

## I-329 - APLICABILIDADE DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL

**Cristina Alfama Costa<sup>(1)</sup>**

Químico Industrial pelo Instituto de Química (IQ/UFRGS), Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia (PPG3M/EE/UFRGS), Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (SUTEGO/CORSAN).

**Eduardo Magalhães Ballvé**

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia (FENG/PUCRS), Superintendência de Tecnologia e Gestão Operacional (DTEC/CORSAN), e-mail: [eduardo.ballve@corsan.com.br](mailto:eduardo.ballve@corsan.com.br).

**Josué Argenta Chies**

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. e-mail: [josuchies@hotmail.com](mailto:josuchies@hotmail.com).

**Luciane Fonseca Caetano**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestre em estruturas pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFRGS. Doutoranda em construção no PPGE3M / UFRGS.

e-mail: [lucianefc@gmail.com](mailto:lucianefc@gmail.com).

**Rejane Maria Candiota Tubino**

Engenheira Civil pela PUCRS, Mestre em Construção pelo CPGEC/UFRGS e Doutora em Engenharia pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE3M/UFRGS). Professora do PPGE3M/UFRGS. e-mail: [rejane.tubino@ufrgs.br](mailto:rejane.tubino@ufrgs.br).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sete de Setembro, 627, 5º andar – Centro – Porto Alegre - RS - CEP: 90010-190 - Brasil - Tel: +55 (51) 3215-5460 - Fax: +55 (51) 3215-5843 - e-mail: [cristina.costa@corsan.com.br](mailto:cristina.costa@corsan.com.br).

### RESUMO

Nas últimas décadas a destinação adequada dos lodos gerados no tratamento de água potável tem sido uma preocupação constante das empresas de saneamento. A aprovação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos em 2011 definiu os conceitos, delimitou as responsabilidades e tratou do poder público no âmbito da responsabilidade compartilhada, das cooperativas, de modo a regulamentar esta prática. A dimensão da responsabilidade pode ser medida a partir do volume de resíduos sólidos gerados. Na CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento do Estado do Rio Grande do Sul) o volume de água bruta tratada é da ordem de 20.000L/s gerando volumes entre 59.800 a 89.700m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup> de lodo. O lodo desidratado a 70-80% de umidade pode ser destinado adequadamente para uso em terraplanagem, aterro e recuperação de valas, fornos clínquer, na fabricação de blocos de vedação, recuperação de alumínio ou uso como matéria-prima na produção de alumínio. A consolidação das práticas é imprescindível para a gestão dos processos e a sua aplicação ocorre responsavelmente a partir de estudos detalhados, comprovados e verificados no dia a dia com os parceiros envolvidos gerador, receptor, universidade e órgão fiscalizador. Os estudos foram desenvolvidos em uma Olaria parceira, onde os blocos de vedação foram produzidos utilizando o lodo de uma estação de tratamento de água de Gravataí/RS na proporção de 5:95 p/p de lodo em relação ao material cerâmico. Os resultados demonstraram que as características do bloco de vedação produzido com o lodo (LETA) não modificaram significativamente em relação ao bloco de vedação produzido sem o lodo. A eficiência do processo foi medida em comparação com os resultados obtidos para os blocos de vedação produzidos e no atendimento às normas regulamentadoras específicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, tratamento de água, bloco de vedação, destinação.

### INTRODUÇÃO

Os processos de tratamento de água para fins potáveis utilizam em seus processos sulfato de alumínio para clarificação gerando um volume de lodo de 0,1 a 0,5% v/v em relação ao volume de água tratada. Estes lodos estão presentes nos decantadores, flotas e na água de lavagem dos filtros, e possuem em sua composição o hidróxido de alumínio, argilas, siltes, areia fina, material húmico, microrganismos, resíduos de cal e impureza insolúvel do processo de extinção da cal virgem (carbonato e hidróxido de cálcio). Considerando as

características mineralógicas semelhantes a da argila, o lodo pode ser considerado matéria-prima da indústria cerâmica e não resíduo.

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004) o lodo gerado em estações de tratamento de água (ETA) é classificado como Classe IIA- não inerte e precisa ser destinado adequadamente. A Lei 9.605/1998 de Crimes Ambientais define crime o lançamento de resíduos em desacordo com as exigências estabelecidas em leis e regulamentos.

