

A APLICAÇÃO RETARDADA
DO CONCRETO

IAFAEL PETRONI

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E PLANEJAMENTO

ÍNDICE

- Sumário	
- Introdução	1
- A aplicação retardada do concreto	4
- Materiais utilizados	6
- Traços utilizados e resultados obtidos	10
- Conclusões	15

SUMÁRIO

O presente trabalho resume resultados de ensaios realizados mostrando que, a utilização retardada do concreto, isto é, a sua aplicação, após decorrido algum tempo do seu preparo, que no nosso caso foi de duas horas, pode aumentar a sua resistência à compressão de 10% a 20%.

Essa propriedade, convenientemente estudada, pode ter grande significação no caso de transporte de concreto fresco, preparado em usinas, ou na construção de grandes massas de concreto, com o objetivo de se reduzir o consumo de cimento.

INTRODUÇÃO

É um fato bastante conhecido que a revibração do concreto, de um modo geral, melhora as suas propriedades.

Segundo alguns autores, em dadas situações, porém, a revibração tem efeito nocivo.

O Laboratório de Ensaios de Materiais, da Escola de Engenharia de São Carlos, vem realizando uma série de ensaios a fim de verificar o comportamento do concreto fabricado com cimentos nacionais, quando submetidos à revibração.

Centenas de corpos de prova revibrados têm sido rompidos e seus resultados comparados com corpos de prova moldados como prescreve a MB-2 e com corpos de prova vibrados logo após o preparo da massa e enchimento dos moldes.

Os ensaios têm sido feitos com diferentes traços, para diferentes consistências e variando-se o intervalo entre a vibração e a revibração.

Os resultados desses trabalhos já foram parcialmente divulgados e pelos mesmos pode-se constatar que os aumentos de resistência variam de 10% a 20% e que a revibração nunca prejudicou a resistência final do concreto, mesmo com consistência seca - abatimento de 2 a 5 cm - para traços bem dosados.

A análise dos dados obtidos quando comparados as resistências obtidas e os intervalos de tempo decorridos entre a vibração inicial e a revibração nos sugeriu uma outra possibilidade, isto é, a aplicação e vibração retardada do concreto, que entendemos ser de maior importância prática que a própria revibração.

Essa observação, entretanto, complica a interpretação dos efeitos da revibração do concreto, bem como da sua utilização retardada.

De fato, fixados o traço e as condições de cura, para os mesmos materiais, a resistência do concreto resultante fica apenas dependendo de uma variável, que é a compactação do mesmo. Se conseguirmos um corpo de prova sem vazios e com um mínimo de segregação, praticamente não importa se a compactação tenha sido

feita de acordo com a MB-2 ou por meio de vi
bração.

A revibração pode então parecer uma opera
ção danosa, visto que virá perturbar um estado
de equilíbrio, onde já não há mais espaços va
zios para encher. A experiência mostra, porém,
que mesmo nesse caso a revibração conduz a
maiores resistências.

Poder-se-ia ainda tentar explicar esse au
mento de resistência supondo-se que a revibra
ção recompõe de maneira mais favorável o arran
jo do material que compõe o concreto, preen
chendo inclusive os capilares e poros decorren
tes da exsudação.

O fenômeno, entretanto, é mais complexo e
não é apenas um problema de acomodação do mate
rial, como adiante se verificará, pela compara
ção dos resultados obtidos na revibração com
concreto aplicado após uma espera de 2 horas.

II

A APLICAÇÃO RETARDADA DO CONCRETO

-

Como já dissemos, o que nos ocorreu en sair, após as observações já referidas, foi o seguinte: preparar o concreto, deixá-lo em re pouso durante 1, 2 ou 3 horas, contrariando por tanto, as normas e técnicas de concretagem e em seguida moldar os corpos de prova.

Esse procedimento, decorreu da observação de que quando o decurso de tempo entre a vibra ção e revibração é pequeno, o ganho de resis tência não é apreciável. Somente quando o in tervalo entre as duas operações é grande, é que conseguimos melhoras sensíveis nas propriedades do concreto, parecendo-nos que não é a revibra ção a responsável principal pela variação da resistência, mas sim a vibração retardada, is to é, quando o cimento já se encontra em um es

tado de hidratação mais conveniente. As vanta
gens decorrentes deste procedimento sobre a re
vibração são evidentes.

