

COMPARAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇO NO CONCRETO ARMADO SUBMETIDO A FLEXÃO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO: NBR'S E EUROCODE 2

FRANCINE BEILFUSS MOTTA¹; RAFAELLA BORBA DOS SANTOS²

EDUARDO COSTA COUTO³:

¹Universidade Federal de Pelotas - francinemotta13@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - rafaellaborbasantos@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - e.costacouto@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As vigas de concreto armado são elementos estruturais horizontais nas edificações que têm como função principal sustentar as lajes e transferir as cargas para as colunas. As vigas também servem de apoio para as paredes e conduzem as cargas delas até os pilares.

Nessas vigas de concreto armado, os principais esforços são os de flexão e cisalhamento. Também ocorre, mas com menor frequência, os esforços normal e de torção. No dimensionamento ao esforço de flexão, nas vigas de concreto armado, a distribuição das tensões de compressão no concreto pode ser idealizada de diferentes formas. As mais comuns são as conhecidas como diagramas tensão-deformação parábola-retângulo e simplificado. Piva (2018) mostrou através de vários exemplos que a metodologia que usa o diagrama simplificado, apesar de ser menos precisa, apresenta diferenças inferiores à 1% com relação a metodologia que usa o diagrama parábola-retângulo quando baseadas nos parâmetros da NBR-6118/2014. Considerando essa diferença significativamente pequena e o fato de que o dimensionamento à flexão usando o diagrama tensão-deformação simplificado é muito simples, torna-se relevante uma avaliação dessa metodologia usando os diferentes parâmetros recomendados pelas versões mais recentes das normas NBR-6118 e EC2. O objetivo deste trabalho é comparar os resultados do dimensionamento de uma viga usando o diagrama simplificado com parâmetro das normas NBR-6118/2014, NBR-6118/2023, EC2/2004 e EC2/2023 e 10 das classes de concreto.

2. METODOLOGIA

A Figura 1 representa o diagrama simplificado do concreto comprimido. Nessa figura A_s e A_c representam a área de aço e a área de concreto efetivamente comprimida. b e h são largura e altura da seção transversal. ε_s e ε_{cu} são as deformações específicas de alongamento do aço e de encurtamento concreto. λx é a efetiva profundidade da linha neutra. σ_{cd} é a tensão de compressão do concreto que depende da variável η para levar em conta a fragilidade dos concretos de alta resistência. M_d é o momento solicitante. R_{cc} e R_{sd} são a força resultante das tensões de compressão do concreto e a força resultante das tensões de tração do aço. z é o braço de alavanca do binário R_{cc}/R_{sd} .

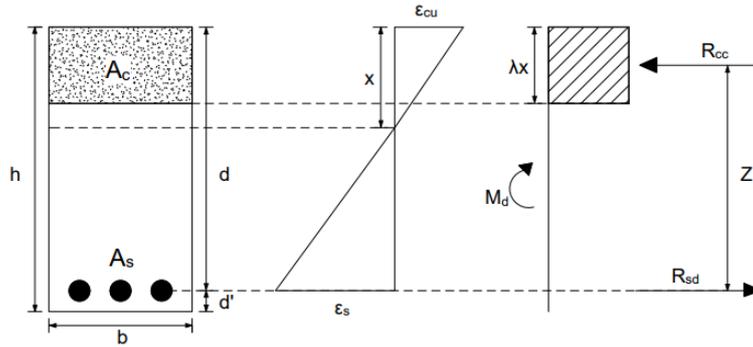


Figura 1 - Diagrama tensão-deformação simplificado para o concreto em compressão. Adaptada de Araujo (2013)

