



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL**

**FRANCISCO NATANAEL RICARTE
EMANUEL LUCAS RODRIGUES DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA FLUÊNCIA UTILIZANDO O MÉTODO DO AJUSTE DO
DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DO CONCRETO E O MÉTODO GERAL DE
DIMENSIONAMENTO DE PILARES DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDOS À
FLEXÃO COMPOSTA OBLÍQUA**

JUAZEIRO DO NORTE

2026

FRANCISCO NATANAEL RICARTE
EMANUEL LUCAS RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA FLUÊNCIA UTILIZANDO O MÉTODO DO AJUSTE DO
DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DO CONCRETO E O MÉTODO GERAL DE
DIMENSIONAMENTO DE PILARES DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDOS À
FLEXÃO COMPOSTA OBLÍQUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil do Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade Federal
do Cariri, como requisito final para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Pereira de
Almeida

JUAZEIRO DO NORTE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

R483a Ricarte, Francisco Natanael.

Avaliação da fluência utilizando o método do ajuste do diagrama tensão-deformação do concreto e o método geral de dimensionamento de pilares de concreto armado submetidos à flexão composta oblíqua / Francisco Natanael Ricarte; Emanuel Lucas Rodrigues da Silva. – 2026.
102 f. : il. color.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, CE, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Pereira de Almeida.

1. Engenharia civil. 2. Pilares de concreto armado. 3. Fluência do concreto. 4. Flexão composta oblíqua. 5. Estruturas de concreto - Dimensionamento. I. Silva, Emanuel Lucas Rodrigues da. II. Almeida, Francisco José Pereira de (Orient.). III. Universidade Federal do Cariri. IV. Título.

CDD 624.18341



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Avaliação da fluência utilizando o método do ajuste do diagrama tensão-deformação do concreto e o método geral de dimensionamento de pilares de concreto armado submetidos à flexão composta oblíqua

Francisco Natanael Ricarte e

Emanuel Lucas Rodrigues da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil. Área de concentração: Engenharia Civil.

Aprovada em 30 de março de 2026.

Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO JOSE PEREIRA DE ALMEIDA
Data: 06/04/2026 17:11:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco José Pereira de Almeida
Orientador



Documento assinado digitalmente
ERWIN ULISES LOPEZ PALECHOR
Data: 22/04/2026 10:34:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Erwin Ulises Lopez Palechor
1º membro examinador



Documento assinado digitalmente
CLEIRTON ANDRE SILVA DE FREITAS
Data: 07/04/2026 10:52:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cleirton André Silva de
Freitas
2º membro examinador

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar os efeitos da fluência no dimensionamento de pilares de concreto armado submetidos à flexão composta normal e oblíqua, utilizando o Método Geral. Para tanto, foram empregados os programas FCNGEFLU e FCOGEFLU, desenvolvidos pelo Professor Francisco José Pereira de Almeida (UFCA), destinados ao dimensionamento e verificação de seções transversais de pilares nessas condições. Os resultados obtidos por ambos os *softwares* foram comparados com a dissertação de mestrado intitulada “Consideração da Fluência no Cálculo dos Efeitos de Segunda Ordem em Pilares de Concreto Armado” (CASAGRANDE, 2016), bem como com o *software* PCalc. Foram analisados três modelos de pilares extraídos da referida dissertação, os quais serviram como referência para a comparação dos resultados. Os resultados evidenciaram que ambos os programas forneceram momentos ligeiramente superiores aos obtidos por Casagrande e pelo PCalc.

Palavras-chave: Pilares. Fluência. Dimensionamento. Flexão composta normal. Flexão composta oblíqua. Método Geral. FCNGEFLU. FCOGEFLU.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effects of creep on the design of reinforced concrete columns subjected to normal and oblique combined bending using the General Method. To this end, the programs FCNGEFLU and FCOGEFLU, developed by Professor Francisco José Pereira de Almeida, were employed for the design and verification of cross-sections of columns under these conditions. The results obtained from both software programs were compared with the master's thesis titled “Consideration of Creep in the Calculation of Second-Order Effects in Reinforced Concrete Columns” (CASAGRANDE, 2016), as well as with the PCalc software. Three column models extracted from the aforementioned thesis were analyzed, serving as a reference for comparing the results. The results showed that both programs provided slightly higher moments than those obtained by Casagrande and PCalc.

Keywords: Columns. Creep. Design. Normal combined bending. Oblique combined bending. General Method. FCNGEFLU. FCOGEFLU.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos de estudos para pilares submetidos a flexão composta normal	50
Tabela 2 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 01 desconsiderando a fluência	51
Tabela 3 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 01 considerando a fluência.....	53
Tabela 4 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 02 desconsiderando a fluência	54
Tabela 5 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 02 considerando a fluência.....	55
Tabela 6 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 03 desconsiderando a fluência	56
Tabela 7 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 03 considerando a fluência.....	58
Tabela 8 – Resultados do PCalc para o modelo 01 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)	59
Tabela 9 – Resultados do PCalc para o modelo 01 considerando a fluência (Flexão Composta Normal).....	60
Tabela 10 – Resultados do PCalc para o modelo 02 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)	60
Tabela 11 – Resultados do PCalc para o modelo 02 considerando a fluência (Flexão Composta Normal).....	61
Tabela 12 – Resultados do PCalc para o modelo 03 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)	62
Tabela 13 – Resultados do PCalc para o modelo 03 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)	63
Tabela 14 – Momentos fletores solicitantes máximos no dimensionamento submetido a Flexão Composta Normal.....	63
Tabela 15 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 01 desconsiderando a fluência	65
Tabela 16 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 01 ajustado considerando a fluência	67
Tabela 17 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 02 desconsiderando a fluência	68
Tabela 18 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 02 considerando a fluência.....	69
Tabela 19 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 03 desconsiderando a fluência	70
Tabela 20 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 03 considerando a fluência.....	71
Tabela 21 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 03 ajustado considerando a fluência	72
Tabela 22 – Equivalências de eixos entre <i>softwares</i>	73
Tabela 23 – Resultados do PCalc para o modelo 01 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Oblíqua).....	73
Tabela 24 – Resultados do PCalc para o modelo 01 considerando a fluência (Flexão Composta Oblíqua).....	74
Tabela 25 – Resultados do PCalc para o modelo 02 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Oblíqua).....	75
Tabela 26 – Resultados do PCalc para o modelo 02 considerando a fluência (Flexão Composta Oblíqua).....	76
Tabela 27 – Resultados do PCalc para o modelo 03 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Oblíqua).....	77

Tabela 28 – Resultados do PCalc para o modelo 03 considerando a fluência (Flexão Composta Oblíqua).....	78
Tabela 29 – Momentos fletores solicitantes máximos no dimensionamento submetido a Flexão Composta Oblíqua	79
Tabela 30 – Análise do efeito da fluência no aumento dos momentos fletores solicitantes máximos nas seções submetidas a Flexão Composta Normal.....	80
Tabela 31 – Análise do efeito da fluência no aumento dos momentos fletores solicitantes máximos nas seções submetidas a Flexão Composta Oblíqua	80
Tabela 32 – Modelos complementares biapoiados	82
Tabela 33 – Modelo complementar para um pilar engastado livre.....	83
Tabela 34 – Momentos totais máximos nos pilares biapoiados para o <i>software</i> FCOGEFLU	84
Tabela 35 – Momentos totais máximos nos pilares biapoiados para o <i>software</i> PCalc.....	85
Tabela 36 – Momentos totais máximos no pilar engastado livre para os <i>softwares</i> FCOGEFLU e PCalc	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consideração aproximada da não linearidade física	13
Figura 2 – Disposição das cargas na estrutura indeformada.....	15
Figura 3 – Disposição das cargas na estrutura deformada.....	15
Figura 4 – Elemento sob flexão composta.....	16
Figura 5 – Flexão composta normal e oblíqua	17
Figura 6 – Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares intermediários	18
Figura 7 – Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de extremidade.....	19
Figura 8 – Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de canto.....	20
Figura 9 – Definição do comprimento equivalente de um elemento comprimido	21
Figura 10 – Comprimento de flambagem.....	23
Figura 11 – Definição de valores de I_0 e I	24
Figura 12 – Imperfeições geométricas globais	27
Figura 13 – Pilar biapoiado solicitado a força axial e a momentos fletores no topo e na base. 29	
Figura 14 – Pilar discretizado com elementos de pórtico (configurações indeformada e deformada).....	30
Figura 15 – Método P-delta pelo método da carga horizontal fictícia (Elemento nas configurações deformada e indeformada).	31
Figura 16 – Fluxograma da análise não linear geométrica.	32
Figura 17 – Análise não linear física do pilar.	32
Figura 18 – Diagrama na seção transversal considerando a hipótese das seções planas.....	33
Figura 19 – Estrutura deformada para análise da não linear física da seção transversal.....	35
Figura 20 – Diagrama Tensão-Deformação do Aço	36
Figura 21 – Diagrama Tensão-Deformação do Concreto	37
Figura 22 – Parâmetros envolvidos no cálculo das rigidezes equivalentes axial e a flexão.....	38
Figura 23 – Valores numéricos usuais para determinação da fluência e da retração.....	41
Figura 24- Diagrama tensão-deformação do concreto ajustado	43
Figura 25 – Fluxograma de etapas do procedimento metodológico.....	45
Figura 26 – Interface gráfica FCNGEFLU	47
Figura 27 – Interface gráfica FCOGEFLU	48
Figura 28 – Interface gráfica do <i>software</i> PCalc	49
Figura 29 – Modelo 01, sem fluência, FCNGEFLU	51
Figura 30 – Modelo 01, com fluência, FCNGEFLU	52
Figura 31 – Modelo 01 ajustado, com fluência, FCNGEFLU.....	53
Figura 32 – Modelo 02, sem fluência, FCNGEFLU	54
Figura 33 – Modelo 02, com fluência, FCNGEFLU	55
Figura 34 – Exemplo 3, sem fluência, FCNGEFLU	56
Figura 35 – Modelo 03, com fluência, FCNGEFLU	57
Figura 36 – Modelo 03 ajustado, com fluência, FCNGEFLU.....	58
Figura 37 – Modelo 01, sem fluência, PCalc	59
Figura 38 – Modelo 01, com fluência, PCalc	59
Figura 39 – Modelo 02, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)	60

Figura 40 - Modelo 02, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)	61
Figura 41 – Modelo 03, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)	62
Figura 42 – Modelo 03, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal).....	62
Figura 43 – Modelo 01, sem fluência, FCOGEFLU	65
Figura 44 – Modelo 01, com fluência, FCOGEFLU	66
Figura 45 – Modelo 01 ajustado, com fluência, FCOGEFLU.....	67
Figura 46 – Modelo 02, sem fluência, FCOGEFLU	68
Figura 47 – Modelo 02, com fluência, FCOGEFLU	69
Figura 48 – Modelo 03, sem fluência, FCOGEFLU	70
Figura 49 – Modelo 03, com fluência, FCOGEFLU	71
Figura 50 – Modelo 03 ajustado, com fluência, FCOGEFLU.....	72
Figura 51 – Modelo 01, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)	73
Figura 52 – Modelo 01, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Oblíqua)	74
Figura 53 – Modelo 02, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)	75
Figura 54 – Modelo 02, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal).....	76
Figura 55 – Modelo 03, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)	77
Figura 56 – Modelo 03, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Oblíqua).....	78
Figura 57 – Seção transversal para modelos complementares biapoiados (04, 05 e 06)	82
Figura 58 – Seção transversal do modelo complementar engastado livre (07)	83
Figura 59 – Momentos totais máximos em torno do eixo x (horizontal) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 04 (pilar biapoiado com L= 300cm) Esbeltez em torno de x = 34,6).....	86
Figura 60 – Momentos totais máximos em torno do eixo y (vertical) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 04 (pilar biapoiado com L= 300cm; Esbeltez em torno de y = 26).....	87
Figura 61 – Momentos totais máximos em torno do eixo x (horizontal) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 05 (pilar biapoiado com L= 400cm; Esbeltez em torno de x = 46,2)	87
Figura 62 – Momentos totais máximos em torno do eixo y (vertical) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 05 (pilar biapoiado com L= 400cm; Esbeltez em torno de y = 34,6) ..	88
Figura 63 – Momentos totais máximos em torno do eixo x (horizontal) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 06 (pilar biapoiado com L= 500cm; Esbeltez em torno de x = 57,7).....	89
Figura 64 – Momentos totais máximos em torno do eixo y (vertical) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 06 (pilar biapoiado com L= 500cm; Esbeltez em torno de y = 43,3) ..	89
Figura 65 – Momentos totais máximos em torno dos eixos obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 07 (pilar engastado e livre com L= 300cm; Esbeltez em x e y = 103,9)	90
Figura 66 – Momentos totais máximo em torno do Eixo X (horizontal) em função do coeficiente de fluência e do comprimento do pilar (modelos 04, 05 e 06).....	91
Figura 67 – Momentos totais máximo em torno do Eixo Y (vertical) em função do coeficiente de fluência e do comprimento do pilar (modelos 04, 05 e 06)	91

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	OBJETIVOS	10
2.1.	Objetivo Geral	10
2.2.	Objetivos Específicos	10
3.	JUSTIFICATIVA	11
4.	HIPÓTESES	12
5.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
5.1.	Dimensionamento e verificação de pilares de concreto	13
5.1.1.	Não linearidade física	13
5.1.2.	Não linearidade geométrica	14
5.1.3.	Flexão Composta	16
5.1.4.	Pilares de Concreto Armado	17
5.1.5.1.	Índice de Esbeltez	22
5.1.5.2.	Índice de esbeltez limite	24
5.1.5.3.	Classificação dos pilares de acordo com o índice de esbeltez.....	25
5.1.5.4.	Consideração das imperfeições geométricas locais.....	26
5.1.5.5.	Consideração do Momento Mínimo	28
5.2.	Método Geral.....	28
5.3.	Consideração da fluência no concreto	39
5.3.1.	Método do ajuste do diagrama tensão-deformação	41
6.	METODOLOGIA.....	44
7.	RESULTADOS	46
7.1.	Interfaces gráficas.....	46
7.1.1.	FCNGEFLU.....	46
7.1.2.	FCOGEFLU.....	48
7.1.3.	PCalc.....	49
7.2.	MODELOS DE ESTUDO.....	50
7.3.	Resultados obtidos no <i>software</i> FCNGEFLU.....	51
7.3.1.	Modelo 01 (FCNGEFLU)	51
7.3.2.	Modelo 02 (FCNGEFLU)	53
7.3.3.	Modelo 03 (FCNGEFLU)	55

7.4.	Resultados obtidos no <i>software</i> PCalc para Flexão-Composta Normal	58
7.4.1.	Modelo 01 (PCalc – Flexão-Composta Normal).....	58
7.4.2.	Modelo 02 (PCalc – Flexão-Composta Normal).....	60
7.4.3.	Modelo 03 (PCalc – Flexão-Composta Normal).....	61
7.4.4.	Comparação ente FCOGEFLU, PCalc e Casagrande (2016)	63
7.5.	Resultados obtidos no <i>software</i> FCOGEFLU.....	64
7.5.1.	Modelo 01 (FCOGEFLU)	64
7.5.2.	Modelo 02 (FCOGEFLU)	67
7.5.3.	Modelo 03 (FCOGLEFLU)	69
7.6.	Resultados obtidos no <i>software</i> PCalc para Flexão-Composta Oblíqua	72
7.6.1.	Modelo 01 (PCalc – Flexão-Composta Oblíqua)	73
7.6.2.	Modelo 02 (PCalc – Flexão-Composta Oblíqua)	74
7.6.3.	Modelo 03 (PCalc – Flexão-Composta Oblíqua)	76
7.6.4.	Comparação entre FCOGEFLU e PCalc	78
7.7.	Impactos do fenômeno da fluência nos modelos de estudo propostos por Casagrande.....	79
7.7.1.	Justificativa do modelo 02 e precauções no dimensionamento	80
7.8.	Avaliação de Modelos Complementares	81
7.8.1.	Resultados obtidos pelos softwares FCOGEFLU e PCalc para modelos complementares (04, 05, 06 e 07).....	84
8.	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

O concreto em conjunto com o aço, denomina-se como concreto armado, sendo esse o material mais utilizado nas construções (Couto, J. A. S, 2013). A facilidade com que elementos estruturais de concreto podem ser executados, a variedade de formas e tamanhos, além do material ser mais barato e mais facilmente disponível no canteiro de obra, são as principais razões para o uso tão difundido do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes (NBR 6118:2023, item 14.4.1.2). O pilar é o principal elemento estrutural, já que possui a maior capacidade de resistência a cargas em um edifício. Além disso, desempenha a função de transmitir as cargas verticais para os elementos de fundação e podem fazer parte do sistema de contraventamento, sistema responsável por garantir a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais (BASTOS, 2006).

A avaliação estrutural desse componente é uma tarefa bastante desafiadora, frequentemente demandando o uso de cálculos realizados por computador. Por isso, é indispensável contar com *softwares* que facilitem os cálculos e possibilitem análises mais detalhadas e precisas dessas estruturas (LIMA, 2018).

Casagrande (2016), em sua dissertação de mestrado, investigou o fenômeno da fluência sobre o dimensionamento dos pilares de concreto armado. Em seu trabalho de pesquisa, foram considerados que a deformação produzida pela carga de longa duração (fluência) seja uma deformação imediata, a ser acrescentada a deformação elástica imediata.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo testar e aplicar dois *softwares* desenvolvidos pelo Professor Francisco José Pereira de Almeida, docente do curso de Engenharia Civil do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Cariri (UFCA).

O primeiro *software* é o FCNGEFLU, que verifica seções de pilares submetidos à flexão composta normal pelo método geral, considerando o efeito da carga de longa duração (fluência). O segundo *software* é o FCOGEFLU, que verifica seções de pilares submetidos à flexão composta oblíqua, também considerando o efeito da carga de longa duração (fluência).

Além disso, este trabalho objetiva comparar os resultados obtidos com os da dissertação de Casagrande (2016) e com os resultados encontrados no *software* PCALC, licenciado pela empresa TQS Informática Ltda.

O método geral é um procedimento de verificação de pilares, onde é feita a discretização do seu eixo em elementos finitos de barras, e definidas as condições de apoio e de carregamento. Os esforços nas extremidades das barras são comparados aos esforços resistentes da seção transversal do pilar, obtidos para a seção transversal e o arranjo de armaduras fornecidos. A análise estrutural deverá contemplar os efeitos de segunda - as não linearidades geométricas do pilar e físicas dos materiais (aço e concreto). A análise estrutural deverá contemplar também os efeitos da fluência (deformação lenta do concreto).

As não linearidades físicas dos materiais são consideradas por meio do cálculo das deformações em sub-regiões da seção transversal, a partir da deformação axial e das rotações relativas nas extremidades dos elementos do modelo; esse procedimento é apresentado no tópico 5.1.1.

A não linearidade geométrica é considerada por meio do processo P-delta (técnica simplificada e apropriada de considerar as não linearidades geométricas em estruturas que tenham elementos com eixos verticais); essa técnica está detalhada no tópico 5.1.2. É nessa etapa do procedimento que é feita a verificação da estabilidade do pilar.

A fluência é considerada pelo método do ajuste do diagrama tensão-deformação do concreto (FUSCO, 1981), de acordo com o apresentado em Casagrande (2016). Nos procedimentos dos programas (FCNGEFLU e FCOGEFLU), o efeito da fluência interfere na magnitude do momento total nas seções intermediárias, bem como na envoltória de esforços resistentes da seção transversal do pilar.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da fluência sobre o dimensionamento de pilares de concreto armado pelo método do ajuste do diagrama tensão-deformação do concreto, utilizando o método geral, por meio de um procedimento desenvolvido por Almeida (2026).

2.2. Objetivos Específicos

- Apresentar a formulação do método geral proposto por Almeida (2026);
- Avaliar os *softwares* FCNGEFLU e FCOGEFLU utilizados no dimensionamento de pilares de concreto armado, submetidos à flexão composta normal e oblíqua respectivamente, ambos pelo método geral e considerando os efeitos da fluência do concreto;
- Comparar os resultados obtidos pelos *softwares* FCNGEFLU e FCOGEFLU, com os encontrados na dissertação de Casagrande (2016) e no *software* P-Calc licenciado pela empresa TQS Informática Ltda, juntamente com modelos complementares de estudo;

3. JUSTIFICATIVA

O processo de dimensionamento de pilares de concreto armado constitui um dos desafios enfrentados pelos engenheiros estruturais. Isso ocorre porque esses elementos estão, geralmente, submetidos a flexão composta - esforços combinados de compressão e flexão em suas seções transversais. Esse tipo de solicitação proporciona ao pilar efeitos de segunda ordem devido às não-linearidades físicas e geométricas. Outro aspecto que dificulta o dimensionamento é o efeito da fluência do concreto, que é causada pela deformação lenta devido a ação de carga de longa duração.

Dessa forma, os profissionais da área estão constantemente em busca de métodos de cálculo e simulação mais avançados e precisos, que permitam prever com maior confiabilidade o desempenho estrutural dos pilares. A utilização de modelos matemáticos aprimorados, técnicas numéricas sofisticadas e ferramentas computacionais tem se mostrado essencial para garantir a eficiência do dimensionamento, minimizando riscos e otimizando o uso de materiais.

Os efeitos de segunda em pilares, segundo a NBR 6118:2023, podem ser considerados por meio de métodos aproximados, desde que a esbeltez do pilar seja menor que 90. Todavia, para pilares com esbeltez superiores a 90, devem-se utilizar formulações mais precisas, geralmente com auxílio de computador, para garantir o dimensionamento adequado.

A fluência é um fenômeno que se manifesta como uma deformação que avança de maneira lenta, quando o pilar é submetido a tensão contínua por um longo período. Essa deformação se soma àquela que surge imediatamente ao instante em que a carga é aplicada, denominada deformação imediata, geralmente elástica. Esse fenômeno é uma característica natural do concreto, decorrente de sua natureza viscoelástica.

4. HIPÓTESES

Na Engenharia, são adotadas hipóteses simplificadoras para possibilitar o cálculo estrutural e por consequência sua análise. Portanto, nesta modelagem, serão considerados algumas hipóteses simplificadoras de estruturas de concreto armado no Estado Limite Último (ELU).

- De acordo com Pinheiro (2007), a resistência a tração do concreto é desprezada, considerando-se somente sua resistência à compressão;
- Segundo Casagrande (2016), as deformações são proporcionais à sua distância até a linha neutra da seção em cada ponto;
- Conforme Ribeiro (2011), a deformação específica do aço e do concreto que a envolve são iguais;
- É considerado a ruína da seção transversal quando o concreto, aço ou ambos atingirem as deformações específicas últimas (CASAGRANDE, 2016);
- Segundo Pinto (2017), para os concretos de classe até C50, adotam-se os valores de deformação específica do concreto no estado limite último da seguinte forma:
 - Utilizando o $\varepsilon_{C2} = 2 \text{ ‰}$ no início do patamar plástico nas seções totalmente comprimidas;
 - Utilizando o $\varepsilon_{CU} = 3,5 \text{ ‰}$ na ruptura com as seções sob flexão.
- Admite $\varepsilon_{CU} = 10 \text{ ‰}$ para a deformação última de alongamento da armadura tracionada (PINHEIRO, 2007);
- Utilizar conforme o modelo do diagrama parábola-retângulo no item 8.2.10.1 da NBR 6118:2023 a distribuição de tensões no concreto conforme a Figura 21.

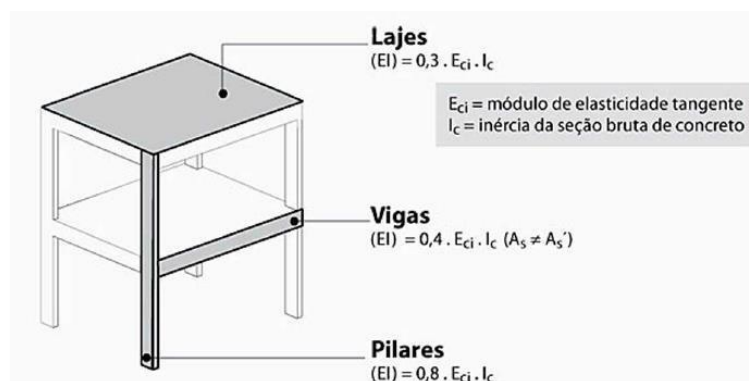
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Dimensionamento e verificação de pilares de concreto

5.1.1. Não linearidade física

A consideração da não linearidade física dos materiais é fundamental para a determinação mais realista da capacidade resistente das estruturas de concreto armado. Esse aspecto torna-se especialmente relevante, uma vez que diversos fenômenos contribuem para o comportamento não linear do concreto, tais como a formação de fissuras, os efeitos de fluência, as particularidades dos processos construtivos, a correta aplicação das cargas em serviço e a ação do tempo sobre o material (FILHO et al., 2020). A NBR 6118 (2014) dispõe de metodologia aproximada para consideração da não linearidade física.

Figura 1 – Consideração aproximada da não linearidade física



Fonte: Filho (et al., 2020)

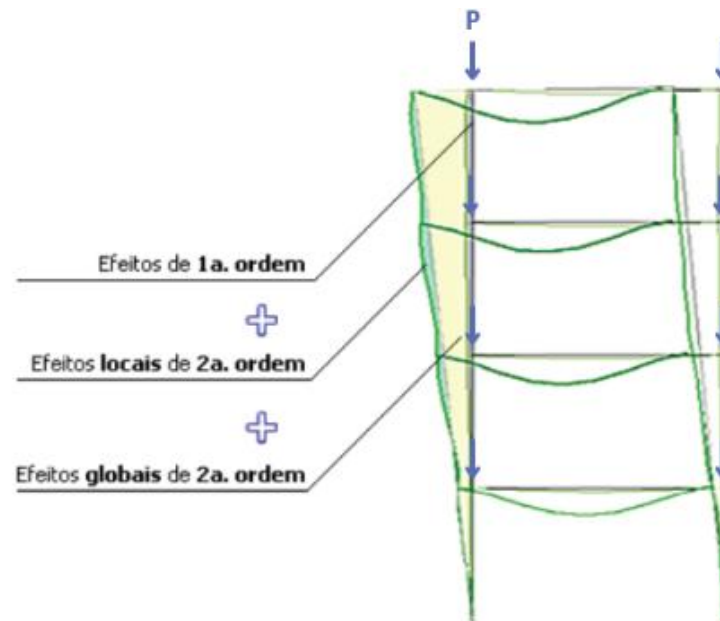
5.1.2. Não linearidade geométrica

Para Pinto (1997), de modo objetivo, os efeitos causados pela não linearidade geométrica (NLG) estão diretamente relacionados às alterações na configuração espacial da estrutura durante o carregamento. Isso significa que, à medida que a estrutura sofre deslocamentos significativos, sua posição original no espaço é modificada, alterando a distribuição interna de esforços. Dessa forma, as equações de equilíbrio devem ser formuladas considerando a geometria deformada, sob pena de subestimar os esforços solicitantes e comprometer a segurança estrutural. Pinto (1997) ressalta ainda que os efeitos da NLG se tornam mais relevantes em elementos esbeltos, estruturas de grande altura ou em situações nas quais os deslocamentos horizontais se acumulam ao longo dos pavimentos, podendo amplificar os momentos fletores e reduzir a rigidez global do sistema.