Atualmente as modalidades de destinação do lodo de ETA utilizadas, mas nem sempre adequadas são: o lançamento em cursos d'água, disposição em aterro sanitário ou industrial, aplicação no solo e a valorização do lodo. A aplicabilidade dos lodos depende, em grande parte das suas características, as quais podem variar dependendo da qualidade da água bruta e dos produtos químicos utilizados. No geral, o lodo de ETA's apresenta potencial de reciclagem em aplicações como tijolos refratários, na pavimentação de estradas, como agente plastificador da argila empregada na fabricação de cerâmica e como matéria-prima para a fabricação de cimento. Tais possibilidades são igualmente condicionadas por fatores logísticos.

No Brasil, o setor cerâmico tem condições de absorver o lodo gerado nas ETA's, pois consome 7.800.000t argila/mês para blocos e tijolos e 2.500.000t argila/mês para telhas, segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Considerando esta possibilidade para a destinação adequada do lodo e os encaminhamentos necessários para a implementação desta prática, tornou-se necessário o investimento em pesquisa e desenvolvimento aliado às necessidades do processo produtivo juntamente com a universidade LEAMet/LEME/EE/UFRGS e a Olaria SOSTER localizada em Gravataí-RS e parceira neste projeto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade de lodos gerados em estações de tratamento de água (ETA), na fabricação de materiais cerâmicos, de modo a consolidar a sua aplicação no mercado e prover a destinação adequada do lodo, visando prevenir e/ou reduzir o impacto ambiental quando da destinação inadequada.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O lodo proveniente da lagoa de lodo da ETA foi amostrado e analisado em relação as suas propriedades químicas e a sua classificação segundo à serie de normas NBR 10.004 (ABNT, 2004), em comparação com o material argiloso utilizado na confecção dos blocos de vedação. O lodo apresentava 75-80% de umidade e foram produzidos em lote com 1.000m<sup>3</sup> de argila no processo. Os blocos cerâmicos de seis furos foram confeccionados pela Olaria SOSTER parceira neste projeto, com a adições de 5% e 10% de lodo, nas dimensões nominais de 90 x 180 x 140mm (L x C x H), da mesma forma que são produzidos os blocos diariamente.

As matérias-primas, tanto a argila quanto o lodo, foram misturadas sem a necessidade de adição de água, considerando que o lodo foi utilizado na forma úmida. Os blocos foram obtidos por extrusão e queimados a uma temperatura média de 800°C. As propriedades geométricas, físicas e mecânicas dos elementos cerâmicos, produzidos sem e com a incorporação do lodo, foram avaliadas de acordo com as normas NBR 15270 (ABNT, 2005) partes 1 e 3, pelo Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais (LEME/UFRGS). As características avaliadas foram:

- 1) físicas e mecânicas – absorção de água, resistência à compressão mínima;
- 2) geométricas – desvio em relação ao esquadro, planeza das faces e espessura das paredes externas;
- 3) dimensão nominal – largura, altura e comprimento.

## **RESULTADOS**

Na caracterização química e ambiental do lodo da ETA e do material argiloso, ambos os materiais apresentaram características similares sendo classificados, segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) como Classe IIA, não inerte. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados dos parâmetros de lixiviação e de solubilização, analisados para o material argiloso e o lodo da ETA, utilizados nos estudos de acordo com as normas NBR 10.005 e 10.006 (ABNT, 2005)

**Tabela 1 Parâmetros de Lixiviação do Resíduo – NBR 10.005 (ABNT, 2004).**

Parâmetros	NBR 10.005:2004	Material Argiloso	Lodo de ETA
	Limite Máximo [mg.L <sup>-1</sup> ]	Concentração [mg.L <sup>-1</sup> ]	Concentração [mg.L <sup>-1</sup> ]
Arsênio	<b>1,00</b>	ND	ND
Bário	<b>70,00</b>	<b>0,139</b>	ND
Cádmio	<b>0,500</b>	ND	ND
Chumbo	<b>1,00</b>	ND	ND
Cromo	<b>5,00</b>	ND	ND
Fluoreto	<b>150</b>	ND	ND
Mercúrio	<b>0,100</b>	ND	ND
Prata	<b>5,00</b>	ND	ND
Selênio	<b>1,00</b>	ND	ND

