

# Relação entre os coeficientes $\alpha$ e $\gamma_z$ para edifícios altos de concreto armado e alvenaria estrutural

João Paulo Reis Menezes <sup>[1]</sup>, Camila de Sousa Vieira <sup>[2]</sup>, David Leonardo Nascimento de Figueiredo Amorim <sup>[3]</sup>

[1] joaoreismzs@gmail.com. Universidade Federal de Sergipe/Departamento de Engenharia Civil. [2] milavieira@gmail.com. Universidade Federal de Sergipe/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. [3] david.amorim@ufs.br. Universidade Federal de Sergipe/Departamento de Engenharia Civil/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

## RESUMO

Neste trabalho é estudada a relação inerente entre os parâmetros de instabilidade  $\alpha$  e  $\gamma_z$ . Tais parâmetros são amplamente difundidos na concepção de projetos no Brasil para determinar a necessidade da consideração dos efeitos globais de segunda ordem. Assim, propõe-se uma relação analítica entre os parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma_z$  a partir de um modelo simples. A equação proposta é ajustada para edifícios de concreto armado e alvenaria estrutural. Para tanto, são utilizados valores de projeto de  $\alpha$  e  $\gamma_z$  de trinta edifícios de concreto armado e vinte e dois de alvenaria estrutural. Os resultados obtidos comprovam a acurácia da formulação proposta para ambos os tipos de edificação.

**Palavras-chave:** Parâmetro de instabilidade  $\alpha$ . Coeficiente  $\gamma_z$ . Concreto armado. Alvenaria estrutural.

## ABSTRACT

*The inherent relation between the instability parameters  $\alpha$  and  $\gamma_z$  is studied in this paper. Such parameters are simplified criteria widely used in structural design in Brazil to evaluate the necessity to consider the global second order effects. Thus, an analytical relation between the parameters  $\alpha$  and  $\gamma_z$  is proposed through a simple example. For this, design values of  $\alpha$  and  $\gamma_z$  of thirty reinforced concrete buildings and twenty-two masonry buildings were used. The obtained results prove the accuracy of the proposed formulation for both types of construction.*

**Keywords:** *Instability parameter  $\alpha$ .  $\gamma_z$  coefficient. Reinforced concrete. Masonry.*

## 1 Introdução

Edifícios altos podem ser susceptíveis a efeitos globais de segunda ordem. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a consideração desses efeitos pode ser feita de modo rigoroso ou simplificado. A NBR 6118 (ABNT, 2014) possibilita o uso de dois critérios simplificados para verificar a necessidade de consideração dos efeitos globais de segunda ordem em edifícios de concreto armado. O primeiro critério é denominado de parâmetro de instabilidade  $\alpha$ , que foi originalmente proposto por Beck e König (1966) e incorporado ao CEB-FIP Manual of Buckling and Instability (1978). Já o segundo critério é dado pelo coeficiente  $\gamma_z$ , idealizado por Franco e Vasconcelos (1991).

Os coeficientes  $\alpha$  e  $\gamma_z$  servem como indicadores da necessidade de se considerar os efeitos globais de segunda ordem. Além disso, o coeficiente  $\gamma_z$  também pode ser usado para majorar as ações horizontais, de modo a estimar tais efeitos a partir de uma análise linear. Estudos acerca de ambos os critérios têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos. Para uma breve revisão dos trabalhos desenvolvidos na última década sobre esse tema, vide, por exemplo, Araújo (2010), Ellwanger (2012), Lacerda *et al.* (2014), Freitas, Luchi e Ferreira (2016), Paixão e Alves (2016), Vieira, Rodrigues e Veloso (2017), Diniz, Lages e Barboza (2019).

Uma vez que ambos os parâmetros quantificam a necessidade de se considerar os efeitos globais de segunda ordem, a partir de abordagens matemáticas diferentes, há uma relação inerente entre  $\alpha$  e  $\gamma_z$ . Assim, com base em valores de projeto, Carmo (1995) propôs uma relação entre  $\alpha$  e  $\gamma_z$  para edifícios de concreto armado. Em seguida, Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) formularam uma relação entre  $\alpha$  e  $\gamma_z$  para edifícios de alvenaria estrutural. Ambos os trabalhos usaram funções polinomiais empíricas, tendo  $\alpha$  como variável independente.