Segundo Fontana (1997), o cálculo da não linearidade geométrica pode ser realizada de forma mais precisa por meio da consideração dos efeitos de segunda ordem globais, comumente representados pelo efeito $P-\Delta$, em que a força axial atuante combinada com o deslocamento lateral provoca acréscimo de momento fletor. Esse tratamento é considerado mais fiel à realidade estrutural, pois incorpora as deformações no equilíbrio. Além disso, o autor destaca que, ao discretizar a estrutura para fins de análise, o comprimento efetivo dos pilares deve ser tomado como a diferença de nível entre pavimentos, uma vez que esse trecho corresponde ao elemento estrutural sujeito às deformações. Fontana (1997) também enfatiza que a consideração da NLG é indispensável em estruturas reticuladas e pórticos de múltiplos andares, pois os deslocamentos acumulados podem gerar instabilidades progressivas, exigindo verificações rigorosas de estabilidade global para garantir o desempenho e a segurança da edificação.

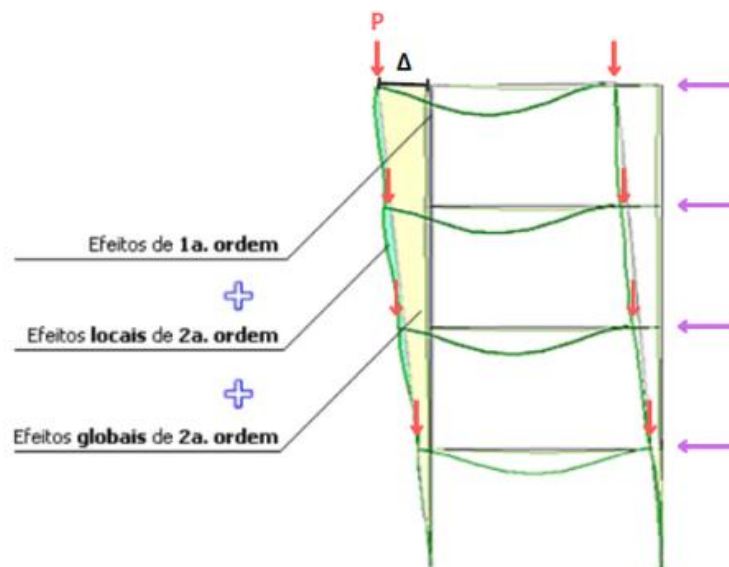
Para melhor entendimento, é exposto na Figura 2, cargas horizontais aplicadas sobre as extremidades de um pórtico de 4 andares, onde, para fins didáticos, deve-se considerar da imagem apenas a configuração indeformada. Na Figura 3, tem-se a consequência do deslocamento do ponto de ação dessa carga em decorrência da aplicação de uma carga horizontal, gerando efeitos de locais e globais de segunda ordem, conforme adaptação da ilustração da TQS Informática LTDA (2026).

Figura 2 – Disposição das cargas na estrutura indeformada



Fonte: TQSDocs (Adaptado)

Figura 3 – Disposição das cargas na estrutura deformada

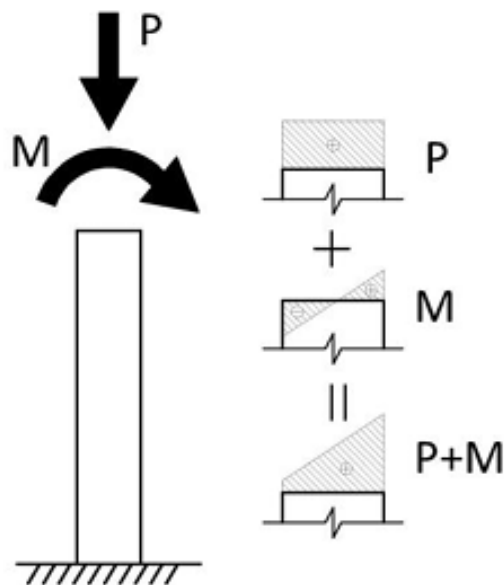


Fonte: TQSDocs (Adaptado)

5.1.3. Flexão Composta

Flexão composta ou flexo-compressão é uma solicitação atuante ao longo da seção transversal de um elemento linear composta por um momento fletor (M) e uma força normal (N) (Araújo, 2010). Casagrande (2016) adiciona que “uma seção transversal de um elemento linear está sob flexão composta quando sobre essa seção atuam momentos fletores juntamente a uma força normal, na direção do eixo longitudinal da peça. Na Figura 4 é apresentado o exemplo da flexão composta.

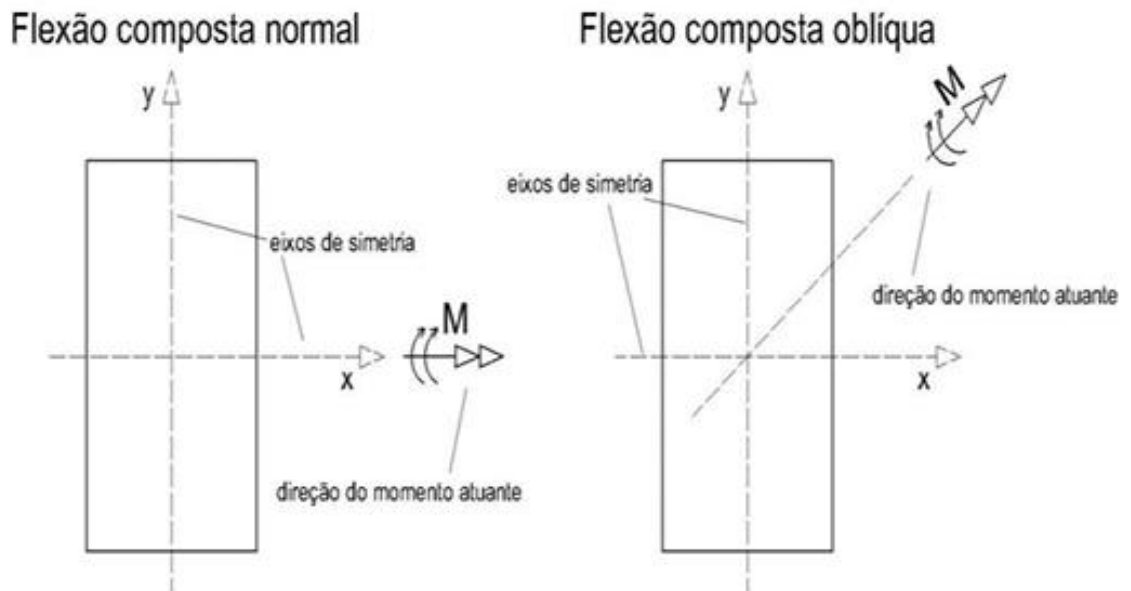
Figura 4 – Elemento sob flexão composta



Fonte: Casagrande (2016)

A flexão composta pode ser classificada em dois tipos principais: normal e oblíqua. De acordo com Silva (2016), a flexão composta normal ocorre quando o momento fletor atua em torno de um dos eixos principais de inércia de uma seção transversal que possui dois eixos de simetria. Já a flexão composta oblíqua, conforme ilustrado na Figura 5, caracteriza-se pela ação simultânea de uma força normal de compressão e de momentos fletores em ambos os eixos de referência da seção, resultando em um estado de esforços mais complexo (PINTO, 2017).

Figura 5 – Flexão composta normal e oblíqua



Fonte: Casagrande (2016)

5.1.4. Pilares de Concreto Armado

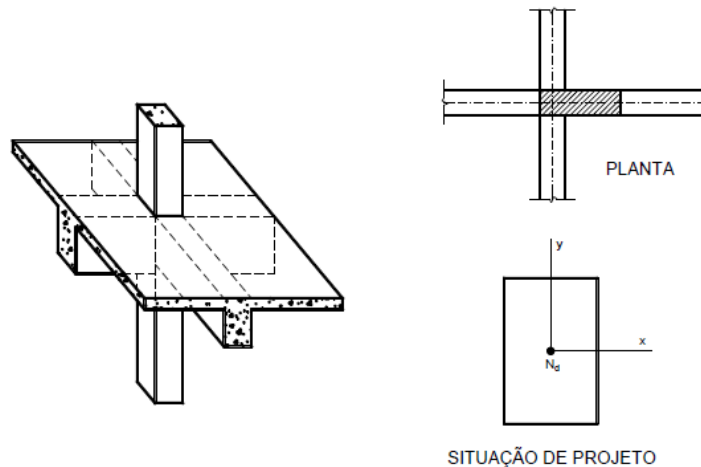
Os pilares, conforme estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2014, p. 84), são compreendidos como “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Complementando esta definição, Zwirtes (2016) descreve os pilares como componentes estruturais verticais, cuja função primordial é a absorção de cargas axiais, sejam elas aplicadas de maneira centralizada ou excêntrica.

A importância desses elementos no sistema estrutural é fundamental. De acordo com Casagrande (2016), os pilares desempenham um papel vital, uma vez que recebem os carregamentos provenientes de todos os pavimentos e os transferem de forma segura para as fundações. Dessa maneira, eles atuam como o principal suporte, garantindo a estabilidade global da edificação. Kanno (2016) amplia essa perspectiva, salientando que, além da transmissão de cargas verticais, os pilares podem integrar o sistema de contraventamento, conferindo estabilidade à estrutura contra ações tanto verticais quanto horizontais.

Quanto à sua classificação em projeto, os pilares são geralmente categorizados em três tipos principais: intermediários, de extremidade e de canto.

De acordo com Silva (2018), os pilares intermediários caracterizam-se por estarem submetidos predominantemente a cargas axiais centradas. Nesses elementos, as excentricidades iniciais são consideradas irrelevantes, uma vez que a continuidade das vigas e lajes adjacentes gera momentos fletores reduzidos, usualmente desprezados no dimensionamento. A Figura 6 apresenta a configuração típica deste pilar.

Figura 6 – Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares intermediários



Fonte: Bastos (2017, p. 22)

Conforme Silva (2018), os pilares de extremidade estão usualmente localizados nas bordas da edificação. Sua principal característica é a solicitação por flexão composta reta, decorrente da combinação de carga axial com momento fletor em uma direção. Essa condição surge da descontinuidade de vigas apoiadas lateralmente no pilar. Ressalta-se que essa situação pode ocorrer inclusive em regiões internas da estrutura, quando houver interrupção da continuidade de uma viga.

Nas seções de topo e de base ocorrem excentricidades e_1 de 1ª ordem, decorrentes dos momentos fletores de 1ª ordem M_A e M_B , nas direções x e y:

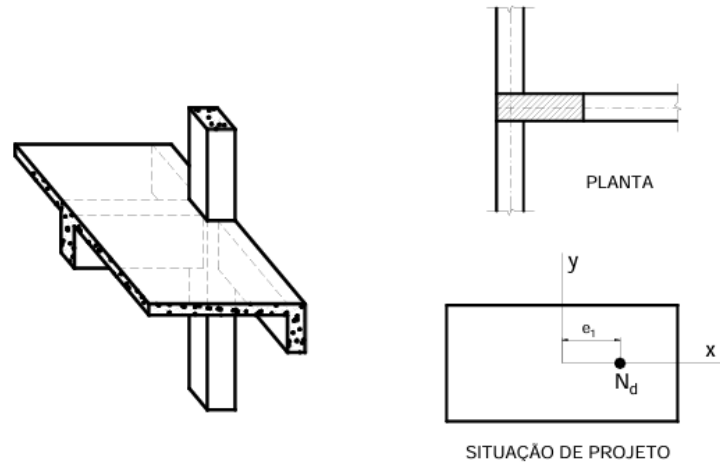
$$e_{1,A} = \frac{M_A}{N_d} \quad (1)$$

$$e_{1,B} = \frac{M_B}{N_d} \quad (2)$$

- M_A e M_B – Momentos fletores de 1ª ordem nos extremos do pilar;

- N_d – Força normal solicitante de cálculo;

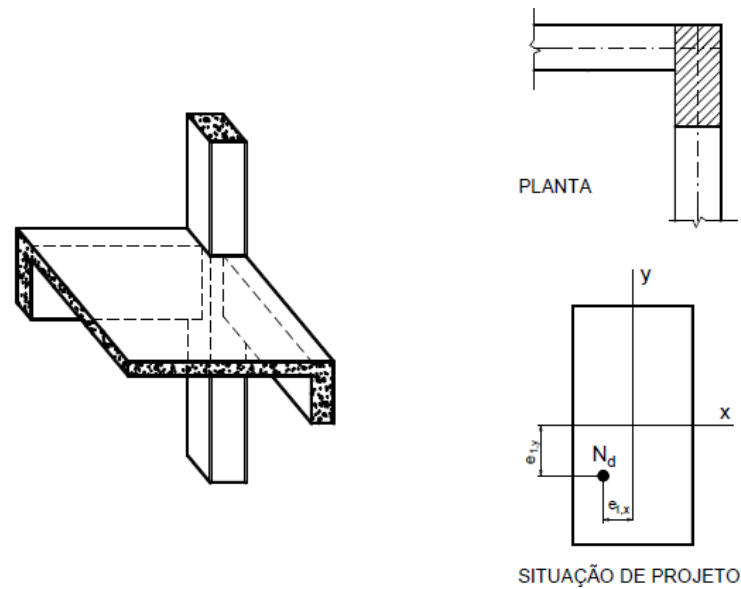
Figura 7 – Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de extremidade



Fonte: Bastos (2017, p. 23)

Segundo Melo (2009), os pilares de canto situam-se nos encontros de bordas perpendiculares. Estão sujeitos à flexão composta oblíqua devido à não continuidade das vigas em ambas as direções, conforme representado na Figura 8. Esta condição implica na simultaneidade de momentos fletores nos dois eixos principais do pilar. As excentricidades podem ser calculadas da mesma forma como apresentado nos pilares de extremidade pelas Equações (1) e (2).

Figura 8 – Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de canto



Fonte: Bastos (2017, p. 25)

No contexto atual da engenharia de estruturas, o dimensionamento de pilares esbeltos tem ganhado significativa relevância. A norma ABNT NBR 6118:2023 estabelece uma classificação para esses elementos com base no seu índice de esbeltez (λ). De acordo com a norma, pilares com índice inferior a 90 são considerados medianamente esbeltos; aqueles com índice entre 90 e 140 são classificados como esbeltos; e valores superiores a 140 caracterizam os pilares como muito esbeltos.

Para o cálculo desse índice, Alves (2017) explica que ele é uma função da geometria do pilar, do seu comprimento equivalente (l_e) e das condições de vínculo nas suas extremidades. O cálculo deve ser realizado separadamente para cada direção principal de inércia, conforme demonstrado na Figura 9. A própria NBR 6118:2014 fornece a metodologia para a determinação do comprimento equivalente, conforme apresentado nas Equações 3 e 4.

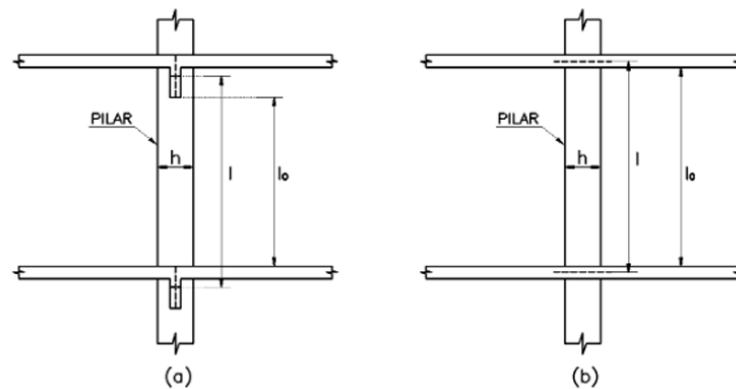
$$\lambda_x = \frac{l_{e,x}}{i_y} \quad (3)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{e,y}}{i_x} \quad (4)$$

Sendo:

- i o raio de giração no eixo x e y.

Figura 9 – Definição do comprimento equivalente de um elemento comprimido



Fonte: Alves (2017)

Segundo a NBR 6118:2023, determina-se o comprimento equivalente conforme a Equação 5.

$$l_e = l_0 + h, \text{ sendo que } l_e = l \quad (5)$$

5.1.5. Efeitos de 1ª e 2ª ordem em pilares de concreto

No dimensionamento de pilares, a análise estrutural convencional, conhecida como análise de primeira ordem, considera os esforços atuantes na estrutura em sua forma geométrica inicial, ou seja, sem levar em conta as deformações provocadas pelo carregamento (Smaniotto, 2005).

Contudo, conforme explica Gonçalves (2019), é imprescindível avaliar também os efeitos de segunda ordem, os quais são calculados a partir da configuração deformada do elemento estrutural. Estes efeitos são adicionados aos de primeira ordem e tornam-se particularmente críticos em pilares esbeltos – aqueles com maior altura e seção transversal reduzida. Nesses casos, a deformação lateral sob carga axial pode ser significativa, criando momentos fletores adicionais que comprometem diretamente a estabilidade do pilar.

A distinção entre esses dois tipos de efeitos é, portanto, crucial para a segurança do projeto. Negligenciar os efeitos de segunda ordem no cálculo de pilares esbeltos pode resultar em subdimensionamento grave, colocando em risco a integridade da estrutura. A própria ABNT

NBR 6118 (2023) permite, em seu item 15.8.2, desprezar a consideração desses efeitos para elementos isolados apenas quando o índice de esbeltez (λ) for inferior ao valor limite estabelecido ($\lambda \leq \lambda_1$), em que (λ_1) é o índice de esbeltez de referência dado no item 15.8.2 da NBR 6118 (2023).

5.1.5.1. Índice de Esbeltez

O índice de esbeltez (λ) é calculado por meio da razão entre o comprimento de flambagem (l_e) e o raio de giração (i), nas direções a serem consideradas (ABNT NBR 6118:2023):

$$\lambda = \frac{l_e}{i} \quad (6)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}} \quad (7)$$

Onde I é o valor do momento de inércia e A_c é a área da seção transversal do pilar e h : dimensão do pilar na direção considerada.

Considerando a seção transversal do pilar como sendo retangular, tem-se:

$$i = \sqrt{\frac{\left(\frac{bh^3}{12}\right)}{bh}} \quad (8)$$

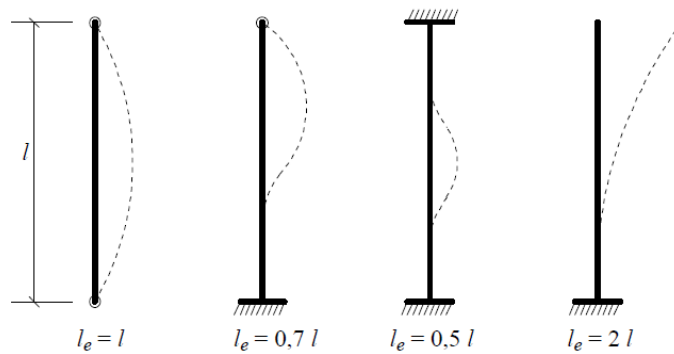
$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} \quad (9)$$

Logo, substituindo a Equação (10), o índice de esbeltez para um pilar de seção retangular é:

$$\lambda = \frac{\sqrt{12} \cdot l_e}{h} \quad (10)$$

O comprimento de flambagem de uma barra isolada depende das vinculações na base e no topo, conforme os esquemas mostrados na Figura 10.

Figura 10 – Comprimento de flambagem



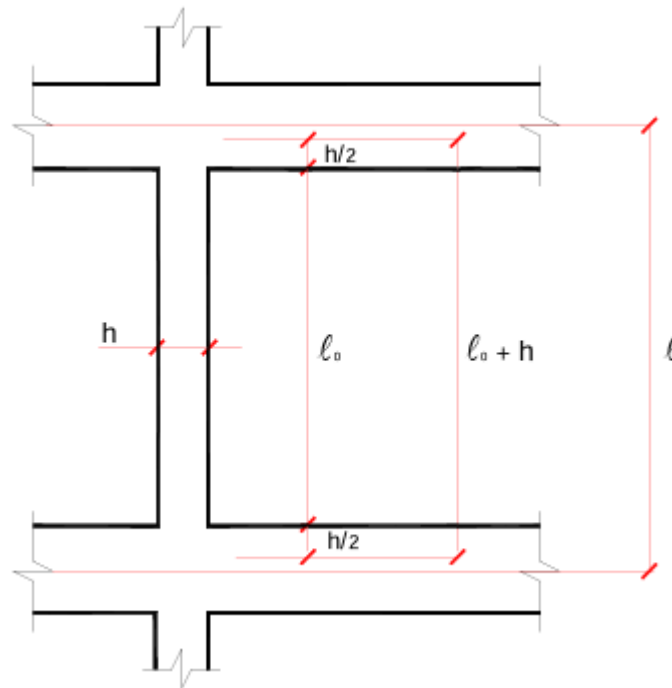
Fonte: Melo (2011, p.10)

Segundo a ABNT NBR 6118 (2023, p. 105), “O comprimento equivalente (l_e) do elemento comprimido (pilar), suposto vinculado em ambas as extremidades, deve ser o menor entre os seguintes valores:”

$$l_e \leq \begin{cases} l_0 + h \\ l \end{cases} \quad (11)$$

No qual (l_0) é a distância entre as faces internas de dois apoios consecutivos, que vinculam o pilar (Figura 11) e (l) é a distância entre os eixos de dois apoios consecutivos no qual o pilar está vinculado, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 – Definição de valores de l_0 e l



Fonte: Scadelai (2004, p. 26)

5.1.5.2. Índice de esbeltez limite

A determinação do índice de esbeltez limite (λ_1) é uma etapa fundamental para a análise estrutural de pilares, pois define a fronteira entre os comportamentos em que os deslocamentos laterais são desprezíveis e aqueles em que eles passam a influenciar significativamente os esforços internos.

Segundo a ABNT NBR 6118 (2023), a verificação dos efeitos de segunda ordem torna-se dispensável para pilares cujo índice de esbeltez (λ) não ultrapasse o valor de (λ_1). Para a obtenção desse valor limite, utiliza-se a Equação (12), a qual incorpora as condições de contorno do pilar, representadas pelo coeficiente (α_b), e a sua excentricidade relativa de 1ª ordem, dada pela relação ($\frac{e_1}{h}$).

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12,5 \cdot \frac{e_1}{h}}{\alpha_b} \quad (12)$$

Onde: $35 \leq \lambda_1 \leq 90$

O valor de α_b deve ser obtido da seguinte maneira:

a) Pilares bi-apoiados sem cargas transversais:

$$\alpha_b = 0,6 + 0,4 \frac{M_B}{M_A} \geq 40 \quad (13)$$

Sendo:

- $0,4 \leq \alpha_b \leq 1$;
- M_A e M_B são momentos de 1ª ordem nos extremos do pilar.

b) Pilares bi-apoiados com cargas transversais significativas ao longo da altura:

$$\alpha_b = 1 \quad (14)$$

c) Pilares em balanço:

$$\alpha_b = 1 \quad (15)$$

d) Pilares bi-apoiados ou em balanço com momentos menores que o mínimo:

$$\alpha_b = 1 \quad (16)$$

5.1.5.3. Classificação dos pilares de acordo com o índice de esbeltez

Conforme relatado por Bastos (2017), os pilares podem ser classificados de acordo com o seu índice de esbeltez, em:

- a) Pilar curto se $\lambda \leq 35$;
- b) Pilar médio se $35 < \lambda \leq 90$;
- c) Pilar medianamente esbelto se $90 < \lambda \leq 140$;
- d) Pilar esbelto se $140 < \lambda \leq 200$.

A ABNT NBR 6118 (2023, p. 107) afirma que: “Os pilares devem ter índice de esbeltez menor ou igual a 200 ($\lambda \leq 200$). Apenas no caso de elementos pouco comprimidos com força normal menor do que $0,10 f_{cd} \cdot A_C$, o índice de esbeltez pode ser maior do que 200.”

5.1.5.4. Consideração das imperfeições geométricas locais

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2023), item 11.3.3.4, na verificação do estado limite das estruturas reticuladas, é fundamental levar em consideração as imperfeições geométricas ao longo do eixo. Essas imperfeições são classificadas em duas categorias principais: globais e locais. Vale destacar que, segundo Casagrande (2016), desvios geométricos na execução de pilares de concreto são inevitáveis e fazem parte do próprio processo construtivo.

Dentre os diferentes tipos de imperfeições geométricas, destacam-se, de forma geral, os desvios no eixo dos elementos estruturais. Essas imperfeições podem ocorrer por diversos fatores, como variações na seção transversal, na posição da armadura, no comprimento dos elementos e na localização dos componentes estruturais (ANDRADE, 2018).

