



## ESTUDO DO USO DO LODO DE INDÚSTRIA TÊXTIL COMO AGREGADO AO CONCRETO PARA ANÁLISE DE RESISTÊNCIA

*Giovanna Carolina de Souza Pessoa; Suellen Suemy Hokazono*

**RESUMO** Pretende-se utilizar como agregado o lodo seco de uma estação de tratamento de efluentes industriais, onde será realizada a caracterização dos agregados minerais (brita zero e areia) e do agregado proposto. Para a confecção dos corpos de prova utilizou-se cimento CII e a determinação do traço se dará a partir de um traço padrão de 1: 2 : 3, contendo a relação de água e cimento (A/C) de 0,5, atingindo uma resistência à compressão de 15 MPa; a partir do traço inicial será substituído parte do agregado por lodo seco nas proporções de 15% em relação à massa de areia média, resultando em 3 padrões diferentes de composições que serão ensaiados devido à resistência à compressão aos 3, 7 e 21 dias. Depois de analisados os resultados das combinações propostas pode-se compor gráficos de tendência correlacionando a resistência à compressão das diferentes combinações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Artefato de concreto, lodo industrial, resistência à compressão.

**ABSTRACT** Intend to use as aggregate the dried sludge of a wastewater treatment of industrial effluents, which will be performed to characterize the mineral aggregates (gravel and sand zero) and the aggregate proposed. To prepare the samples was used CII and determination of trace will be from a trace pattern of 1: 2: 3, containing water and cement ratio (W / C) of 0.5, achieving a compressive strength of 15 MPa; from the initial trace is replaced by the aggregate dry sludge in the proportions of 15% relative to the weight of medium sand, resulting in three different patterns of compositions to be tested due to the compressive strength at 3 , 7 and 21 days. After analyzing the results of the proposed combinations can be composed trend graphs correlating the compressive strength of the different combinations.

**KEYWORDS:** Artifact concrete, industrial sludge, compressive strength.

### 1. INTRODUÇÃO

Um estudo realizado pelo Senado dos Estados Unidos tratou as cidades como um sistema ecológico e, segundo a teoria da complexidade, à medida que aumenta o tamanho e a complexidade do sistema, o custo energético para a manutenção do mesmo tende a aumentar, sendo assim, a cidade ao dobrar de tamanho necessitaria mais do que o dobro de energia para manter a complexidade estrutural e funcional do sistema. Este estudo concluiu que o habitat urbano maximiza as funções econômicas, mas que as funções sociais e ambientais não estão sendo maximizadas simultaneamente (STANFORD RESEARCH INSTITUTE, 1975).

Giovanna Carolina de Souza Pessoa - Engenharia Civil / Departamento de Ciências Exatas / Unicesumar - PROBIC - giovanna.spessoa@gmail.com

Suellen Suemy Hokazono - Engenharia Civil / Departamento de Ciências Exatas / Unicesumar - PROBIC - su.hokazono@gmail.com

Um problema que está relacionado ao crescimento das cidades é o aumento na geração de resíduos, resíduos estes provenientes de processos industriais, como os lodos. Uma menor geração de resíduos e uma destinação adequada aos resíduos gerados é um grande desafio para as indústrias e cidades. Neste contexto diversas pesquisas tem se destacado ao transformar subprodutos e materiais pós-consumo em novos produtos, aumentando a vida útil dos materiais e reduzindo os volumes a serem destinados a aterros sanitários e aterros industriais.

Visando um desenvolvimento sustentável, o presente trabalho estuda lodos industriais que possam ser utilizados na confecção de concreto não estrutural. Esta aplicação tem como objetivo propor um novo produto que apresente menores custos de produção e valor ambiental. Outra vantagem deste estudo é a destinação correta do lodo proveniente de lavanderia, transformando o próprio lodo em um subproduto para as lavanderias, que hoje os têm como despesa.

Na prática, a escolha deste lodo levou em consideração a presença de metais pesados que, segundo trabalhos pesquisados, são inertizados quando adicionados ao concreto. O lodo seco utilizado nesta pesquisa é proveniente do sistema de tratamento de efluente da lavanderia. O efluente após passar por tratamento biológico gera um lodo que é depositado em um leito de secagem gerando assim o lodo seco que será utilizado nesta pesquisa.

O problema de pesquisa, portanto, é a ausência de um produto correto, ou seja, que se utilize do lodo seco, transformando o mesmo em um subproduto para as lavanderias e deixando de ser um problema ambiental em decorrência da sua destinação. Desta forma a pergunta de pesquisa é: Qual a viabilidade ambiental e econômica de se utilizar lodo seco proveniente de lavanderia na confecção de concreto não estrutural?