Dessa forma, neste artigo é apresentada uma formulação analítica única para quaisquer edifícios que usem  $\alpha$  e  $\gamma_z$  como critérios simplificados para verificar e, se necessário, quantificar os efeitos globais de segunda ordem.

Observa-se que tanto Carmo (1995) quanto Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) não encontraram qualquer relação dos coeficientes  $\alpha$  e  $\gamma_z$  com a razão flecha-altura dos edifícios devido à dispersão dos

dados. Assim, essa razão foi desconsiderada neste trabalho.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Efeitos globais de segunda ordem em edifícios altos

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), os efeitos globais de segunda ordem podem ser desprezados se não superarem em 10% os efeitos de primeira ordem. Se essa condição for atendida, a estrutura é denominada de nós fixos; caso contrário, a estrutura é classificada como de nós móveis. Essa verificação pode ser realizada a partir de metodologias mais rigorosas, como análise não linear utilizando elementos finitos, ou de modo simplificado, com base nos parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma_z$ .

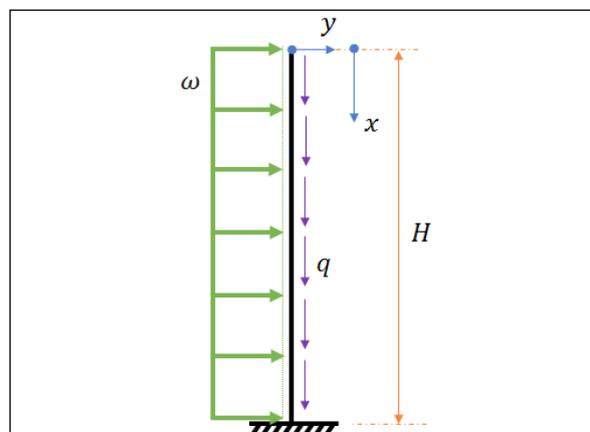
### 2.2 Parâmetro de instabilidade $\alpha$

Considere-se uma barra vertical engastada na base e livre no topo, com cargas  $q$  e  $\omega$  uniformemente distribuídas (Figura 1). A carga  $q$  é uma simplificação do peso total da barra, distribuída ao longo de sua altura ( $H$ ). Com base no sistema de referência indicado na Figura 1, a linha elástica da barra é dada a partir da seguinte equação diferencial ordinária:

$$y''''(\xi) + \frac{qH^3}{EI} [y'(\xi)\xi] = \frac{\omega H^4}{EI} \quad \therefore \xi = \frac{x}{H} \quad (1)$$

em que  $EI$  é a rigidez à flexão da barra.

Figura 1 – Barra vertical engastada e com cargas axial e transversal uniformemente distribuídas



Fonte: Elaboração própria.

A partir da equação (1), define-se o parâmetro  $\alpha$  como:

$$\alpha^2 = \frac{qH^3}{EI} \quad (2)$$

Admitindo-se que a barra é uma representação simplificada de uma edificação e que o seu peso total em serviço é dado por:

$$N_k = qH \quad (3)$$

o parâmetro  $\alpha$  passa a ser descrito por:

$$\alpha = H \sqrt{\frac{N_k}{EI}} \quad (4)$$

, em que  $EI$  é a rigidez à flexão da edificação.

A partir dessa analogia e em conformidade com as observações de Beck e König (1966), a NBR 6118 (ABNT, 2014) preconiza que o valor limite ( $\alpha_1$ ) do parâmetro  $\alpha$  varia de acordo com o número de pavimentos ( $n_p$ ):

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0,2 + 0,1n_p & \text{se } n_p \leq 3 \\ 0,6 & \text{se } n_p \geq 4 \end{cases} \quad (5)$$

Ainda, o valor limite  $\alpha_1 = 0,6$  é indicado para estruturas cujo sistema de contraventamento é dado por associação de pórticos e pilares-parede. Esse valor limite pode ser aumentado para  $\alpha_1 = 0,7$ , no caso de contraventamento constituído exclusivamente por pilares-parede, e é adotado  $\alpha_1 = 0,5$  quando só houver pórticos (ABNT, 2014).

Essa variação dos valores de  $\alpha_1$  se dá devido às diferenças entre as formas deformadas do edifício, relacionadas com a presença desses elementos de contraventamento.

