

Recebido: 28/05/2019 Aprovado: 13/10/2020

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO ENSACADO COMO REFORÇO EM PERFIS TUBULARES DE AÇO

Matheus de Souza e Silva^{1*}, Flávio Teixeira de Souza² e Arlene Maria Cunha Sarmanho³

Resumo

Este trabalho avalia pilares mistos constituídos por concreto ensacado e perfis tubulares de aço, de modo a verificar experimentalmente a resistência e o comportamento de protótipos. Para isso foram ensaiados 12 pilares curtos, sendo três não preenchidos e 9 preenchidos por concreto ensacado, com e sem conectores. Os perfis mistos passaram por ensaio de compressão para avaliar a respectiva resistência, sendo a carga aplicada apenas no aço para todos os corpos de prova. Foi observado que os conectores aumentaram a resistência dos protótipos. A comparação entre resultados experimentais e prescrições normativas indicaram que a inclusão dos conectores aumentou a aderência, o que justifica o ganho de resistência do protótipo de reforço.

Palavras-chave: Concreto ensacado. Perfil tubular. Estrutura mista.

1 Introdução

A competitividade na construção civil atual exige cada vez mais a utilização de técnicas e materiais eficientes e de baixo custo. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de materiais que possam suprir as necessidades do mercado.

O concreto é uma mistura de água, cimento e agregados, com alta resistência a compressão e o dimensionamento de estruturas compostas por ele segue a norma NBR 6118 (ABNT, 2014). O aço é uma liga de ferro e carbono, com alta resistência à compressão e à tração, cujas estruturas seguem as normas NBR 8800 (ABNT, 2008) para perfis laminados; NBR 14762 (ABNT, 2010) para perfis formados a frio e NBR 16239 (ABNT, 2013) para perfis tubulares. Observa-se o crescimento do uso de estruturas tubulares de aço, devido ao seu forte apelo arquitetônico, bem como eficiência estrutural. (AZEVEDO, LIMA, VELLASCO (2016); DOMICIANO, OLIVEIRA, MELO (2016)).

¹ Mestrado Profissional em Construção Metálica – MECOM – DECIV/EM/UFOP, matheussouzas@yahoo.com.br

² Coordenadoria da Área de Edificações, IFMG - Campus Ouro Preto, flavio.souza@ifmg.edu.br

³ Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PROPEC – DECIV/EM/UFOP, arlene.sarmanho@gmail.com

Em muitas vezes o aço não é utilizado devido ao seu alto preço quando comparado ao concreto, sua fragilidade à corrosão e o colapso estrutural em altas temperaturas (SILVA, MELÃO (2017); AZEVEDO, MURAKAMI, SILVA (2007)). Uma solução para minimizar este problema é a associação da estrutura metálica ao concreto, que resulta em estruturas mistas.

A utilização dos pilares mistos no Brasil ainda é pequena, entretanto seu potencial é promissor. Necessitando amplamente de estudos para o seu desenvolvimento (LUBAS, SILVA, NETO (2012); RIBEIRO NETO (2016); NARDIN ET AL. (2012)). Seu comportamento estrutural apresenta particularidades. Quando o núcleo de concreto fica próximo de sua resistência uniaxial, ocorre uma forte microfissuração e expansão, caracterizado como efeito de confinamento, um dos fatores mais relevantes a serem avaliados em pilares mistos. (RIBEIRO NETO (2016); NARDIN (1999); JOHANSSON, AKËSSON (2002), OLIVEIRA (2008)).

Outro aspecto importante é a aderências. Com a aplicação de carga no núcleo de concreto, há uma tendência do escorregamento do mesmo em relação ao tubo de aço. Esse fato é analisado para avaliar a transferência de cisalhamento na interface aço-concreto nos pilares mistos. A aderência natural é dividida em aderência por adesão, mecânica e atrito (OLIVEIRA (2008), RODRIGUES (2016), FADINI (2017)).