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade do uso de lodo seco proveniente de lavanderia têxtil como agregado do concreto para fins não estruturais. E tem-se para fins específicos, estudar a composição de concreto com lodo têxtil em substituição aos agregados, verificar a resistência à compressão do concreto convencional e do concreto confeccionado com lodo e analisar o custo benefício dos concretos propostos.

Devido a falta de uma destinação correta para o lodo ou o alto custo da mesma, exige-se um estudo adequado para que o resíduo adquira uma funcionalidade e não seja apenas descartado no meio ambiente.

A pesquisa se justifica pela importância ambiental e econômica, ao dar essa destinação correta ao lodo seco de lavanderia e ainda gerar um novo produto com menores custos de produção quando comparados ao concreto feito de forma convencional. É uma pesquisa para analisar o comportamento e a resistência do concreto, tendo o lodo como agregado, delimita-se como uma pesquisa experimental, pois serão realizados experimentos para analisar a resistência do concreto após acrescentar o lodo como agregado, além de analisar o comportamento do concreto padrão. Essa pesquisa foi desenvolvida para analisar a resistência do concreto tendo o lodo como agregado substituindo a areia.

## **2. PROCEDIMENTOS**

### **2.1 DEFINIÇÃO DO TRAÇO**

Para a confecção dos corpos de prova será utilizado cimento CII-Z32, areia, brita, lodo de indústria têxtil e água. Serão confeccionados nove corpos de prova para o traço

padrão e nove para o traço com adição do lodo. No projeto proposto serão feitos dois traços:

- Traço 1 – 1:2:3 - A/C = 0,50
- Traço 2 – 1:1,50:3:0,50 - A/C = 0,5

## 2.2 SLUMPTTEST

Segundo a ABESC (Associação Brasileira das Empresas de serviços de Concretagem), o Slumptest é realizado para verificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado plástico. Para que o resultado seja o mais correto possível é necessário executá-lo corretamente:

- Homogeneíze o concreto na betoneira;
- Coloque o cone sobre a placa metálica nivelada e apoie seus pés sobre as abas inferiores do cone;
- Preencha o cone em 3 camadas iguais e aplique 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada;
- Adense a camada junto à base, de forma que a haste de socamento penetre em toda a espessura. No adensamento das camadas restantes, a haste deve penetrar até ser atingida a camada inferior adjacente;
- Após a compactação da última camada, retire o excesso de concreto e alise a superfície com uma régua metálica;
- Retire o cone içando-o com cuidado na direção vertical contando até 10 segundos;
- Coloque a haste sobre o cone invertido e meça a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros.

## 2.3 CURA DOS CORPOS DE PROVA

O concreto deverá ser colocado nos corpos de prova e deixado em repouso. Os mesmos devem ser desenformados e deixados em um tanque com água cobrindo-os após dois dias. Depois de três dias será necessário fazer o capeamento dos corpos de prova com argamassa e colocados novamente no tanque com água para realização dos ensaios de resistência a compressão.

## 2.4 TESTE DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

A NBR 07215-1996 determina que as resistências mais usadas são 15MPa, 20MPa e 25Mpa. Os testes de resistência serão realizados no laboratório de materiais da construção civil, localizado no Centro Universitário de Maringá, utilizando a prensa hidráulica para ensaio, modelo EMIC PC150C. Os testes serão feitos aos 3, 7 e 21 dias, rompendo dois corpos de prova para cada traço.

## 3. RESULTADOS

Através dos ensaios granulométricos dos materiais: areia, brita e lodo de lavanderia, constatou-se uma granulometria fina, para a areia e para o lodo, diferente da brita, que obteve-se uma granulometria mais grossa. Através dos resultados dos ensaios granulométricos expressos a seguir no gráfico 1, gráfico 2 e gráfico 3, verificou-se a melhor substituição, sendo esta referente à areia pelo lodo de lavanderia, já que o diâmetro das partículas do lodo se aproxima mais do diâmetro da areia.