No caso das imperfeições globais, sejam as estruturas contra ventadas ou não, a ABNT NBR 6118 (2023) determina que deve ser considerado o desaprumo dos elementos verticais. Conforme Bastos (2020), para o cálculo da excentricidade acidental, é necessário, inicialmente, determinar o ângulo correspondente ao desaprumo da estrutura reticulada da edificação, por meio das Equações (17) e (18):

$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}} \quad (17)$$

$$\theta_a = \theta_1 \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{n}}{2}} \quad (18)$$

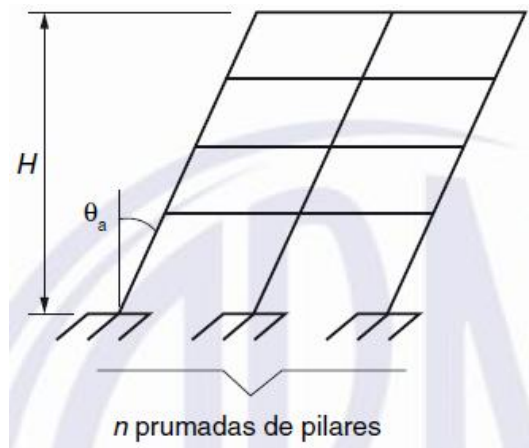
De acordo com a NBR 6118 (2023), item 11.3.3.4, na verificação do estado limite das estruturas reticuladas, é fundamental levar em consideração as imperfeições geométricas ao longo do eixo. Essas imperfeições são classificadas em duas categorias principais: globais e locais. Vale destacar que, segundo Casagrande (2016), desvios geométricos na execução de pilares de concreto são inevitáveis e fazem parte do próprio processo construtivo.

Onde:

- H é a altura total da edificação, expressa em metros (m);
- $\theta_{1min} = \frac{1}{300}$, para estruturas reticuladas e imperfeições locais;
- $\theta_{1min} = \frac{1}{300}$;
- n representa o número de pilares.

A Figura 12 exemplifica os elementos considerados na equação conforme a ABNT NBT 6118 (2023) que dispõe sobre imperfeições geométricas:

Figura 12 – Imperfeições geométricas globais



Fonte: NBR 6118:2023

5.1.5.5. Consideração do Momento Mínimo

Conforme Casagrande (2016), para estruturas reticuladas, o efeito decorrente das imperfeições locais pode ser trocado pela consideração do momento mínimo de primeira ordem dado pela Equação (19):

$$M_{1d,mín} = N_d(1,5 + 0,03h) \quad (19)$$

Onde,

- $M_{1d,mín}$ = Momento solicitante mínimo em kN·cm
- N_d = Carga axial solicitante em kN;
- h = Comprimento do pilar em cm.

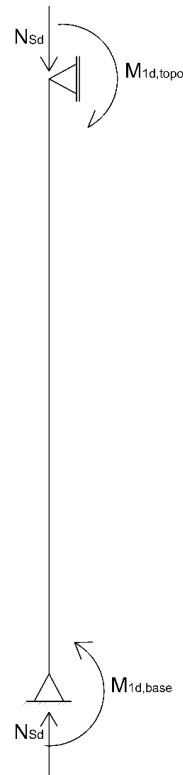
O autor complementa que a consideração das imperfeições geométricas locais é atendida quando for respeitado este valor de momento total mínimo, somando-o a ele os valores de momento de segunda ordem.

5.2. Método Geral

O método geral consiste em análises numéricas detalhadas do comportamento do pilar e é de uso obrigatório para pilares com $\lambda > 140$. Os resultados obtidos são mais precisos do que métodos simplificados, especialmente em pilares de maior esbeltez sujeitos a carregamentos complexos. O método leva em conta as não-linearidades físicas e geométricas do pilar (efeitos de segunda ordem), e o método pode ser aplicado em qualquer tipo de pilar (ABNT NBR 6118, 2023, item 15.8.3.2).

Seja um pilar birotulado submetido a uma carga axial (N_{sd}), um momento fletor no topo ($M_{1d,topo}$) e um momento fletor na base ($M_{1d,base}$), conforme mostra a Figura 13.

Figura 13 –Pilar biapoiado solicitado a força axial e a momentos fletores no topo e na base.

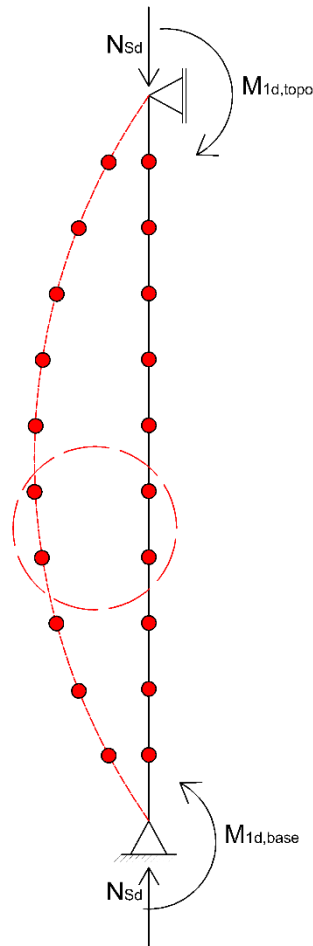


Fonte: Autores (2026).

O procedimento de cálculo do *software* FCNGEFLU, desenvolvido por Almeida (2026), é composto por duas etapas. A primeira etapa é a análise não linear geométrica; essa etapa será desenvolvida em dois passos consecutivos conforme a seguir:

1º passo – O pilar é discretizado em elementos de pórticos planos, conforme mostra a Figura 14.

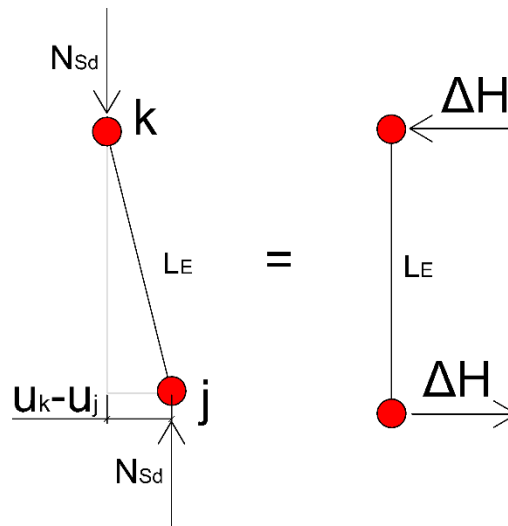
Figura 14 – Pilar discretizado com elementos de pórtico (configurações indeformada e deformada)



Fonte: Autores (2026).

2º passo – A Análise Não Linear Geométrica (ANLG) é realizada pelo processo P-delta pelo método da carga horizontal fictícia, onde um elemento de comprimento (L), submetido à força axial (N_{sd}) na configuração deformada é equivalente ao mesmo elemento na configuração indeformada submetido a um binário de forças horizontais (ΔH), aplicado em suas extremidades, conforme mostra a Figura 15. Nesse tipo de ANLG não se considera a perda de rigidez da barra devido seu estado de tensão, mas somente a consideração do aparecimento de momentos fletores devido à configuração deformada do pilar.

Figura 15 – Método P-delta pelo método da carga horizontal fictícia (Elemento nas configurações deformada e indeformada).



Fonte: Autores (2026).

Assim, o produto da força axial (N_{sd}) pela diferença de deslocamentos horizontais ($u_k - u_j$) entre os nós (k) e (j) é igual ao momento ($L \Delta H$), de acordo com a Figura 15. Com isso, obtém-se o valor de (ΔH) com a utilização da Equação 20.

$$\Delta H = \frac{N_{sd} (u_k - u_j)}{L} \quad (20)$$

Onde,

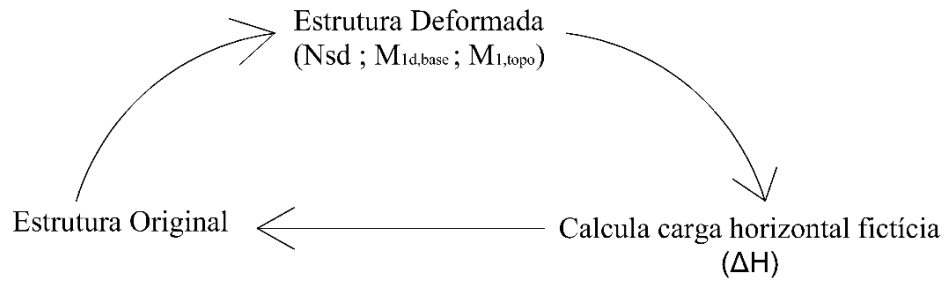
- ΔH = Carga horizontal fictícia;
- N_{sd} = Carga axial solicitante;
- u_k = Deslocamento horizontal do nó k;
- u_j = Deslocamento horizontal do nó j;
- L = comprimento do elemento de pórtico plano;

As cargas horizontais fictícias são aplicadas nos nós da estrutura discretizada mostrada na Figura 14 juntamente com a carga axial solicitante (N_{sd}), o momento fletor na base ($M_{1d,base}$) e o momento fletor no topo ($M_{1d,topo}$). Essas cargas horizontais fictícias representam o efeito dos esforços (momentos fletores) que aparecem na estrutura devido a sua configuração deformada. A Figura 16 esclarece o procedimento que deve ser repetido até que o erro relativo

entre os valores de (ΔH) em duas interações consecutivas seja menor que uma tolerância dada, de acordo com a Equação 21.

$$tol \leq \frac{(\Delta H)^{(k)} - (\Delta H)^{(k-1)}}{(\Delta H)^{(k)}} \quad (21)$$

Figura 16 – Fluxograma da análise não linear geométrica.

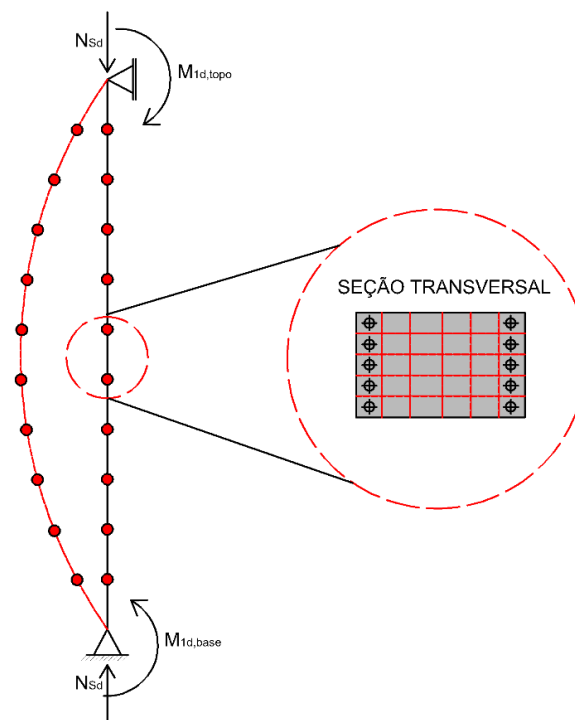


Fonte: Autores (2026).

Na segunda etapa do método geral é feita a Análise Não Linear Física (ANLF) das seções transversais do pilar. Essa etapa é desenvolvida em cinco passos:

1º passo – A seção transversal de cada elemento é subdividida em retângulos de acordo com a Figura 17.

Figura 17 – Análise não linear física do pilar.

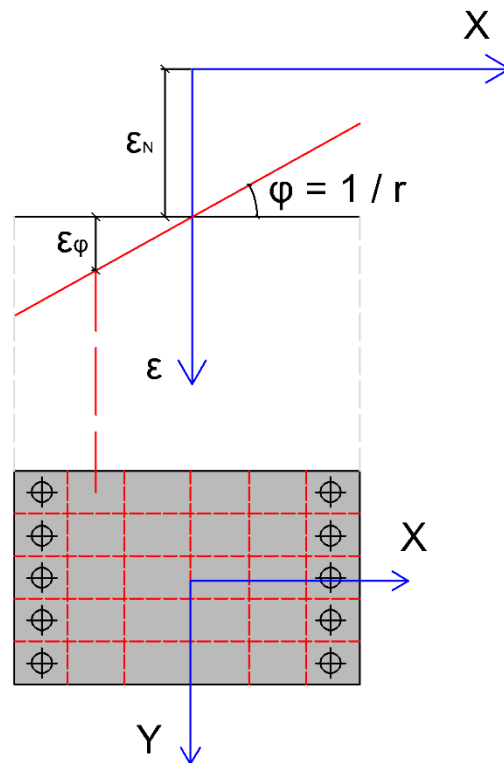


Fonte: Autores (2026).

2º passo – Calcular as deformações normais na seção transversal de cada elemento:

Admitindo-se a hipótese das seções planas (Navier-Bernoulli) é possível obter a deformação normal (ϵ) no centroide de cada subdivisão da seção transversal, de acordo com a Figura 18. Nessa figura são mostrados os eixos (x e y) que passam pelo centroide da seção transversal (vista superior) e a seção transversal deformada (vista lateral), representada pela reta inclinada em vermelho. São mostrados também, na vista lateral da seção transversal, o eixo das deformações normais (ϵ) juntamente com as deformações normais associadas à força normal (ϵ_N) e à curvatura (ϵ_φ). Para a subdivisão cujo centroide tem coordenada (x_i), tem-se a deformação normal dada pelas Equação 22, 23 e 24. Na Figura 19, (φ) é a curvatura da seção transversal do elemento de pórtico da discretização do pilar, e (r) é o raio de curvatura.

Figura 18 – Diagrama na seção transversal considerando a hipótese das seções planas.



Fonte: Autores (2026).

$$\varepsilon = \varepsilon_N + \varepsilon_\varphi \quad (22)$$

Onde,

- ε = Deformação total no ponto discretizado na Figura 18;
- ε_N = Deformação no ponto devido à força axial;
- ε_φ = Deformação no ponto devido à curvatura;

No qual,

$$\varepsilon_N = \frac{v_k - v_j}{L} \quad (23)$$

$$\varepsilon_\varphi = \varphi x_i \quad (24)$$

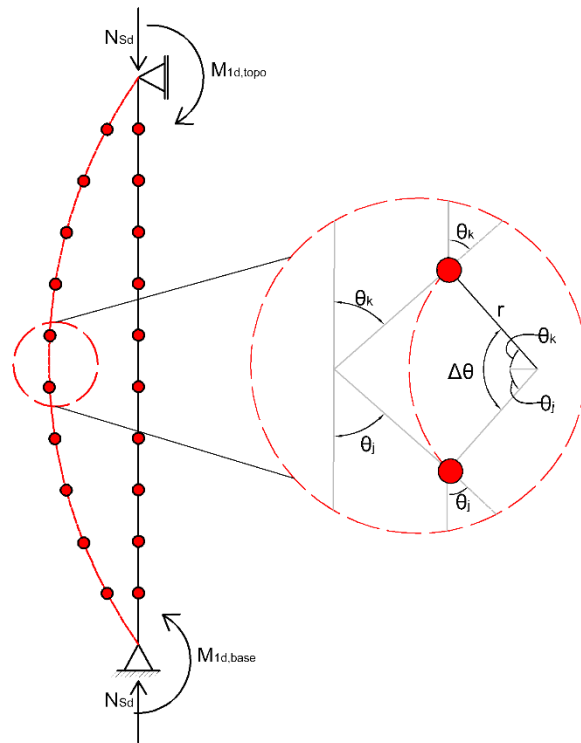
Onde,

- v_k = Deslocamento vertical do nó k;
- v_j = Deslocamento vertical do nó j;
- φ = Curvatura;
- x_i = Coordenada que define a posição da subdivisão da seção transversal.

Portanto, a deformação total de cada subdivisão de área da seção transversal é o resultado da deformação devido à força normal somado a deformação devido à curvatura, conforme Equação 22.

A curvatura (φ), necessária para o cálculo da deformação (ε_φ) mostrada na Equação 24 é obtida a partir do raio de curvatura (r), dado pelas Equações 25 e 26, de acordo com a Figura 19. Nessa figura é mostrado o pilar em sua configuração deformada e, em destaque, um elemento genérico deformado. O elemento em questão tem comprimento (L) e sofreu em suas extremidades (j) e (k) as rotações (θ_j) e (θ_k), respectivamente. A rotação relativa entre as extremidades do elemento é igual a ($\Delta\theta$), dado pela Equação 25, de acordo com a Figura 19.

Figura 19 – Estrutura deformada para análise da não linear física da seção transversal.



Fonte: Autores (2026).

$$\Delta\theta = |\theta_k| + |\theta_j| \quad (25)$$

Onde,

- $\Delta\theta$ = Rotação relativa das extremidade do elemento que vai do nó j para o nó k (Figura 19);
- θ_k = Ângulo (em radianos) de rotação do nó k;
- θ_j = Ângulo (em radianos) de rotação do nó j;

A curvatura do elemento é dada pela Equação 26.

$$\varphi = \frac{1}{r} = \frac{\Delta\theta}{L} \quad (26)$$

3º passo – Tensões normais em cada ponto (x_i) da seção.

Com a utilização dos diagramas tensão-deformação do concreto e do aço, mostrados nas Figuras 20 e 21, respectivamente, encontram-se a correspondentes tensões normais a partir das

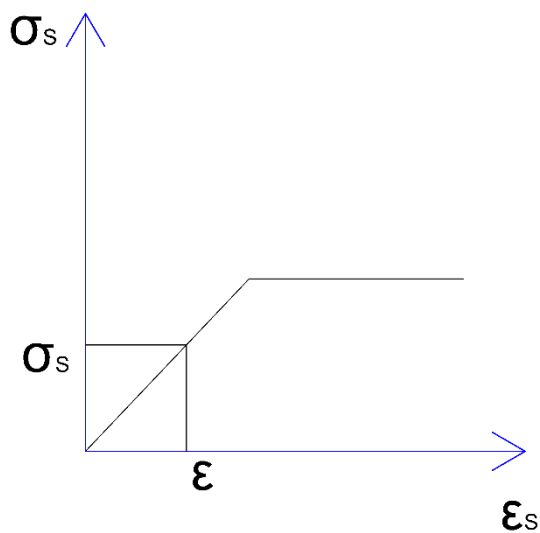
deformações. O módulo de elasticidade nesses pontos será dado pelas Equações 27 e 28, para o aço e o concreto, respectivamente.

$$E_i = \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i} \quad (27)$$

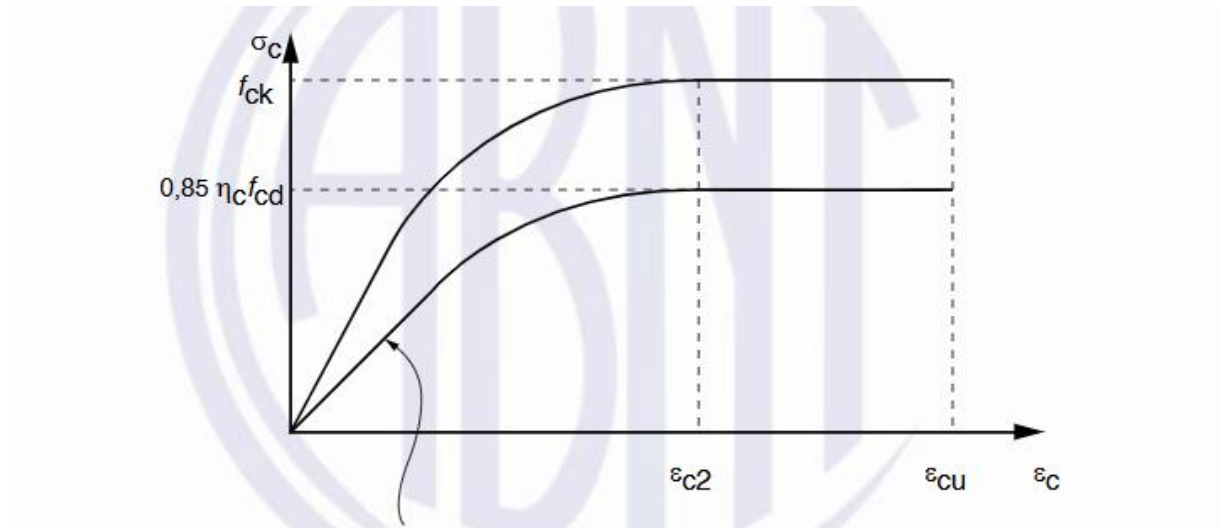
Onde,

- E_i = Módulo de elasticidade da armadura ou no centroide da subdivisão (i);
- σ_i = Tensão normal na armadura ou no centroide da subdivisão (i);
- ε_i = Deformação normal na armadura ou no centroide da subdivisão (i).

Figura 20 – Diagrama Tensão-Deformação do Aço



Fonte: Autores (2026).

Figura 21 – Diagrama Tensão-Deformação do Concreto

Fonte: NBR 6118:2014.

A Equação da relação tensão-deformação do concreto, indicada por uma seta no gráfico da Figura 21, é dada pela Equação 28.

$$\sigma_c = 0,85\eta_c f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad (28)$$

Onde,

- Para $f_{ck} \leq 40 \text{ MPa}$: $\eta_c = 1,0$;
- Para $f_{ck} > 40 \text{ MPa}$: $\eta_c = (40 / f_{ck})^{\frac{1}{3}}$
- Para $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$: $n = 2$
- Para $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$: $n = 1,4 + 23,4 \left[\frac{90 - f_{ck}}{100} \right]^4$

4º passo – Calcular as rigidezes (axial e de flexão) equivalentes da seção transversal de cada elemento do modelo.

A rigidez axial equivalente da seção transversal é dada pela Equação 29:

$$EA = \sum E_i A_i \quad (29)$$

Onde,

- EA = Rigidez axial equivalente da seção transversal;
- E_i = Módulo de elasticidade da armadura (i), ou da subdivisão (i) da seção transversal;
- A_i = Área da armadura (i), ou da subdivisão (i) da seção transversal.

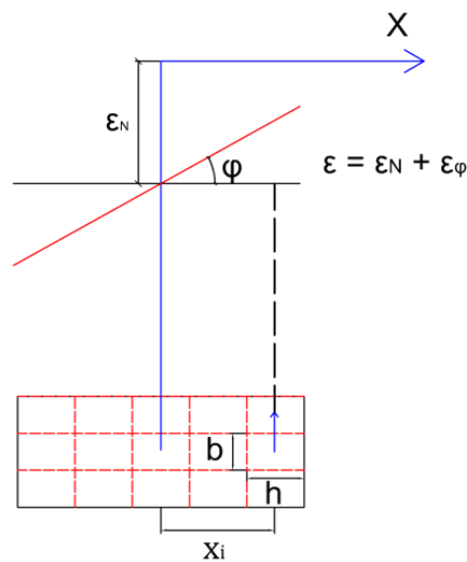
A rigidez a flexão equivalente da seção transversal é dada pela Equação 30, onde foi utilizado o teorema dos eixos paralelos. A Figura 22 ilustra o procedimento para a obtenção da rigidez à flexão equivalente, onde são mostrados os parâmetros envolvidos nos cálculos de (A_i) e (I_i) presentes nas Equações 29 e 30.

$$EI = \sum (I_i + A_i x_i^2) E_i \quad (30)$$

Onde,

- EI = Rigidez à flexão equivalente da seção transversal;
- I_i = Momento de inércia da armadura (i) ou da subdivisão (i) em relação ao eixo que passa pelo seu centroide;

Figura 22 – Parâmetros envolvidos no cálculo das rigidezes equivalentes axial e a flexão



Fonte: Autores (2026).

5º passo – Recalcula-se os esforços no pilar considerando os valores de rigidez alterados.

Depois de corrigidas as rigidezes (axial e à flexão) das seções transversais de todos os elementos do modelo, monta-se novamente a matriz de rigidez da estrutura (pilar) e calculam-se os deslocamentos nodais, em mais uma análise não linear geométrica pelo processo P-delta. O procedimento se repete até que os erros relativos entre as rigidezes equivalentes (EI) de todos os elementos da malha, em duas iterações consecutivas ($k + 1$) e (k) seja menor que uma tolerância dada, de acordo com a Equação 31.

$$tol \leq \frac{(EI)^{(k+1)} - (EI)^{(k)}}{(EI)^{(k)}} \quad (31)$$

Após a convergência, se houver, o programa mostra em uma tabela os valores dos momentos fletores solicitantes em cada elemento da malha (no caso do FCNGEFLU e FCOGEFLU igual a 10 seções). Se todos esses momentos solicitantes forem menores que o momento resistente último (M_{ru}), para a seção transversal do pilar e o arranjo de armaduras dado, então o pilar está seguro.

Esse método apresenta a vantagem de verificar tanto a estabilidade do pilar, considerando os esforços adicionais que surgem devido sua configuração deformada (ANLG pelo processo P-delta) e aos efeitos das não linearidades físicas (ANLF), quanto sua capacidade resistente no Estado Limite Último (as solicitações estão dentro da envoltória de esforços resistentes da seção transversal).

5.3. Consideração da fluência no concreto

Conforme Oliveira e Saraiva (2018, p. 163), ao submeter uma força de compressão sob um elemento de concreto, inicialmente ocorre a acomodação das partículas de formação do concreto, no entanto, se tal carga permanecer ao longo do tempo, a água capilar se movimentará por capilares mais finos, ocasionando tensões internas e provocando deformações lentas através do fenômeno de fluência. As autoras ainda indicam que fatores como a geometria da peça

(quanto mais esbeltas, maior será o impacto da fluência) e magnitude das tensões contribuem para tal fenômeno.

Bastos (2017, p. 18 apud NBR 6118:2014), amparado pelas Normas Técnicas descreve que “A consideração da fluência deve obrigatoriamente ser realizada em pilares com índice de esbeltez $\lambda > 90$ e pode ser efetuada de maneira aproximada, considerando a excentricidade adicional e_{cc} ”, conforme descrito nas Equações 31 e 32:

$$e_{cc} = \left(\frac{M_{sg}}{N_{sg}} + e_a \right) \left(2,718^{\frac{\varphi N_{sg}}{N_e - N_{sg}}} - 1 \right) \quad (31)$$

Sendo que:

$$N_e = \frac{10E_{ci}I_c}{l_e^2} \quad (32)$$

Onde:

- e_a – Excentricidade devida as imperfeições locais;
- M_{sg} e N_{sg} – Esforços solicitantes devidos à combinação quase permanente;
- φ – Coeficiente de fluência;
- E_{ci} – Módulo de elasticidade tangente;
- I_c – Momento de inércia;
- l_e – Comprimento de flambagem.

