apoio; Engaste - Engaste Móvel; Apoio - Apoio; Engaste - Extremidade Livre; Apoio - Engaste Móvel; Apoio - Apoio (com contraventamento no meio do comprimento) e Apoio - Apoio (com contraventamento a cada um terço do comprimento);
- Os cálculos considerarão inclinação das fibras da madeira até seis graus (6°);
- As imperfeições geométricas das estruturas deverão ser menores ou iguais aos limites apresentados por [9];
- Os pilares em madeira deverão possuir seção maciça.

O funcionamento do programa consiste na entrada dos dados pelo usuário, cálculo das propriedades do material, cálculo das propriedades geométricas, verificação do elemento à ruptura, verificação do elemento à estabilidade e por fim todos os resultados são indicados em relatório próprio.

A entrada de dados é realizada conforme as etapas apresentadas na figura 3:

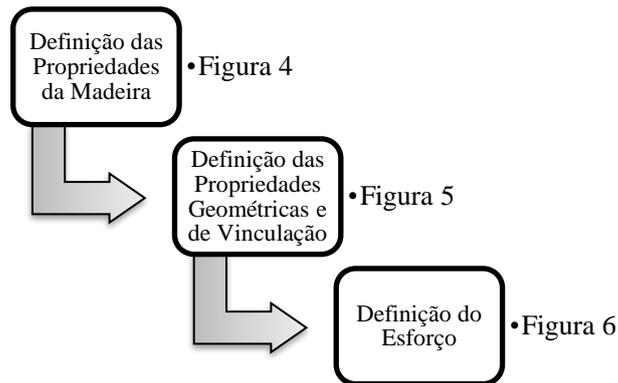


Figura 3: Dados de entrada do programa.

No item “Definição das Propriedades da Madeira”, o usuário deve definir qual a classe da madeira e a partir da seleção da classe do carregamento, do tipo de madeira, da classe de umidade da madeira, do tipo de classificação realizada e da classe para coníferas ou folhosas, o software definirá os coeficientes de modificação das propriedades de resistência (k_{mod1} , k_{mod2} e k_{mod3}). A figura 4 apresenta as possibilidades de seleção que constam no programa.

