

# Estimativa do Teor de Cimento Portland Pozolânico em Concreto

André. T. C. Guimarães & Júlio C. P. Oliveira

*Departamento de Materiais e Construção – FURG, Rio Grande, RS – atcg@mikrus.com.br*

**RESUMO:** Este trabalho foi motivado devido à falta na literatura nacional atual de métodos de ensaios que determinem a quantidade de cimento Portland pozolânico existente em uma amostra de concreto. Este tipo de cimento é apropriado para ambientes agressivos como ambiente marítimo e ataque por sulfatos, sendo, portanto, importante se obter ensaios de caracterização de concretos com seu uso. O método de ensaio estima uma faixa entre teores mínimo e máximo de cimento Portland pozolânico em amostra de concreto ou argamassa. O método de ensaio foi utilizado em dois concretos de traços conhecidos. Em ambos os concretos o teor de cimento previamente conhecido se apresentou aproximadamente no centro da faixa de teores mínimos e máximos estimados. Os valores mínimos e máximos apresentaram diferenças em relação ao teor previamente conhecido da ordem de 20% a 25%, valores estes considerados não muito altos se comparados a resultados obtidos por métodos de ensaio utilizados para concretos executados com cimento Portland comum. Estes estudos devem ter continuidade visando melhorar a precisão do método de ensaio.

**PALAVRAS-CHAVE:** teor de cimento, cimento Portland pozolânico, concreto, argamassa.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi motivado devido à falta na literatura nacional atual de métodos de ensaios que determinem a quantidade de cimento Portland pozolânico existente em uma amostra de concreto. Este tipo de cimento é apropriado para ambientes agressivos como ambiente marítimo e ataque por sulfatos, sendo, portanto, importante se obter ensaios de caracterização de concretos com seu uso.

Este ensaio pode ser utilizado para perícias, por exemplo, quando a contratante deseja saber se a contratada cumpriu ou está cumprindo o que foi estipulado no projeto. Pode também ser utilizado em pesquisa ou em investigação patológica, quando deseja-se obter esta informação de um concreto existente.

## 2. MÉTODO UTILIZADO

### 2.1. Amostras

O método utilizado constitui-se em retirar amostras da área onde se pretende ensaiar. Cada amostra é separada em duas sub-amostras, uma para sofrer ataque com solução de ácido clorídrico e outra para ser seca em mufla a 1000 °C.

## 2.2. Procedimentos

Cada amostra é partida formando duas sub-amostras que após são moídas, procurando separar a argamassa do agregado graúdo, evitando formar muitos finos. O motivo de primeiro dividir em duas sub-amostras e depois moer é que para pequenas quantidades fica difícil manter a proporção do traço original em sub-amostras com massa de aproximadamente 100g devido principalmente a presença de agregado graúdo.

O método de ensaio teve como base o método IPT de Reconstituição de Traço de Argamassa [3]

Ambas porções foram secas em forno a  $105 \pm 5$  °C até obter-se massa constante. Após, uma é atacada com uma solução de ácido clorídrico (1 + 2) e a outra colocada em um forno a 1000 °C. Depois do ataque com ácido o material foi filtrado, seco e pesado. A diferença encontrada em relação ao peso inicial representa a quantidade de cimento hidratado que foi dissolvido. Esta quantidade é calculada como a quantidade mínima de cimento pozolânico, visto que parte da pozolana que ainda não reagiu fica misturada ao agregado.

Devido a finura do cimento, o material retido no filtro é passado na peneira #200, sendo que conteúdo passante é formado por uma quantidade de pozolana e uma pequena quantidade de finos dos agregados. O resultado deste peneiramento em percentual em relação a massa total da amostra seca em estufa a  $105 \pm 5$  °C é somado ao percentual dissolvido. Este percentual é considerado o valor máximo de cimento pozolânico, pois apresenta uma porção de agregados finos.

A outra sub-amostra seca em estufa a 1000 °C determina a quantidade de água combinada do cimento. Este percentual de água combinada permite estimar a massa de cimento anidro por metro cúbico quando conhecida a massa específica seca do concreto.

## 3. APLICAÇÃO DO MÉTODO EM AMOSTRAS DE CONCRETOS DE TRAÇOS CONHECIDOS

Para se verificar a precisão do método de ensaio foram utilizadas duas amostra de concreto com traços conhecidos: uma amostra do cais do TECON, com aproximadamente 30 anos de uso [1], denominada PS4 e outra amostra de concreto executado em laboratório, com aproximadamente um ano, denominado Traço 2, amostra esta extraída de um bloco de concreto utilizado em trabalho realizado por Guimarães [2]. Ambas as amostras foram obtidas com extratora com brocas de 100mm de diâmetro e com aproximadamente 40mm de espessura.