Para casos em que não é necessária tanta precisão, a atualização de 2014 da norma já fornece os valores para o coeficiente de fluência $\varphi(t_\infty, t_0)$ e da deformação específica de retração $\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_0)$ relativos à temperatura do concreto, conforme disposto na tabela disposta no item 8.2.11 apresentada na Tabela 23:

Figura 23 – Valores numéricos usuais para determinação da fluência e da retração

Ambiente	Umidade U %	Fluência φ_{1c} ^{a, c}			Retração $10^4 \varepsilon_{1s}$ ^{b, c}			γ ^d
		Abatimento de acordo com a ABNT NBR NM 67 cm						
		0 – 4	5 – 9	10 – 15	0 – 4	5 – 9	10 – 15	
Na água	–	0,6	0,8	1,0	+ 1,0	+ 1,0	+ 1,0	30,0
Em ambiente muito úmido imediatamente acima da água	90	1,0	1,3	1,6	– 1,9	– 2,5	– 3,1	5,0
Ao ar livre, em geral	70	1,5	2,0	2,5	– 3,8	– 5,0	– 6,2	1,5
Em ambiente seco	40	2,3	3,0	3,8	– 4,7	– 6,3	– 7,9	1,0

^a $\varphi_{1c} = 4,45 - 0,035U$ para abatimento no intervalo de 5 cm a 9 cm e $U \leq 90$ %.

^b $10^4 \varepsilon_{1s} = - 8,09 + (U/15) - (U^2/ 2\,284) - (U^3/ 133\,765) + (U^4/ 7\,608\,150)$ para abatimentos de 5 cm a 9 cm e $40\% \leq U \leq 90$ %.

^c Os valores de φ_{1c} e ε_{1s} para $U \leq 90$ % e abatimento entre 0 cm e 4 cm são 25 % menores e, para abatimentos entre 10 cm e 15 cm, são 25 % maiores.

^d $\gamma = 1 + \exp (-7,8 + 0,1 U)$ para $U \leq 90$ %.

NOTA 1 Para efeito de cálculo, as mesmas expressões e os mesmos valores numéricos podem ser empregados, no caso de tração.

NOTA 2 Para o cálculo dos valores de fluência e retração, a consistência do concreto é aquela correspondente à obtida com o mesmo traço, sem a adição de superplastificantes e superfluidificantes.

Fonte: NBR 6118:2014

5.3.1. Método do ajuste do diagrama tensão-deformação

Conforme Fusco (1981), as tensões atuantes no concreto apresentam magnitudes reduzidas, o que possibilita a aplicação da teoria linear da fluência, uma vez que esse fenômeno é decorrente das cargas permanentes em condições de serviço. Dessa forma, emprega-se um coeficiente de fluência φ , que independe do nível de tensão aplicado, sendo a deformação por fluência obtida por meio do produto entre a deformação instantânea do concreto (ε_c) e o referido coeficiente. A Equação 33 mostra a expressão a ser considerada para consideração do efeito da fluência do concreto.

$$\varepsilon_{cc} = \varphi \varepsilon_c \quad (34)$$

$$\varepsilon_{c,total} = \varepsilon_c + \varepsilon_{cc} \quad (35)$$

Ou

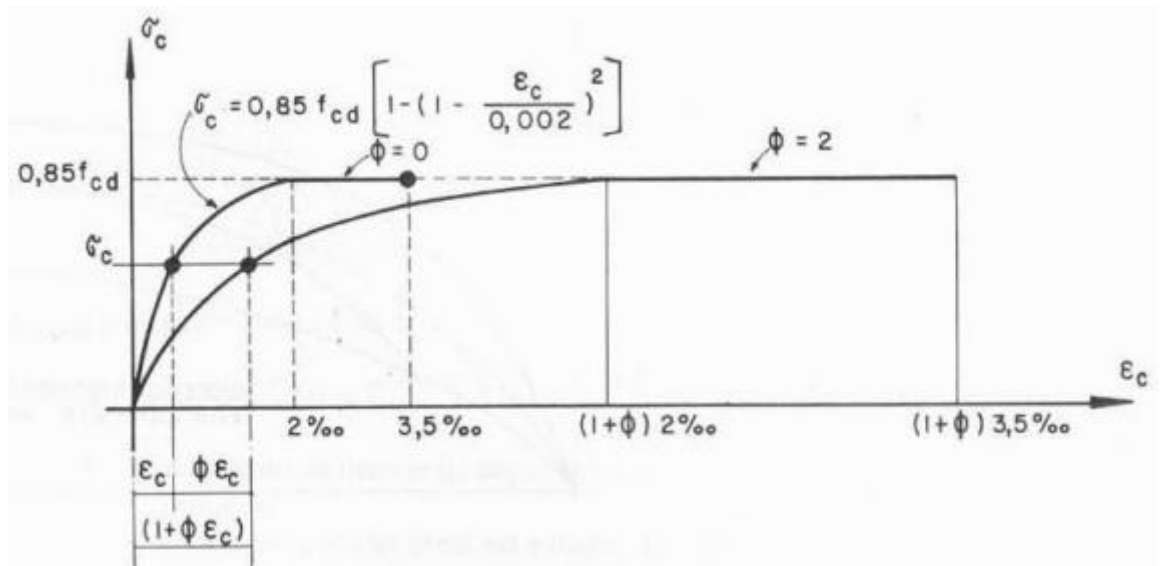
$$\varepsilon_{c,total} = (1 + \varphi)\varepsilon_c = (1 + \varphi) \frac{\sigma_c}{E_c} \quad (36)$$

Onde:

- φ – Coeficiente de fluência;
- σ_c – Tensão de compressão no concreto dada pela Equação 28;
- E_c – Módulo de deformação longitudinal do concreto;
- ε_c – Deformação imediata do concreto;
- ε_{cc} – Deformação por fluência do concreto;
- $\varepsilon_{c,total}$ – Deformação total do concreto.

Com base na Figura 24, considera-se que o diagrama tensão-deformação do concreto passa por uma translação horizontal proporcional ao fator φ , mantendo-se paralelo ao eixo das deformações específicas (ε_c). Desse modo, torna-se possível a obtenção do diagrama de interação N-M-1/r, agora ajustado ao novo comportamento atribuído ao concreto.

Figura 24- Diagrama tensão-deformação do concreto ajustado



Fonte: FUSCO (1981).

6. METODOLOGIA

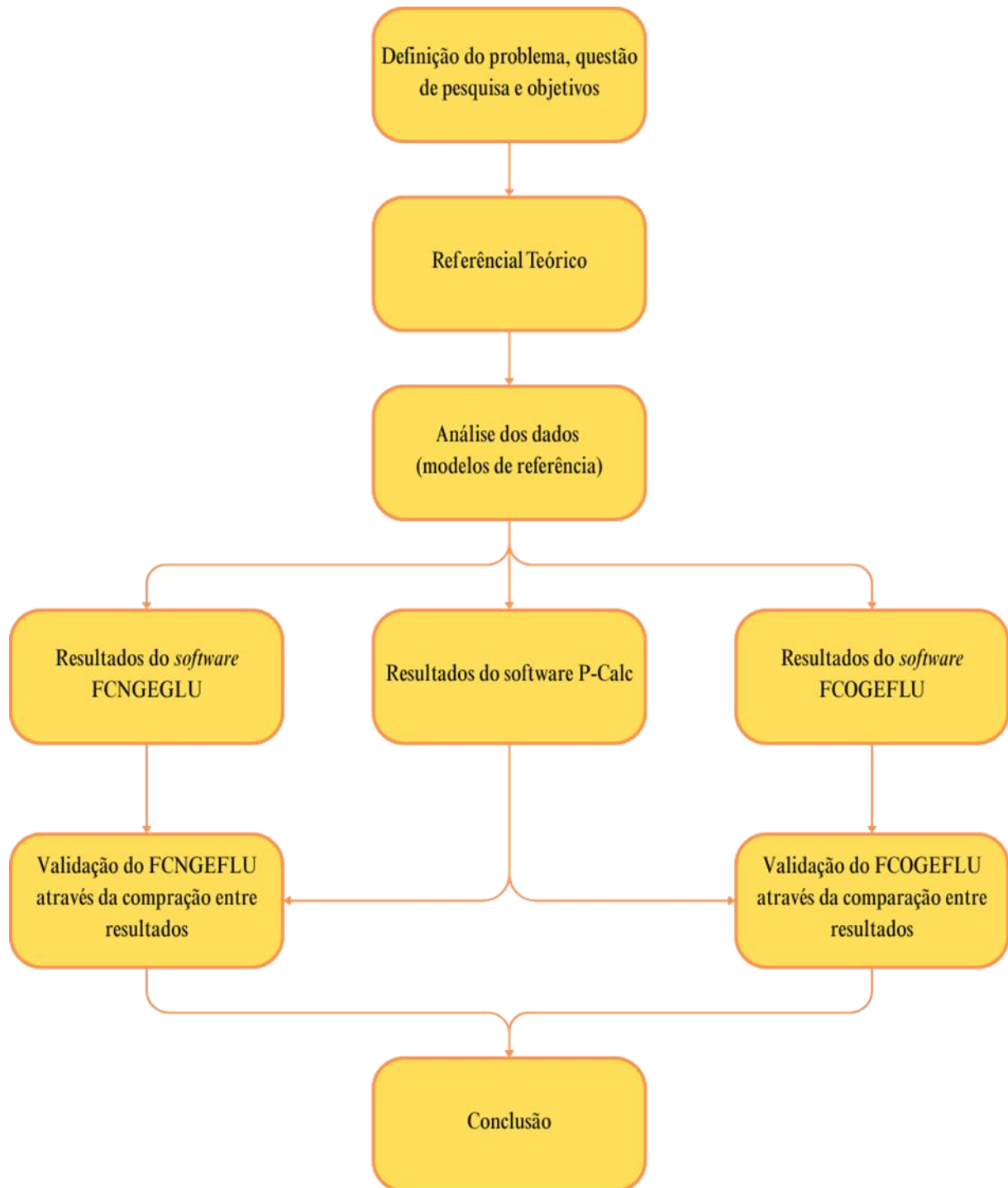
O trabalho se classifica como uma pesquisa descritiva (registra e descreve o comportamento de estruturas de concreto quando submetidas ao efeito da fluência), como também exploratória, trazendo mais familiaridades com o problema central (o impacto do efeito da fluência em pilares de concreto), auxiliando no desenvolvimento de hipóteses e na definição de abordagens específicas (Guerra, 2024).

Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa foram construídos por pesquisa bibliográfica, obtenção dos dados, e comparação com os obtidos por meio do auxílio de programas computacionais.

O levantamento bibliográfico para realização deste estudo abordou os seguintes temas: dimensionamento e verificação de pilares (com o objetivo de definir os métodos para o dimensionamento e verificação desses elementos estruturais); consideração da fluência no concreto (com o intuito de identificar as deformações no concreto devido às cargas de longa duração).

Com a Etapa Preliminar (EP) do estudo foi realizada a pesquisa bibliográfica sobre o fenômeno da fluência no concreto e sua influência no dimensionamento das seções transversais de pilares. Na Etapa Efetiva (EE) serão utilizados os *softwares* FCNGEFLU, FCOGEFLU e P-Calc com os exemplos da dissertação de Casagrande (2016) para verificar a eficiência e validar os referidos programas desenvolvidos. A Figura 25 mostra esquematicamente as principais etapas do procedimento metodológico.

Figura 25 – Fluxograma de etapas do procedimento metodológico



Fonte: Autores (2026).

7. RESULTADOS

A análise estrutural conduzida nesta pesquisa foi realizada mediante o emprego das ferramentas computacionais FCOGEFLU e FCNGEFLU. Estes *softwares* foram desenvolvidos sob a autoria do Professor Francisco José Pereira de Almeida, vinculado à Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Tais programas são dedicados à verificação da capacidade resistente de pilares em concreto armado. Além disso, é possível verificar e analisar os efeitos do fenômeno da fluência do material, sobre os momentos fletores totais nas seções transversais intermediárias no pilar.

7.1. Interfaces gráficas

7.1.1. FCNGEFLU

O programa utiliza a método geral para a verificação de pilares de concreto armado submetidos a Flexão Composta Normal (FCN). A interface gráfica do *software*, através da qual os parâmetros do problema em estudo são inseridos, encontra-se representada na Figura 26:

7.1.2. FCOGEFLU

O programa utiliza a método geral para a verificação de pilares de concreto armado submetidos a Flexão Composta Oblíqua (FCO). A interface gráfica do *software*, através da qual os parâmetros do problema em estudo são inseridos, encontra-se representada na Figura 27:

Figura 27 – Interface gráfica FCOGEFLU

Fonte: FCOGEFLU (2026)

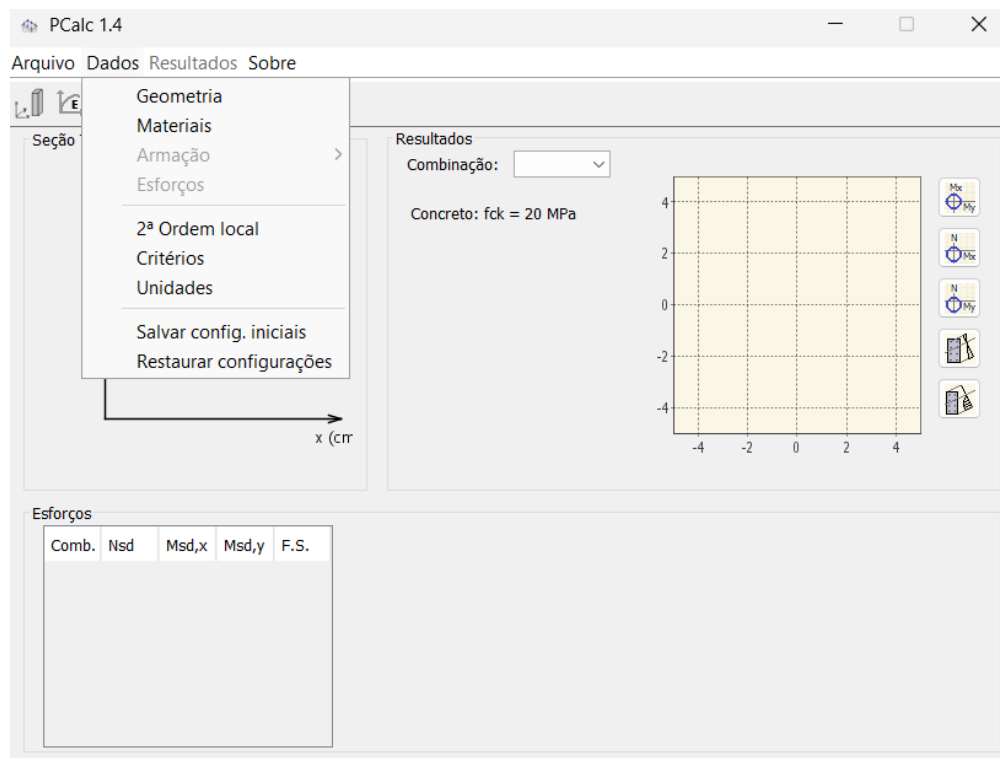
- f_{ck} – Resistência do concreto em kN/cm^2 ;
- L – Comprimento do pilar;
- Ψ – Coeficiente de fluência;
- N_{sd} – Força normal solicitante de cálculo;
- M_{1dyT} – Momento de cálculo de primeira ordem solicitante no topo do pilar, aplicado em torno do eixo y;
- M_{1dyB} – Momento de cálculo de primeira ordem solicitante na base do pilar, aplicado em torno do eixo y;
- M_{1dzT} – Momento de cálculo de primeira ordem solicitante no topo do pilar, aplicado em torno do eixo z;

- M_{1dzB} – Momento de cálculo de primeira ordem solicitante na base do pilar, aplicado em torno do eixo z;
- Forma da seção transversal do pilar;
- Dimensões da seção transversal;
- Diâmetro da barra (10.0; 12.5; 16.0; 20.0, 25.0);
- Número de barras da armadura nas bordas da seção transversal;

7.1.3. PCalc

Utilizado na pesquisa como *software* de referência para validação dos resultados, O PCalc é uma ferramenta de dimensionamento criada pela TQS Informática LTDA, líder de mercado em desenvolvimento de aplicações destinadas a cálculo estrutural. O programa apropria-se de métodos variados de dimensionamento de pilares, como o método do Pilar-Padrão e o Método Geral, sendo o segundo, utilizado nesta pesquisa. A Interface Gráfica está exposta abaixo:

Figura 28 – Interface gráfica do *software* PCalc



Fonte: Autores (2026)

7.2. MODELOS DE ESTUDO

Os parâmetros dos pilares utilizados para aplicação dos programas, foram retirados da dissertação “*Consideração da fluência no cálculo dos efeitos de segunda ordem em pilares de concreto armado*” (CASAGRANDE, 2016). O procedimento metodológico adotado foi o de confrontar os resultados numéricos reportados no trabalho de Casagrande e no *software* P-CALC, com as saídas geradas pelos *softwares* FCOGEFLU e FCNGEFLU.

A Tabela 1 expõe os parâmetros de entrada correspondentes a cada caso de estudo, os quais foram utilizados como insumos para a ferramenta computacional.

Tabela 1 - Modelos de estudos para pilares submetidos a flexão composta normal

DADOS				
Parâmetros	Modelo 01	Modelo 02	Modelo 03	
Nsd (kN)	2100	2100	2100	
L (cm)	300	400	300	
f_{ck} (kN/cm ²)	3	3	3	
Coeficiente de fluência	0	0	0	
	1,18	1,18	1,18	
Msd, topo (kN.cm)	4410	-3500	7000	
Msd, base (kN.cm)	4410	10000	10000	
Seção do pilar (cm)	60x20	60x20	60x20	
Diâmetro das barras (mm)	20	20	20	
Quantidade de barras	10	18	18	

Fonte: Casagrande (2016).

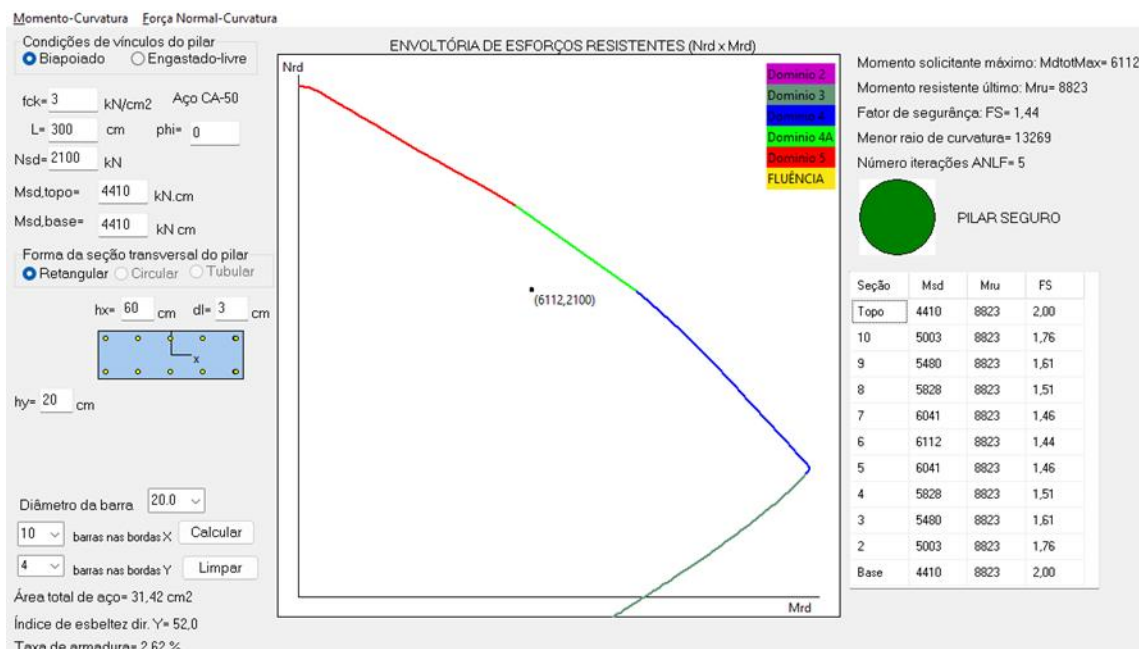
Conforme exposto na dissertação de Casagrande (2016), o coeficiente de fluência de $\phi = 1,18$, foi adotado através do ajuste do diagrama tensão-deformação do concreto, método proposto por Fusco (1981).

7.3. Resultados obtidos no *software* FCNGEFLU

7.3.1. Modelo 01 (FCNGEFLU)

A Figura 29, apresenta os dados do modelo 01. Verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 6112 kN.cm.

Figura 29 – Modelo 01, sem fluência, FCNGEFLU



Fonte: FCNGEFLU (2026).

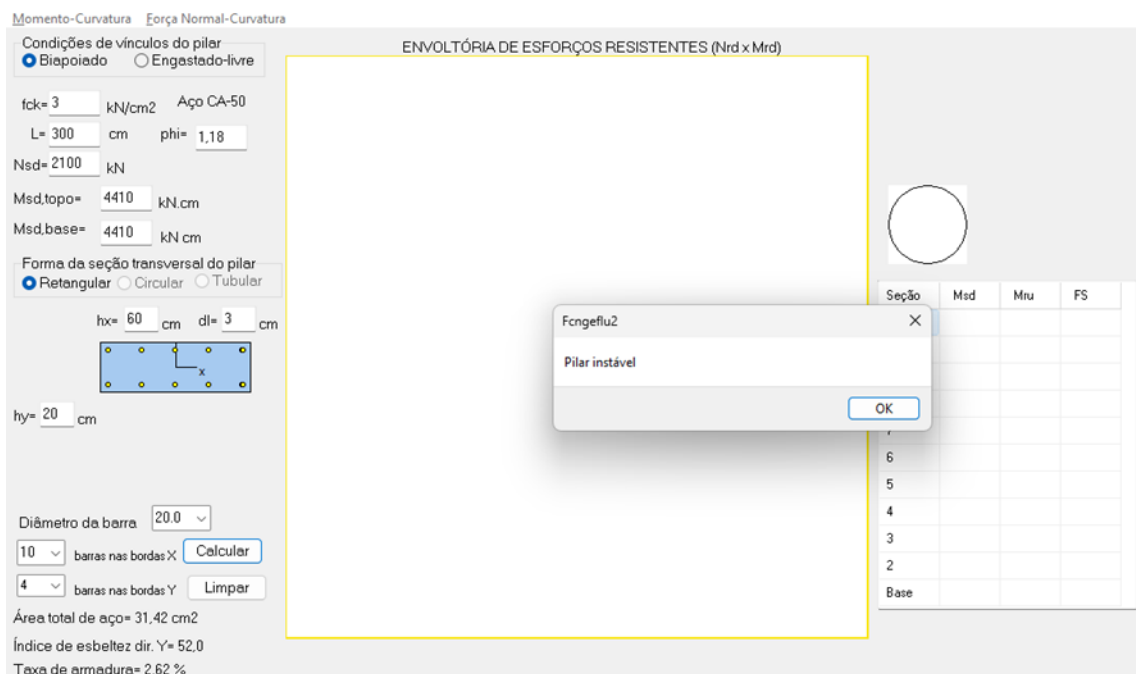
Tabela 2 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 01 desconsiderando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	6112
Momento resistente último (M_{ru})	8823
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

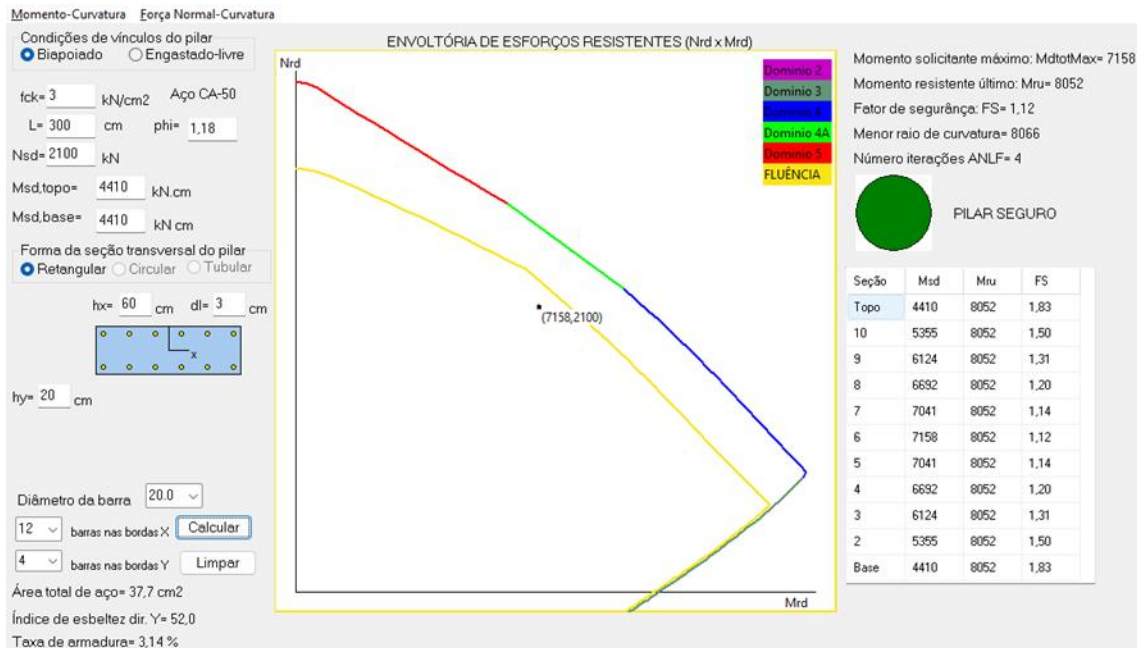
Na Figura 30, que apresenta os dados do modelo 01, verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, não possui capacidade resistente suficiente. O *software* não fornece valores de esforços solicitantes quando há falha por instabilidade global, condição em que a estrutura perde o equilíbrio por instabilidade, sendo necessário um ajuste no pilar, sendo aplicado aqui um aumento na quantidade de barras, passando de 10, para 12 de 20 mm.

Figura 30 – Modelo 01, com fluência, FCNGEFLU



Fonte: FCNGEFLU (2026).

Após o ajuste no arranjo das armaduras, mesmo considerando os efeitos da fluência, o valor do momento solicitante máximo encontra-se dentro da envoltória de esforços, caracterizando por sua vez, um pilar seguro. O valor do momento máximo encontrado foi de 7158 kN.cm.

Figura 31 – Modelo 01 ajustado, com fluência, FCNGEFLU

Fonte: FCNGEFLU (2026).