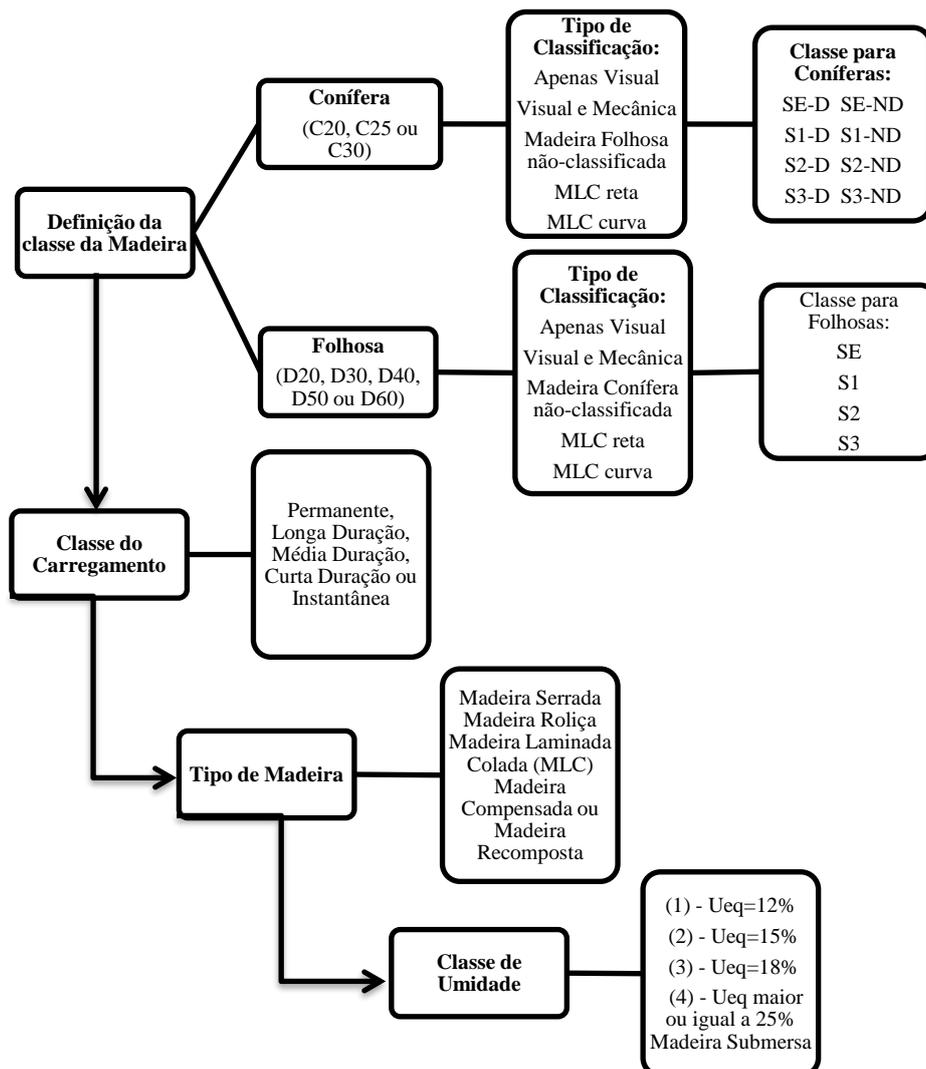


Figura 4: Fluxograma da entrada de dados para as “Propriedades da Madeira”.

Para as propriedades geométricas e de vinculação (figura 5) o usuário deve definir a geometria da seção transversal, ou seja, se ela será circular ou retangular/quadrada, o comprimento do elemento estrutural, a vinculação referente à flambagem em torno do eixo x e a vinculação referente à flambagem em torno do eixo y. Após isso, são definidos pelo software os valores do coeficiente K_E (coeficiente adimensional) tanto para o eixo x como para o eixo y.

