

## ANÁLISE ESTATÍSTICA: DOSAGEM DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE CHUMBO

**Willian Gomes Batista<sup>1</sup>, Raidson Macêdo Nascimento<sup>2</sup>, Lauanna Nátany Barros oliveira<sup>3</sup>, Jonas Jardas Di Barcelos<sup>4</sup>, Ester Cardoso Vieira Borges<sup>5</sup>, Marcos Vinicius Cardoso dos Reis Lopes<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do PET-Civil. e-mail: <willian281187@gmail.com>

<sup>2</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do PET-Civil. e-mail: <raidson25@gmail.com>

<sup>3</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. e-mail: <lauannanatanany15@gmail.com>

<sup>4</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. e-mail: <jonas\_jardas@hotmail.com>

<sup>5</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. e-mail: <ester\_bme@hotmail.com>

<sup>6</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. e-mail: <marcos.cardoso.1996@hotmail.com>

**Resumo:** O presente artigo tem o objetivo de verificar as alterações que uma adição de chumbo, em proporções de 1%, 5% e 10% do peso de cimento, pode provocar na resistência à compressão do concreto. A dosagem do traço base foi feita de acordo com o método IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), com esse traço foi adicionado 1%, 5% e 10% do peso de cimento em chumbo. Foram moldados 5 corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 para cada adição. Os materiais para fabricação do concreto foram brita granítica 1, areia média, cimento CP II – F e esferas de chumbo de 5 milímetros de diâmetro. Com uma análise estatística, as porcentagens usadas não apresentaram diferença nem para mais, nem para menos na resistência final à compressão do concreto. Como a resistência média do concreto não foi alterada, o trabalho poderá ser refeito com porcentagens maiores de adição e novamente verificar a resistência à compressão para obtenção de melhores resultados, porém o fator orçamento deverá ser considerado para viabilização do uso do concreto com essa adição. Uma menor ou mais descontínua granulometria da adição do chumbo também deverá ser usada para diminuir a segregação dessa com a pasta.

**Palavras-chave:** chumbo, concreto, estatística, resistência, traço

### 1 INTRODUÇÃO

O setor de Construção Civil, apesar de sua importância dentro da economia no Brasil, sempre esteve muito ligado a questões relacionadas a perdas e desperdícios. Segundo Bourscheid e Souza (2010), a enorme quantidade de entulhos gerados pela construção civil é um problema cada vez maior às cidades, devido à dificuldade da aquisição de áreas para disposição, aos impactos ambientais causados por eles, tanto aos recursos hídricos quanto aos solos, e também à saúde da população.

Para que sejam utilizados na construção civil, os novos materiais devem atender às exigências físicas e mecânicas, de acordo com a normatização como, por exemplo, serem resistentes, duráveis e trabalháveis, entre outras características desejáveis, para que sejam superiores ou similares aos produtos já existentes no mercado (Ghavami & Marinho, 2005; Barboza et al., 2008; Lima & Rossignolo, 2010). Essas exigências são necessárias visto que o setor da construção civil necessita oferecer, ao mercado, materiais que tenham boa qualidade e vida prolongada.

As principais características do concreto como a facilidade de moldagem e sua grande resistência à compressão são excepcionais, tornando-o material de construção mais utilizado no mundo, através da utilização do concreto o ser humano conseguiu mudar seu próprio modo de vida levando a arquitetura e a engenharia a patamares nunca sonhados na antiguidade (CORDEIRO, 2001).

A dosagem de concretos de cimento Portland preconizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT se baseia na determinação de um traço inicial, obtido de informações provenientes de experiências anteriores, a partir do qual se faz um ajuste experimental das propriedades de interesse, em função dos materiais disponíveis para a sua confecção (Helene, 1992).

O chumbo pode ser consumido na forma de metal, puro ou ligado com outros metais, ou com outros compostos químicos, principalmente na forma de óxidos. As seguintes propriedades do chumbo determinam sua importância comercial e ampla aplicação na indústria: excepcional maleabilidade, baixo ponto de fusão, alta resistência à corrosão, alta densidade, alta opacidade ao Raio X e gama, reação eletroquímica com ácido sulfúrico e estabilidade química no ar, solo e água (ATSDR, 1995 e WHO, 1995 apud Paoliello e Chasin, 2001).

