



# ESTUDO COMPLEMENTAR DA TENACIDADE DE CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE AÇO

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC – UNICAMP

Weder Nazari  
Prof. Dr. Newton Pinto Jr.  
Prof. Dr. Francisco Antonio Menezes

wederrr@gmail.com  
pintojr@fec.unicamp.br  
fam@fec.unicamp.br



Palavras Chave: Tenacidade – Concreto – Fibras de aço

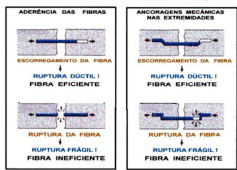
## Introdução

O estudo é referente a concretos reforçados com fibras de aço.

Tenacidade é uma medida da quantidade de energia que o composto pode absorver antes de fraturar, expressa, numericamente, pela área sob a curva tensão versus deslocamento vertical obtida no ensaio de tração na flexão com velocidade de deformação controlada.

O objetivo deste trabalho foi analisar as influências da distribuição das fibras de aço na tenacidade e auxiliar no equacionamento de um modelo que leve em consideração as variabilidades dos resultados obtidos em laboratório com aqueles esperados em campo.

### PRINCÍPIO SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMENTO DAS FIBRAS DE AÇO



## Metodologia da Pesquisa

Foram utilizadas as especificações existentes na norma japonesa JSCE – SF4/1984. A partir de ensaios foram quantificados os seguintes parâmetros:

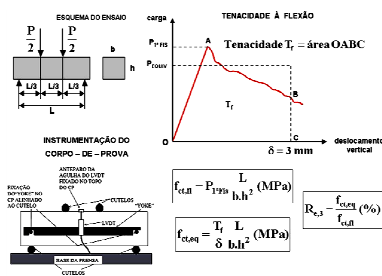
**fct,fl**: resistência à tração na flexão - determina a resistência da matriz no instante em que se inicia a fissuração do concreto (N/mm<sup>2</sup>);

**Tb**: tenacidade à flexão - igual à área sob a curva carga x deslocamento vertical (N.mm);

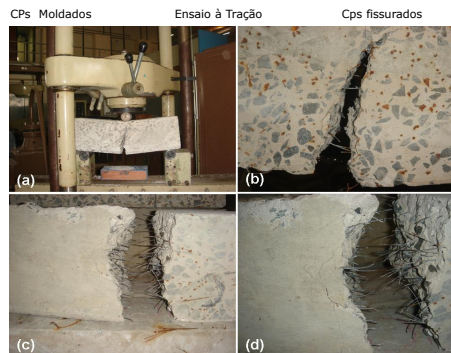
**fct,eq**: resistência equivalente à tração na flexão - quantifica o trabalho das fibras incorporadas à matriz por meio da tenacidade introduzida ao composto (N/mm<sup>2</sup>);

**Re,3**: coeficiente de ductilidade - representado pela razão entre **fct,eq** e **fct,fl**, que traduz o quanto o composto se aproxima, ou se afasta, de um material com comportamento elasto-plástico perfeito (%).

### Quantificação da tenacidade segundo a JSCE – SF4/1984.



### Preparação dos Corpos-de-prova e realização de ensaios à Tração



Verificação do número de fibras presente nas seções dos CPS

## Resultados Obtidos

Teores de fibras de aço incorporados aos concretos. Foto do processo de separação das fibras nas amostras para apuração do Teor Real das Fibras.

1ª etapa		2ª etapa		3ª etapa	
V <sub>nominal</sub> = 0,25 %		V <sub>nominal</sub> = 0,375 %		V <sub>nominal</sub> = 0,50 %	
Teor nominal = 30 kg/m <sup>3</sup>		Teor nominal = 40 kg/m <sup>3</sup>		Teor nominal = 40 kg/m <sup>3</sup>	
gr 60	Yr (%)	gr 60	Yr (%)	gr 60	Yr (%)
193,21	0,348	244,50	0,440	300,17	0,645
134,58	0,242	178,47	0,321	292,57	0,526
Y <sub>real</sub> (%)	0,295	Y <sub>real</sub> (%)	0,381	Y <sub>real</sub> (%)	0,550
Teor real	25,2 kg/m <sup>3</sup>	Teor real	29,9 kg/m <sup>3</sup>	Teor real	46,0 kg/m <sup>3</sup>