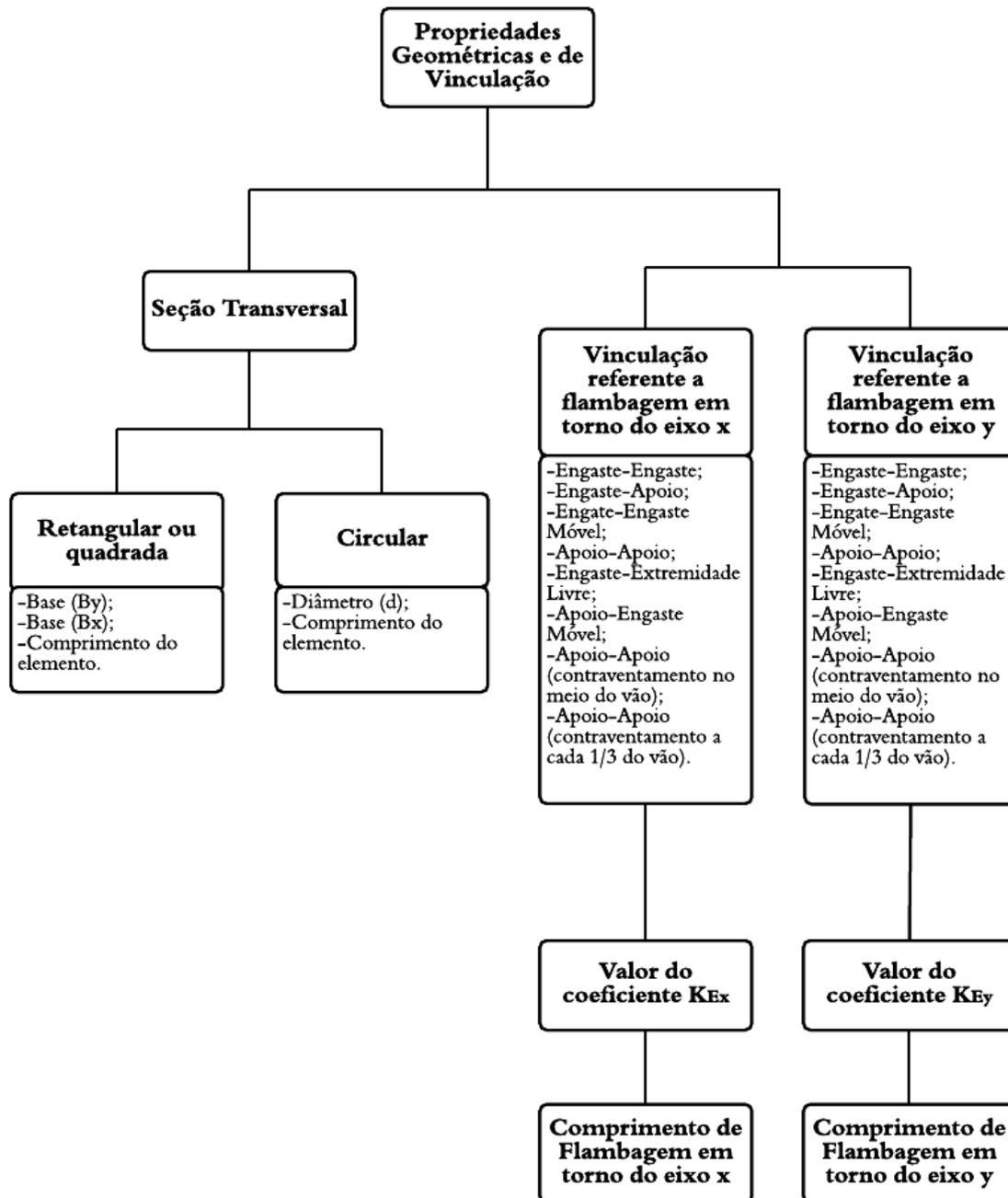


Figura 5: Fluxograma referente às “Propriedades geométricas e de vinculação”.

A figura 6 fornece o fluxograma referente à “Definição do Esforço”. Neste item são considerados os valores de cálculo para o esforço e este poderá ser centrado ou excêntrico, sendo que neste caso além do valor do esforço o usuário deverá inserir os valores das excentricidades nos eixos x e/ou y.

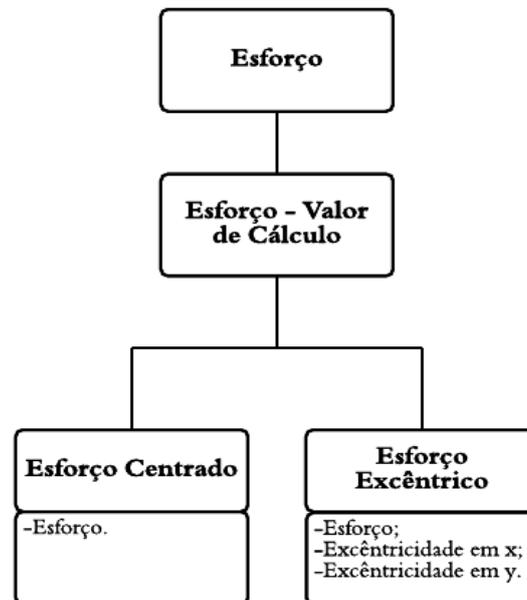


Figura 6: Fluxograma referente ao item "Definição do Esforço".

A figura 7 fornece o fluxograma referente à verificação do elemento estrutural para quando este é solicitado à compressão centrada, nela são apresentados os passos que são realizados para verificar o elemento estrutural tanto para a resistência como para a estabilidade.

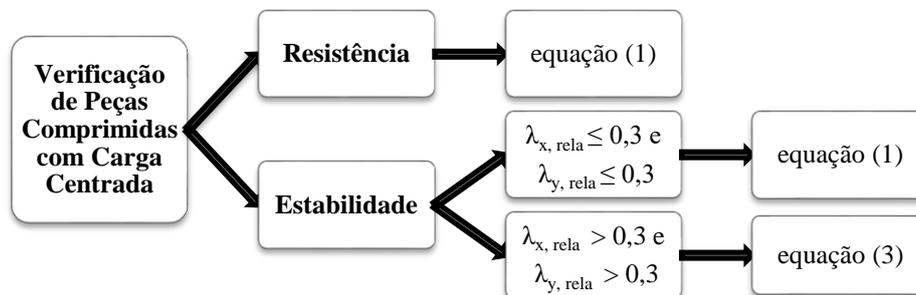


Figura 7 - Verificação de Peças Comprimadas com Carga Centrada.

Já a figura 8 apresenta os passos que são realizados para o software verificar a estrutura tanto para a resistência quanto para a estabilidade quando essa é solicitada por uma carga excêntrica.

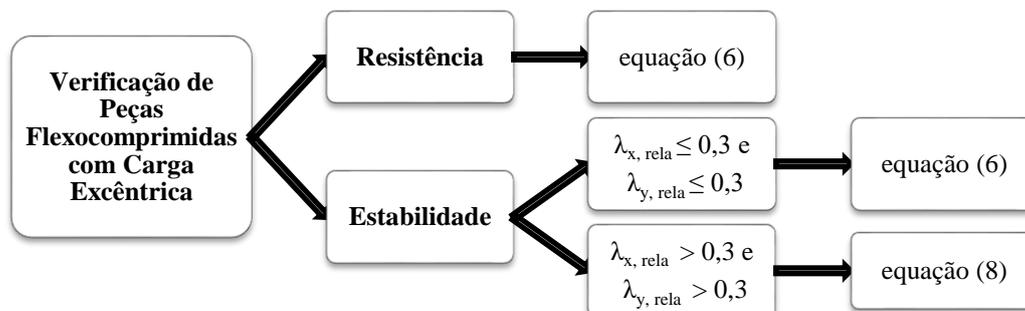


Figura 8: Verificação de Peças Flexocomprimadas com Carga Excêntrica.