O chumbo metálico é usado na forma de lâmina ou tubos, onde flexibilidade e resistência à corrosão são características requeridas em indústrias químicas e da construção. O chumbo é também usado como revestimentos de cabos, como ingrediente de soldas e em material de revestimento na indústria automotiva, sendo ainda um material protetor contra radiações ionizantes. É usado como metalizante para coberturas protetoras, na manufatura de baterias e, como banho de tratamento quente, em revestimento de cabos. O chumbo está presente numa variedade de ligas e seus compostos são preparados e usados em grande escala nas indústrias. Cerca de 40 % do chumbo é usado como metal, 25% em ligas e 35% em compostos químicos (ATSDR, 1995 e PARMEGGIANI, 1983 apud Paoliello e Chasin, 2001).

O efeito do chumbo na hidratação das fases do cimento tem sido amplamente estudado. Segundo o estudo de OLMO et al. (2001) o chumbo retarda o tempo de pega do cimento Portland, devido a formação de alguns componentes os quais revestem as fases do silicato, ele estudou ainda o efeito das adições de chumbo no cimento e encontrou pequenas mudanças na resistência em relação à uma amostra de referência; e é obtido um aumento máximo de 18% para a amostra contendo 5% de chumbo como nitrato.

De acordo com Atzeni (1996) por causa do perigo causado ao meio ambiente, seria muito significativo se a escória de fundição do chumbo pudesse se tornar inerte sendo utilizada na produção de concretos. Por esta razão estuda-se o comportamento dos metais incorporados a pastas de cimento, argamassas e concretos, aos cimentos Portland, tudo com o objetivo de se obter os melhores resultados sem prejudicar as propriedades dos cimentos em questão, e até muitas vezes melhorando-as e fazendo assim a utilização desses resíduos de forma correta. (ARNOLD et al, 2011, p. 3).

O presente estudo propõe avaliar o comportamento mecânico de concreto produzido com esferas de chumbo, adicionadas em proporções de 1%, 5% e 10%, em relação a um concreto dosado de maneira convencional. Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial conforme a NBR 5739/2007 para avaliar a viabilidade mecânica da utilização e a homogeneidade dos resultados em comparação com

o traço base dosado de acordo com o método IPT. As conclusões vieram por meio de uma análise estatística dos dados obtidos, por meio do Teste de ANOVA e o teste para comparar médias de Tukey.

## **2 METODOLOGIA**

O primeiro passo para a confecção do concreto foi a caracterização dos agregados. As características dos agregados (materiais minerais ou industriais utilizados na construção civil), que serão utilizados na fabricação do concreto, são importantíssimas para determinar o uso correto deles. São elas: massa específica do agregado miúdo, massa específica do agregado graúdo, composição granulométrica do agregado miúdo, composição granulométrica do agregado graúdo, determinação do teor de argila em torrões no agregado miúdo, determinação do teor de material pulverulento, massa unitária do agregado miúdo em estado solto e massa unitária do agregado graúdo.

### **2.1 Materiais**

As amostras dos agregados para análise foram coletadas de acordo com a NBR NM 26 e reduzidas de acordo com a NBR NM 27. O ensaio para a determinação da massa específica de uma amostra de agregado miúdo foi realizado de acordo com os procedimentos descritos na NBR NM 52. O ensaio que determina a massa específica de agregados graúdos que serão utilizados no concreto foi feito por meio da NM 53:2009.

O ensaio de granulometria referente à norma NBR NM 248:2003 é de suma importância na fabricação do concreto, tratando de aferir os valores do tamanho da partícula do agregado utilizado, através do peneiramento de uma amostra, traçando a curva granulométrica do agregado. A partir deste ensaio é encontrado o módulo de finura e a dimensão máxima característica da curva granulométrica do agregado.

O ensaio que consiste na determinação do teor de argila e materiais friáveis no agregado miúdo encontra-se na NBR NM 7218:2010. Através deste ensaio podemos determinar a qualidade do agregado, avaliando sua possível contaminação com grãos pouco resistentes que possam prejudicar o desempenho do concreto.

Para determinar o teor de material pulverulento do agregado miúdo que foi utilizado neste trabalho, seguiu-se os procedimentos orientados pela NBR NM 46: 2003. O teor de material pulverulento do agregado miúdo utilizado na dosagem deste concreto está dentro dos limites satisfatórios segundo a NBR 7211:2009. O procedimento para determinar a massa unitária do agregado ocorreu-se através da NBR NM 45:2006. O ensaio com o objetivo de determinar a massa unitária do agregado graúdo em estado solto ocorreu de acordo com a NBR NM 45: 2006.