### Número de fibras na seção de ruptura dos prismas:

Condição de ruptura	Teor de Fibras (kg/m <sup>3</sup> )	Quantidade de Fibras (número)	Quantidade de Fibras (número)
20	25,2	10	10
21	25,2	10	10
22	25,2	10	10
23	25,2	10	10
24	25,2	10	10
25	25,2	10	10
26	25,2	10	10
27	25,2	10	10
28	25,2	10	10
29	25,2	10	10
30	25,2	10	10

### Resumo dos Resultados dos ensaios com os corpos-de-prova :

Extraídos:		
N [20kg/m <sup>3</sup> ]	R [23,2 kg/m <sup>3</sup> ]	N [30kg/m <sup>3</sup> ]
gr 60	gr 60	gr 60
Y <sub>r</sub> (%)	Y <sub>r</sub> (%)	Y <sub>r</sub> (%)
0,27	0,39	0,52

Moldados:		
N [20kg/m <sup>3</sup> ]	R [23,2 kg/m <sup>3</sup> ]	N [30kg/m <sup>3</sup> ]
gr 60	gr 60	gr 60
Y <sub>r</sub> (%)	Y <sub>r</sub> (%)	Y <sub>r</sub> (%)
0,24	0,37	0,50

N\_ Teor Nominal de Fibras R\_ Teor Real de Fibras

## Modelagem dos Resultados

Para estabelecer a correspondência entre as resistências equivalentes à tração na flexão (fct,eq) e os coeficientes de ductilidade (Re,3) em função dos teores de fibras incorporadas ao concreto, foram adotados modelos não lineares que apresentaram boa aderência aos resultados experimentais. As correlações obtidas são apresentadas nas figuras 1 e 2, que mostram as variações das resistências equivalentes à tração na flexão e dos coeficientes de ductilidade em função do teor de fibras incorporadas ao concreto, respectivamente. Na Tabela 4 são apresentados os valores numéricos obtidos para todas as correlações.

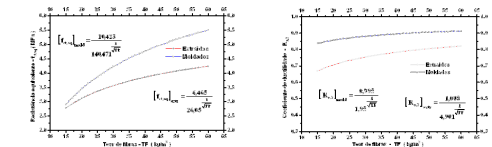


Fig. 1 - Correlação entre a resistência equivalente a tração na flexão e o coeficiente de ductilidade. Fig. 2 - Correlação entre a resistência equivalente a tração na flexão e o coeficiente de ductilidade.

Tabela 4 - Comparação dos valores obtidos através das correlações

V <sub>f</sub> (%)	fct,eq (MPa)		Re,3 (%)	
	Exp.	Mod.	Exp.	Mod.
0,25	4,5	4,5	1,0	1,0
0,375	5,5	5,5	1,1	1,1
0,50	6,5	6,5	1,2	1,2

## Conclusão

Foi observada uma dispersão significativa nos valores da tenacidade nos ensaios dos corpos-de-prova extraídos, enquanto que nos ensaios de corpos de prova moldados em laboratório pode-se observar uma variabilidade relativamente baixa dos resultados. A definição do teor de fibras de aço a incorporar aos concretos é usualmente baseada em resultados contidos em catálogos de fabricantes de fibras, cujos valores têm por base ensaios em corpos-de-prova moldados. Conclui-se, portanto que a adoção destes valores catalogados pode conduzir a situações contrárias à segurança da estrutura.

## Bibliografia Principal

- PINTO JÚNIOR, NEWTON DE OLIVEIRA. Tenacidade e Resistência Equivalente à Tração na Flexão dos Concretos Reforçados com Fibras de Aço. In: NEWTON DE OLIVEIRA PINTO JUNIOR, Jornadas Sul-americanas de Eng Estrutural, v. 05, p. 2247-2256, São Carlos, 1997
- JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Method of tests for fiber content of steel fiber reinforced concrete. JSCE-SF7. Concrete Library of JSCE. II-2 Method of tests for steel fiber reinforced concrete. No 3, p. 71-73, June 1984