A revibração duplica o trabalho a realizar, ao passo que a vibração retardada é apenas uma defasagem entre o preparo do concreto e a sua aplicação.

A revibração, no caso de pré-moldados, prenderia as formas durante um período muito grande, ao passo que a espera na concretagem não aumenta o tempo de uso das formas.

No transporte para as obras do concreto preparado em usinas, essa prática poderia ter grande aplicação, quando convenientemente estu
dada para cada tipo de cimento e consistência.

A preocupação principal, nessa espera, é o abrigo perfeito do concreto preparado, a fim de se evitar a evaporação da água de amassamento.

III

MATERIAIS UTILIZADOS NO PREPARO DO CONCRETO

1) Cimento

O cimento utilizado apresentava as seguintes características:

- a) Resíduo na peneira 200..... 11%
- b) Início de pega..... 2h 10m
- c) Fim de pega..... 3h 30m
- d) Expansibilidade a frio..... 0,7mm
- e) Resistência à compressão - 3 dias-120kg/cm²
7 dias-185kg/cm²
28 dias-285kg/cm²

2) Areia

Utilizamos como agregado miúdo a areia comumente usada em São Carlos na construção de obras de concreto.

Essa areia procede do Rio Mogi-Guaçu e é de origem quartzosa.

Conforme se verifica pelo ensaio granulométrico (Tabela 1), esse agregado não possui praticamente partículas de 4,8mm e 2,4mm.

TABELA 1

GRANULOMETRIA DA AREIA

Abertura das peneiras (mm)	Peso retido (gramas)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
9,5	-	-	-
4,8	5	-	-
2,4	25	2	2
1,2	230	17	19
0,6	650	48	67
0,3	400	30	97
0,15	30	2	99
resíduo	10	1	100

- diâmetro máximo = 2,4mm

- módulo de finura = 2,84

Esse material, contudo, preenche as condições fixadas pelas nossas especificações quanto às porcentagens de substâncias nocivas.

3) Agregado Graudo

No preparo do concreto utilizamos, igualmente, a pedra britada usada correntemente em São Carlos, resultante da britagem do basalto.

Os resultados dos ensaios granulométricos

figuram nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2

Abertura das peneiras (mm)	Porcentagem retida	Porcentagem retida acumulada
19,0	2	2
9,5	78	80
4,8	20	100

TABELA 3

Abertura das peneiras (mm)	Porcentagem retida	Porcentagem retida acumulada
25,0	4	4
19,0	44	48
9,5	52	100

Estes agregados foram misturados em partes iguais.

O peso específico real do agregado é 2,87 kg/dm³ e o aparente varia de 1,43 a 1,47kg/dm³.

Quanto à forma das partículas o agregado não é satisfatório.

Após 24 horas de imersão a absorção constatada foi de aproximadamente 1%.

Determinamos, também, a variação de absorção após meia hora de imersão e após 2 horas,

e não constatamos praticamente, qualquer aumento.

Esse dado, para o nosso caso é importante, porque a absorção de água pelo agregado, nesse intervalo de tempo, poderia ser responsável pela redução da relação a/c e portanto, pelo aumento da resistência.

IV

TRAÇOS UTILIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS

Para as nossas observações usamos concretos de consistência seca, com abatimento de 2 a 5cm, e concretos de consistência plástica, com abatimento de 5 a 10cm no "slump-test".

a) Concreto de consistência seca

Esses concretos possuem trabalhabilidade satisfatória para um grande tipo de obras, visto que, como já dissemos, apresentam abatimento de 2 a 5cm no "slump-test".