As verificações são realizadas de acordo com as equações propostas pela proposta de norma da NBR 7190 (2011). Após os cálculos será apresentado um relatório no qual constam os valores de entrada, bem como os resultados das verificações.

3. RESULTADOS

Como resultado deste trabalho obteve-se o software VeM (Verificações de Elementos em Madeira), o qual possui como objetivo realizar a verificação quanto a resistência e a estabilidade de elementos em madeira submetidos à compressão ou à flexocompressão. Os cálculos e verificações realizados no software VeM estão de acordo com o projeto de norma da NBR 7190 (2011).

A figura 9 apresenta a “Página Inicial” do software, nela há o menu “Arquivo”, no qual o usuário poderá iniciar uma nova verificação ou sair do programa e o menu “Sobre”, pelo qual o usuário poderá obter ajuda sobre o software clicando no item “Ajuda” e consultando os manuais em PDF disponíveis. Ainda na “Página Inicial”, pode-se verificar a presença de abas na parte superior da tela (destaque em verde), estas abas são as páginas de entrada de dados, o usuário poderá caminhar por estas para editar as informações fornecidas, porém de início estas abas serão desbloqueadas para edição gradualmente.

A aba referente às “Propriedades da Madeira” só está disponível para edição se o usuário iniciar uma verificação clicando no botão “Iniciar Verificação”, já as demais abas estão disponíveis para edição clicando no botão “Avançar”. Após liberada uma aba o usuário poderá retornar a ela e editá-la.



Figura 9: Página inicial do software VeM.

Após definidos todos os dados de entrada, ao clicar no botão “Calcular e Gerar Relatório” na aba “Esforço de Cálculo” o software realiza os cálculos e verificações de acordo com o projeto de norma da NBR 7190 (2011) e gera um relatório final de dimensionamento apresentado como exemplo na figura 10. Neste relatório o usuário tem acesso aos dados de entrada que ele inseriu no software e as verificações realizadas. Outra informação importante é o aproveitamento da seção

transversal, a partir desta informação o usuário pode realizar uma otimização da seção transversal, o que significa chegar ao máximo aproveitamento desta.

Para validação do software foram resolvidos exercícios manualmente que foram comparados aos resultados fornecidos em relatório pelo software. Os exercícios resolvidos contemplaram os seguintes casos:

1. Pilar em Madeira Laminada Colada (MLC), com seção transversal quadrada, submetido a esforço centrado;
2. Pilar em Madeira Laminada Colada (MLC), com seção retangular, submetido a esforço excêntrico;
3. Pilar em Madeira Serrada, com seção transversal circular, submetido a esforço centrado.

Não houve divergência nos resultados obtidos manualmente aos obtidos pelo software.