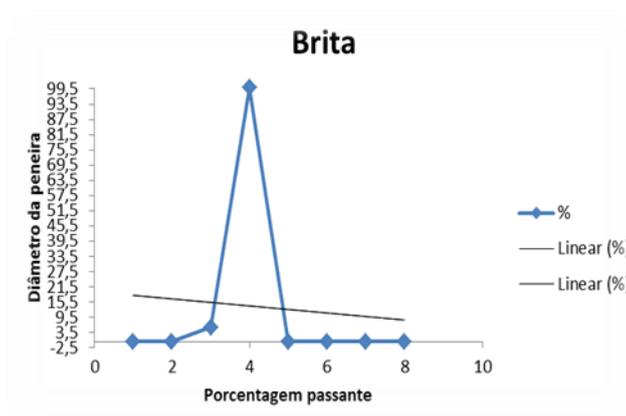


Gráfico 1: granulometria da brita

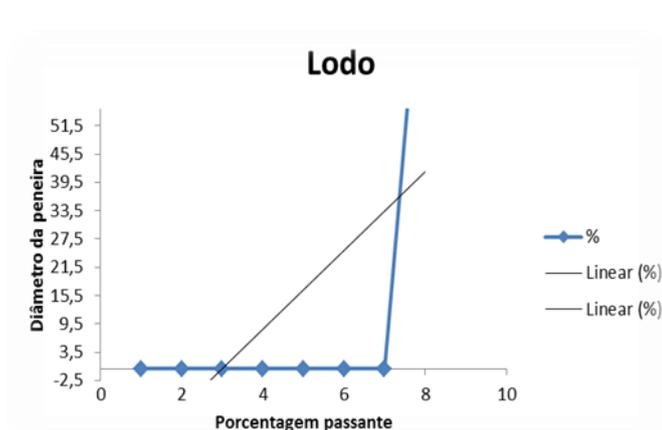


Gráfico 2: granulometria da lodo

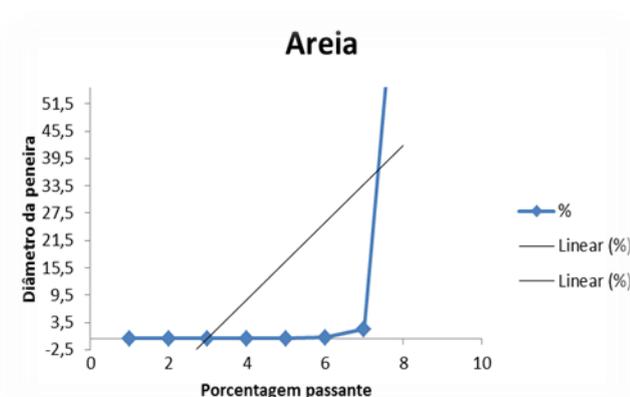


Gráfico 3: granulometria da areia

Para a confecção dos corpos de prova foi utilizado cano de pvc de 2m, do qual seria necessário 1,80m. Além do cano de pvc, também foi utilizado 09 caps para a base dos mesmos.

Os corpos de prova foram confeccionados com altura de 20cm e diâmetro de 10cm.

O traço utilizado foi baseado no traço padrão de concreto, substituindo apenas 15% da areia pelo agregado (lodo de lavanderia). Com base nas dimensões de um balde comum, obtemos o volume relacionado à cada material, e conseqüentemente obtivemos também a altura que os mesmos ocupam dentro do balde.

- Cimento: 5600 cm<sup>3</sup> - h: 14,73cm;
- Areia: 8134 cm<sup>3</sup> - h: 21,40cm – substituindo 15% desta porção.
- Brita: 15000 cm<sup>3</sup> - h: 31,57cm;

Após a confecção do concreto, constatamos sua plasticidade por meio do slump test. Para obter sua resistência, o concreto foi transferido aos moldes de corpos de prova dos quais levaram 24 horas para sua desforma. Logo após 24 horas os corpos de prova já hidratados são colocados em tanques com água, dos quais serão conferidos suas resistências aos 7, 14 e 28 dias. Os corpos prontos são apresentados na figura 2.



Figura 1: Slump Test



Figura 2: Corpos de prova

A figura 1 registrou o ensaio do abatimento do concreto, também conhecido como Slump Test, foi realizado com o concreto padrão e com o concreto com a substituição do agregado. O resultado é especificado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 01 – Abatimento do Concreto Padrão e do Concreto com substituição do agregado

Concreto Padrão	Concreto com substituição de agregado
5,0 cm	4,5 cm

Segundo a NBR 6118, a consistência do concreto deve estar de acordo com as dimensões da peça a ser concretada, com a distribuição da armadura no seu interior e com os processos de lançamento e adensamento utilizados. As Tabelas 02 e 03 fornecem indicações úteis sobre os resultados do Slump Test.

Tabela 02 – Abatimento recomendado para diversos tipos de obras.

Tipo de obra	Abatimento em cm	
	Máximo	Mínimo
Bloco sobre estaca e sapata	8	2
Viga e parede armada	10	2
Pilar de edifício	10	2
Laje maciça e nervurada	8	2

Fonte: Materiais de Construção – Araújo, Rodrigues & Freitas

Tabela 03 – Índices de consistência do concreto em função de diferentes tipos de obras e condições de adensamento.