### 2.3 Coeficiente $\gamma_z$

Considere-se que os efeitos globais de segunda ordem em uma estrutura são calculados a partir de um processo incremental-iterativo. Assim, o momento fletor de segunda ordem ( $M_2$ ) é dado pela soma do

momento fletor de primeira ordem ( $M_1$ ) com os incrementos de todos os  $n$  passos, ou seja:

$$M_2 = M_1 + \Delta M_1 + \Delta M_2 + \Delta M_3 + \dots + \Delta M_n \quad (6)$$

Para que haja convergência, o incremento de momento de um determinado passo deve ser menor do que o incremento de momento do passo anterior. Logo, assumindo que a convergência se dá por uma taxa de decaimento constante, tem-se:

$$r = \frac{\Delta M_1}{M_1} = \frac{\Delta M_2}{\Delta M_1} = \frac{\Delta M_3}{\Delta M_2} = \dots = \frac{\Delta M_n}{\Delta M_{n-1}} < 1 \quad (7)$$

Dessa forma, todos os incrementos de momento podem ser calculados a partir do momento de primeira ordem. Com isso, o momento de segunda ordem é dado por:

$$M_2 = (1 + r + r^2 + r^3 + \dots + r^n) M_1 \quad (8)$$

Multiplicando-se ambos os membros da equação (8) por  $(1 - r)$ , tem-se:

$$(1 - r)M_2 = (1 - r^{n+1})M_1 \quad (9)$$

Isolando-se  $M_2$  e assumindo-se que um grande número de passos é necessário para que se obtenha convergência, obtém-se:

$$M_2 = \frac{1}{1 - r} M_1 \quad (10)$$

Assim, o termo que multiplica  $M_1$  é chamado de coeficiente  $\gamma_z$  podendo ser reescrito como:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_1}{M_1}} \quad (11)$$

A partir desta dedução, a NBR 6118 (ABNT, 2014) determina que o coeficiente  $\gamma_z$  pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (12)$$

em que  $\Delta M_{tot,d}$  é a soma dos produtos de todas as forças verticais de cálculo atuantes na estrutura pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação e  $M_{1,tot,d}$  é o momento de tombamento de cálculo da estrutura.

Dessa forma, a estrutura pode ser classificada como de nós fixos se  $\gamma_z$  for menor ou igual a 1,10. Caso contrário, a estrutura é dita de nós móveis, sendo então necessário se determinar os efeitos globais de segunda ordem. Ainda, para  $1,10 < \gamma_z \leq 1,30$  o coeficiente  $\gamma_z$  pode ser utilizado para estimar os efeitos globais de segunda ordem ao se multiplicar as ações horizontais por  $0,95\gamma_z$ .

## 2.4 Edifícios de concreto armado

Uma vez que  $\alpha$  e  $\gamma_z$  são coeficientes utilizados para estimar a influência dos efeitos globais de segunda ordem em edifícios, Carmo (1995) obteve os valores calculados de  $\alpha$  e  $\gamma_z$  para 30 edifícios da empresa TECOSOF Engenharia de Estruturas S/C Ltda. (Tabela 1).

Observa-se que os valores de  $\alpha$  e  $\gamma_z$  de muitos edifícios são de fases preliminares de projeto, o que justifica valores bem acima dos limites de ambos os parâmetros (CARMO, 1995). Ainda, nos modelos numéricos dos edifícios foram utilizados elementos finitos no espaço tridimensional e as lajes foram modeladas como diafragmas rígidos em seu plano (CARMO, 1995).

Para cada edifício de concreto armado foram calculados dois valores de  $\alpha$  e  $\gamma_z$ , sendo um par para cada direção, conforme mostrado na Tabela 1. Ao se colocar esses pares de valores em um gráfico, é possível observar uma correlação entre os parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma_z$  (Figura 2).

Assim, de posse desses 60 pares de valores, Carmo (1995) ajustou o seguinte polinômio:

$$\gamma_z = 0,90 + 0,52\alpha - 0,62\alpha^2 + 0,46\alpha^3 \quad (13)$$

, em que  $\alpha$  é a variável independente.