**Tabela 2 Parâmetros de Solubilização do Resíduo – NBR 10.006 (ABNT, 2004).**

Parâmetros	NBR 10.006:2004	Material Argiloso	Lodo de ETA
	Limite Máximo [mg.L <sup>-1</sup> ]	Concentração [mg.L <sup>-1</sup> ]	Concentração [mg.L <sup>-1</sup> ]
Fenóis Totais	<b>0,001</b>	ND	ND
Mercúrio	<b>0,001</b>	ND	ND
Arsênio	<b>0,01</b>	ND	ND
Bário	<b>0,70</b>	<b>0,008</b>	ND
Cádmio	<b>0,005</b>	ND	ND
Chumbo	<b>0,01</b>	ND	<b>0,09</b>
Cromo Total	<b>0,05</b>	<b>0,008</b>	ND
Alumínio	<b>0,20</b>	<b>2,16</b>	<b>27,40</b>
Ferro	<b>0,30</b>	<b>2,42</b>	<b>12,50</b>
Manganês	<b>0,10</b>	<b>0,012</b>	ND
Sódio	<b>200,00</b>	<b>6,79</b>	<b>4,50</b>
Zinco	<b>5,00</b>	ND	<b>0,12</b>
Cobre	<b>2,00</b>	ND	ND
Prata	<b>0,05</b>	ND	ND
Selênio	<b>0,01</b>	ND	ND
Cianeto	<b>0,07</b>	ND	ND
Fluoreto	<b>1,50</b>	ND	ND
Nitrato	<b>10,00</b>	<b>0,067</b>	ND
Cloreto	<b>250,00</b>	<b>5,14</b>	<b>21,90</b>
Sulfato	<b>250,00</b>	<b>17,10</b>	<b>16,00</b>
Surfactantes	<b>0,50</b>	ND	ND

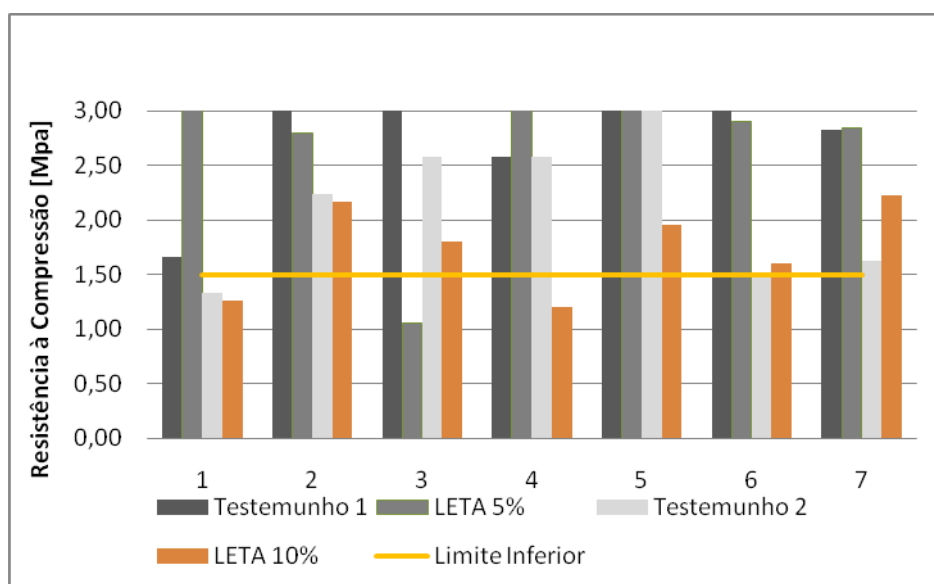
De acordo com as exigências de tolerância dimensional individual dos blocos, verifica-se que todos apresentam variação menor do que os 5mm para mais ou para menos. Em relação à tolerância dimensional relacionada à média, os dois grupos de blocos também apresentam adequação à Norma NBR 15270, partes 1 e 3 (ABNT, 2005).

Em relação ao desempenho mecânico (Tabela 3 e Figura 2), verifica-se que os blocos produzidos com lodo apresentaram uma pequena redução de resistência em relação ao Testemunho (4,5% para 5% de adição de lodo e redução de 18,2% para 10% de incorporação de lodo). Mesmo assim, estando dentro dos padrões mínimos exigidos pela norma, que é de 1,0 MPa NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

**Tabela 3 Resultados das medições de resistência mecânica dos blocos cerâmicos Testemunho (sem lodo) e LETA (com 5 e 10% de lodo).**

CP	TESTEMUNHO 1		LETA 5%		TESTEMUNHO 2		LETA 10%	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Média	<b>52,97</b>	<b>3,06</b>	<b>48,70</b>	<b>2,92</b>	<b>33,11</b>	<b>2,14</b>	<b>27,89</b>	<b>1,75</b>
Desvio padrão	<b>15,82</b>	<b>0,91</b>	<b>13,50</b>	<b>0,81</b>	<b>10,69</b>	<b>0,67</b>	<b>6,53</b>	<b>0,41</b>
Coefficiente variação	<b>29,9%</b>	<b>29,9%</b>	<b>27,7%</b>	<b>27,7%</b>	<b>32,3%</b>	<b>31,4%</b>	<b>23,4%</b>	<b>23,4%</b>

\*A – Carga Máxima [kN]; B – Resistência à Compressão [MPa].