Os traços utilizados, em peso, foram os seguintes:

1	:	3,05	:	3,95	x	≅	0,70
1	:	2,85	:	3,80	x	=	0,67
1	:	2,75	:	3,65	x	=	0,65
1	:	2,60	:	3,50	x	=	0,62
1	:	2,50	:	3,35	x	=	0,60

1 : 2,35 : 3,20	x = 0,57
1 : 2,20 : 3,00	x = 0,54
1 : 2,00 : 2,80	x = 0,50
1 : 1,90 : 2,70	x = 0,48
1 : 1,65 : 2,45	x = 0,44

Para cada traço foram rompidos 12 corpos de prova, sendo 6 com a idade de 7 dias e 6 com 28 dias. Para cada idade, dois corpos de prova foram moldados de acordo com a MB-2; dois foram moldados colocando-se o concreto na forma, logo após o seu preparo, em quatro camadas iguais e vibrando-se cada camada durante 10 segundos aproximadamente; dois foram moldados vibrando-se, como no caso anterior em quatro camadas, após uma espera de duas horas, isto é, o concreto foi preparado e deixado em repouso duas horas antes de ser colocado na forma.

A fim de evitar a evaporação, a massa preparada foi abrigada convenientemente e coberta com pano úmido.

A vibração foi feita com vibrador de imersão, tipo laboratório, com 10.500 r.p.m. cuja agulha media 32cm de comprimento e 3,5cm de diâmetro.

Essa operação não apresenta qualquer dificuldade, devendo-se ressaltar, porém, que, com as relações a/c inferiores a 0,45 algum esfor

ço é necessário para a introdução da agulha.

A remoção do vibrador, igualmente, não a carreta qualquer problema, não deixando orifício na superfície do corpo de prova.

Resultados obtidos

Os resultados obtidos estão representados nos gráficos 1 e 2, sendo o primeiro para concreto seco, com 7 dias de idade e o segundo para 28 dias. O estudo comparativo foi feito entre os corpos de provas de concreto vibrado logo após o seu preparo e os corpos de prova moldados e vibrados após 2 horas do preparo do concreto, isto é, o concreto permaneceu em repouso durante duas horas.

A comparação foi feita entre corpos de prova vibrados para se eliminar a variável relativa ao modo de compactação.

Aliás, os ensaios realizados mostraram que praticamente, não há discrepância entre os resultados obtidos com corpos de provas moldados obedecendo a MB-2 e os vibrados logo após o preparo do concreto.

A cura foi feita de acordo com a MB-3.

Os aumentos médios de resistência, para diferentes valores de x , para as idades de 7 e 28 dias foram os seguintes:

Concreto Seco

x = a/c	Aumento de resistência	
	7 dias	28 dias
0,7	22,6%	17,1%
0,6	16,3%	11,1%
0,5	13,3%	8,1%
0,45	13,8%	7,9%

b) Concreto de consistência plástica

Os concretos ensaiados apresentavam abatimentos variando de 5 a 10cm.

Os traços utilizados, em peso, foram os seguintes:

1 : 2,70 : 3,60	x = 0,70
1 : 2,55 : 3,45	x = 0,67
1 : 2,45 : 3,35	x = 0,65
1 : 2,30 : 3,20	x = 0,62
1 : 2,25 : 3,10	x = 0,60
1 : 2,10 : 2,95	x = 0,57
1 : 2,00 : 2,80	x = 0,54
1 : 1,80 : 2,65	x = 0,50
1 : 1,70 : 2,55	x = 0,48
1 : 1,50 : 2,35	x = 0,44

Os corpos de prova foram moldados do mesmo modo que para o concreto seco e os resultados obtidos estão representados nos gráficos 3 e 4.

Os aumentos médios de resistência para os diferentes valores de x , e para as idades de 7 e 28 dias, foram os seguintes:

Concreto Plástico

$x = a/c$	Aumento de resistência	
	7 dias	28 dias
0,7	15,9%	19,3%
0,6	16,5%	13,3%
0,5	16,3%	10,5%
0,45	11,4%	11,2%

Estamos prossequindo os nossos ensaios diminuindo ou aumentando o tempo de espera, conforme se diminua ou aumenta a relação a/c .

O mesmo está sendo feito com relação à consistência. Esperamos que esse trabalho nos conduza a uma maior uniformidade no ganho percentual de resistência.

Outra variante que nos propomos realizar é o preparo da pasta com antecedência, em lugar do preparo do concreto. Com essa pasta "amadurecida" é que prepararemos o concreto, que deverá ser lançado e vibrado normalmente, sem espera.