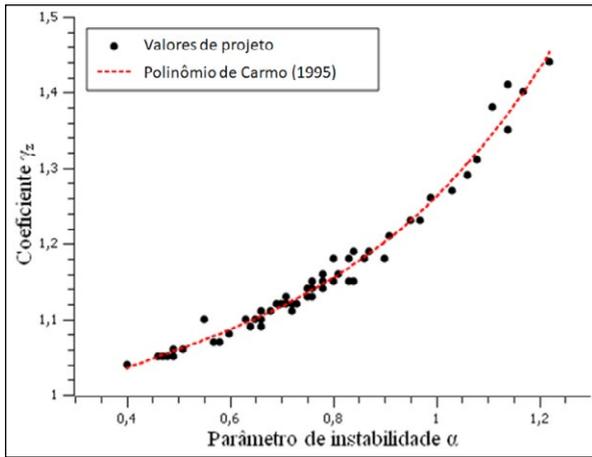
A comparação entre a equação proposta por Carmo (1995) e os valores de projeto ( $\alpha$  e  $\gamma_z$ ) está ilustrada na Figura 2, na página seguinte, sendo o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do ajuste de Carmo (1995) igual a 0,9832.

**Tabela 1** – Parâmetro  $\alpha$  e coeficiente  $\gamma_z$  para os edifícios de concreto armado

Edifício	Número de pavimentos	Direção X		Direção Y	
		$\alpha$	$\gamma_z$	$\alpha$	$\gamma_z$
Top Life	20	0,97	1,23	0,83	1,18
Spazio Uno	17	0,75	1,14	0,49	1,06
Conde do Pinhal	14	0,87	1,19	0,7	1,12
Av. Circular	14	0,76	1,13	0,48	1,05
Córsega	18	0,73	1,12	0,57	1,07
Stradus	12	1,11	1,38	0,51	1,06
San Petrus	18	0,66	1,11	0,6	1,08
M. do Bosque	11	0,81	1,16	0,4	1,04
Ville Florence	16	0,72	1,11	0,69	1,12
Ed. Ribeiro	14	0,47	1,05	0,46	1,05
Butantã	15	0,8	1,15	0,91	1,21
Condomínio III	24	1,17	1,4	1,14	1,35
Rua Indiana	25	1,22	1,44	0,9	1,18
Avant Place	22	0,8	1,18	0,76	1,15
Maison Classic	15	0,86	1,18	0,99	1,26
Art 1	19	0,78	1,16	1,14	1,41
Porto Bello	11	0,7	1,12	0,63	1,1
José F. Guimarães	18	0,99	1,26	0,78	1,15
Espaço S. P. II	21	0,95	1,23	0,78	1,15
Cartier Tower	18	1,03	1,27	0,76	1,14
Franc. Amêndola	20	0,84	1,19	0,66	1,1
Premium	15	0,71	1,13	0,68	1,11
Vermont	17	0,83	1,15	0,84	1,15
Maison Cartier	19	0,66	1,09	0,55	1,1
Office Tower	24	1,08	1,31	1,06	1,29
Porto Ferrara	13	0,69	1,12	0,49	1,05
Maison Etoile	21	0,71	1,12	0,75	1,13
Corinto	18	0,64	1,09	0,78	1,14
Ville Dijon	15	0,72	1,12	0,65	1,1
M. Bougainville	20	0,73	1,12	0,58	1,07

Fonte: Carmo (1995).

**Figura 2** – Comparação entre a relação  $\alpha$ - $\gamma_z$  proposta por Carmo (1995) e os valores de projeto por meio do programa SciDAVis (VASILIEF, GADIOU e FRANKE, 2008)



Fonte: Elaboração própria.

## 2.5 Edifícios de concreto armado

Com uma proposta semelhante a de Carmo (1995), Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) avaliaram 22 edifícios de alvenaria estrutural. Inicialmente, Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) obtiveram 11 edifícios com alturas variadas. Em seguida, esses edifícios tiveram sua altura aumentada, adotando-se 20 pavimentos como limitante. Essa etapa aumentou a amostra para 44 pares  $\alpha$ - $\gamma_z$ .