Tabela 3 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 01 considerando a fluência

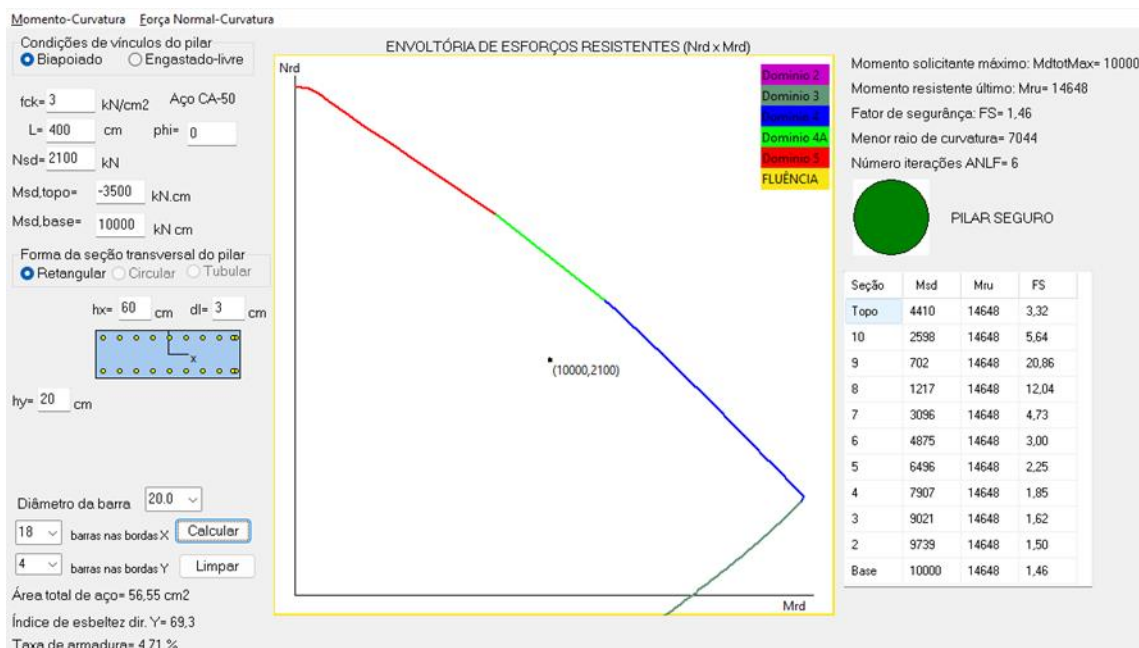
Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	7168
Momento resistente último (M_{ru})	8052
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.3.2. Modelo 02 (FCNGEFLU)

A Figura 32, apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 10000 kN.cm.

Figura 32 – Modelo 02, sem fluência, FCNGEFLU



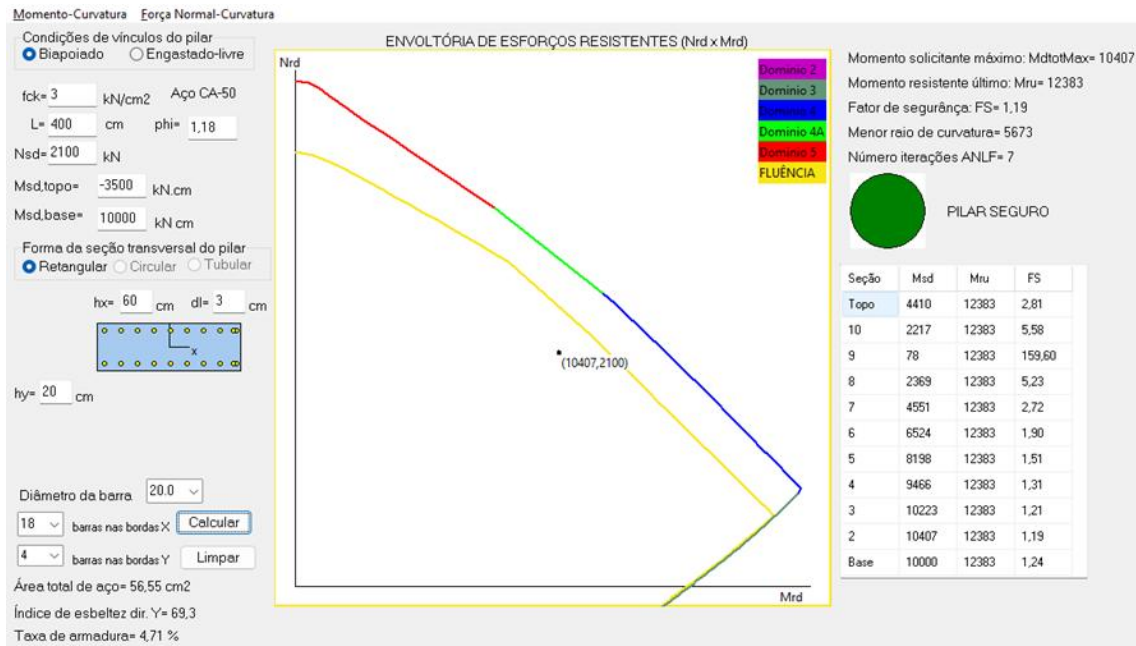
Fonte: FCNGEFLU (2026).

Tabela 4 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 02 desconsiderando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	10000
Momento resistente último (M_{ru})	14684
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 33 apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, também possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 10407 kN.cm.

Figura 33 – Modelo 02, com fluência, FCNGEFLU

Fonte: FCNGEFLU (2026).

Tabela 5 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 02 considerando a fluência

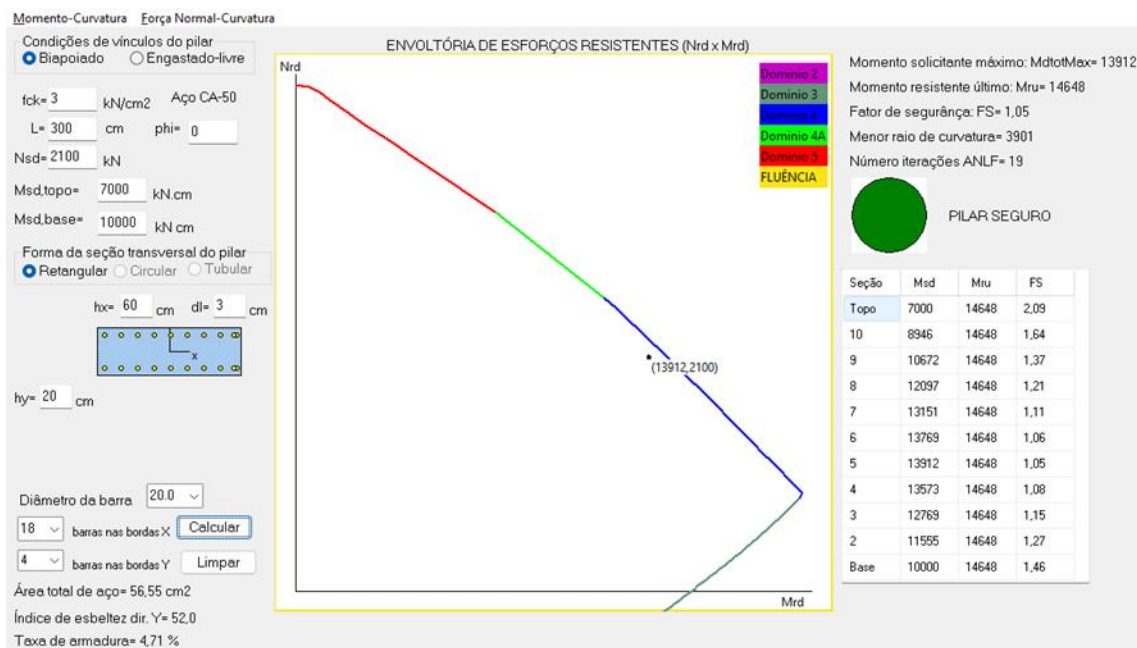
Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	10407
Momento resistente último (M_{ru})	12383
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.3.3. Modelo 03 (FCNGEFLU)

A Figura 34, apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 13912 kN.cm.

Figura 34 – Exemplo 3, sem fluência, FCNGEFLU



Fonte: FCNGEFLU (2026).

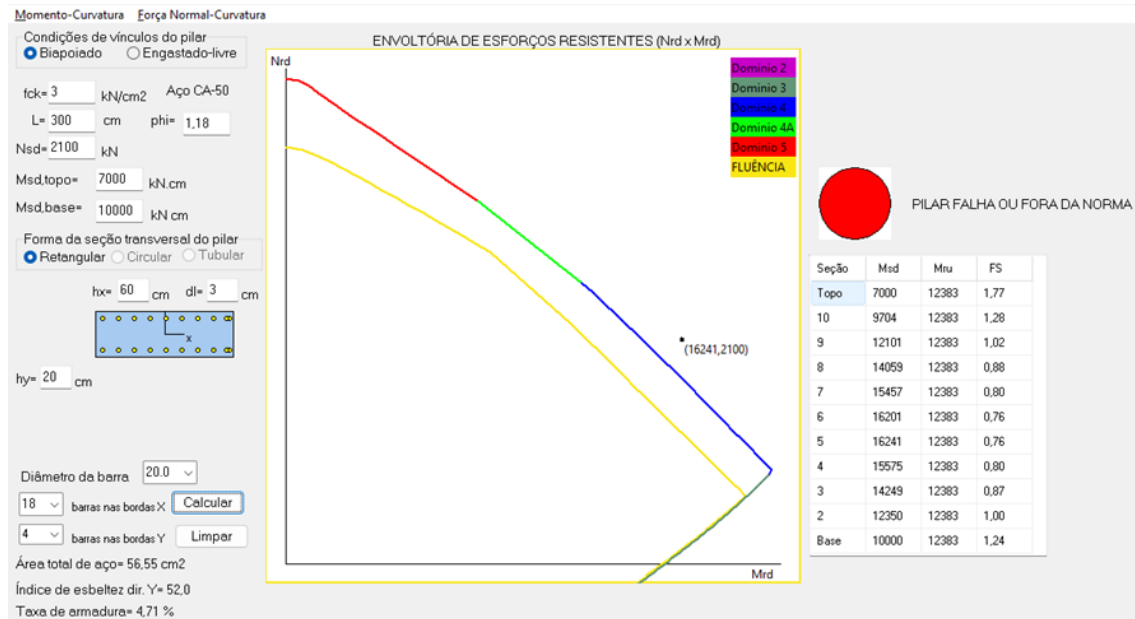
Tabela 6 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 03 desconsiderando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	13912
Momento resistente último (M_{ru})	14648
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 35, que apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, não possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante é superior aos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar inseguro, em consequência do esmagamento da seção transversal. O momento solicitante na seção intermediária atingiu o valor de 16241 kN.cm

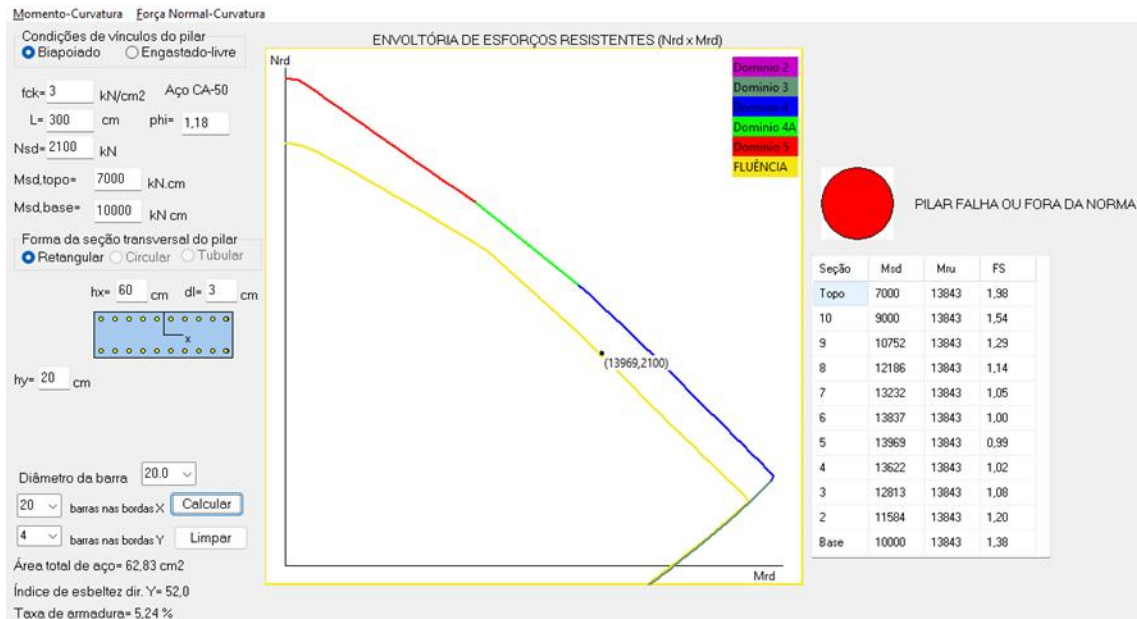
Figura 35 – Modelo 03, com fluência, FCNGEFLU



Fonte: FCNGEFLU (2026).

Com o aumento da quantidade de barras para 20, é possível levar o momento solicitante para o limite da envoltória de esforços, onde uma solicitação máxima de 13969 kN.cm ainda se mostra levemente superior ao momento resistente último, como mostra a Figura 36. Aqui, para fins de otimização no dimensionamento, tenta-se considerar um arredondamento no “fator de segurança” de 0,99 para 1, que por consequência, indica um pilar seguro.

Figura 36 – Modelo 03 ajustado, com fluência, FCNGEFLU



Fonte: FCNGEFLU (2026).

Tabela 7 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 03 considerando a fluência

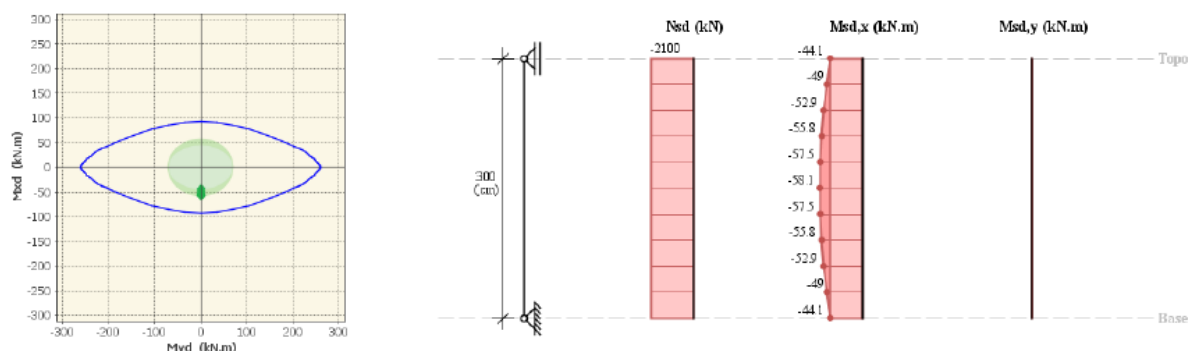
Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	13969
Momento resistente último (M_{ru})	13969
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.4. Resultados obtidos no *software* PCalc para Flexão-Composta Normal

7.4.1. Modelo 01 (PCalc – Flexão-Composta Normal)

A Figura 37, apresenta os dados do modelo 01. Verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 58,1 kN.m ou 5810 kN.cm.

Figura 37 – Modelo 01, sem fluência, PCalc

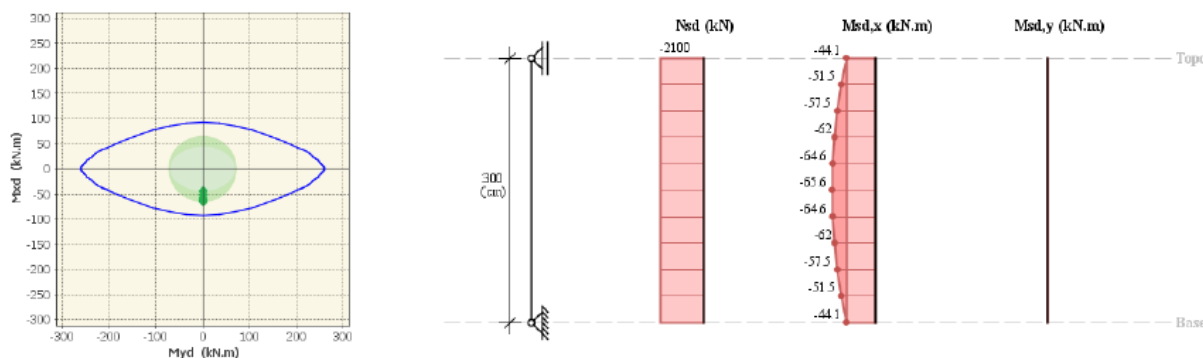
Fonte: TQS Informática LTDA (2026).

Tabela 8 – Resultados do PCalc para o modelo 01 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	5810
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 38, que apresenta os dados do modelo 01. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, não possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 65,6 kN.m ou 6560 kN.cm.

Figura 38 – Modelo 01, com fluência, PCalc

Fonte: TQS Informática LTDA (2026).

Tabela 9 – Resultados do PCalc para o modelo 01 considerando a fluência (Flexão Composta Normal)

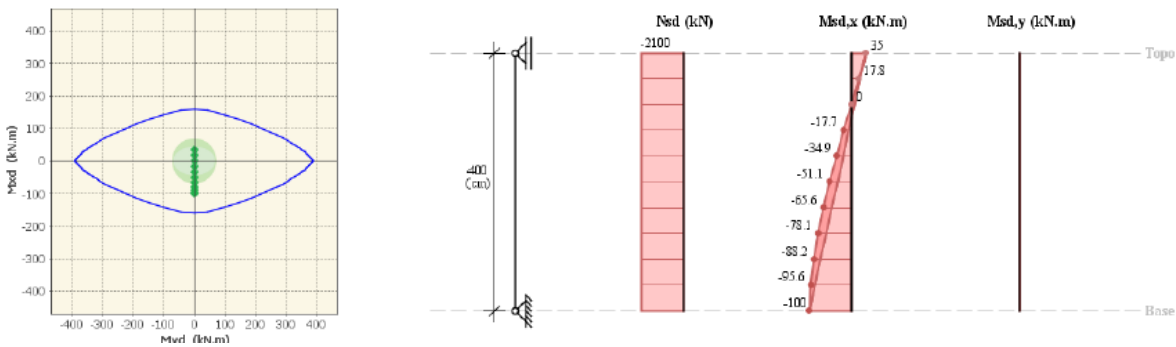
Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	6560
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.4.2. Modelo 02 (PCalc – Flexão-Composta Normal)

A Figura 39, apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm.

Figura 39 – Modelo 02, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)



Fonte: TQS Informática LTDA (2026).

Tabela 10 – Resultados do PCalc para o modelo 02 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	10000
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 40, apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente

suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção mais crítica (base) atingiu o valor de 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm.

Figura 40 - Modelo 02, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)

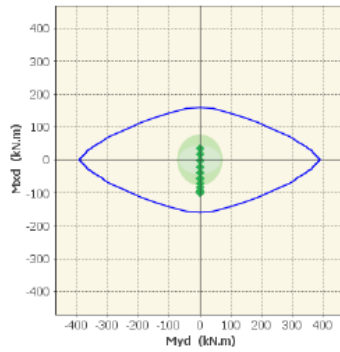


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

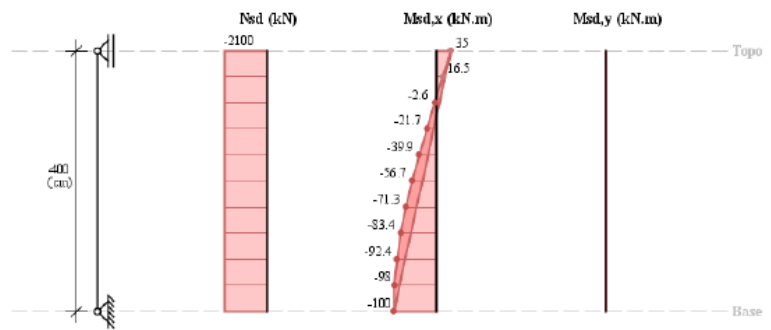


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

Fonte: TQS Informática LTDA (2026).

Tabela 11 – Resultados do PCalc para o modelo 02 considerando a fluência (Flexão Composta Normal)

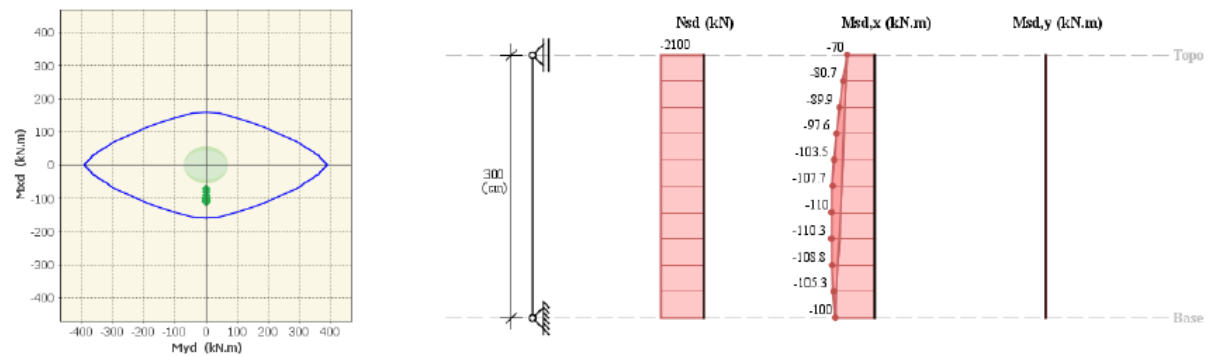
Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	10000
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.4.3. Modelo 03 (PCalc – Flexão-Composta Normal)

A Figura 41, apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 110,3 kN.m ou 11030 kN.cm.

Figura 41 – Modelo 03, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)



Fonte: TQS Informática LTDA (2026).

Tabela 12 – Resultados do PCalc para o modelo 03 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	11030
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 42, apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção mais crítica atingiu o valor de 115,2 kN.m ou 11520 kN.cm.

Figura 42 – Modelo 03, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)

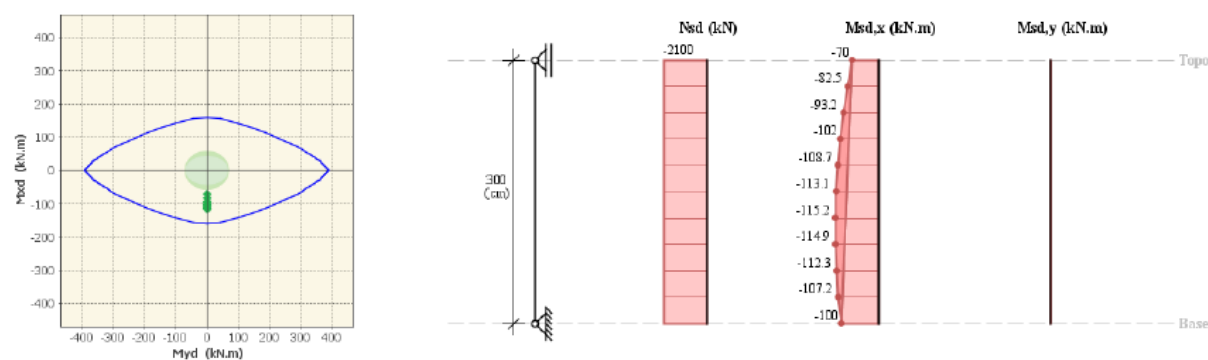


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

Fonte: TQS Informática LTDA (2026).

Tabela 13 – Resultados do PCalc para o modelo 03 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Normal)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo (M_{dtot})	11520
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.4.4. Comparação ente FCNGEFLU, PCalc e Casagrande (2016)

A Tabela 14, apresenta os resultados encontrados nos Modelos 1, 2 e 3 quando submetidos à Flexão-Composta Normal, comparados com os valores calculados na dissertação de Casagrande (2016) e nos *softwares* PCalc e FCNGEFLU.

Tabela 14 – Momentos fletores solicitantes máximos no dimensionamento submetido a Flexão Composta Normal

Situações de cálculo	Exemplo	Casagrande (2016) ($kN \cdot cm$)	PCalc ($kN \cdot cm$)	FCNGEFLU ($kN \cdot cm$)	Diferença percentual (FCNGEFLU vs Casagrande)	Diferença percentual (FCNGEFLU vs PCalc)
Com fluência igual a 0	Modelo 01	5899	5810	6112	3,61%	5,20%
	Modelo 02	9589	10000	10000	4,29%	0,00%
	Modelo 03	11476	11030	13912	21,23%	26,13%
Com fluência igual a 1,18	Modelo 01	7282	6560	7158	-1,70%	9,12%
	Modelo 02	10294	10000	10407	1,10%	4,07%
	Modelo 03	12941	11520	13969	7,94%	21,26%

Fonte: Autores (2026).

É possível observar que os modelos 01 e 02 onde é desconsiderado o efeito da fluência e o modelo 01 com a consideração deste coeficiente obtiveram variações aceitáveis quando comparados com os valores de referência, onde as diferenças percentuais ficaram abaixo dos

10%. O modelo 03, em ambos os cenários, apresentou as maiores diferenças percentuais, onde o estudo da seção sem os efeitos da fluência em 3 situações ultrapassou os 20% de diferença.