CONCLUSÕES

Pelos gráficos 1, 2, 3 e 4 observa-se que a espera de duas horas, para a utilização do concreto, sempre provocou um aumento de resistência.

Esse aumento de resistência variou de 8% até 20%, dependendo da relação a/c e da consistência do concreto.

Quanto maior a relação a/c maior será o aumento, em porcentagem, da resistência.

Para concretos de consistência plástica o ganho de resistência é maior do que para concretos de consistência seca.

O abatimento no slump-test, após a espera de duas horas, mantendo-se o concreto protegido para se evitar a evaporação, diminuiu em torno de 1 a 2cm.

Esses resultados parecem-nos indicar que o tempo de espera mais conveniente deve ser estudado para cada caso, tendo em vista o início de pega.

Para relações a/c pequenas e consistências secas, o início de pega é mais rápido e portanto, o tempo de espera deve ser reduzido para conseguirmos maiores resistências.

Quando aumentamos a/c e trabalhamos com consistências mais plásticas devemos prolongar o período de espera.

Assim, conhecidas as características do cimento e do concreto desejado, pensamos poder fixar, para cada caso, um tempo ótimo de espera que proporcionará o maior aumento de resistência.

Finalmente devemos registrar que, o aumento de resistência do concreto, devido à revibração duas horas após a sua aplicação e vibração, foi praticamente igual ao aumento verificado quando se vibrava o concreto após duas horas de espera para a sua aplicação.

σ_{c7} (kg/cm²)