Assim, Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) propuseram a expressão apresentada na Equação 14 para estimar  $\gamma_z$  a partir de  $\alpha$ , tendo  $R^2 = 0,9972$ .

$$\gamma_z = 1,0103 - 0,0379\alpha + 0,137\alpha^2 \quad (14)$$

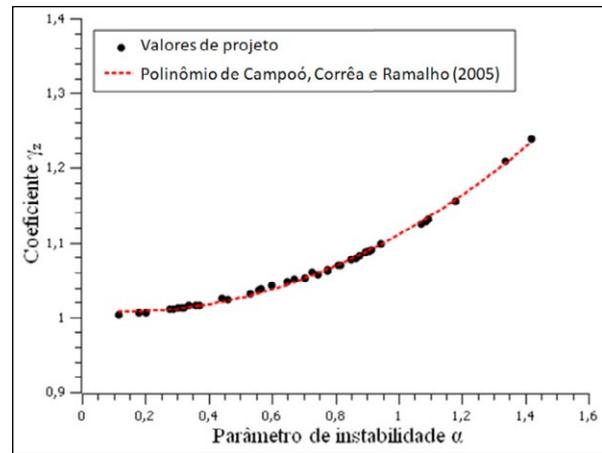
Entretanto, Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) apresentaram os pontos utilizados apenas de forma gráfica (Figura 3). Dessa forma, dos 44 pontos, 39 foram recuperados graficamente neste trabalho. Assim, o polinômio de Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) foi aplicado aos 39 pontos recuperados, resultando em  $R^2 = 0,9976$  (Figura 3). Em outras palavras, os pontos selecionados manualmente não comprometem a aplicação do polinômio de Campoó, Corrêa e Ramalho (2005).

## 3 Formulação proposta

Observa-se que os trabalhos de Carmo (1995) e Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) obtiveram relações empíricas entre  $\alpha$  e  $\gamma_z$  para edifícios de concreto armado e alvenaria estrutural, respectivamente. Dessa forma, neste artigo é proposta uma única formulação para relacionar os parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma_z$  de edifícios de concreto armado e alvenaria estrutural.

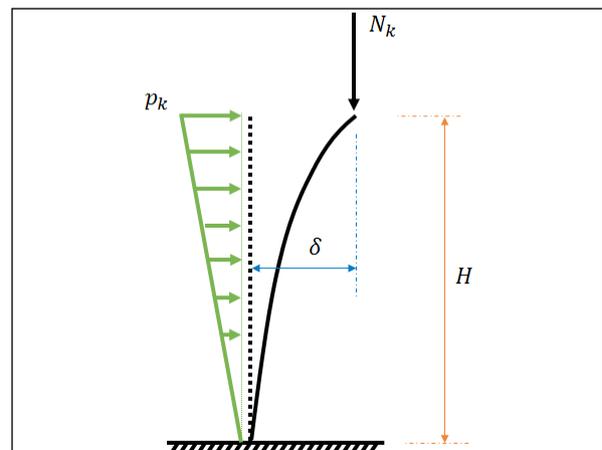
Assim, considere-se uma barra vertical de comprimento  $H$ , engastada na base e livre no topo, carregada por uma força concentrada vertical  $N_k$  no topo e uma carga linear crescente a partir da base até o valor  $p_k$ , conforme mostrado na Figura 4.

**Figura 3** – Comparação entre a relação  $\alpha$ - $\gamma_z$  proposta por Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) e os valores de projeto por meio do programa SciDAVis (VASILIEF, GADIOU e FRANKE, 2008)



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 4** – Barra vertical submetida a cargas horizontal e vertical



Fonte: Elaboração própria.

Devido à presença da carga horizontal, a barra apresenta deslocamento  $\delta$  no topo, dado por:

$$\delta = \frac{11p_k H^4}{120EI} \quad (15)$$

, sendo  $EI$  a rigidez à flexão da barra.

Admitindo-se que essa barra pode ser entendida como uma simplificação para edifícios, é possível calcular o coeficiente  $\gamma_z$ . Assume-se ainda que as cargas  $p_k$  e  $N_k$  não estão majoradas e são simplificações para a ação do vento (ABNT, 1988) e do peso da estrutura em utilização (ABNT, 2019), respectivamente.

Com base na NBR 8681 (ABNT, 2003), dentre as possíveis combinações de ações percebe-se que a pior situação para o cálculo do coeficiente  $\gamma_z$  se dá quando a carga horizontal é a ação variável secundária (CARVALHO; PINHEIRO, 2013). Logo,  $\Delta M_{tot,d}$  e  $M_{1,tot,d}$  são dados por:

$$\Delta M_{tot,d} = \gamma_f N_k \gamma_f \psi_0 \delta \quad (16)$$

$$M_{1,tot,d} = \frac{\gamma_f \psi_0 p_k H^2}{3} \quad (17)$$

, em que  $\gamma_f$  e  $\psi_0$  são os coeficientes de ponderação (ABNT, 2003).