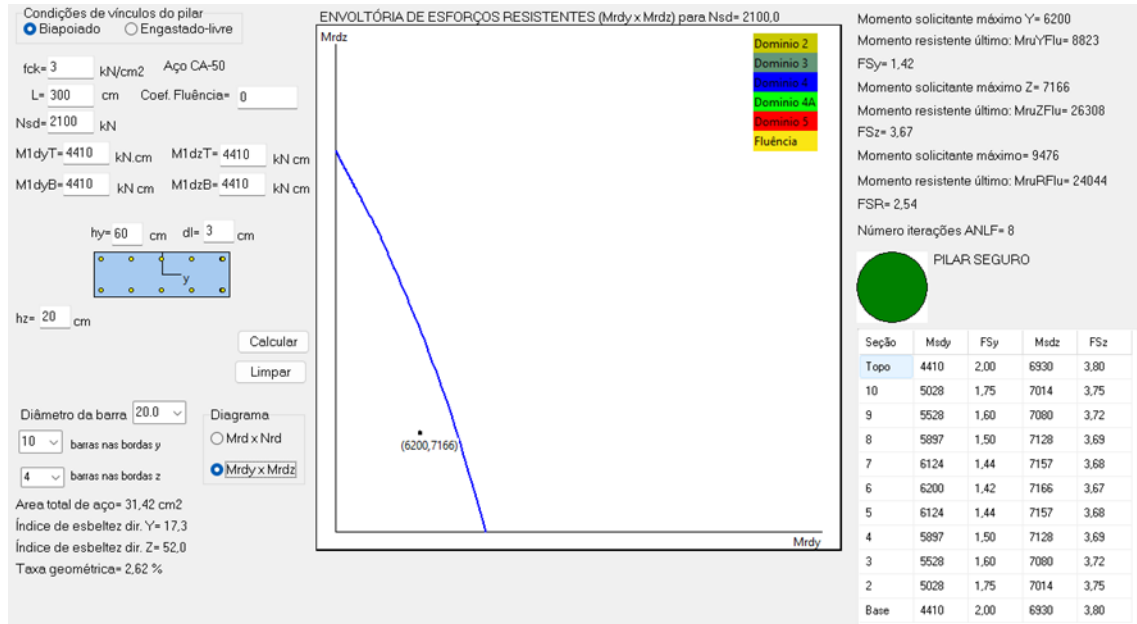
7.5. Resultados obtidos no *software* FCOGEFLU

Para o cálculo da flexão composta oblíqua, também foram usados os modelos de referência fornecidos pela dissertação de Casagrande (2016), para tal avaliação ser possível, foi aplicado o mesmo valor de momento solicitante em ambas as direções dos modelos de estudo. A comparação aqui, está centrada nos *softwares* FCOGEFLU e PCalc.

7.5.1. Modelo 01 (FCOGEFLU)

A Figura 43, apresenta os dados do modelo 01. Verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção mais crítica em torno do eixo y, foi de 6200 kN.cm e em torno do eixo x, foi de 7166 kN.cm.

Figura 43 – Modelo 01, sem fluência, FCOGEFLU



Fonte: FCOGLEFLU (2026)

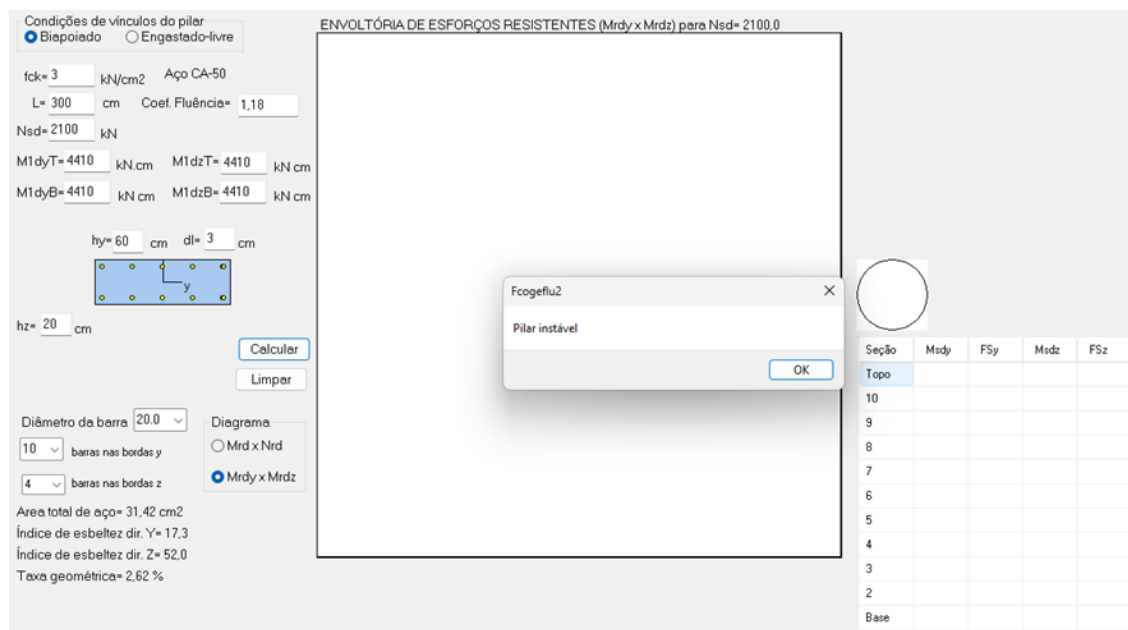
Tabela 15 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 01 desconsiderando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	6200
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	8823
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	7166
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	26308
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

Na Figura 44, assim como visto no cálculo da flexão composta normal, verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, não possui capacidade resistente suficiente. O *software* não fornece valores de esforços solicitantes quando há falha por instabilidade, condição em que a estrutura sofre um colapso repentino, sendo necessário um ajuste no pilar, sendo aplicado aqui um aumento na quantidade de barras, passando de 10, para 12.

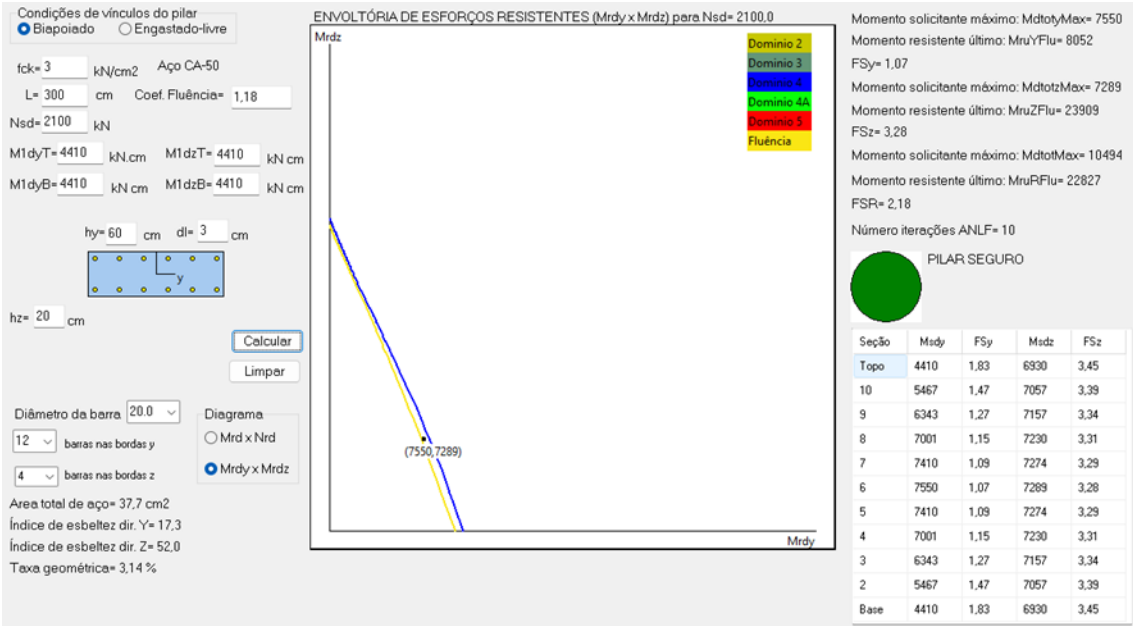
Figura 44 – Modelo 01, com fluência, FCOGEFLU



Fonte: FCOGEFLU (2026)

Após o ajuste na estrutura, mesmo considerando os efeitos da fluência, o valor do momento solicitante máximo encontra-se dentro da envoltória de esforços, caracterizando por sua vez, um pilar seguro. O valor encontrado foi de 7550 kN.cm em torno do eixo y e de 7289 kN.cm em torno do eixo z, ambos expostos na Figura 45.

Figura 45 – Modelo 01 ajustado, com fluência, FCOGEFLU



Fonte: FCOGEFLU (2026)

Tabela 16 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 01 ajustado considerando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	7550
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	8052
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	7289
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	23909
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

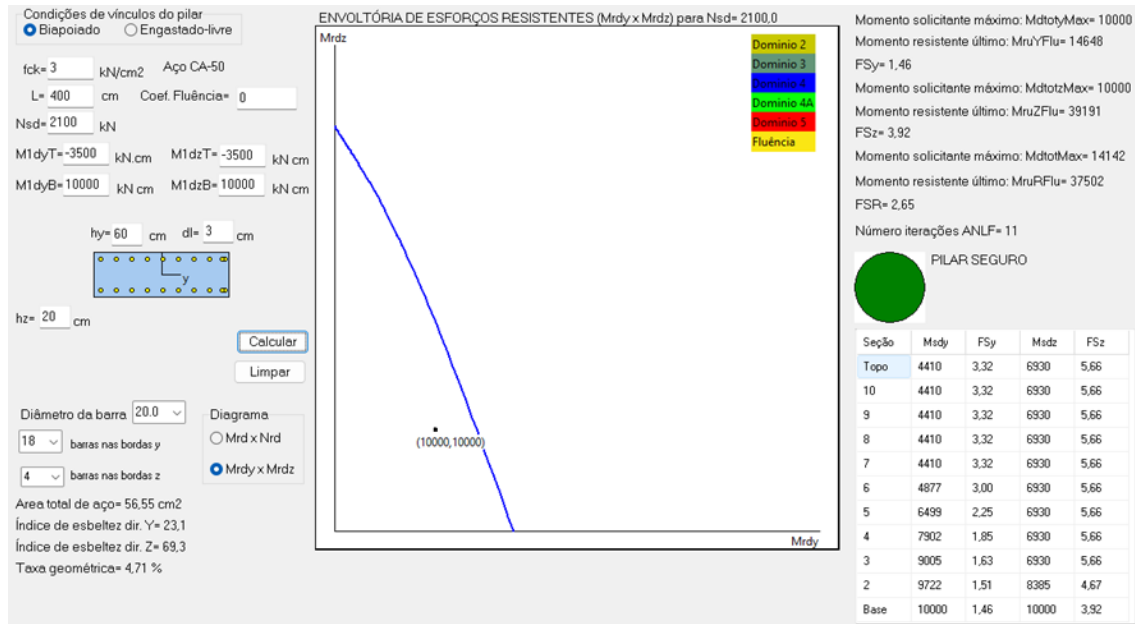
7.5.2. Modelo 02 (FCOGEFLU)

A Figura 46, apresentando os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção mais crítica foi de 10000 kN.cm em torno de ambas os eixos (y, z).

Deve-se mencionar que o FCNGEFLU considera os momentos mínimos definidos na NBR-6118, enquanto o PCalc verifica o pilar submetido aos valores de momentos de

extremidades fornecidos. Esse fato fez com que as solicitações nos dois programas ficassem diferentes. Entretanto, o momento solicitante total máximo ocorreu na base do pilar, razão pela qual foi feita a comparação de resultados, embora as solicitações sejam diferentes nos dois programas. Essa observação se aplica também para a análise feita com o FCOGEFLU.

Figura 46 – Modelo 02, sem fluência, FCOGEFLU



Fonte: FCOGEFLU (2026)

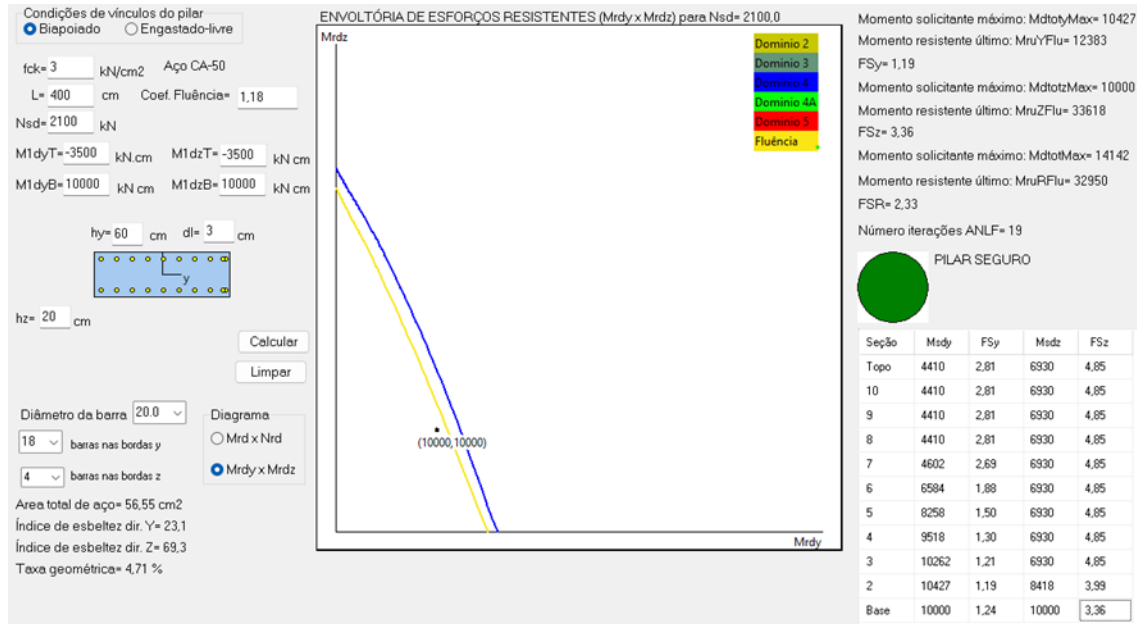
Tabela 17 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 02 desconsiderando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	10000
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	14648
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	10000
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	39191
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 47, apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção foi de 10000 kN.cm em torno de ambos os eixos.

Figura 47 – Modelo 02, com fluência, FCOGEFLU



Fonte: FCOGEFLU (2026)

Tabela 18 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 02 considerando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	10000
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	12383
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	10000
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	33618
Condição do pilar	Seguro

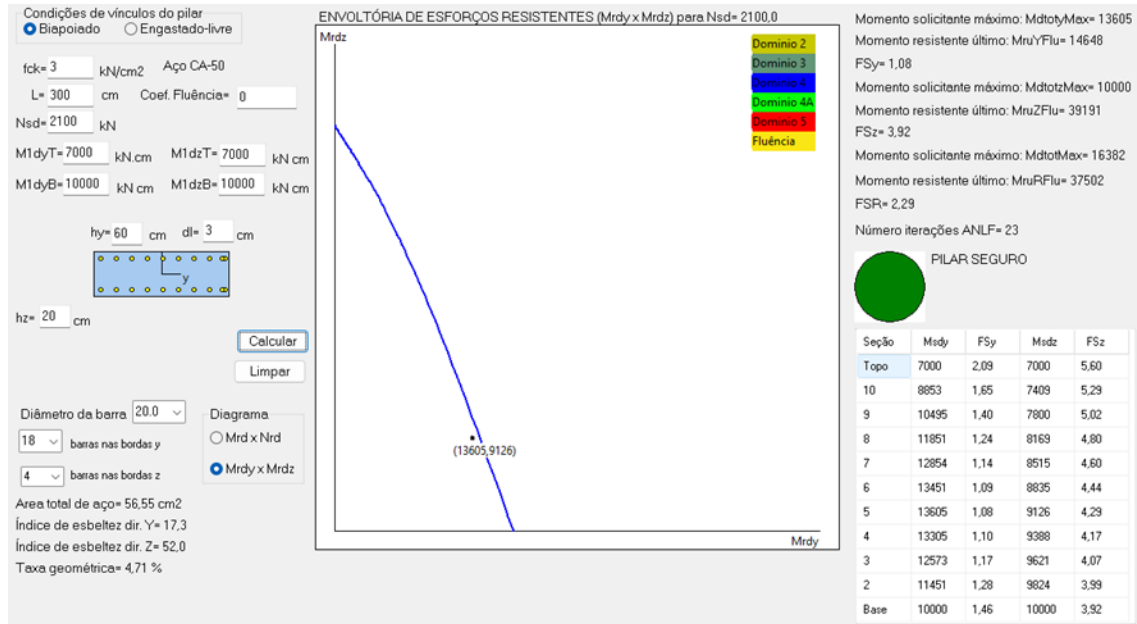
Fonte: Autores (2026)

7.5.3. Modelo 03 (FCOGLEFLU)

A Figura 48, apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência,

caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção mais crítica considerando em torno do eixo y, foi de 13605 kN.cm e em torno do eixo z, foi de 9126 kN.cm.

Figura 48 – Modelo 03, sem fluência, FCOGEFLU



Fonte: FCOGEFLU (2026)

Tabela 19 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 03 desconsiderando a fluência

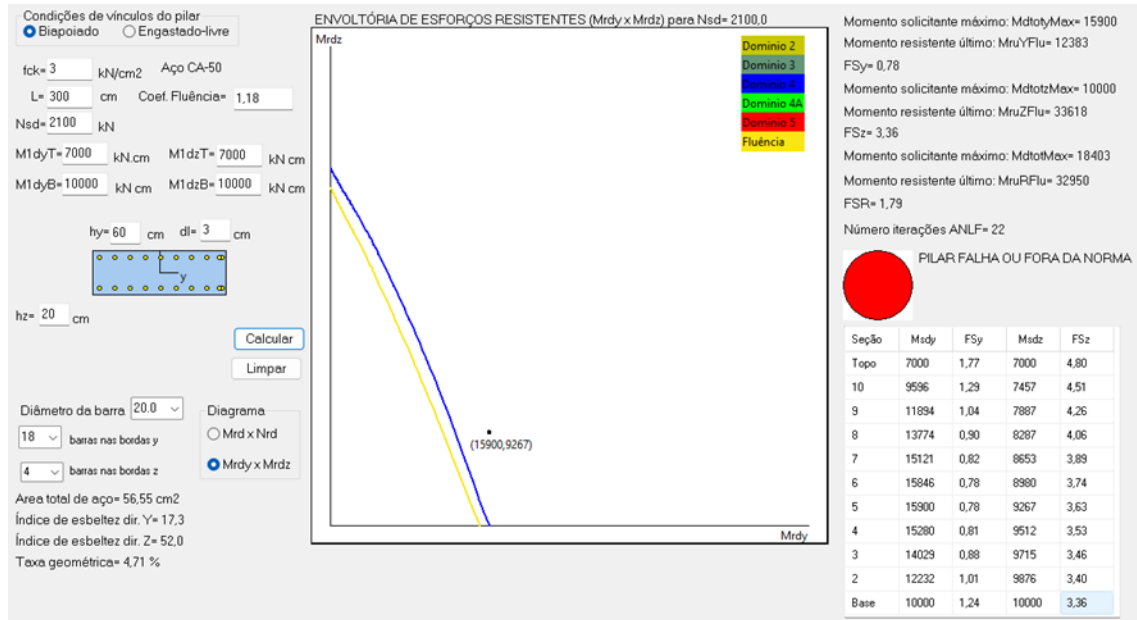
Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	13605
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	14648
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	9126
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	39191
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 49, que apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, não possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante é superior aos limites da envoltória de resistência,

caracterizando um pilar inseguro, em consequência do esmagamento da seção de concreto. O momento solicitante na seção intermediária atingiu o valor de 15900 kN.cm em torno do eixo y, e de 9267 kN.cm em torno do eixo z.

Figura 49 – Modelo 03, com fluência, FCOGEFLU



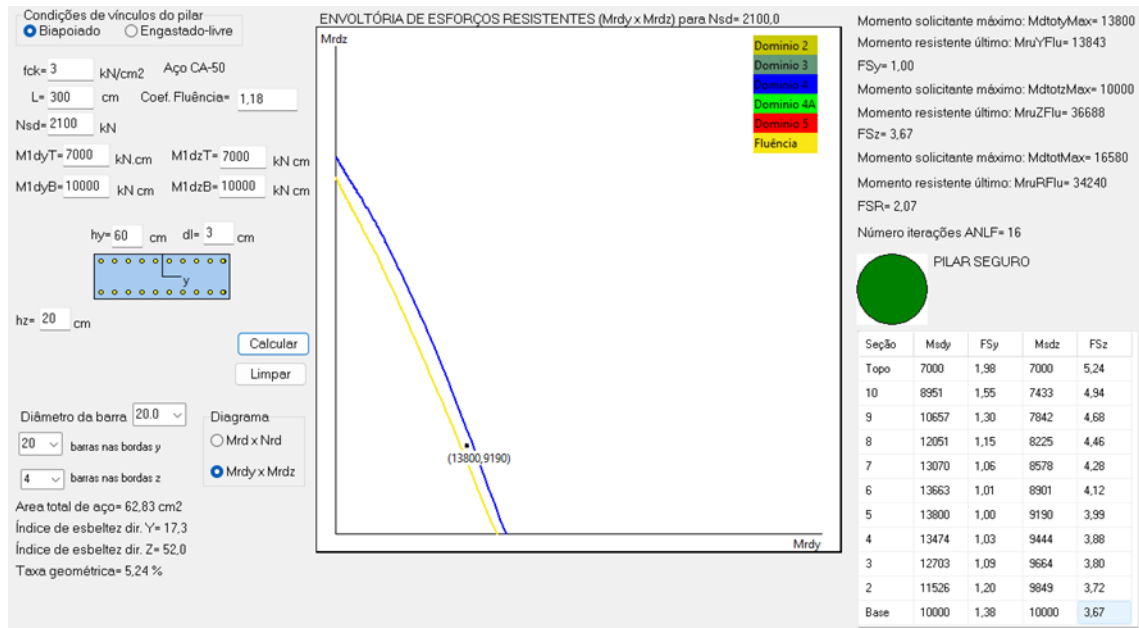
Fonte: FCOGEFLU (2026)

Tabela 20 – Resultados do FCOGEFLU para o modelo 03 considerando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	15900
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	12383
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	9267
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	33618
Condição do pilar	Falha

Fonte: Autores (2026)

Com o aumento da quantidade de barras para 20, é possível reverter a condição da seção transversal e torná-la segura, onde as solicitações agora são de 13800 kN.cm em torno do eixo y, e de 9190 kN.cm em torno do eixo z.

Figura 50 – Modelo 03 ajustado, com fluência, FCOGEFLU

Fonte: FCOGEFLU (2026)

Tabela 21 – Resultados do FCNGEFLU para o modelo 03 ajustado considerando a fluência

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em y ($M_{dtot,y}$)	13800
Momento resistente último em y ($M_{ru,y}$)	13843
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	9190
Momento resistente último em z ($M_{ru,z}$)	36688
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.6. Resultados obtidos no software PCalc para Flexão-Composta Oblíqua

Para o dimensionamento utilizando o PCalc, é válido destacar que a denominação dos eixos é distinta do FCOGLEFLU. No programa da TQS Informática LTDA, o eixo x no *software* de domínio público é equivalente ao eixo y na ferramenta desenvolvida por Almeida (2026), de modo proporcional, o eixo y no primeiro *software* é equivalente ao eixo z no segundo. Para melhor compreensão, a relação está exposta na Tabela 22:

Tabela 22 – Equivalências de eixos entre *softwares*

Eixo (PCalc)	Eixo Equivalente (FCOGEFLU)
x	y
y	z

Fonte: Autores (2026)

7.6.1. Modelo 01 (PCalc – Flexão-Composta Oblíqua)

A Figura 51, apresenta os dados do modelo 01. Verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 58,1 kN.m ou 5810 kN.cm em torno do eixo x e 45,4 kN.m ou 4540 kN.cm em torno do eixo y.

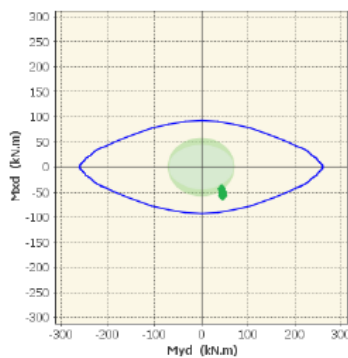
Figura 51 – Modelo 01, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)

Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

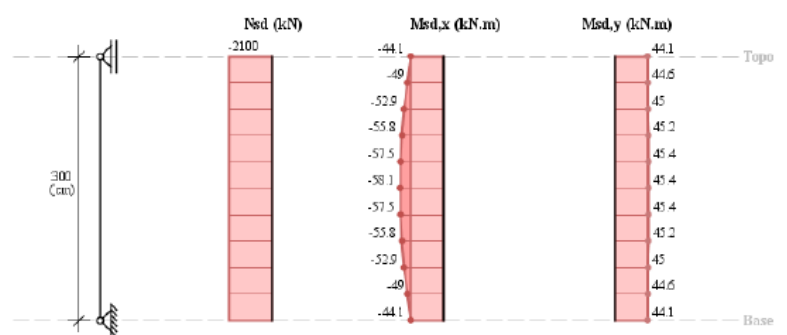


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

Fonte: PCalc (2026)

Tabela 23 – Resultados do PCalc para o modelo 01 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Oblíqua)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em x ($M_{sd,x}$)	5810
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	4540
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 51, apresenta os dados do modelo 01. Verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 65,6 kN.m ou 6560 kN.cm em torno do eixo x e 46,2 kN.m ou 4620 kN.cm em torno do y.

Figura 52 – Modelo 01, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Oblíqua)

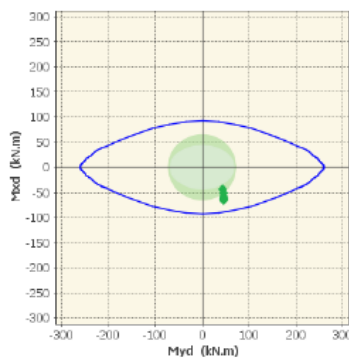


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

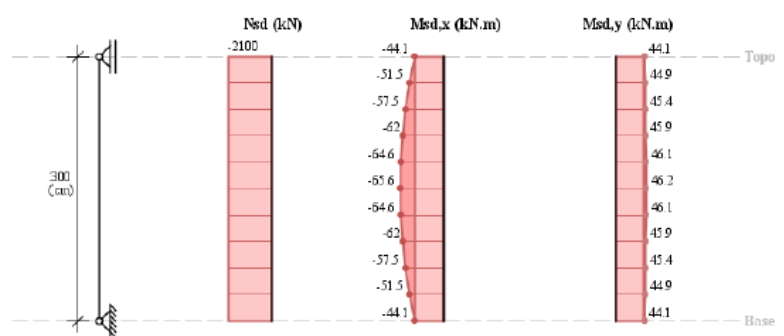


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

Fonte: PCalc (2026)

Tabela 24 – Resultados do PCalc para o modelo 01 considerando a fluência (Flexão Composta Oblíqua)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em x ($M_{sd,x}$)	6560
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	4620
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.6.2. Modelo 02 (PCalc – Flexão-Composta Oblíqua)

A Figura 53, apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente

suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante na seção intermediária atingiu o valor de 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm em torno do eixo x e 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm em torno do eixo y.