CONCRETO DE CONSISTÊNCIA SECA

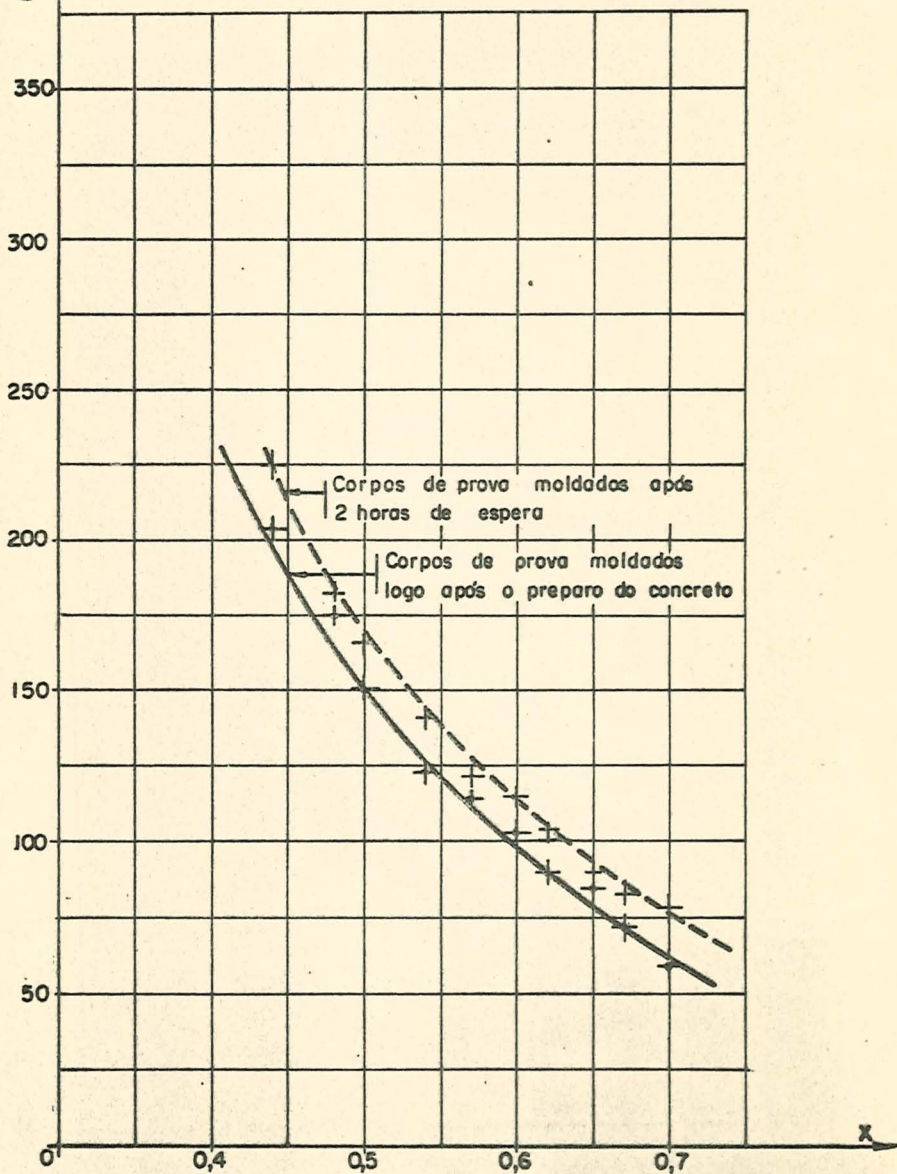


GRÁFICO 1

CONCRETO DE CONSISTÊNCIA SECA