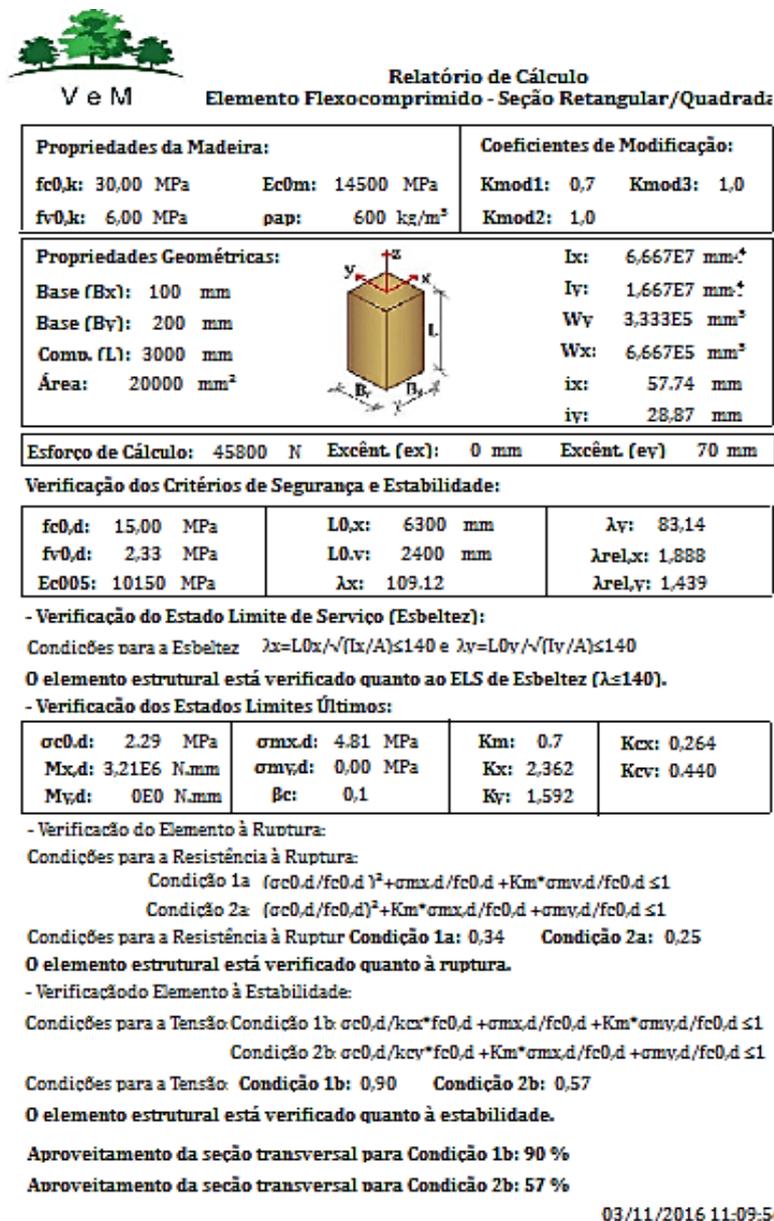


Figura 10: Modelo de relatório gerado pelo software.

4. CONCLUSÃO

Ao final do trabalho alcançou-se o objetivo do mesmo, que era o desenvolvimento um software para dimensionamento de pilares em madeira com seção maciça, submetidos à compressão ou à flexocompressão de acordo com o projeto de norma da NBR 7190 (2011).

Ao comparar os resultados obtidos pelo software com os obtidos manualmente não foram encontrados desvios, o que garante a aceitabilidade da ferramenta em aplicações como auxílio em estudos.

O aprimoramento contínuo do código é um fator comum no ramo da programação. Desta forma, sugere-se que sejam feitos trabalhos futuros com alguns melhoramentos do software, tais como: implementação de mais opções de seções transversais (seção composta de peças roliças, seção composta de peças serradas com ligação contínua ou ainda seção composta de peças serradas ligadas por peças intermediárias descontínuas), adição do cálculo do esforço de cálculo, pois atualmente o usuário deve entrar com o valor do esforço já considerando os devidos coeficientes, além da correção de eventuais possíveis falhas do sistema comumente encontradas pelos usuários no decorrer do tempo.

REFERÊNCIAS

- [1] Meirelles, Célia Regina M. Considerações sobre o uso da madeira do Brasil em Construções Habitacionais. III Fórum de Pesquisa FAU, Mackenzie, 2007.
- [2] Petrucci, Eládio Geraldo Requião. Materiais de Construção. 11ª ed - São Paulo: Globo, 1998.
- [3] Nicolas, Elias Antonio. Estudo de ligações em estruturas mistas de concreto-madeira. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2001.
- [4] Miotto, J.L. (2003). Avaliação dos critérios de dimensionamento para peças comprimidas e flexocomprimidas de madeira. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- [5] Baraldi, L.T.; Logsdon, N.B. (1998). Dimensionamento de elementos estruturais submetidos à compressão paralela – uma discussão da NBR 7190/97. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis, UFSC-IBRAMEM. v.2, p.157-168.
- [6] Cordovil, F. A. B. (1998). Peças comprimidas segundo a NBR-7190/96. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis, UFSC-IBRAMEM. v.1, p.65-76.
- [7] Santos, L. B.; Morales, E. A. M.; Lahr, F. A. R. (2002). Algumas considerações sobre os critérios propostos pela NBR 7190/97 para a verificação da segurança em pilares de madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. Anais... Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia. 1 CD-ROM.
- [8] Silva, L. M. F.; pinto, M. G. & Subramanian, A. Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção. In.: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVII ENEGEP, 2007, Foz do Iguaçu-PR. Anais... Foz do Iguaçu, 2007.
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Revisão NBR 7190: Projeto estruturas de madeiras. Rio de Janeiro, 2011.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- [11] European Committee for Standardization. EUROCODE 5: Design of Timber Structures. Brussels, (1993).
- [12] Mello, Evandro de Castro. Free Pascal Lazarus. Universidade Federal de Viçosa, 2012.