A utilização em estruturas mistas demanda boa qualidade do concreto para ele cumprir adequadamente sua função. Porém, quando dosado em obras, o concreto pode ter sua qualidade comprometida por erros de precisão nas medidas das quantidades de seus insumos, bem como falta de equipamentos adequados para a mistura. Além disto, apresenta elevada geração de resíduos, muitas vezes incompatível com a organização necessária em canteiros de estruturas metálicas. Para suprir essa necessidade, bem como ser utilizado em locais onde não há possibilidade de acesso do concreto convencional, surge o concreto ensacado.

O concreto ensacado, como sua nomenclatura define, é produzido em sacos plásticos, onde a água é adicionada através de uma válvula, evitando assim, possíveis desperdícios. Desenvolvido no laboratório de engenharia da Faculdade do Futuro em Manhuaçu – MG por Silva *et al.* (2017) em embalagens de 25 kg, é submetido a ensaios da caracterização dos elementos à ruptura dos corpos de prova, todos amparados pelas respectivas normas específicas, para garantir sua qualidade.

Esse trabalho avalia de forma experimental e analítica, através de prescrições normativas, a resistência do comportamento de tubos aço SAE 1020, preenchidos de concreto ensacado, com e sem conectores de reforço, submetidos a compressão.

2 Metodologia do ensaio

Foram realizados ensaios de compressão em protótipos de aço e mistos, sendo a aplicação de carga e posição dos conectores demonstrado nas Figuras 1 e 2. Foram ensaiados quatro grupos de corpos de prova, com o objetivo de observar a influência do preenchimento de concreto no seu comportamento.

- Grupo TUBO: Três protótipos tubulares sem o preenchimento de concreto.
- Grupo SCON: Três protótipos tubulares com o preenchimento de concreto, deixando-se 5 mm livres entre a borda do tubo e o preenchimento de concreto, em ambas as extremidades, sem a utilização de conectores entre o aço e o concreto.
- Grupo 2CON: Três protótipos tubulares com preenchimento similar ao Grupo SCON, com a utilização de quatro conectores entre o aço e o concreto, dois na parte superior e dois na inferior.
- Grupo 3CON: Três protótipos tubulares com preenchimento similar ao Grupo SCON, com a utilização de seis conectores entre o aço e o concreto, três na parte superior e três na inferior.



Figura 1 –
Aplicação de Carga.



Figura 2 – Corpos de prova grupo TUBO, SCON,
e 3CON.

3 Prescrições Normativas

3.1 Método simplificado

Este método simplificado se aplica a elementos mistos submetidos basicamente à compressão.

O fator de contribuição do aço (δ), segundo a NBR 8800 (ABNT, 2008), a NBR 16239 (ABNT, 2010) e o Eurocode 4 (2004), responsável por garantir o funcionamento efetivo do elemento misto, é calculado através da Equação 1.

$$\delta = \frac{A_a f_{yd}}{N_{pl,Rd}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde A_a é a área da seção transversal do perfil de aço e f_{yd} a resistência de cálculo de escoamento de aço.

- $\delta < 0,2$: Elemento de concreto armado.
- $0,2 \leq \delta \leq 0,9$: Elemento misto de aço concreto.
- $\delta > 0,9$: Elementos de aço.

A força axial resistente de cálculo da seção transversal do pilar misto à plastificação total, $N_{pl,Rd}$ é dada pela Equação 2.

$$N_{pl,Rd} = (A_a f_{yd}) + (A_c f_{cd} \alpha_c) + (A_s f_{sd}) \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo A_c correspondente a área da seção transversal do núcleo de concreto e o α_c é referente à tensão do concreto, tendo o valor de 0,95 para NBR 8800 (ABNT, 2008) e NBR 16239 (ABNT, 2010) em perfis circulares preenchidos de concreto. Já para o Eurocode 4 (2004) esse valor é de 1,0.