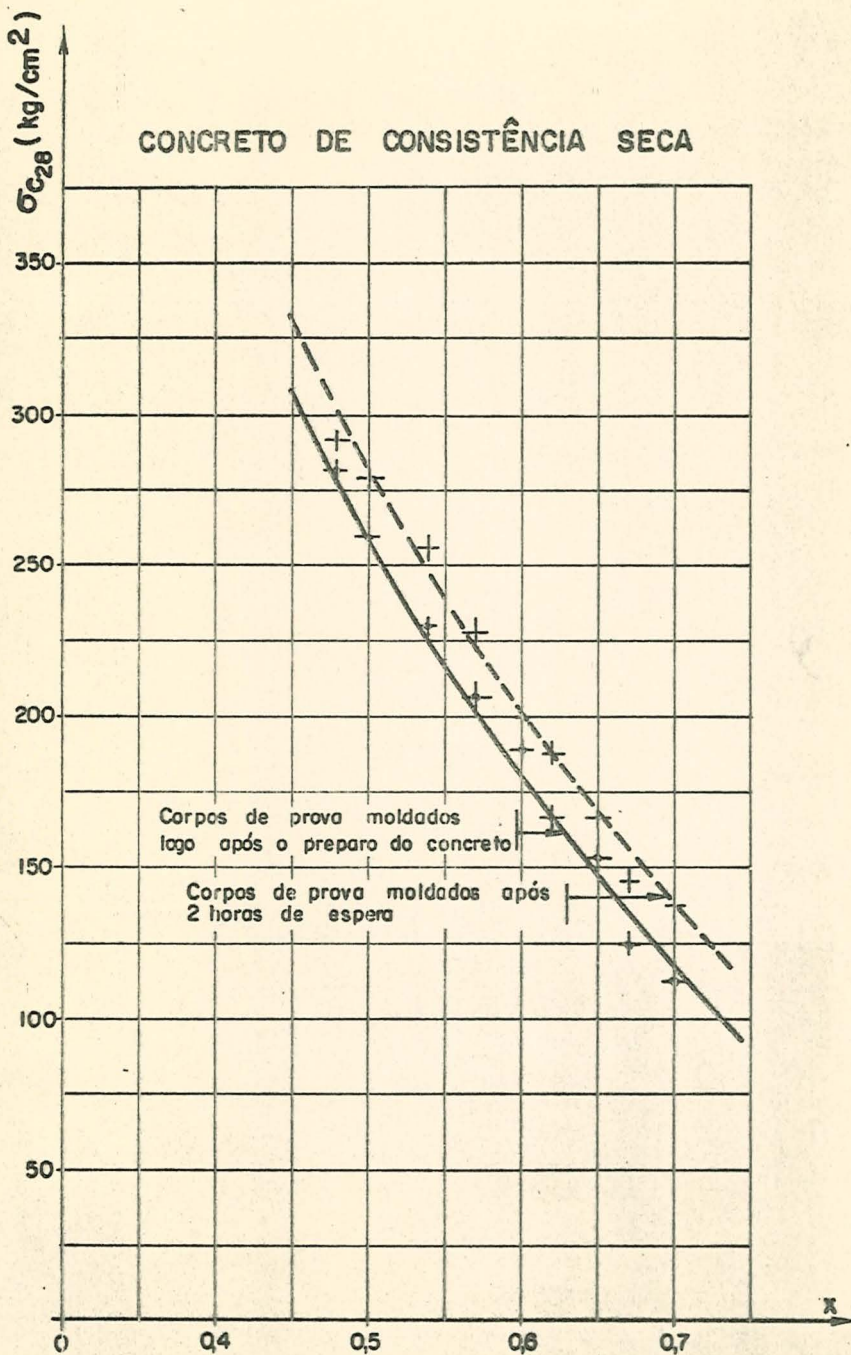


GRÁFICO 2

σ_{c_7} (kg/cm²)

CONCRETO DE CONSISTÊNCIA PLÁSTICA.