A umidade superficial do agregado miúdo foi obtida conforme os procedimentos da NBR 9775:1987. Sua determinação pode ser alcançada por vários métodos normatizados, tais como: secagem

por estufa, método do fogareiro e através do frasco de Chapman. A umidade superficial do agregado miúdo foi determinada segundo o método do fogareiro (método não normatizado). Na tabela abaixo estão inseridos os valores de cada ensaio realizado para os agregados.

Tabela 1 – Caracterização física dos agregados.

Ensaio	Unid.	Areia	Brita 1
Massa específica	g/cm <sup>3</sup>	2,631	2,848
Módulo de finura	-	2,64	7,05
Diâmetro máximo	-	4,75	19
Teor de argila em torrões	%	0,7486%	-
Teor de material pulverulento	%	0,87	-
Massa unitária	g/cm <sup>3</sup>	1,73	1,5467
Teor de umidade	%	2*,3,5**	-

\* = Teor de umidade para o traço rico e pobre; \*\* = Teor de umidade para o traço normal.

Fonte: Autores (2019).

O material utilizado para adição no concreto foram esferas de chumbo de 5 milímetros de diâmetro. O chumbo produzido industrialmente não passou por nenhum ensaio ou preparo específico antes de se unir à mistura. A adição das esferas de chumbo ocorreu no momento da execução do concreto junto aos demais componentes, conforme as porcentagens propostas para análise do seu efeito.

## 2.2. Métodos

Seguindo os procedimentos do método denominado EPUSP/IPT, em que parte da resistência característica do concreto aos 28 dias ( $f_{ck}$ ), do diâmetro máximo dos agregados e da consistência do concreto para se obter as proporções de areia e pedra britada para cada unidade de cimento, além da obtenção do fator água/cimento.

São necessários 3 pontos para poder montar o diagrama de dosagem. Para isso será necessário a fixação de um traço inicial 1: 5 (1:m, cimento: agregado seco total, em massa), um mais rico em cimento 1: 3,5 e outro mais pobre 1: 6,5; O traço inicial, 1:5, servirá de partida para obter as informações necessárias (teor de argamassa adequado e demanda de água) para a confecção dos dois traços complementares. Abaixo, a tabela em que encontra-se os dados dos traços bases rico, normal e pobre.

Tabela 2 – Valores para os traços rico, normal e pobre.

Traços	Rico	Normal	Pobre
$\alpha$ (%)	53 + 2%	53 + 2%	53 + 2%
Areia (kg)	11,12	21,22	22
Pedra (kg)	15,19	27,3	23,63

Cimento (kg)	7	7	7
Água (kg)	3,01	3,64	4,83
a (kg/kg)	1,48	2,3	3,13
p (kg/kg)	2,03	2,7	3,38
a/c (kg/kg)	0,43	0,52	0,69
Slump (mm)	70	70	65

Fonte: Autores (2019).

Onde:

- $\alpha$  - teor de argamassa seca;
- a - relação agregado miúdo seco/ cimento em massa;
- p - relação agregados graúdos secos/ cimento em massa;
- a/c = relação água/ cimento em massa, em Kg/Kg;

Os corpos de prova dos traços ricos, normal e pobre foram rompidos aos 7 dias, onde foram obtidas as resistências à compressão:

Tabela 3 – Resultado de resistência à compressão dos corpos de prova aos 7 dias.

Traços	Rico	Normal	Pobre
CP 1	13,55	18,96	25,73
CP 2	14,19	21,91	25,95
CP 3	13,70	19,26	26,42
Média (MPa)	13,81	20,04	26,03
$\sigma$	0,33	1,62	0,35

Fonte: Autores (2019).

A partir das resistências obtidas aos 7 dias, foi feita uma projeção para determinar os valores da resistência aos 28 dias, de acordo com o tópico 12.3.3. da NBR 6118:2004. Logo, para o traço pobre aos 28 dias, o concreto terá resistência a compressão de 17,58 Mpa. Para o traço normal, aos 28 dias, o concreto terá resistência a compressão de 24,98 Mpa. Para o traço rico o concreto terá resistência a compressão de 33,26 Mpa.

Com o diagrama de dosagem pronto, é possível obter uma família de traços. Partindo da resistência de 32 Mpa, encontra-se: a/c = 0,44; m = 3,6; a = 1,53, p = 2,07 e um consumo de cimento por metro cubico = 475 Kg/m<sup>3</sup>. A umidade obtida da areia, para fazer a dosagem definitiva foi de 0,10 %.