3.1.1 Instabilidade local dos elementos de aço

Para a NBR 8800 (ABNT, 2008) a instabilidade local, nas seções tubulares mistas são analisadas de modo que as resistências de todos os materiais (aço, concreto e armaduras) devem ser atingidas sem que ocorra a instabilidade local dos elementos. Para isso deve obedecer a Equação 3.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \left(\frac{D}{t}\right)_{m\acute{a}x} \leq 0,15 \frac{E}{f_y} \quad (\text{Equa\c{c}\~ao 3})$$

A NBR 16239 (ABNT, 2013) segue as orienta\c{c}\~oes estabelecidas pela NBR 8800 (ABNT, 2008). Para o Eurocode 4 (2004) a instabilidade local pode ser ignorada para as se\c{c}\~oes tubulares de a\c{c}\~o, desde que a condi\c{c}\~ao de limite de esbeltez da se\c{c}\~ao mista seja obedecida, conforme Equa\c{c}\~ao 4.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \left(\frac{D}{t}\right)_{m\acute{a}x} = \frac{21150}{f_y} \quad (\text{Equa\c{c}\~ao 4})$$

3.1.2 \u00cdndice de esbeltez

A NBR 8800 (ABNT, 2008) define que o \u00cdndice de esbeltez (λ) \u00e9 determinado em fun\c{c}\~ao da for\c{c}\~a axial resistente de c\u00e1lculo da se\c{c}\~ao transversal do pilar misto \u00e0 plastifica\c{c}\~ao total e da for\c{c}\~a axial de flambagem el\u00e1stica (N_e) mostradas pelas Equa\c{c}\~oes 5 e 6. A esbeltez de um pilar misto n\u00e3o pode ser maior do que 2,0.

$$\lambda = \sqrt{\frac{N_{pL,Rd}}{N_e}} \quad (\text{Equa\c{c}\~ao 5})$$

$$N_e = \frac{\pi^2(EI)_e}{(KL)^2} \quad (\text{Equa\c{c}\~ao 6})$$

Para a NBR 8800 (ABNT, 2008) a rigidez efetiva \u00e0 flex\u00e3o $(EI)_e$ considera os efeitos de retra\c{c}\~ao e flu\u00eancia do concreto, sendo mostrada pela Equa\c{c}\~ao 7.

$$(EI)_e = E_a I_a + 0,6 E_c I_c + E_s I_s \quad (\text{Equa\c{c}\~ao 7})$$

J\u00e1 a NBR 16239 (ABNT, 2010) determina a rigidez efetiva \u00e0 flex\u00e3o $(EI)_e$ conforme mostra a Equa\c{c}\~ao 8.

$$(EI)_e = E_a I_a + 0,7 E_c I_c + E_s I_s \quad (\text{Equa\c{c}\~ao 8})$$

Para o Eurocode 4 (2014) a rigidez efetiva à flexão $(EI)_e$ é dado pela Equação 9 onde K_e é calculado por ensaios experimentais, e seu valor recomendável é 0,6.

$$(EI)_e = E_a I_a + K_e E_c I_c + E_s I_s \quad (\text{Equação 9})$$

3.1.2.1 Influência do confinamento

O Eurocode 4 (2004) considera o possível aumento da resistência do concreto através do efeito de confinamento, provocado pela contenção causada pelo perfil tubular à expansão do núcleo. Os critérios para verificação desse efeito são demonstrados pelas equações 10 a 14.

$$N_{pl,Rd} = (\eta_a \cdot A_a \cdot f_{yd}) + A_c \cdot f_{cd} \cdot \left(1 + \eta_c \cdot \frac{t}{d} \cdot \frac{f_y}{f_{ck}}\right) + A_s \cdot f_{sd} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde t representa a espessura da parede do perfil de aço e η_a e η_c obedecem a relação:

- Para elementos de excentricidade zero, os valores de $\eta_a = \eta_{a0}$ e $\eta_c = \eta_{c0}$ são dados pela equação:

$$\eta_{a0} = 0,25 (3 + 2\lambda) \text{ mas } \eta_{a0} \leq 1,0 \quad (\text{Equação 11})$$

$$\eta_{c0} = 4,9 - 18,5\lambda + 17\lambda^2 \text{ mas } \eta_{c0} \geq 0 \quad (\text{Equação 12})$$

- Para elementos sujeitos à combinação de compressão e momento, com $0 < e/d < 0,1$, os valores de η_{a0} e η_{c0} devem ser determinados pela Equação 13 e Equação 14, onde η_a e η_c são dados pela Equação 11 e Equação 12, respectivamente:

$$\eta_a = \eta_{a0} + (1 - \eta_{a0}) \left(10 \frac{e}{d}\right) \quad (\text{Equação 13})$$

$$\eta_c = \eta_{c0} \left(1 - 10 \frac{e}{d}\right) \quad (\text{Equação 14})$$

Para e/d maior que 0,1, $\eta_a=1,0$ e $\eta_c=0$.

Segundo Ekmekyapar & Alleliw (2016), índices de força (SI) maiores que 1,35 significam que um bom efeito de confinamento foi verificado, influenciando no aumento da capacidade resistente da seção, podendo ser calculado pela Equação 15.

$$SI = \frac{N_u}{A_s f_y + 0,85 A_c f_{ck}} \quad (\text{Equação 15})$$

4 Resultados e discussões

5.1 Tubos sem preenchimento de concreto (TUBO)

A Tabela 1 apresenta os resultados experimentais obtidos para os protótipos sem preenchimento. Estes resultados são importantes para a avaliação da influência do reforço no comportamento e na resistência do tubo.

Tabela 1 – Resultados protótipos sem preenchimento (grupo TUBO)

Nome	Carga (kN)	Média (kN)	Desvio padrão
TUBO1	192,80	188,97	3,24
TUBO2	189,27		
TUBO3	184,86		

A Figura 3 apresenta o corpo de prova no ensaio de compressão, e a Figura 4 os corpos de prova após o ensaio. Podem-se observar grandes deslocamentos em todos os corpos de prova, indicando o escoamento do aço nos protótipos sem preenchimento.



Figura 3 – Ensaio compressão corpo de prova grupo TUBO



Figura 4: Corpos de prova Grupo TUBO

5.2 Tubos com preenchimento de concreto sem conectores (SCON)

A Tabela 2 apresenta os resultados experimentais obtidos para os protótipos com preenchimento sem conectores.

Tabela 2 – Resultados protótipos preenchidos (grupo SCON)

Nome	Carga (kN)	Média (kN)	Desvio padrão
SCON1	209,47	203,75	9,65
SCON2	190,15		
SCON3	211,63		

Figura 5 apresenta o corpo de prova no ensaio de compressão, e a Figura 6 mostra os corpos de prova após o ensaio, evidenciando o fenômeno de transmissão de carga. Pode-se observar um aumento na resistência se comparado ao grupo TUBO de 7,82%. Observam-se ainda deslocamentos similares aos observados no grupo sem preenchimento, porém nas duas extremidades do tubo, fenômeno conhecido como “pata de elefante”.



Figura 5 – Ensaio compressão corpo de prova grupo SCON



Figura 6 – Corpos de prova grupo SCON

5.3 Tubos com preenchimento de concreto com dois conectores (2CON)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os protótipos preenchidos de concreto e com dois conectores em cada extremidade (2CON).

Tabela 3 – Resultados protótipos preenchidos com conectores (grupo 2CON)

Nome	Carga (kN)	Média (kN)	Desvio padrão
2CON1	394,04	381,42	11,77
2CON2	365,70		
2CON3	384,52		

A Figura 7 apresenta o corpo de prova no ensaio de compressão, e a Figura 8 mostra os corpos de prova ensaiados. Pode-se observar um aumento na resistência se comparado aos grupos TUBO de 101,83% e ao grupo SCON de 87,2%. Observam-se ainda deslocamentos diferentes dos grupos anteriores, onde houve concentração nas bordas. Nos protótipos com preenchimento e quatro conectores, ocorrem deslocamentos na região central dos tubos, demonstrando a influência do preenchimento no comportamento e na resistência do protótipo.