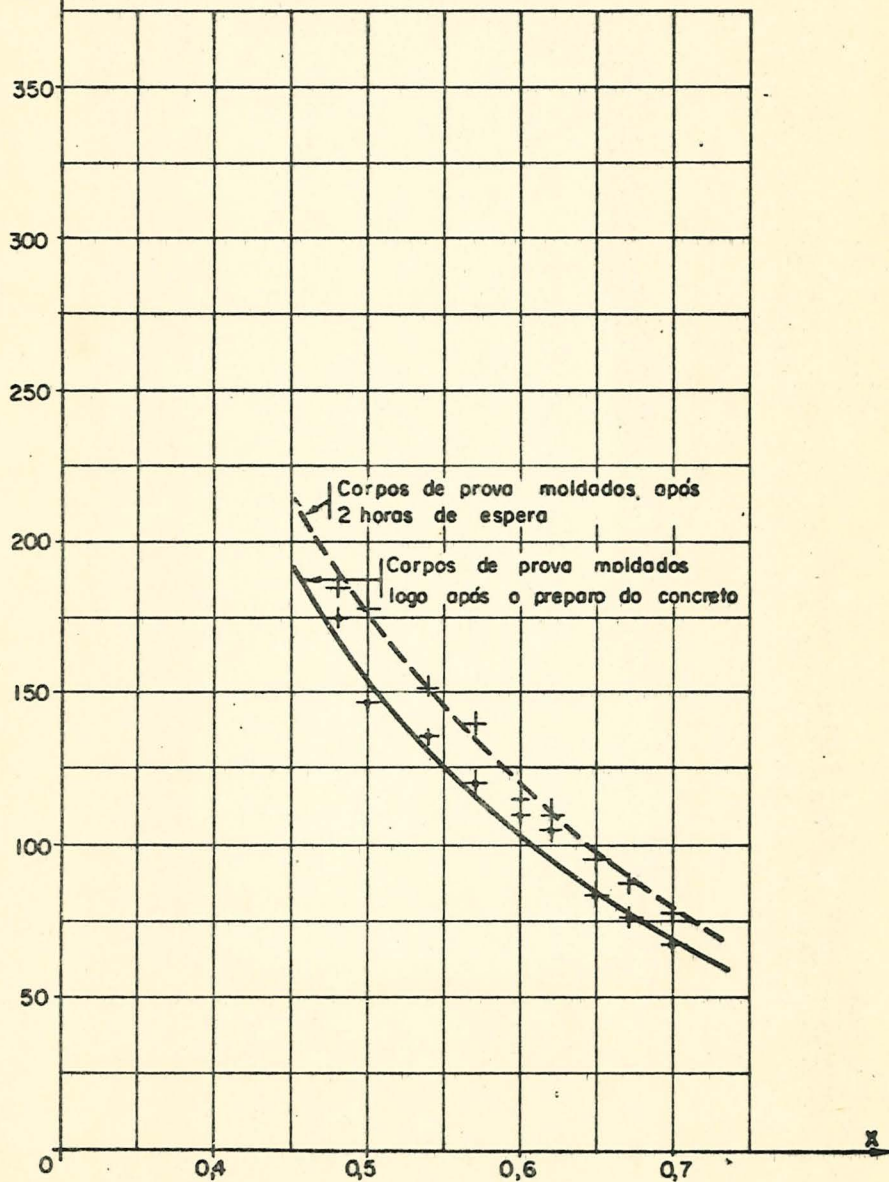


GRÁFICO 3

CONCRETO DE CONSISTÊNCIA PLÁSTICA

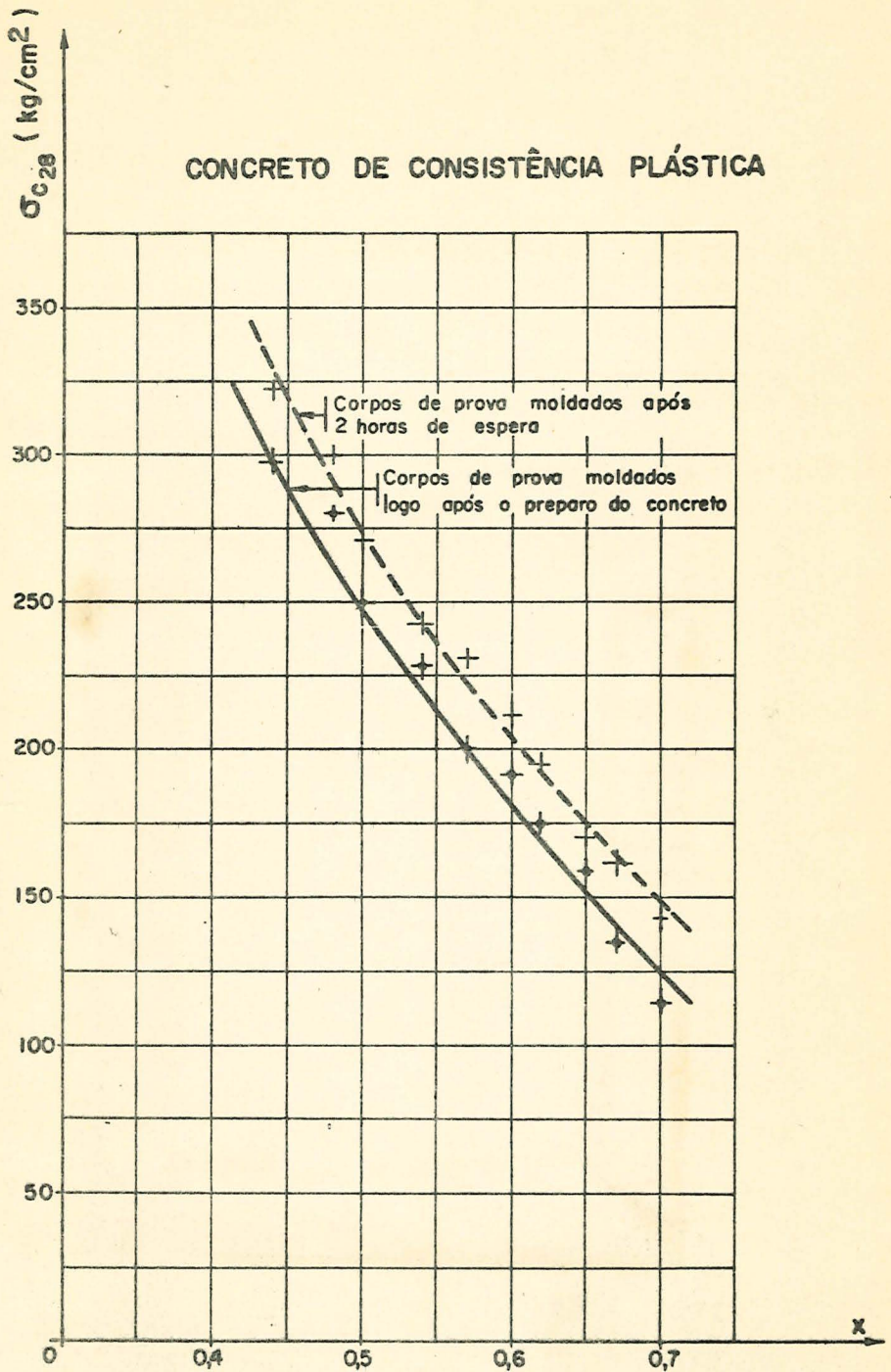


GRÁFICO 4