Figura 53 – Modelo 02, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)

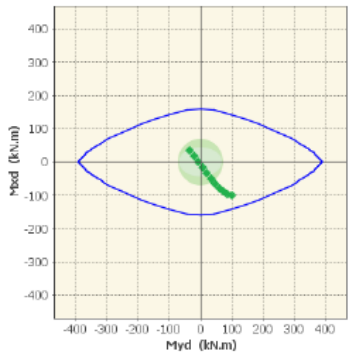


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

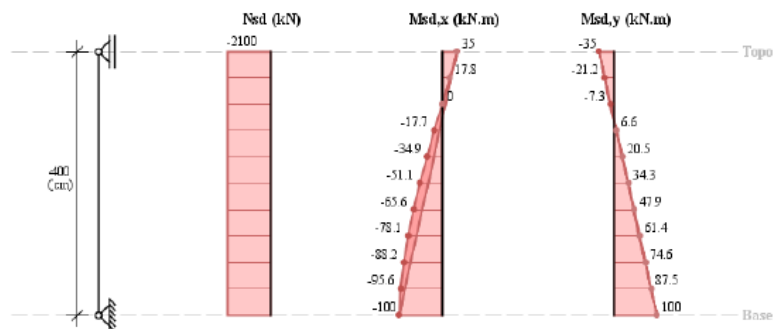


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

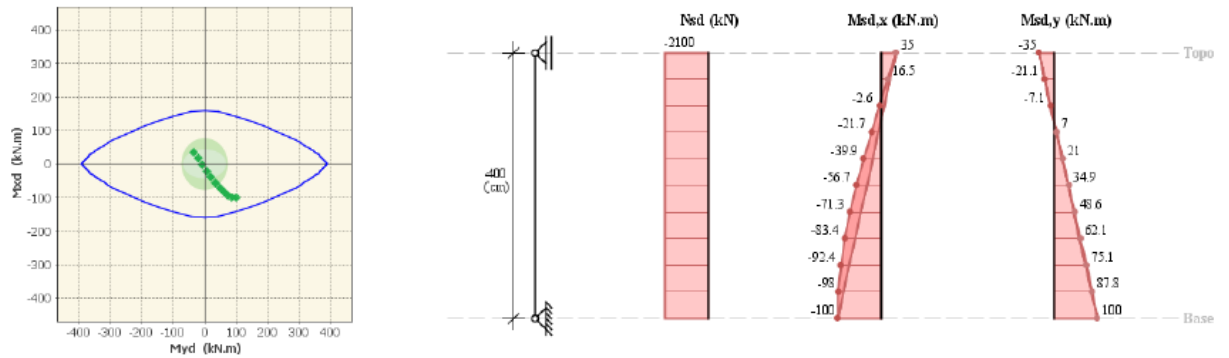
Fonte: PCalc (2026)

Tabela 25 – Resultados do PCalc para o modelo 02 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Oblíqua)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em x ($M_{sd,x}$)	10000
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	10000
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 55, apresenta os dados do modelo 02. Verifica-se que o pilar com armadura de 10 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm em torno do eixo x e 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm em torno do eixo y.

Figura 54 – Modelo 02, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)**Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)****Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)**

Fonte: PCalc (2026)

Tabela 26 – Resultados do PCalc para o modelo 02 considerando a fluência (Flexão Composta Oblíqua)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em x ($M_{sd,x}$)	10000
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	10000
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.6.3. Modelo 03 (PCalc – Flexão-Composta Oblíqua)

A Figura 55, apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e desconsiderando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 110,3 kN.m ou 11030 kN.cm em torno do eixo x e 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm em torno do eixo y.

Figura 55 – Modelo 03, sem fluência, PCalc (Flexão-Composta Normal)

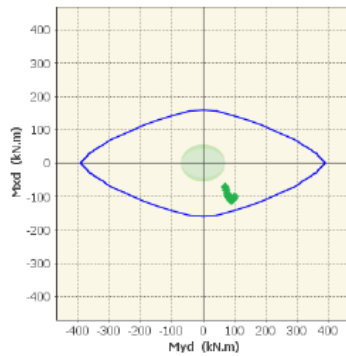


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

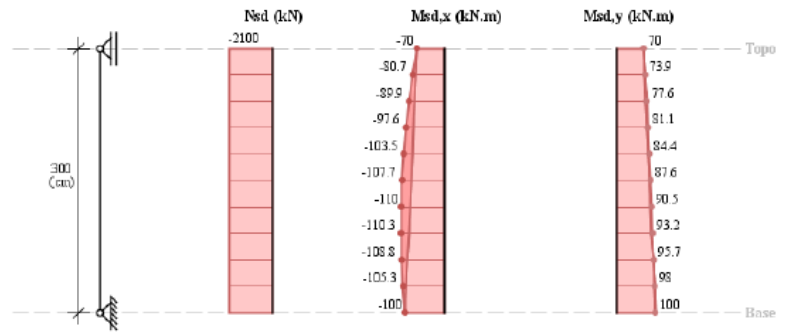


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

Fonte: PCalc (2026)

Tabela 27 – Resultados do PCalc para o modelo 03 desconsiderando a fluência (Flexão Composta Oblíqua)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em x ($M_{sd,x}$)	11030
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	10000
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

A Figura 56, apresenta os dados do modelo 03. Verifica-se que o pilar com armadura de 18 barras de 20 mm e considerando os efeitos da fluência, possui capacidade resistente suficiente. A solicitação atuante está dentro dos limites da envoltória de resistência, caracterizando um pilar seguro. O momento solicitante máximo na seção intermediária atingiu o valor de 115,2 kN.m ou 11520 kN.cm em torno do eixo x e 100,0 kN.m ou 10000 kN.cm em torno do eixo y.

Figura 56 – Modelo 03, com fluência, PCalc (Flexão-Composta Oblíqua)

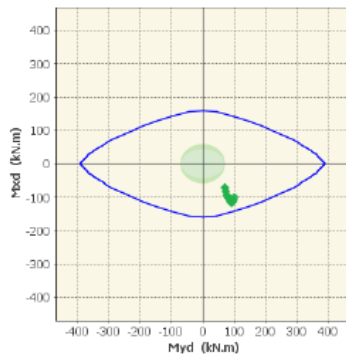


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

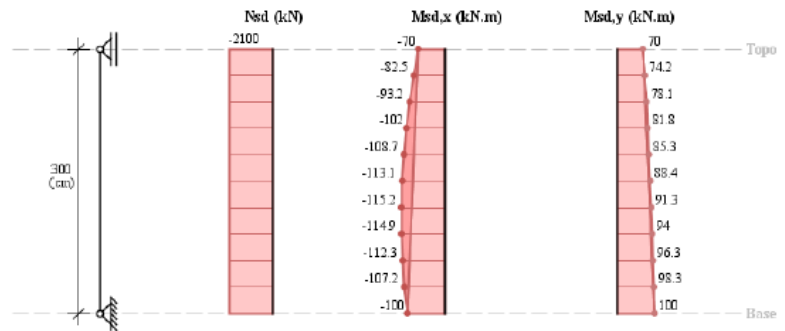


Figura: Esforços solicitantes de cálculo (Comb. 1)

Fonte: PCalc (2026)

Tabela 28 – Resultados do PCalc para o modelo 03 considerando a fluência (Flexão Composta Oblíqua)

Verificação	Resultado (kN.cm)
Momento solicitante máximo em x ($M_{sd,x}$)	11520
Momento solicitante máximo em z ($M_{dtot,z}$)	10000
Condição do pilar	Seguro

Fonte: Autores (2026)

7.6.4. Comparação entre FCOGEFLU e PCalc

A Tabela 29 apresenta os resultados encontrados nos Modelos 1, 2 e 3 quando submetidos a flexão composta oblíqua, comparados com os valores calculados nos *softwares* PCalc e FCOGEFLU. Para a construção da tabela, só serão atribuídos os eixos X (horizontal) e Y (vertical), visto que as equivalências foram expostas na Tabela 22.

Tabela 29 – Momentos fletores solicitantes máximos no dimensionamento submetido a Flexão Composta Oblíqua

Situações de cálculo	Exemplos	FCOGEFLU		PCalc		Diferença Percentual	
		(kN · cm)		(kN · cm)			
		X	Y	X	Y	X	Y
Com fluência igual a 0	Modelo 01	6200	7166	5810	4540	6,71%	57,84%
	Modelo 02	10000	10000	10000	10000	0,00%	0,00%
	Modelo 03	13605	9126	11030	10000	23,55%	-8,74%
Com fluência igual a 1,18	Modelo 01	7550	7289	6560	4620	15,09%	57,77%
	Modelo 02	10000	10000	10000	10000	0,00%	0,00%
	Modelo 03	15900	9267	11520	10000	38,02%	-7,33%

Fonte: Autores (2026)

Percebe-se então que o Modelo 2 apresentou resultados similares, com e sem fluência em ambos os programas. O modelo 01, por sua vez, obteve variações consideráveis no FCOGEFLU em relação ao PCalc, principalmente avaliando o eixo Y (horizontal), apresentando diferenças superiores a 50%. No modelo 03, entretanto e principalmente considerando os resultados obtidos com a adição do coeficiente de fluência, houve otimização dos valores no *software* de Almeida (2026) em relação a ferramenta da TQS, onde em ambos os casos, houve diminuição do momento solicitante.

7.7. Impactos do fenômeno da fluência nos modelos de estudo propostos por Casagrande

Assim como avaliar o desempenho dos *softwares* no processo de dimensionamento de seções de pilares de concreto armado, é importante entender qual o impacto do fenômeno da fluência sobre essas estruturas. Nas Tabelas 30 e 31 é feito uma comparação considerando os resultados obtidos durante a pesquisa para verificar se houve aumento nos momentos solicitantes após a consideração do coeficiente de fluência no cálculo. Os resultados serão

expostos em forma de porcentagem onde os valores positivos representam aumento, e valores negativos uma redução.

Tabela 30 – Análise do efeito da fluência no aumento dos momentos fletores solicitantes máximos nas seções submetidas a Flexão Composta Normal

Modelos	Casagrande (2016)	PCalc	FCNGEFLU
01	23,44%	12,91%	17,11%
02	7,35%	0,00%	0,00%
03	12,77%	4,44%	0,41%

Fonte: Autores (2026)

Com exceção do modelo 2 no PCalc e FCNGEFLU, houve um aumento em todos os esforços após a consideração da fluência.

Tabela 31 – Análise do efeito da fluência no aumento dos momentos fletores solicitantes máximos nas seções submetidas a Flexão Composta Oblíqua

Modelos	FCOGEFLU (2026)		PCalc	
	X	Y	X	Y
01	21,77%	1,72%	12,81%	1,76%
02	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
03	16,87%	1,55%	4,44%	0,00%

Fonte: Autores (2026)

Novamente, o único modelo que não apresentou variações nas seções mais críticas foi o de número 02; todos os outros apresentaram incremento de risco quando feito a aplicação dos coeficientes de fluência.

7.7.1. Justificativa do modelo 02 e precauções no dimensionamento

Ao analisar apenas as tabelas comparativas para os resultados do modelo, é comum inferir que a ausência de variação de valores analisando a seção mais crítica dos pilares referentes ao modelo 02 signifique que não haja mudanças no dimensionamento mesmo após a consideração da fluência. Entretanto, o processo de dimensionamento não se limita apenas ao valor final fornecido pelo *software*, deve ser considerada a análise geral das informações que são fornecidas ao projetista.

Para entender melhor o impacto da fluência nos dois modelos, deve-se analisar todas as seções por meios da apresentação gráfica e por tabela que é feita em ambos os *softwares*. No PCalc, especificamente nas Figuras 39 e 40, é possível comparar que com exceção dos valores de momento no topo e na base, todos as outras seções do pilar sofreram aumentos nos seus esforços quando considerados os efeitos da fluência.

Para o FCNGEFLU e FCOGEFLU, a análise é mais clara, pois está sintetizada em tabela e no diagrama é possível perceber que o ponto que representa o momento solicitante na parte mais crítica do pilar, se aproxima mais dos limites da envoltória de esforços quando é considerado o efeito da fluência, como exposto nas Figuras 46 e 47.

7.8. Avaliação de Modelos Complementares

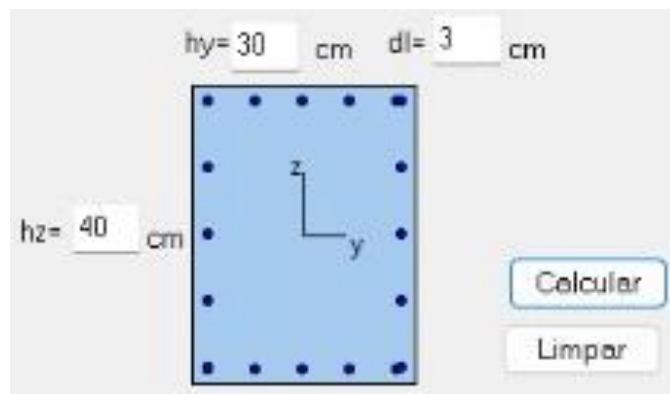
Continuando o estudo em seções submetidas a Flexão Composta Oblíqua, além dos modelos adaptados de Casagrande (2016), serão utilizados modelos complementares para auxiliar na visualização dos efeitos da fluência em pilares de concreto armado. Os modelos complementares estarão divididos entre 3 pilares biapoiados com seção transversal de (30cm x 40cm) e comprimentos que variam de 300 até 500 cm; e um pilar engastado livre com seção transversal de (40cm x 40cm) e 300 cm de comprimento. O resumo dos modelos está exposto nas Tabelas 32 e 33. Em todos os modelos foram aplicados os valores de momentos fletores mínimos, de acordo com a NBR 6118 (2023), em cada direção da seção transversal (no topo e na base do pilar, para os modelos 04, 05 e 06; e no topo do pilar, para o modelo 07).

Tabela 32 – Pilar biapoiado (modelos 04, 05 e 06)

Dados			
Parâmetros	Modelo 04	Modelo 05	Modelo 06
Nsd (Kn)	2000	2000	2000
L (cm)	300	400	500
f_{ck} (Kn/cm ²)	3	3	3
Msd _x , topo (Kn.cm)	5400	5400	5400
Msd _x , base (Kn.cm)	5400	5400	5400
Msd _y , topo (Kn.cm)	4800	4800	4800
Msd _y , base (Kn.cm)	4800	4800	4800
Seção do pilar (cm)	30x40	30x40	30x40
Diâmetro das barras (mm)	16	16	16
Quantidade de barras	16	16	16

Fonte: Autores (2026)

As Figuras 57 e 58 mostram, respectivamente, as seções transversais do pilar biapoiado (modelos 04, 05 e 06) e do pilar engastado e livre (modelo 07), onde são mostrados também os arranjos das armaduras utilizados.

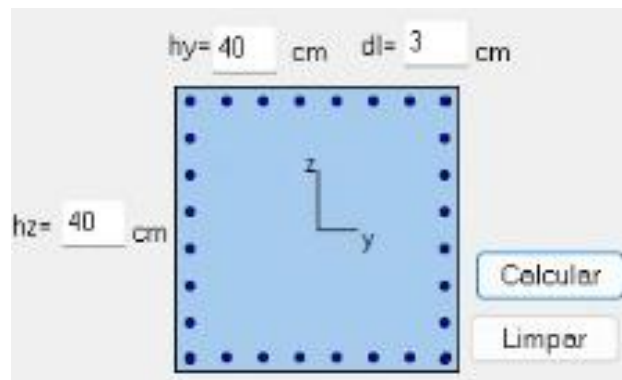
Figura 57 – Seção transversal do pilar biapoiados (modelos 04, 05 e 06)

Fonte: FCOGEFLU (2026)

Tabela 33 – Pilar engastado livre (modelo 07)

Parâmetros	Modelo 07
Nsd (kN)	1500
L (cm)	300
$f_c k$ (kN/cm ²)	3
Msd _x , topo (kN.cm)	4050
Msd _x , base (kN.cm)	4050
Msd _y , topo (kN.cm)	4050
Msd _y , base (kN.cm)	4050
Seção do pilar (cm)	40x40
Diâmetro das barras (mm)	16
Quantidade de barras	28

Fonte: Autores (2026)

Figura 58 – Seção transversal do pilar engastado livre (modelo 07)

Fonte: FCOGEFLU (2026)

Para os quatro modelos, o estudo da fluência foi feito com base no impacto que o aumento do coeficiente de fluência produz nos momentos solicitantes máximos dos pilares. Os coeficientes de estudo serão respectivamente 0 (quando há a ausência deste efeito), 0,3, 0,6, 0,9, 1,2 e 1,5. Ao todo, foram realizadas 24 simulações e os resultados avaliados a partir de gráficos construídos com os valores retornados pelos programas.

7.8.1. Resultados obtidos pelos softwares FCOGEFLU e PCalc para modelos complementares (04, 05, 06 e 07)

Se valendo novamente da equivalência de eixos que foi exposta nesta pesquisa na Tabela 22 e na demonstração das interfaces gráficas dos *softwares* apresentados no Item 7.1 e nos subitens seguintes, os resultados são apresentados nas Tabelas 34 e 35 para os pilares biapoiados onde os dados foram processados respectivamente pelo FCOGEFLU e PCalc; e na Tabelas 36 para o pilar engastado livre.

Tabela 34 – Momentos totais máximos nos pilares biapoiados para o *software* FCOGEFLU

Coeficiente de fluência	Modelo 04 (L= 300cm) (kN · cm)		Modelo 05 (L= 400cm) (kN · cm)		Modelo 06 (L= 500cm) (kN · cm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
0	6075	6036	5763	5436	6530	7018
0,3	6197	6302	5826	5560	6762	7615
0,6	6302	6543	5878	5667	6972	8218
0,9	6395	6769	5923	5762	7179	8892
1,2	6482	6989	5965	5851	7387	9700
1,5	6567	7212	6003	5936	7616	10841

Fonte: Autores (2026)

Tabela 35 – Momentos totais máximos nos pilares biapoiados para o software PCalc

Coefficiente de fluência	Modelo 04 (L= 300cm) (kN · cm)		Modelo 05 (L= 400cm) (kN · cm)		Modelo 06 (L= 500cm) (kN · cm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
0	6030	5940	5740	5390	6440	6800
0,3	6110	6110	5780	5470	6580	7130
0,6	6180	6250	5820	5540	6700	7430
0,9	6260	6410	5860	5610	6860	7770
1,2	6380	6670	5920	5720	7080	8350
1,5	6500	6940	5980	5840	7290	8990

Fonte: Autores (2026)

Tabela 36 – Momentos totais máximos no pilare engastado livre para os softwares FCOGEFLU e PCalc

Coefficiente de fluência	Modelo 07 (L= 500cm)			
	FCOGEFLU		PCalc	
	(kN · cm)		(kN · cm)	
	X	Y	X	Y
0	6030	5940	5740	5390
0,3	6110	6110	5780	5470
0,6	6180	6250	5820	5540
0,9	6260	6410	5860	5610
1,2	6380	6670	5920	5720
1,5	6500	6940	5980	5840

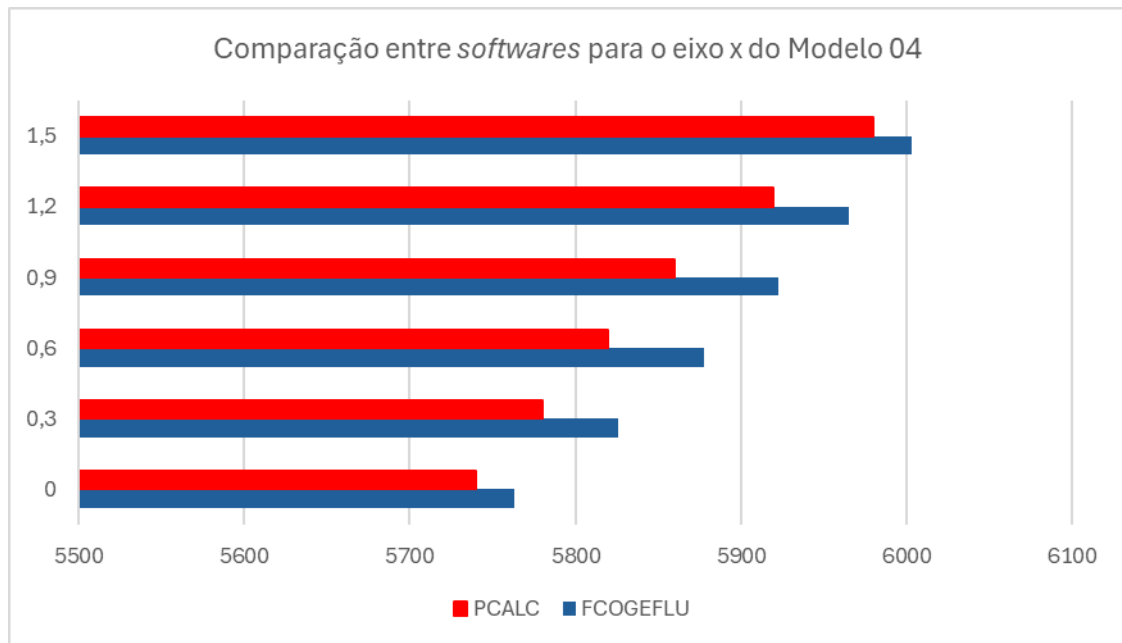
Fonte: Autores (2026)

Com os valores das Tabelas 34 e 35 foram feitos os gráficos mostrados nas Figuras 59, 60, 61, 62, 63 e 64, onde são mostrados os valores dos momentos totais máximos, em torno de cada eixo (X – horizontal e Y – vertical), em função dos coeficientes de fluência para os modelos 04, 05 e 06, fornecidos pelos dois programas. Ambas as tabelas também representam os dados

referentes aos gráficos de superfície (Figuras 66 e 67). Já com os valores da Tabela 36 foi feito o gráfico mostrado nas Figuras 65.

Na Figura 59 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo X do Modelo 04 (pilar biapoiado com seção transversal de 30cm x 40cm e L= 300cm).

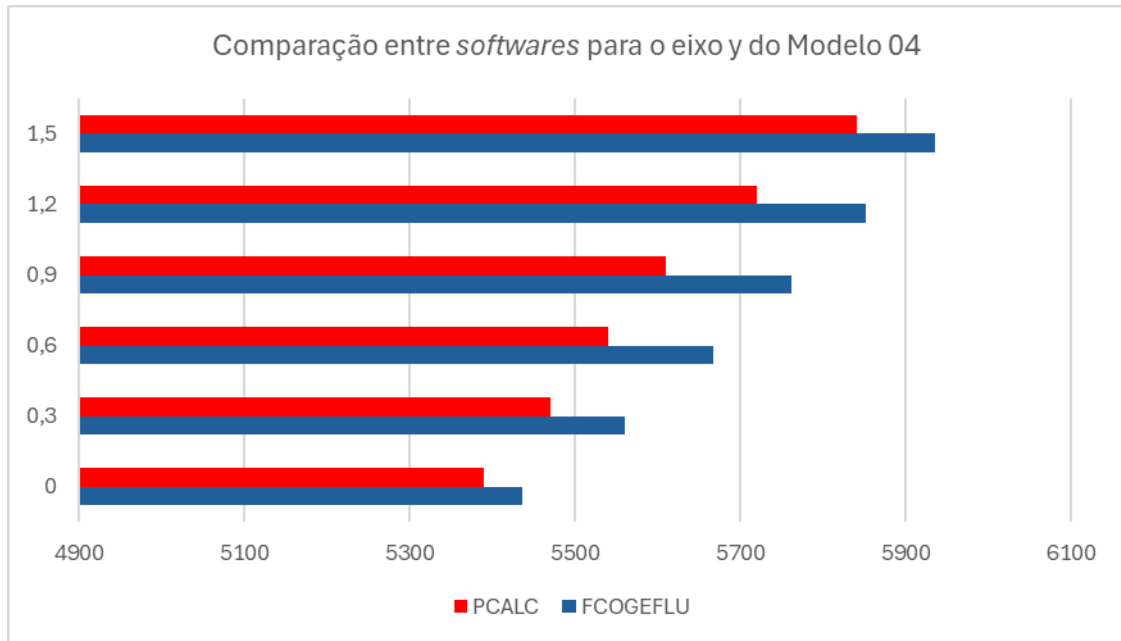
Figura 59 – Momentos totais máximos em torno do eixo x (horizontal) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 04 (pilar biapoiado com L= 300cm)



Fonte: Autores (2026)

Na Figura 60 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo Y do Modelo 04 (pilar biapoiado com seção transversal de 30cm x 40cm e L= 300cm).

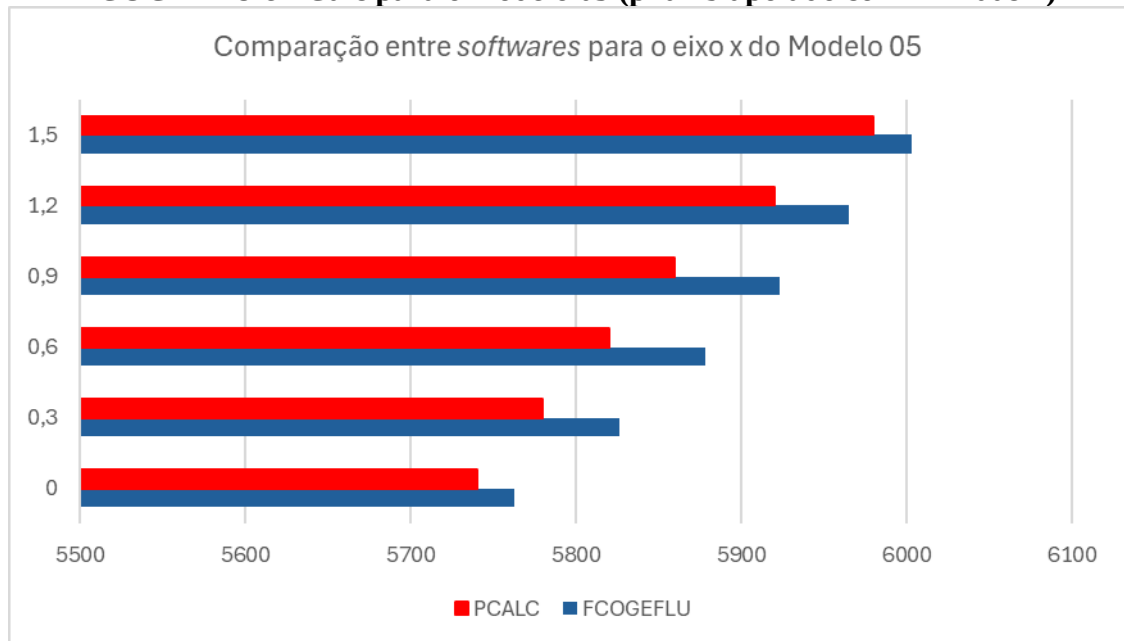
Figura 60 – Momentos totais máximos em torno do eixo y (vertical) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 04 (pilar biapoiado com L= 300cm)



Fonte: Autores (2026)

Na Figura 61 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo X do Modelo 05 (pilar biapoiado com seção transversal de 30cm x 40cm e L= 400cm).