Figura 7 – Ensaio compressão corpo de prova grupo 2CON



Figura 8 – Corpo de prova grupo 2CON

5.4 Tubos com preenchimento de concreto com três conectores (3CON)

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para os protótipos preenchidos de concreto e com três conectores em cada extremidade (3CON).

Tabela 4 –Resultados protótipos preenchidos com conectores (grupo 3CON)

Nome	Carga (kN)	Média (kN)	Desvio padrão
3CON1	465,82	461,89	3,67
3CON2	456,99		
3CON3	462,88		

A Figura 9 apresenta o corpo de prova no ensaio de compressão e a Figura 10 os corpos de prova posteriormente ao ensaio. Pode-se observar um aumento na resistência se comparado aos três primeiros grupos TUBO, SCON e 2CON de 144,42%, 126,70% e 21,10%, respectivamente.

Os deslocamentos observados assemelham-se aos protótipos preenchidos e com dois conectores, demonstrando a efetividade da associação do aço com o concreto. Ressalta-se que o aumento do número de conectores melhora esta associação.



Figura 9 – Ensaio compressão corpo de prova grupo 6CON



Figura 10 – Corpo de prova grupo 6CON

5.5 Análise da influência do confinamento

Com base na Equação 14 foram determinados os índices de força para cada corpo de prova, como demonstrado na Tabela 5, avaliando o reforço ocorrido, tendo como parâmetro, o índice de força maior ou igual a 1,35.

Tabela 5 – Resultados dos índices de força

Nome	Carga (kN)	Índice de Força (SI)
SCON1	209,47	0,62
SCON2	190,15	0,57
SCON3	211,63	0,63
2CON1	394,04	1,17
2CON2	365,70	1,09
2CON3	384,52	1,14
3CON1	465,82	1,39
3CON2	456,99	1,36
3CON3	462,88	1,38

Pode-se observar a otimização do reforço devido ao aumento de conectores, tendo um reforço satisfatório o grupo 3CON, pois, com este arranjo de conectores, aplicando-se a carga no perfil tubular, há transferência de carga dos conectores para o núcleo de concreto, provocando uma melhor aderência do mesmo.

5.6 Análise da compressão dos corpos de prova

Utilizando as Equações 1 e 2 foram determinados os fatores de contribuição da estrutura mista, além do esforço normal resistente característico pela NBR 8800 (ABNT,2008) e NBR 16239 (ABNT, 2013), demonstrados na Tabela 6 e 7. O esforço normal resistente característico pelo Eurocode [4] (2004) é demonstrado na Tabela 8.

Tabela 6 – Resultados dos fatores de contribuição

Nome	Carga (kN)	Fator de Contribuição (δ)
SCON1	209,47	0,96
SCON2	190,15	1,06
SCON3	211,63	0,95
4CON1	394,04	0,51
4CON2	365,70	0,55
4CON3	384,52	0,52
6CON1	465,82	0,43
6CON2	456,99	0,44
6CON3	462,88	0,44

Tabela 7 – Esforço normal resistente característico NBR 8800 e NBR 16239

D (mm)	d (mm)	t (mm)	D/t	L (mm)	L/D	Ac (mm ²)	Aa (mm ²)	N _{pl,Rk} 8800 (kN)	N _{pl,Rk} 16239 (kN)
100	96	2	50	300	3	7238,229475	615,7521602	351,91	351,91

Tabela 8 – Esforço normal resistente característico EC-4 sem confinamento

D (mm)	d (mm)	t (mm)	D/t	L (mm)	L/D	Ac (mm ²)	Aa (mm ²)	N _{pl,Rk} EC-4 (kN)
100	96	2	50	300	3	7238,229475	615,7521602	359,80

Tendo como parâmetro de bom comportamento da estrutura mista o intervalo $0,2 \leq \delta \leq 0,9$ é possível perceber que o grupo SCON não se comporta como tal, além de não haver grande transferência de carga do tubo de aço para o núcleo de concreto, sendo demonstrado pelo baixo índice de força (SI), devido à baixa aderência entre o aço e concreto. Aderência essa, otimizada com a inserção dos conectores, estando os demais grupos (2CON e 3CON) com índice de força e fator de contribuição dentro do intervalo esperado, possuindo resistência superiores a determinadas na Tabela 7 e 8.