Tabela 4 – Traço após a dosagem de concreto.

Traço
-------

Areia (kg)	10,71
Pedra (kg)	14,49
Cimento (kg)	7
Água (L)	3,08

Fonte: Autores (2019).

Com o traço definitivo apresentado na tabela acima, foi obtido o seguinte resultado (comprovado pelo resultado do ensaio em anexo):

Tabela 5 – Resistência à compressão do traço padrão.

Corpo de prova	Resultado
CP 1	22,6
CP 2	28,8
CP 3	26,4
CP 4	23,7
CP 5	28,2
Média	25,94
$\sigma$	2,72

Fonte: Autores (2019).

Logo, aos 7 dias, o concreto tem resistência a compressão de 25,94 Mpa. Aos 28 dias, de acordo com os cálculos de projeção de resistência da NBR 6118, terá resistência de 31,85 Mpa. O mesmo traço base para uma resistência de 32 Mpa aos 28 dias foi mantido, porém adicionamos chumbo nas porcentagens de 1%,5% e 10% do peso de cimento (7kg). Foram moldados 5 corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm para cada porcentagem.

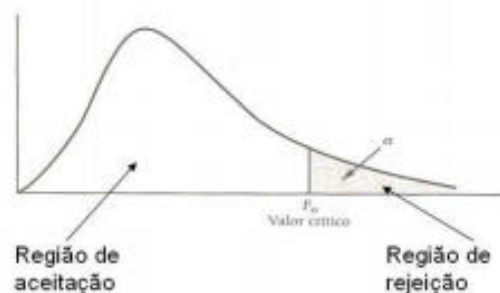
## 2.3. Análise estatística

### 2.3.1 Teste de ANOVA

Um dos objetivos da aplicação da ANOVA é realizar o teste estatístico para verificar se há diferença entre distribuição de uma medida entre três ou mais grupos. Para isso duas hipóteses são possíveis e serão avaliadas por meio de cálculos estatísticos:

- H0: Não existe diferença entre as médias do traço.
- H1: Há pelo menos uma diferença entre as médias.

Figura 1 – Representação das regiões para o teste de ANOVA.



Fonte: <http://www.portalaction.com.br/inferencia/56-teste-para-comparacao-de-duas-variâncias-teste-f>

- Se  $F$  calculado  $>$   $F$  tabelado, rejeitar  $H_0$ . Neste caso dizemos que existem diferenças estatisticamente significativas entre as médias.
- Se  $F$  calculado  $<$   $F$  tabelado, não rejeitar  $H_0$ . Quando isso ocorre, dizemos que não existem evidências estatísticas de que as médias sejam diferentes.

### 2.3.2 Teste de Tukey

Os dados foram submetidos a uma análise com a estatística descritiva (média, medidas de dispersão e fck), e também ao teste de Tukey para comparar as médias. O teste de Tukey é dado pela Equação 1 abaixo:

$$HSD = q_{\alpha; k; gl} \cdot \sqrt{\frac{S_{Dentro}^2}{n}}$$

(Equação 1)

Onde:

- HSD significa Diferença Honestamente Significativa (HSD);
- $q$  é a amplitude studentizada (valor tabelado);
- $\alpha$  é o nível de significância;
- $k$  é a quantidade de tratamentos (traços);
- $n$  são as repetições por traço (corpos-de-provas), sendo o grau de liberdade ( $gl$ ) dado por  $k(n-1)$ ;

Qualquer valor da diferença entre duas médias maior que HSD significa que as médias analisadas são distintas estatisticamente.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processo de moldagem dos corpos-de-prova segundo a NBR-5738/2003, desmoldagem, armazenamento e cura, realizou-se o rompimento dos mesmos para a verificação da resistência à compressão conforme NBR-5739/2007. Todos os traços foram rompidos aos 28 dias de idade. A tabela 6 apresenta os valores médios de resistência à compressão para cada traço.

Tabela 6 – Valores de resistência à compressão (em MPa) e dados estatísticos dos traços.

CP	Padrão	1%	5%	10%
1	22,6	23,4	26,8	24,6
2	28,8	26,4	28,5	24,9
3	26,4	24,3	24,6	26,2
4	23,7	25,6	23,4	27,1
5	28,2	23,9	23,8	24,1
Média	25,94	24,72	25,42	25,38
Variância amostral	7,42	1,547	4,692	1,527
$\sigma$	2,72	1,24	2,17	1,24
Cv	10,50%	5,03%	8,52%	4,87%

$\sigma$  = desvio padrão; Cv = coeficiente de variação.