Consistência	Abatimento (cm)	Tipo de obra	Tipo de adensamento
Extremamente seca (terra úmida)	0	Pré-fabricação	Condições especiais de adensamento
Muito seca	0	Grandes massas; pavimentação	Vibração muito enérgica
Seca	0 a 2	Estruturas de concreto armado ou protendido	Vibração enérgica
Rija	2 a 5	Estruturas correntes	Vibração normal
Plástica (média)	5 a 12	Estruturas correntes	Adensamento manual
Úmida	12 a 20	Estruturas correntes sem grandes responsabilidades	Adensamento manual
Fluida	20 a 25	Concreto inadequado para qualquer uso	-

Fonte: Materiais de Construção – Araújo, Rodrigues & Freitas

Anais Eletrônico

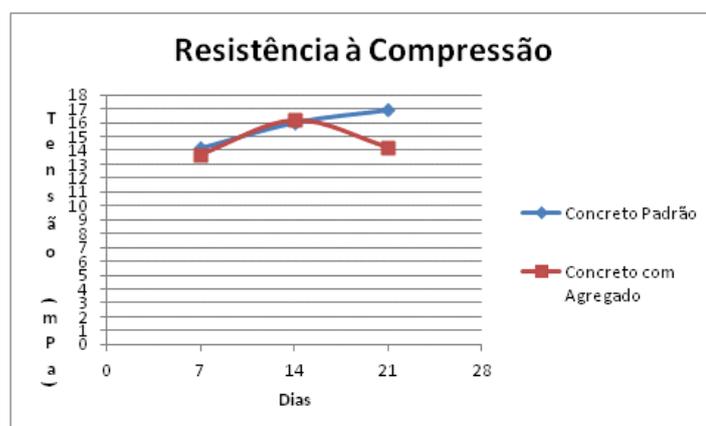
VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar

UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar

Editora CESUMAR

Maringá – Paraná – Brasil

Os corpos de prova padrão e os corpos de prova com a substituição do agregado pelo lodo de lavanderia foram rompidos aos 7,14 e 28 dias. Tais resultados foram expressos no Gráfico 4, e por meio das tabelas 04 e 05 comparando os dois diferentes traços:



**Gráfico 4:** Resistência a compressão

Verificamos que o concreto com a substituição do agregado atinge uma resistência significativa aos 14 dias, mas começa a perder resistência com o passar do tempo, com isso aos 28 dias, o concreto se encontra com uma resistência bem menor que quando rompido aos 14 dias, diferente do concreto padrão, que aumenta sua resistência com o passar dos dias.

#### 4. CONCLUSÃO

De acordo com a tabela 04 de Teste de resistência à compressão, substituindo 15% da areia pelo lodo de lavanderia, constatamos que a resistência dos corpos de provas rompidos em 07, 14 e 21 dias é de respectivamente 13.71 mPa, 16.21 mPa e 15.98 mPa. Conclui-se que o concreto em estudo não poderia ser utilizado em peças estruturais na construção civil, pois o mesmo não atinge a resistência mínima exigida por norma de  $f_{ck}=20$  mPa. Assim esse concreto poderia ser utilizado em peças não estruturais como: contra-piso, base para regularização de solos, envelopamento de tubulações, acabamento de peças em concreto entre outros fins. Uma diferença de 4.02 mPa aos 21 dias de cura entre a resistência mínima exigida pela norma. O concreto sem substituição atingiu um  $f_{ck}= 16.95$  mPa mostrado na tabela 05 Teste de resistência à compressão do concreto padrão, já o concreto com substituição um  $f_{ck}=15.98$  mPa. Também de acordo com a Tabela 03, o concreto com agregado possui uma consistência rija e é utilizado em estruturas correntes.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Ed. Pini; Brasília, DF: SENAI, 2001.

INSTITUTO PROTUGUÊS DA QUALIDADE **Agregados para argamassas**. . NP EN 13139 Portugal, 2003.

\_\_\_\_\_ **Ensaio das propriedades geométricas dos agregados.** NP EN 933 Portugal, 2000.

\_\_\_\_\_ **Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 6: Detrminação da massa volúmica e da absorção de água.** NP EN1097-6 Portugal, 2006.

\_\_\_\_\_ **Ensaio de betão endurecido Parte 2: Execução e cura de provetes para ensaios de resistência mecânica.** NP EN 12390-2 Portugal, 2009.

MEHTA, K., MONTEIRO, P. J. M., **Concreto, Estrutura, Propriedades e Materiais.** Pini. 1a Ed., 1994, 616 páginas.

MILLER JR., G. T. **Living in the environment: an introduction to environmental science.** Belmont: Wadsworth, 1990.

PINHEIRO, L.M, MUZARDO, C.D, SANTOS, S.P. **Estrutuas de concreto – Capítulo 2.** Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade de São Paulo-EESC/USP, São Carlos, 2004.

VANDERLEI, R. D. **Método de dosagem EPUSP/IPT** Maringá, notas de aula da disciplina de Concretos Especiais Aplicados em Obras Urbanas, Mestrado em Engenharia Urbana – UEM, 2009.