Substituindo-se (15-17) em (12), tem-se:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - c\alpha^2} \quad \therefore c = \frac{11}{40} \gamma_f \quad (18)$$

Dessa forma, a equação (18) resulta numa relação racional entre  $\alpha$  e  $\gamma_z$ . Uma vez que  $c$  é um valor constante e adimensional para cada edificação, mas pode diferir entre projetos, introduz-se o parâmetro  $k = sc$ , em que  $s$  é o coeficiente a ser ajustado. Logo, a relação proposta entre  $\alpha$  e  $\gamma_z$  pode ser expressa por:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - k\alpha^2} \quad (19)$$

Por questões de simplicidade, o parâmetro  $k$  é ajustado diretamente para os edifícios analisados.

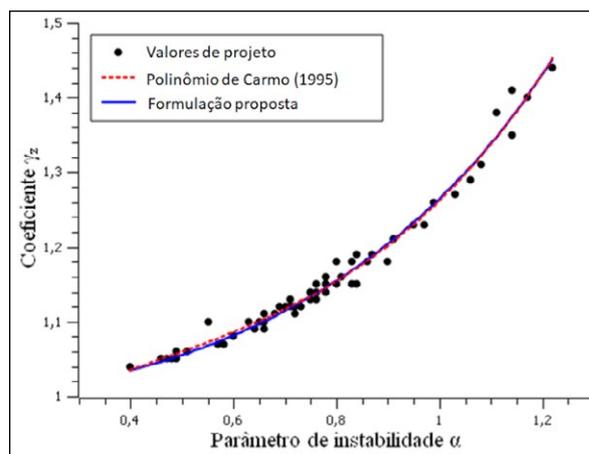
## 4 Resultados da pesquisa

A equação proposta foi ajustada para os edifícios de concreto armado (CARMO, 1995) e de alvenaria estrutural (CAMPOÓ; CORRÊA; RAMALHO, 2005) citados anteriormente.

Para o ajuste nos edifícios de concreto armado, o parâmetro  $k$  é igual a 0,209, resultando em  $R^2 = 0,9824$ . Nota-se que o coeficiente de determinação do ajuste é bastante satisfatório, apesar de ser pouco inferior ao obtido por Carmo (1995). A Figura 5 mostra a comparação entre a equação proposta e o polinômio apresentado por Carmo (1995).

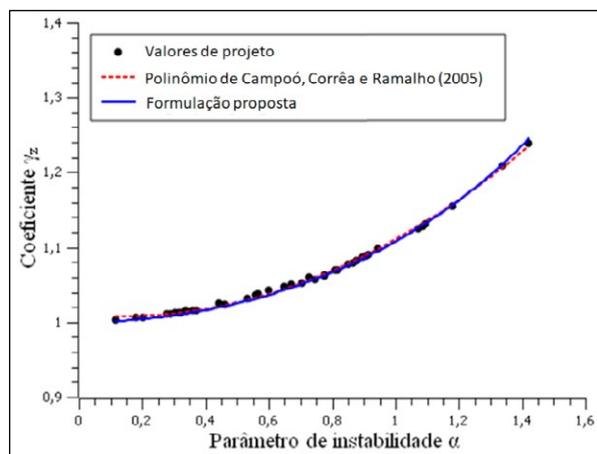
Já para os edifícios de alvenaria estrutural, obteve-se  $k = 0,097$  e  $R^2 = 0,9967$ . Observa-se que o ajuste proposto é bastante acurado, com coeficiente de determinação levemente abaixo do obtido por Campoó, Corrêa e Ramalho (2005). A comparação entre a equação proposta e o polinômio apresentado por Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) é mostrada na Figura 6, na página seguinte.

**Figura 5** – Comparação entre a relação  $\alpha - \gamma_z$  de Carmo (1995) e a equação proposta neste artigo por meio do programa SciDAVis (VASILIEF, GADIOU e FRANKE, 2008)



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 6** – Comparação entre a relação  $\alpha$ - $\gamma_z$  de Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) e a equação proposta neste artigo por meio do programa SciDAVis (VASILIEF, GADIOU e FRANKE, 2008)



Fonte: Elaboração própria.