Tabela 1 – PS4 – secagem em estufa a  $105 \pm 5$  °C antes do ataque com ácido

ESTUFA A 100 °C	
T (g)	111,57
Ph + T (g)	204,5
Ps + T (g)	200,26
Ps (g)	88,69
Pa (g)	4,24
h %	4,78

Tabela 2 – PS4 – ataque com ácido

ATAQUE C/ ÁCIDO	
Cerâmica + material úmido (g)	219,59
Cerâmica + material seco (g)	182,29
Tara da cerâmica (g)	111,57
Material seco inicial (g)	88,69
Material seco final (g)	70,72
Percentual de cimento dissolvido%	20,26

Tabela 3 - PS4 – peneiramento do material retido no filtro após ataque com ácido

PENEIRAMENTO	
Retido na # 200 (g)	4,2
Passante na # 200 (g)	5,12
corresponde ao material seco inicial (%)	5,77

Tabela 4 – PS4 – secagem em estufa a  $105 \pm 5$  °C antes da queima a 1000°C

ESTUFA A 100 °C	
T (g)	121,43
Ph + T (g)	226,53
Ps + T (g)	223,08
Ps (g)	101,65
Pa (g)	3,45
h %	3,39

Tabela 5 – PS4 – queima a 1000°C

MUFLA A 1000 °C	
T (g)	121,43
P <sub>S0</sub> + T (g)	223,08
P <sub>S0</sub> (g)	101,65
P <sub>Sf</sub> + T (g)	218,42
P <sub>Sf</sub> (g)	96,99
água combinada %	4,58

Tabela 6 - Traço 2 – secagem em estufa a  $105 \pm 5$  °C antes do ataque com ácido

ESTUFA A 100 °C	
T (g)	121,42
Ph + T (g)	235,59
Ps + T (g)	231,01
Ps (g)	109,59
Pa (g)	4,58
h (%)	4,18

Tabela 7 – Traço 2 - ataque com ácido

Cerâmica + material úmido (g)	257,68
Cerâmica + material seco (g)	212,57
Tara da cerâmica (g)	121,42
Material seco inicial (g)	109,59
Material seco final (g)	91,15
Percentual de cimento dissolvido%	16,83

Tabela 8 – Traço 2 - peneiramento do material retido no filtro após ataque com ácido

PENEIRAMENTO	
Retido na # 200 (g)	5,99
Passante na # 200 (g)	9,92
corresponde ao material seco inicial (%)	9,05

Tabela 9 – Traço 2 - secagem em estufa a  $105 \pm 5$  °C antes da queima a 1000°C

ESTUFA A 100 °C	
T (g)	109,73
Ph + T (g)	207,49
Ps + T (g)	203,55
Ps (g)	93,82
Pa (g)	3,94
h (%)	4,20

Tabela 10 Traço 2 - queima a 1000°C

MUFLA A 1000 °C	
T (g)	109,73
P <sub>S0</sub> + T (g)	203,55
P <sub>S0</sub> (g)	93,82
P <sub>Sf</sub> + T (g)	200,27
P <sub>Sf</sub> (g)	90,54
água combinada %	3,50

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para avaliar melhor os resultados é apresentada a Tabela 11.

Tabela 11 – Estimativa dos teores máximos, mínimos de cimento Portland pozolânico das amostras PS4 e Traço 2

PS4	Traço 2
$\delta = 2275 \text{ kg/m}^3$	$\delta = 2335 \text{ kg/m}^3$
$C = 403 \text{ kg/m}^3$	$C = 419 \text{ kg/m}^3$
Ataque com ácido	Ataque com ácido
C min= 20,26 %	C min= 16,83 %
C máx = 20,26 % + 5,77 % = 26,06 %	C máx = 16,83 % + 9,05 % = 25,88 %
Estufa à 1000 °C	Estufa à 1000 °C
Queimou = 4,58 %	Queimou = 3,5 %
Estimativa de cimento	Estimativa de cimento
$C_{\min} = (20,26\% - 4,58\%) \times 2275 \text{ kg/m}^3$	$C_{\min} = (16,83\% - 3,50\%) \times 2335 \text{ kg/m}^3$
$C_{\min} = 356,6 \text{ kg/m}^3$	$C_{\min} = 311,34 \text{ kg/m}^3$
$C_{\max} = (20,26\% + 5,77\% - 4,58\%) \times 2275 \text{ kg/m}^3$	$C_{\max} = (16,83\% + 9,05\% - 3,5\%) \times 2335 \text{ kg/m}^3$
$C_{\max} = 487,9 \text{ kg/m}^3$	$C_{\max} = 522,5 \text{ kg/m}^3$
$356,7 \text{ kg/m}^3 < 403 \text{ kg/m}^3 < 487,9 \text{ kg/m}^3$	$311,34 \text{ kg/m}^3 < 419 \text{ kg/m}^3 < 522,5 \text{ kg/m}^3$

Pode-se observar na tabela 11 que em ambos os concretos o teor de cimento previamente conhecido se apresentou aproximadamente no centro da faixa de teores mínimos e máximos

estimados. Os valores mínimos e máximos apresentaram diferenças em relação ao teor previamente conhecido da ordem de 20% a 25%, valores estes considerados não muito altos se comparados a resultados obtidos por métodos de ensaio utilizados para concretos executados com cimento Portland comum.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento mostram que o método confirma a faixa das quantidades mínimas e máximas de cimento existente na amostra. É necessário que este trabalho tenha uma continuação a fim de se desenvolver método para estabelecer a quantidade de pozolana e finos passante na peneira #200, podendo desta forma estabelecer um teor de cimento pozolânico, ao invés de uma faixa entre um teor máximo e mínimo.

## 6. REFERÊNCIAS

1. GUIMARÃES, A. T. C. *Grau de saturação; sua variação com o tipo de concreto e sua influência na difusão de íons cloreto*. São Paulo, 2001. Monografia(Pós-doutorado), Universidade de São Paulo, Engenharia Civil.
2. GUIMARÃES, A. T. C. *Vida útil de estruturas de concreto armado em ambientes marítimos*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, Engenharia Civil.
3. QUARCIONI, V. A. *Reconstituição de traço de argamassas: atualização do método IPT*. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Engenharia Civil.