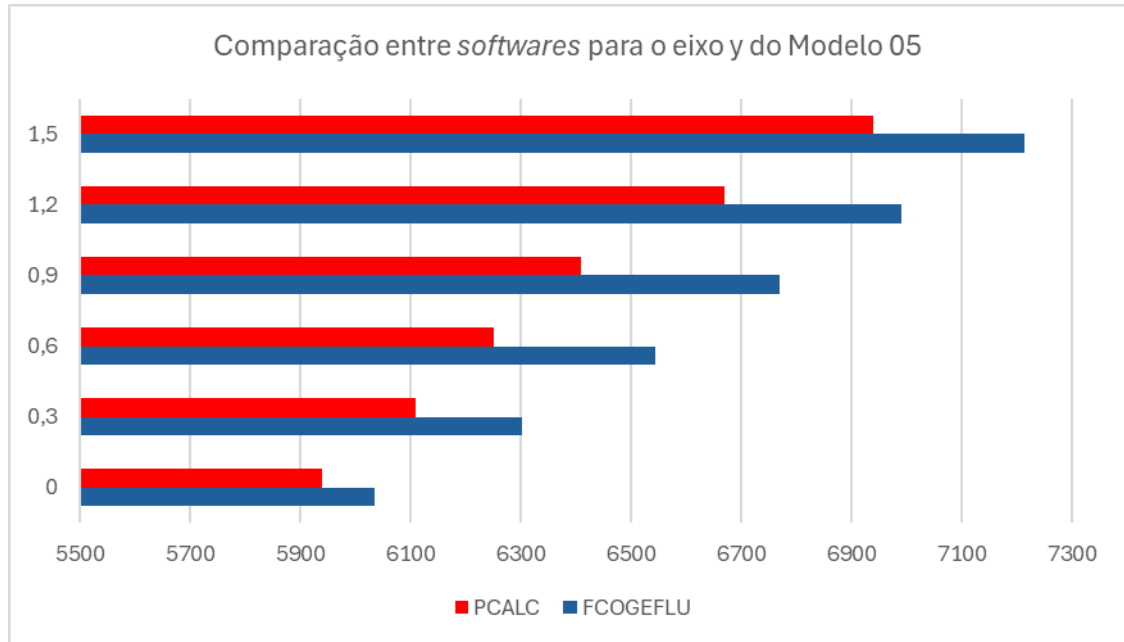
Figura 61 – Momentos totais máximos em torno do eixo x (horizontal) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 05 (pilar biapoiado com L= 400cm)



Fonte: Autores (2026)

Na Figura 62 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo Y do Modelo 05 (pilar biapoiado com seção transversal de 30cm x 40cm e L= 400cm).

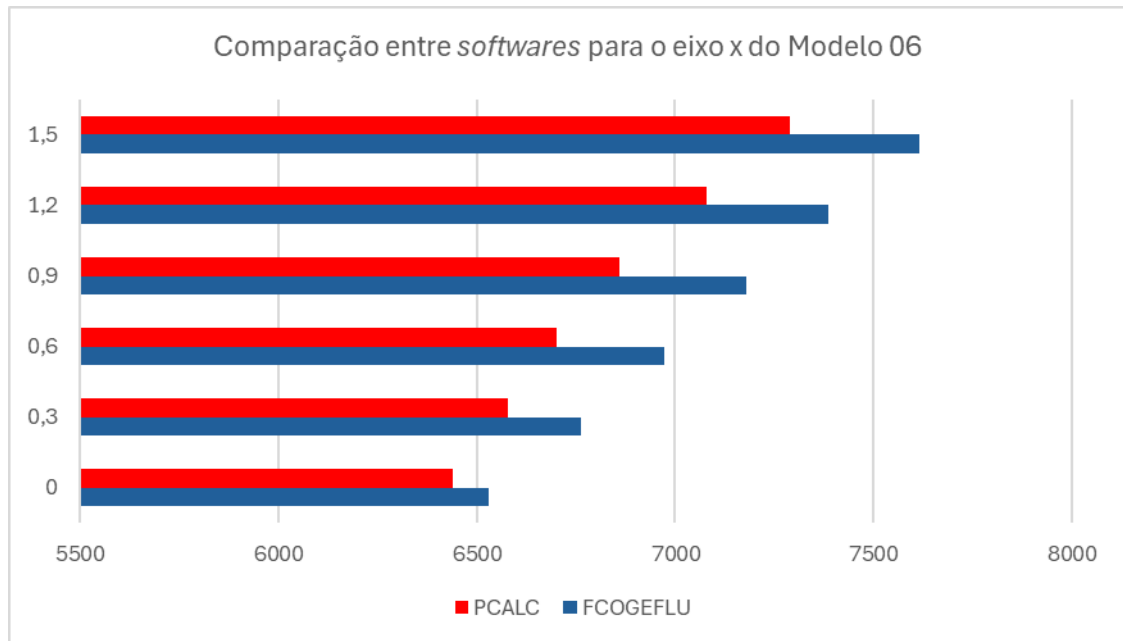
Figura 62 – Momentos totais máximos em torno do eixo y (vertical) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 05 (pilar biapoiado com L= 400cm)



Fonte: Autores (2026)

Na Figura 63 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo X do Modelo 06 (pilar biapoiado com seção transversal de 30cm x 40cm e L= 500cm).

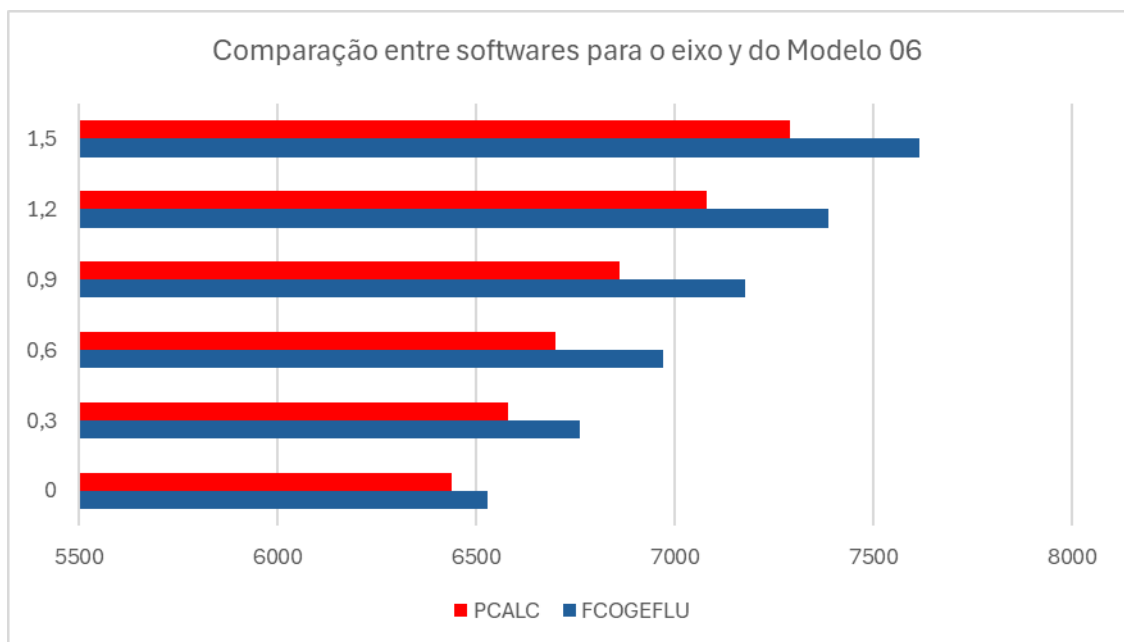
Figura 63 – Momentos totais máximos em torno do eixo x (horizontal) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 06 (pilar biapoiado com $L= 500\text{cm}$)



Fonte: Autores (2026)

Na Figura 64 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo Y do Modelo 06 (pilar biapoiado com seção transversal de $30\text{cm} \times 40\text{cm}$ e $L= 500\text{cm}$).

Figura 64 – Momentos totais máximos em torno do eixo y (vertical) obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 06 (pilar biapoiado com $L= 500\text{cm}$)

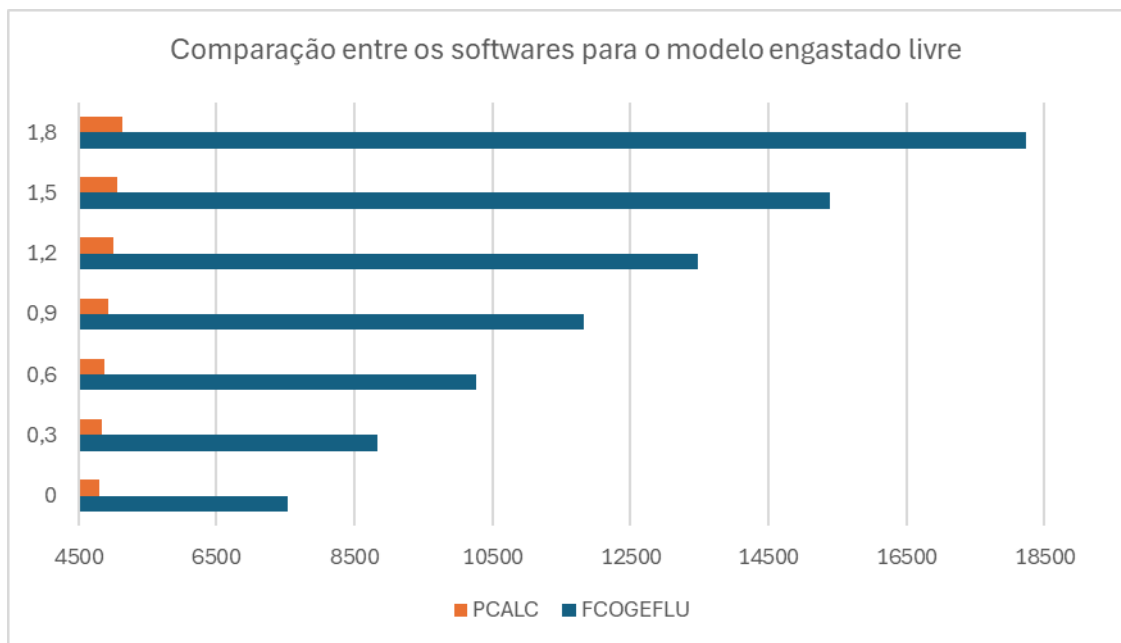


Fonte: Autores (2026)

Observa-se nas Figuras 59, 60, 61, 62, 63 e 64 que os momentos máximos fornecidos pelo FCOGEFLU são maiores que os fornecidos pelo PCalc em todos os modelos analisados, e que a diferença aumenta na medida em que o coeficiente de fluência aumenta, para o pilar com comprimento ($L = 500\text{cm}$).

Na Figura 65 são mostrados os momentos totais máximos em torno do eixo X e Y do Modelo 07 (pilar engastado e livre com seção transversal de $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ e $L = 300\text{cm}$).

Figura 65 – Momentos totais máximos em torno dos eixos obtidos pelo FCOGEFLU e PCalc para o modelo 07 (pilar engastado e livre com $L = 300\text{cm}$; Esbeltez em x e y = 103,9)

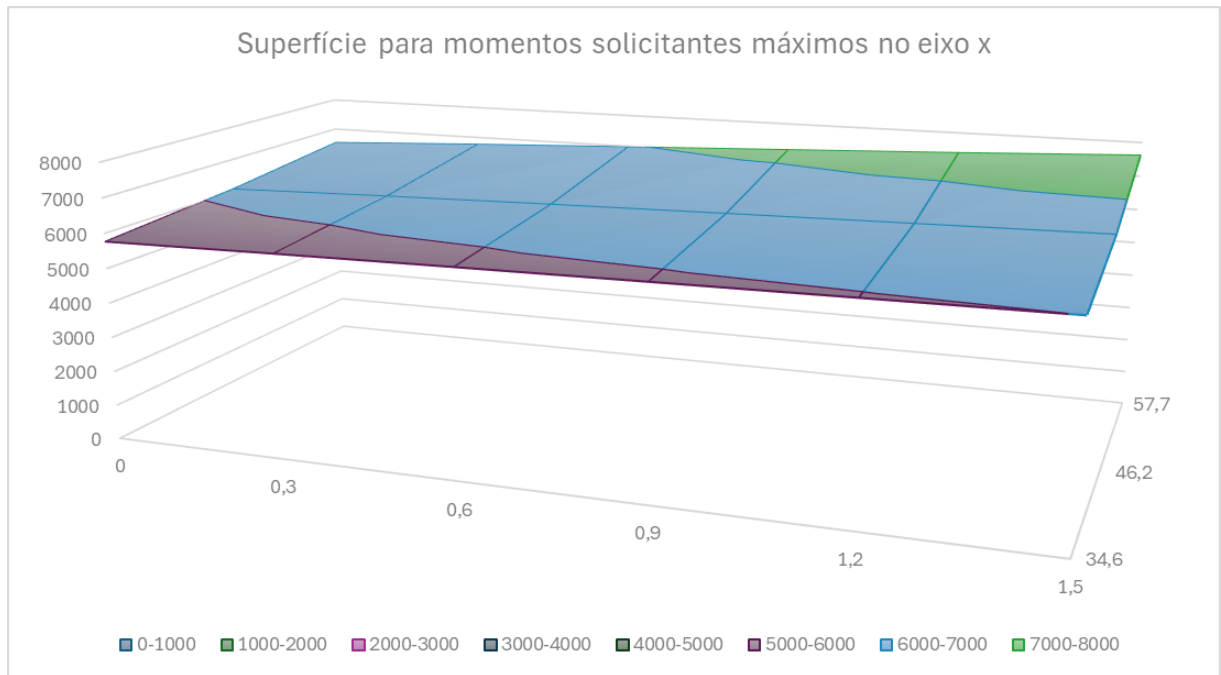


Fonte: Autores (2026)

Observa-se na Figura 65 que o FCOGEFLU é extremamente conservativo em relação ao PCalc para todos os coeficientes de fluência considerados, inclusive quando esse coeficiente é igual a zero. Isso denota o carácter conservativo do Método Geral proposto por Almeida (2026), para pilares esbeltos.

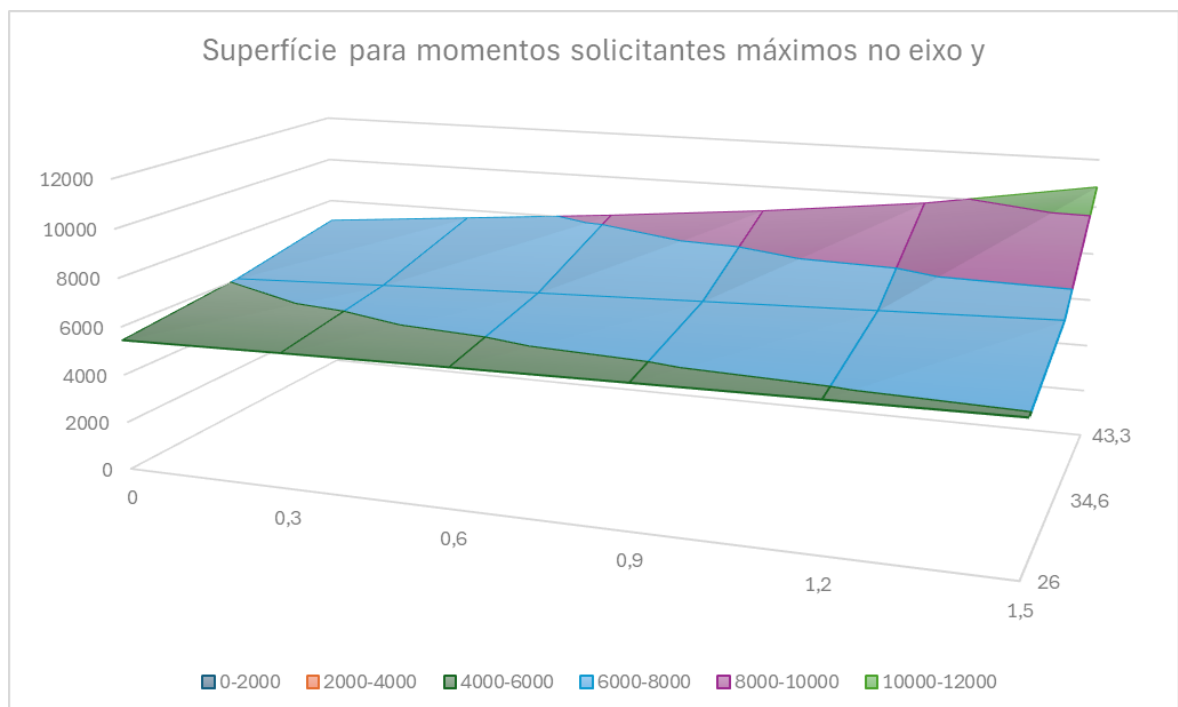
Para avaliar o impacto da variação do coeficiente de fluência e da esbeltez do pilar sobre os valores dos momentos totais máximo, foram feitos os gráficos mostrados nas Figuras 66 e 67, a partir dos valores obtidos pelo programa FCOGEFLU e fornecidos nas Tabelas 34 e 35.

Figura 66 – Momentos totais máximo em torno do Eixo X (horizontal) em função do coeficiente de fluência e da esbeltez do pilar (modelos 04, 05 e 06)



Fonte: Autores (2026)

Figura 67 – Momentos totais máximo em torno do Eixo Y (vertical) em função do coeficiente de fluência e da esbeltez do pilar (modelos 04, 05 e 06)



Fonte: Autores (2026)

Observa-se nos gráficos mostrados nas Figuras 66 e 67 que o aumento do coeficiente de fluência é responsável pelo aumento dos momentos solicitantes máximos, principalmente para os pilares mais esbeltos, e em torno do eixo de menor inércia da seção transversal do pilar.

8. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como finalidade avaliar os efeitos da fluência pelo método geral proposto por Almeida (2016) aplicado ao dimensionamento de pilares de concreto armado. A proposta foi verificada através da aplicação dos modelos retirados da dissertação de Casagrande (2016) e de modelos complementares de pilares biapoioados com diferentes comprimentos, e engastado e livre. Os resultados foram obtidos por meio dos programas: FCNGEFLU (Almeida, 2026), FCOGEFLU (Almeida, 2026) e PCalc (TQS Informática LTDA, 2026). Diante dos resultados obtidos, chegaram-se às seguintes conclusões.

O método geral proposto por Almeida (2026) contempla a análise não-linear geométrica (ANLG pelo método P-delta) do pilar, juntamente com a análise não-linear física (ANLF) do concreto e do aço; as duas análises são realizadas simultaneamente. A falha por falta de rigidez do pilar é detectável durante o procedimento da ANLG, considerando as alterações de rigidez nas seções transversais realizadas no processo da ANLF. Ao final da análise, se o pilar não falhar por falta de rigidez a flexo-compressão, obtém-se os momentos solicitantes máximos em todas as seções da discretização do pilar; o momento solicitante máximo e a força normal solicitante são comparados aos esforços resistentes últimos (N_{ru} e M_{ru}) da seção transversal do pilar para o arranjo de armaduras fornecido. Essa é a verificação da capacidade resistente do pilar diante das solicitações.

A fluência manifesta-se pelo aumento dos momentos solicitantes máximos, principalmente para os pilares mais esbeltos, e em torno do eixo de menor inércia da seção transversal do pilar. Além disso, a fluência altera a envoltória de esforços resistentes da seção transversal do pilar, reduzindo sua capacidade de suportar às solicitações.

Os resultados mostram os impactos que o fenômeno da fluência exerce sobre o dimensionamento de pilares de concreto, já que houve aumento nos valores dos momentos fletores solicitantes máximos em todos os modelos analisados.

Os resultados obtidos com os programas FCNGEFLU e FCOGEFLU mostram total coerência com os fornecidos pelos programas de referência, apresentando resultados conservativos. Isso pode ser explicado pela alteração que a fluência exerce tanto nos valores dos momentos solicitantes máximos quanto na envoltória de esforços resistentes, de acordo com a metodologia adotada nos programas.

Destaca-se também o papel importante da pesquisa para a validação de novas ferramentas que contribuam para o processo de análise e dimensionamento estrutural, onde o emprego de novos *softwares* se mostrou promissor quando comparado com o programa de referência, levando em consideração que em boa parte dos casos, a variação percentual foi inferior a 10%.

Como proposta para trabalho futuro propõe-se a elaboração de programa de elementos finitos com elementos sólidos, onde se considere a alteração dos materiais (concreto e aço) em função da deformação principal de compressão máxima no corpo do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Élcio Cassimiro; SOUZA, Paula Mayer dos Santos; GAMA, Paulo Vitor Calmon Nogueira. **Projeto ótimo de pilares esbeltos de concreto armado**. Optimum design of reinforced concrete slender columns. E&S – Engineering and Science, v. 2, n. 6, ISSN 2358-5390, DOI: 10.18607/ES20175622.

ANDRADE, Bruno Souza Oliveira. **Concreto armado: um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas**. 2016. 72 f. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Especialização em Construção Civil, Tecnologia e Produtividade das Construções, Rio de Janeiro, 2016.

ANDRADE, Rodrigo Bezerra. **Análise global de edifícios de concreto: efeitos de segunda ordem devidos à torção e efeitos de desaprumo**. 2018. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado. Volume 3: Flexo-compressão normal e oblíqua: dimensionamento e verificação de seções. Cálculo de pilares curtos e moderadamente esbeltos**. Editora Dunas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Pilares de concreto armado**. São Paulo, 2017.

CASAGRANDE, Augusto Figueredo et al. **Consideração da fluência no cálculo dos efeitos de segunda ordem em pilares de concreto armado**. 2016.

COUTO, José Antônio Santos et al. **O concreto como material de construção**. Caderno de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT – Sergipe, v. 1, n. 3, p. 49-58, 2013.

DE LUNETTA, Avaetê; GUERRA, Rodrigues. **Metodologias e classificação das pesquisas científicas**. RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar, v. 5, n. 8, p. e585584, 2024.

DE OLIVEIRA GONÇALVES, Mayara Müller. **Análise dos efeitos de segunda ordem em pilares de concreto armado aplicando o método dos elementos finitos.** 2017.

DE LUNETTA, Avaetê; GUERRA, Rodrigues. Metodologias e classificação das pesquisas científicas. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 5, n. 8, p. e585584-e585584, 2024.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Estruturas de concreto: solicitações normais.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981

GÜNTHER, Hartmut. **Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? Psicologia: Teoria e Pesquisa**, p. 201–209, 2006.

KANNO, Rafael. **Pilares de concreto armado pela NBR 6118:2014: estudo do ganho obtido com o aumento da resistência do concreto.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

KATAOKA, Luciana Tiemi. **Análise da deformabilidade por fluência e retração e sua utilização na monitoração de pilares de concreto.** 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LIMA, Pedro Vinícius Nascimento de. **Ferramenta computacional para dimensionamento de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão oblíqua.** 2018.

MEHTA, Povindar K.; MONTEIRO, Paulo J. M.; CARMONA FILHO, Antônio. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.

MELO, Carlos Eduardo Luna de. **Análise experimental e numérica de pilares birrotulados de concreto armado submetidos a flexo-compressão normal.** 2011.

MELO, C. E. L. **Análise experimental e numérica de pilares birrotulados de concreto armado submetidos a flexo-compressão normal.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MORAES, Samantha Boechat. **Dimensionamento de pilares com concreto de alto desempenho em estruturas de edifícios**. 2013. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, Talita Souza; CARDOSO, Ana Carolina Saraiva. **Deformação lenta das estruturas de concreto armado e suas manifestações patológicas**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 10, n. 2, p. 160–171, 2018.

OLIVEIRA, V. F. **Trajetória e estado da arte da formação em Engenharia**. Arquitetura e Agronomia, v. 1.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. 2007.

PINTO, Vinicius Slompo. **Dimensionamento de pilares de concreto com seção transversal retangular usando envoltórias de momentos**. 2017. 314 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

RIBEIRO, Kleyser. **Diagramas para verificação de pilares retangulares em concreto armado submetidos à flexão composta normal**. 2011. 308 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SAPUNARU, Raquel Anna. **Uma breve história da engenharia e seu ensino no Brasil e no mundo: foco Minas Gerais**. Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, v. 10, n. 1, p. 39–52, 2016.

SILVA, M. J. M. **Análise numérica de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2018.

SILVA, Wanclaine Almeida Vaz. **Flexão normal composta em pilares de concreto armado**. 2016. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

ZWIRTES, Arlei Afonso. **Dimensionamento de pilares retangulares de concreto armado pela NBR 6118/2014 e verificação da capacidade resistente da seção pelo diagrama de interação.** 2016. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2016.

ANEXO
DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que este Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia/Tese/Dissertação), escrito sob minha orientação, está em versão final, de acordo com as solicitações realizadas pela banca examinadora.

Informo também que procedi à revisão final do texto, constatando que atende às especificações das normas da ABNT para apresentação de trabalhos acadêmicos da UFCA, no que diz respeito ao conteúdo e à formatação.

Data e local da assinatura eletrônica