Do diagrama simplificado, igualando os esforços solicitantes aos esforços resistentes, obtemos:

$$M_d = R_{cc} z \quad (1)$$

$$M_d = b \lambda x \sigma_{cd} (d - \lambda x) \quad (2)$$

ou

$$M_d = R_{sd} (d - \lambda x / 2) \quad (3)$$

$$M_d = A_s f_{yd} (d - \lambda x / 2) \quad (4)$$

As normas NBR6118 e EC2 em suas últimas versões atribuíram diferentes valores para λ e η com o objetivo de levar em conta a fragilidade dos concretos de alta resistência. Na norma EC2/2004,

$$\lambda = 0,8 \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad (5)$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50) / 400 \text{ para } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad (6)$$

Onde f_{ck} é a resistência característica do concreto comprimido. A tensão de compressão máxima do concreto é

$$\sigma_{cd} = \alpha_c f_{cd} \quad (7)$$

Sendo $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ onde $\gamma_c = 1,4$, e $\alpha_c = 0,85\eta$, onde η é o parâmetro usado para levar em conta a fragilidade do concreto.

$$\eta = 1,0 \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad (8)$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50) / 200 \text{ para } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad (9)$$

Na EC2/2023 são realizadas poucas modificações. As principais alterações são: o fator λ passa a ser igual à 0,8 para todas as classes de resistência do concreto e o cálculo da tensão de compressão máxima do concreto agora passa a ser:

$$\sigma_{cd} = k_{tc} \eta_{cc} f_{cd} \quad (10)$$

Onde k_{tc} varia de acordo com a comparação que iremos fazer, se o objetivo é comparar as duas normas Europeias esse valor será de 1,0 se a comparação será feita com a NBR 6118 este valor será de 0,85. E o fator η_{cc} se dá pela equação abaixo.

$$\eta_{cc} = (40 / f_{ck})^{1/3} \leq 1,0 \quad (11)$$

A NBR6118/2014 adotou o mesmo modelo da EC2/2004. Já a NBR 6118/2023 misturou os dois modelos do EC2. Considerou a fragilidade do concreto em dois momentos, assim há uma nítida sobreposição do coeficiente de fragilidade η_{cc} com os presentes no cálculo de λ e de α_c (Araújo,2023).

Assim para a NBR 6118/2023.

O fator λ é calculado de acordo com as equações (5) e (6), e a tensão se dá pela equação:

$$\sigma_{cd} = \alpha_c \eta_{cc} f_{cd} \quad (12)$$

Sendo $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ onde $\gamma_c = 1,4$, η_{cc} calculado pela equação (11)
 α_{cc} com valor que varia de 0,8 a 1,0 dado pela equação
 $\alpha_{cc} = 0,85 \eta$ (13)
 η é o parâmetro usado para levar em conta a fragilidade do concreto calculado da mesma forma da equação (8) e (9).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 que apresenta as curvas A_s versus f_{ck} para uma viga com seção 30cm x 65cm e $d=61$ cm, submetida a um momento $M_d = 200,00$ kNm.