Fonte: Autores (2019).

Tabela 7 – Dados estatísticos para o Teste de ANOVA.

$s^2$ dentro	3,797 (MPa) <sup>2</sup>
$s^2$ entre	1,25 (MPa) <sup>2</sup>
Fcalculado	0,329
Ftabelado	3,24

Fonte: Autores (2019).

Tabela 8 – Dados estatísticos para o Teste de Tukey.

K	X	Padrão	5%	10%	1%
Padrão(p)	25,94				
5%	25,42	0,52			
10%	25,38	0,56	0,04		
1%	24,72	1,22	0,70	0,66	

K = Tratamento/traço; X = Resistência média do tratamento/traço.

Fonte: Autores (2019).

Tabela 9 – Parâmetro de avaliação do teste de Tukey.

Avaliação
HSD = 3,53

---

Se  $HSD > 3,53$ ; as médias são diferentes.

---

Se  $HSD < 3,53$ ; as médias são iguais.

---

Fonte: Autores (2019).

A partir dos resultados contidos na tabela 6, constata-se que os traços apresentaram grande semelhança quanto aos valores de resistência à compressão. Nos cálculos do Teste de ANOVA, encontrou-se que  $F$  calculado  $<$   $F$  tabelado, portanto, aceita-se  $H_0$ , isso é, todas as médias são iguais, logo, constatou-se que as esferas de chumbo não fizeram diferença na resistência do concreto à compressão. Pelo teste de Tukey pode-se concluir que as médias dos traços com 1%, 5% e 10% de adição de esferas de chumbo são estatisticamente iguais. Em virtude disso, conclui-se que a presença do material, em três porcentagens diferentes, não ocasionou uma melhora significativa na resistência à compressão do concreto.

Concluída a etapa de análise estatística das resistências dos corpos-de-prova, foi realizado um comparativo dos traços quanto à viabilidade econômica através de um orçamento. Na tabela 8 apresenta-se o total gasto para a dosagem dos três traços com a adição do chumbo. A tabela 7 mostra os valores de massa específica utilizados para os cálculos do orçamento.

Tabela 10 – Massa específica dos materiais utilizados na dosagem de concreto.

	Cimento (CPII-Z-32)	Água	Areia	Brita
Massa específica(kg/m <sup>3</sup> )	3150	1000	2631	2848

Fonte: Autores (2019).

Tabela 11 – Orçamento do traço de concreto com 1%,5% e 10% de adição de chumbo.

	Quantidade para 1m <sup>3</sup> do IPT	Valores em m <sup>3</sup> na mistura	Preço do m <sup>3</sup>	Valor(R\$)
Cimento	475 Kg	0,15	R\$ 30,00*	285
Água	209,5 L	0,2095	R\$ 15,50	3,25
Areia	726,75 Kg	0,276	R\$ 70,00	19,32
Brita	983,25 Kg	0,345	R\$ 57,93	20
Chumbo (1%)	4,75 Kg	Adição	R\$ 15,00 (1 Kg)	71,25
Chumbo (5%)	23,75 Kg	Adição	R\$ 15,00 (1 Kg)	356,25
Chumbo (10%)	47,5 Kg	Adição	R\$ 15,00 (1 Kg)	712,25
			Total (1%)	398,82
			Total (5%)	683,82
			Total (10%)	1.039,82

\* R\$ 30,00 por saco (50Kg).

Fonte: Autores (2019).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que o método de dosagem IPT é eficiente, apresentado resultados quase sem desvios do calculado e dosado. É importante destacar também a necessidade de se usar a projeção da resistência, especificada na norma 6118, no trabalho; porque sem ela não haveria a conclusão da eficiência do método.

Como as porcentagens de chumbo escolhidas não fizeram efeito na principal variável escolhida, a resistência, não é viável o uso desse material em concretos para essa finalidade. Porém uma nova pesquisa pode ser feita, aumentando as porcentagens e novamente testando-se a resistência ou outras propriedades específicas, como o peso específico.

Pode-se perceber durante a mistura na betoneira um pouco de segregação das esferas de chumbo do concreto, isso pode ser evitado com o uso do pó de chumbo ou usado em uma granulometria menor e mais descontínua.