Utilizando a Equação 10 foi calculado o esforço normal resistente característico levando em consideração o aumento da resistência provocado pelo efeito do confinamento, como demonstra a Tabela 9 (EUROCODE 4, 2004).

Tabela 9 – Esforço normal resistente característico EC-4 com confinamento

D (mm)	d (mm)	t (mm)	D/t	L (mm)	L/D	Ac (mm²)	Aa (mm²)	N_{pl,Rk} EC-4 (kN)
100	96	2	50	300	3	7238,229475	615,7521602	463,76

O grupo 3CON teve os índices de força acima de 1,35 demonstrando eficiência no confinamento, com a média de resistência 461,90 kN, valor este aproximadamente igual ao determinado na Tabela 9 e Tabela 10, estando abaixo apenas 0,40%.

Tabela 10 – Parcelas das Resistências

Aço (kN)	Concreto (kN)	Misto (kN)	η_a	η_a Aço (kN)	η_c	η_c Concreto (kN)	Total (kN)
202	157,8	359,80	0,811924849	164	1,899637861	299,76	463,73

5 Considerações finais

A partir dos resultados obtidos nas análises, observa-se que o primeiro grupo avaliado (TUBO) suportou baixa capacidade de carga, havendo escoamento localizado, com formação da “pata de elefante”, indicando a necessidade do reforço estrutural proposto.

O grupo SCON apresentou um pequeno aumento de resistência, se comparado ao primeiro grupo (TUBO), perdendo rapidamente o contato com o núcleo de concreto, havendo assim, expansão lateral das bordas, como ocorrido no primeiro grupo. Isto demonstra possivelmente que apenas o efeito da aderência química entre o aço e o concreto acrescenta pouca efetividade ao reforço.

O grupo 2CON apresentou um aumento de resistência significativo, mostrando que a ligação dos conectores ao núcleo de concreto proporcionou ao protótipo maior resistência, mobilizando o aço em conjunto com o concreto, comprovado pelo fator de contribuição calculado, mostrando a importância da aderência mecânica para a efetividade da seção mista.

O grupo 3CON apresentou o maior aumento de resistência dentre todos os protótipos avaliados, e comportamento similar ao grupo com quatro conectores. Indicou, no entanto, que o maior número de conectores pode melhorar o comportamento do protótipo. Este grupo em específico foi o único com índices de força superior a 1,35, comprovando um reforço eficiente provocado pela transferência de carga dos conectores para o núcleo de concreto, estando este grupo com resistência aproximadamente igual à calculada pelo EC-4, levando em consideração o confinamento.

Os parafusos utilizados como conectores retardaram o escoamento localizado, inibindo a formação da “pata de elefante”, aumentando a resistência dos protótipos.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 8800** - Projeto de Estrutura de Aço e de Estrutura Mista de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 14762** - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 16239** - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistadas de Aço e Concreto de Edificações com Perfis Tubulares. Rio de Janeiro, 2013.

AZEVEDO, M. S.; MURAKAMI, A.; SILVA, V. P. **Segurança das estruturas de aço externas a edificações em situação de incêndio**. REM – Revista Escola de Minas, 60(2), p. 295-301, 2007.

AZEVEDO, V. S.; LIMA, L. R. O.; VELLASCO, P. C. G. S. **Perfis tubulares mistos de aço e concreto: Comparativo preliminar para o dimensionamento entre as normas NBR 8800:2008, NBR 16239:2013 e Eurocode 4:2007**. Congresso latino-americano da construção metálica, CONSTRUMETAL 2016.