Diante do exposto, observa-se que a equação proposta (19) apresenta ajustes satisfatórios para os edifícios de concreto armado e alvenaria estrutural avaliados neste artigo. Ainda é importante notar que os ajustes obtidos com a equação proposta também estão muito próximos das relações propostas por Carmo (1995) e Campoó, Corrêa e Ramalho (2005).

## 5 Conclusão

Uma vez que  $\alpha$  e  $\gamma_z$  quantificam os efeitos globais de segunda ordem, é notória sua correlação tanto para edifícios de concreto armado quanto de alvenaria estrutural. Assim, neste trabalho foi proposta uma relação analítica entre o parâmetro de instabilidade  $\alpha$  e o coeficiente  $\gamma_z$  a partir de uma barra vertical engastada com cargas verticais e horizontais.

Diferentemente das relações empíricas dos trabalhos anteriores (CARMO, 1995; CAMPOÓ; CORRÊA; RAMALHO, 2005), a formulação proposta serve para ambos os tipos de edifícios analisados, ou seja, de concreto armado e de alvenaria estrutural. Ainda, a equação proposta mostrou acurácia relevante para os edifícios avaliados. Entretanto, as relações empíricas dos trabalhos anteriores apresentaram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) levemente melhor do que a formulação proposta.

Por fim, tem-se a generalização como principal vantagem na relação proposta, pois, apenas com o ajuste de um parâmetro consegue-se obter valores de  $\gamma_z$  a partir de  $\alpha$  para diversos edifícios, tanto

com estrutura em alvenaria estrutural quanto em concreto armado. Para trabalhos futuros, sugere-se a implementação dessa relação em mais edifícios, de modo que seja possível ajustar a equação proposta para construções de diferentes regiões, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. Avaliação do parâmetro de instabilidade para os edifícios altos. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, n. 15, p. 41-53. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. **NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

BECK, H.; KÖNIG, G. Restraining forces in the analysis of tall buildings. In: SYMPOSIUM ON TALL BUILDINGS, 1966, Southampton. **Proceedings...** Southampton: University of Southampton, 1966. p. 513-536.

CAMPOÓ, L. B.; CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. Efeitos de segunda ordem em edifícios de alvenaria estrutural. **Revista Minerva**, São Carlos, v. 2, n. 2, p. 173-184. 2005.

CARMO, R. M. S. **Efeitos de segunda ordem em edifícios usuais de concreto armado**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas de concreto armado**. v. 2. São Paulo: PINI, 2013.

COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON. Model Code CEB-FIP pour les structures em béton. **CEB Bulletin d'Information**, 1978, Paris, n.124/125. 1978.

DINIZ, C. W. S.; LAGES, E. N.; BARBOZA, A. S. R. Estabilidade global de sistemas estruturais de edifícios considerando a ligação viga-pilar parede. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 705-737. 2019.

ELLWANGER, R. J. Um limite variável para o parâmetro de instabilidade de estruturas de contraventamento formadas por associações de pórticos com paredes ou núcleos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 104-136. 2012.

FRANCO, M.; VASCONCELOS, A. C. Practical assessment of second order effects in tall buildings. In: COLLOQUIUM ON THE CEB-FIP MC90, 1991, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1991. p. 307-324.

FREITAS, F. C.; LUCHI, L. A. R.; FERREIRA, W. G. Análise da estabilidade global das estruturas e ações de controle dos seus efeitos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 145-163. 2016.

LACERDA, M. M. S.; FLORÊNCIO, A. C.; SILVA, W. A., DELALIBERA, R. G. Avaliação dos critérios para análise da estabilidade global em edifícios de concreto armado: estudo de caso. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 9, n. 2, p. 24-37. 2014.

PAIXÃO, J. F. M.; ALVES, E. C. Análise de estabilidade global em edifícios altos. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 48-63. 2016.

VASILIEF, I.; GADIOU, R.; FRANKE, K. **The SciDAVis Handbook**. San Diego: Sourceforge, 2008.

VIEIRA, V. V. S.; RODRIGUES Jr, S. J.; VELOSO, L. A. C. M. Análise da estabilidade global de edifícios de concreto armado utilizando o coeficiente  $\gamma_z$ . **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 10, n. 5, p. 1113-1140. 2017.