Uma questão muito importante na engenharia é o preço unitário dos materiais, como o chumbo elevou muito o preço do metro cúbico do concreto, a adição desse material torna-se quase inviável para um concreto comum. Mas pode ser aplicado em um concreto de finalidade específica, um concreto de alto desempenho.

O estudo contribuiu consideravelmente para os discentes aprimorarem seus conhecimentos, em termos práticos e teóricos sobre a dosagem, produção e adições no concreto. Contudo, o ganho teórico mais relevante obtido com o trabalho foi a fixação da importância da estatística em um trabalho científico e na vida prática de um engenheiro civil e pesquisador, porque sem esse conhecimento os resultados e conclusões presentes neste trabalho não seriam possíveis de serem validadas.

#### REFERÊNCIAS

ARNOLD, M. et al. **Influência do óxido de chumbo no tempo de pega e na resistência mecânica do cimento Portland e cimento Aluminoso**. Vitória, 2011. p.8.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12655: Concreto de cimento Portland-Preparo, controle e recebimento-Procedimento**. Disponível em: <<http://www.construpac.com.br/pdf/NBR12655.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados – Amostragem: NBR NM 26**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da composição granulométrica: NBR NM 248**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto – Especificação: ABNT NBR 2009**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado miúdo - Determinação do teor**

de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio: NBR 9775. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da massa específica Chapman: NBR 9776.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente: NBR NM 52.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água: NBR NM 53.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios: NBR NM 45.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados -Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem: NBR NM 46:2003.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis: NBR NM 7218.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de Laboratório: NBR NM 27.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: NBR 6118.** Rio de Janeiro, 2003.

ATZENI, C.; MASSIDA; SANNA, U. **Use of granulated slag from lead and zinc processing in concrete technology** - Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali, Università di Cagliari, piazza d'Armi, Italy, 1996.

BOURSCHEID, J. A.; Souza, R. L. **Resíduos de Construção e Demolição como material alternativo.** 1 ed. Florianópolis: Publicações do IFSC, 2010.

CORDEIRO, G.C. **Concreto de alto desempenho com metacaulinita.** Campos dos Goytacazes, RJ, 2001. Dissertação (mestrado) M. Sc. em Ciências de Engenharia. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil, 2001. Disponível em: [http://uenf.br/Uenf/Downloads/LE CIV\\_1693\\_1122570637.pdf](http://uenf.br/Uenf/Downloads/LE CIV_1693_1122570637.pdf). Acesso em 10 de setembro de 2019.

CURTI, R. **Propriedades e dosagem do concreto.** Disponível em: <[http://transportes.ime.eb.br/~moniz/matconst2/dosagem\\_abcp.pdf](http://transportes.ime.eb.br/~moniz/matconst2/dosagem_abcp.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2017.

Dr. NETO, M.C. **Tecnologia do concreto e argamassas: Dosagem do concreto “seven steps method” (ACI 211.1-91),** Palmas, 2017.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.107-114, 2005.

Helene, P.R.L.; Terzian, P. **Manual de dosagem do concreto.** PINI: São Paulo (1992).

JR VALIN, M. **NBR NM 248: 2003 agregados: determinação da composição granulométrica.** Disponível em: < <http://www.mvalin.com.br/news/nbr-nm-248-2003-agregados-determinacao-da-composicao-granulometrica/>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

OLMO, F.; CHACON, E.; IRABIEN, A. **Influence of lead, zinc, iron (III) and chromium (III) oxides on the setting time and strength development of Portland cement.** Cement and Concrete Research, Vol. 31, 2001, p. 1213–1219.

PAOLIELLO, M.M.B.; CHASIN, A.A.M.; (2001) – **Ecotoxicologia do Chumbo e seus Compostos**. Série Cadernos de Referência Ambiental, Vol.3.

Prof. VANDERLEI, Romel Dias. **MÉTODO DE DOSAGEM EPUSP/IPT**. Maringá: UEM/ Centro de Tecnologia. Disponível em:  
<<http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/ConcretosEspeciais/PEU4025-Aula09-Metodo%20de%20Dosagem.pdf>>. Acesso 18 de julho de 2017.

SANTANA, M. **Estudo da inserção de materiais tóxicos em concretos e argamassas**. Ilha Solteira, 2017. p.94.

TARGET. **NBR 7216: amostragem de agregados**. Disponível em: <  
<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/36307/nbr7216-amostragem-de-agregados>>.  
Acesso em: 08 ago. 2017.