DOMICIANO, M. L.; OLIVEIRA, R. A.; MELO, L. L. **Estudo de caso: O uso de estruturas metálicas em shoppings centers**. Congresso latino-americano da construção metálica, CONSTRUMETAL 2016.

EKMEKYAPAR, T.; AL-ELIWI, B. J. M. **Experimental behavior of circular concrete filled steel tube columns and design specifications**. Journal of Constructional Steel Research, v.105, p. 220-230, 2016.

EN 1994-1-1 (2004) (English): Eurocode 4: **Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings**, CEN.

FADINI, Juliana Fadini Natalli, **Desempenho do concreto leve em seções mistas**. Dissertação de Mestrado, departamento de engenharia civil PROPEC, Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

JOHANSSON, M.; ÅKESSON, M. **Finite element study on concrete filled steel tubes using a new confinement sensitive concrete compression model**. Nordic Concrete Research, v.2/2001, n.27, p.43-62, 2002.

LUBAS, P. H.; SILVA, V. P.; NETO, J.M. **Dimensionamento de pilares mistos de aço conforme ABNT 8800:2008**. Revista da Estrutura de Aço, CBCA, vol. 1 n° 1, p. 1-19, 2012.

NARDIN, Silvana. **Estudo teórico-experimental de pilares mistos composto por tubos de aço preenchidos com concreto de alta resistência**. Dissertação de mestrado, escola de engenharia de São Carlos – UFScar, 1999.

NARDIN, S.; SOUZA, A. S. C.; PEREIRA, M. F.; SERAFIM, J. A. **Análise comparativa de soluções de pilares para galpões: Pilares de aço, pré-moldados e mistos de aço e concreto.** Congresso latino-americano da construção metálica, CONSTRUMETAL 2012.

OLIVEIRA, W. L. A. **Análise teórico - experimental de pilares mistos preenchidos de seção circular.** Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

RIBEIRO NETO, Juliano Geraldo. **Análise teórico-experimental do uso de parafuso estrutural como conector de cisalhamento em pilar misto composto de perfil tubular preenchido com concreto.** Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil – PROPEC, Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

RODRIGUES, Bárbara Hellen. **Estudo da aderência ao aço dos concretos convencionais, leve e ar incorporado em seções mistas de perfis tubulares.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil – PROPEC, Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

SILVA, M. S.; GOMES, C. D.; SANGLARD, M. P. L.; OLIVEIRA, U. J. **Análise da eficiência do uso de concreto ensacado em edificações de pequeno porte.** Revista Educação, Meio ambiente e Saúde, vol. 7 n° 4, p. 20-41, 2017.

SILVA, V. P.; MELÃO, A. R. **Temperatura crítica de perfis I de aço em situação de incêndio.** Revista Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, vol. 18, n° 2, p. 325-342, 2018.

SOUZA, D. A.; FREITAS, M. S. R.; FREITAS, A. M. S. **Estabilidade de colunas com seções enrijecidas em perfis de aço formados a frio.** REM – Revista Escola de Minas, 59(2), p. 199-205, 2006.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE USE OF BAGGED CONCRETE AS REINFORCEMENT IN TUBULAR STEEL PROFILES

Abstract

This work evaluates mixed columns consisting of bagged concrete and tubular steel profiles, in order to experimentally verify the strength and behavior of prototypes. For this, 12 short columns were tested, three of which were unfilled and 9 were filled with bagged concrete, with and without connectors. The mixed profiles were subjected to a compression test to evaluate their strength, with the load being applied only to the steel for all specimens. It was observed that the connectors increased the resistance of the prototypes. The comparison between experimental results and normative prescriptions indicated that the inclusion of the connectors increased the adhesion, which justifies the strength gain of the reinforcement prototype.

Keywords: *Bagged concrete. Tubular profile. Mixed structure.*