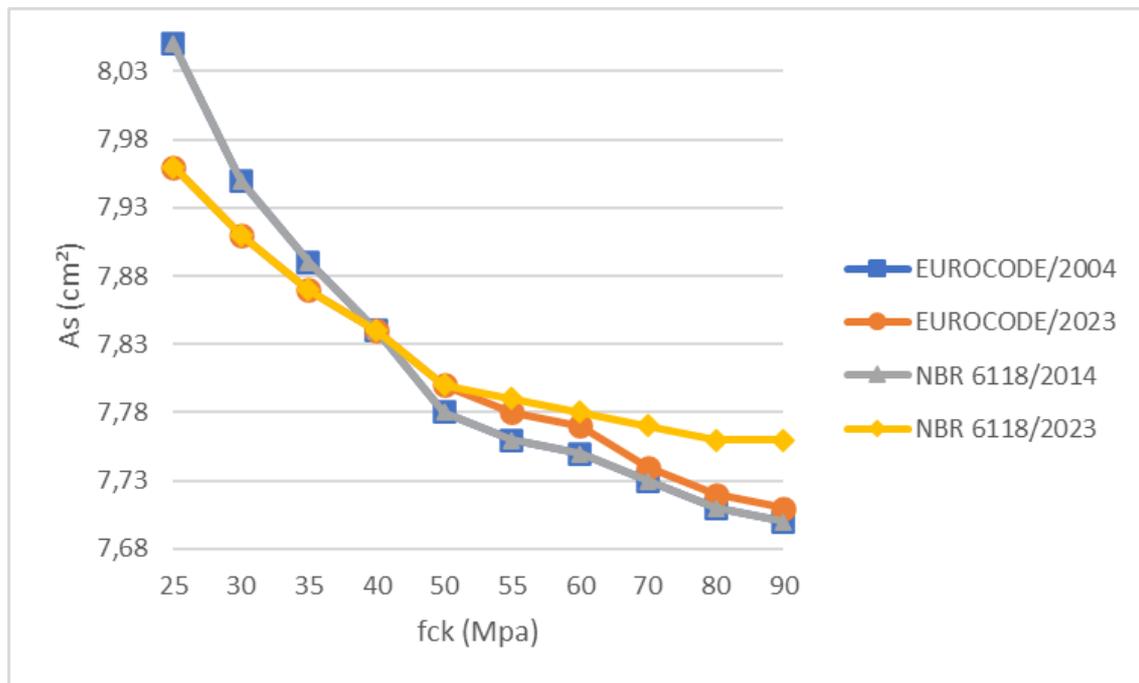


Figura 2- A_s versus f_{ck} .

Na Figura 2 as curvas construídas com os modelos EC2/2004 e NBR6118/2014 mostram que esses modelos fornecem áreas de aço idênticas para qualquer f_{ck} . O EC2/2023 e o NBR6118/23 apresentam resultados idênticos para $f_{ck} \leq 50$. Já para $f_{ck} > 50$, o modelo NBR6118/2023 fornece valores significativamente maiores, tal efeito acarreta em estruturas com maior armadura metálica.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o estudo comparativo das metodologias de dimensionamento de vigas de concreto armado utilizando o diagrama simplificado para diferentes classes de concreto e normas (NBR-6118/2014, NBR-6118/2023, EC2/2004 e EC2/2023) revela que, embora existam variações nos parâmetros “ λ ” e “ η ” para concretos de alta resistência, as diferenças de resultados são mínimas para concretos com $f_{ck} \leq 50$ MPa. No entanto, para concretos de $f_{ck} > 50$ MPa, as modificações introduzidas pela NBR-6118/2023 levam a resultados

significativamente diferentes, especialmente no que tange às áreas de aço necessárias.

Sendo assim, a significativa diferença nas áreas de aço quando calculadas pela NBR 6118/2023 para concretos com $f_{ck} > 50$ MPa comentadas anteriormente, demonstram como a consideração duplicada da fragilidade do concreto influencia na quantidade de aço empregada no concreto armado.

A simplicidade do diagrama simplificado e as pequenas discrepâncias observadas entre os diferentes modelos normativos tornam essa metodologia eficaz e adequada para o dimensionamento prático, desde que os engenheiros estejam atentos às particularidades das normas mais recentes.

Por fim, sugere-se que sejam revistos os parâmetros da NBR 6118/2023, para que assim não aconteça essa grande disparidade entre as áreas de aço, e, portanto, não sejam adotadas áreas de aço de forma excessiva nos projetos de estruturas em concreto armado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118 : Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio De Janeiro (RJ): ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118 : Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio De Janeiro (RJ): ABNT, 2023.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. EUROCODE 2: Design of Concrete Structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. EN 1992-1-1:2004. Brussels: CEN, 2004.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. EUROCODE 2 : Design of concrete structures. EN 1992-1-1:2023. Brussels: CEN, 2023.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado. 5. ed.** Rio Grande: Editora Dunas, 2023. 4 v.

PIVA, G.S. **Desenvolvimento de software para o dimensionamento de seções transversais de concreto armado à flexo-compressão normal e construção das curvas de interação.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.