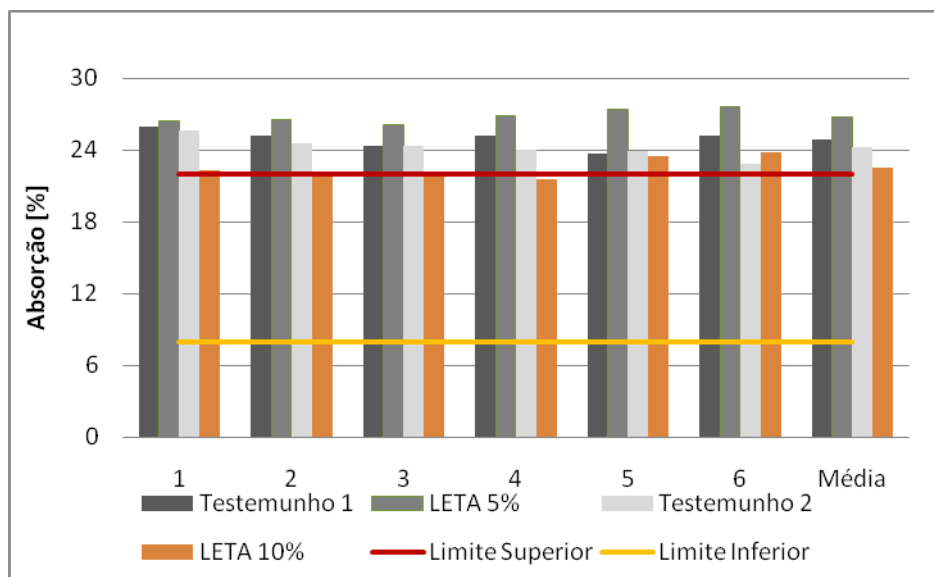


**Figura 1 Resultados das medições de resistência mecânica dos blocos cerâmicos Testemunho (sem lodo) e LETA (com 5 e 10% de lodo).**

De acordo com o ensaio de absorção de água (Tabela 4 e Figura 3) verifica-se que os blocos, LETA 5% e LETA 10%, produzidos com lodo de estação de tratamento de água, apresentaram uma taxa de absorção de água em média 7% para mais e para menos em relação aos blocos Testemunho 1 e 2. Entretanto destaca-se que ambos os grupos de blocos apresentaram índice superior ao máximo tolerável pela NBR 15270 partes 1 e 3 (ABNT, 2005). Segundo esta norma o índice de absorção não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

**Tabela 4 Resultados das medições de absorção de água dos blocos cerâmicos Testemunho (sem lodo) e LETA (com 5 e 10% de lodo).**

CP	TESTEMUNHO 1	LETA 5%	TESTEMUNHO 2	LETA 10%
	Índice de Absorção [%]	Índice de Absorção [%]	Índice de Absorção [%]	Índice de Absorção [%]
Média	<b>24,90</b>	<b>26,80</b>	<b>24,21</b>	<b>22,53</b>
Desvio padrão	<b>0,80</b>	<b>0,60</b>	<b>0,92</b>	<b>0,86</b>



**Figura 2 Resultados das medições de absorção de água dos blocos cerâmicos Testemunho (sem lodo) e LETA (com 5 e 10% de lodo).**

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados médios das medidas das dimensões dos blocos cerâmicos produzidos em relação aos Testemunhos 1 e 2. As diferenças nos valores de largura, comprimento e altura foram de 2,38; 1,77 e 3,26mm para o LETA 5% e de 1,25; 1,81 e 1,36mm para o LETA 10%. Os resultados demonstram uma variabilidade dimensional muito pequena entre os corpos de provas e quando comparada à norma o parâmetro comprimento não foi atendido na maioria dos ensaios para o LETA 10%. Comparado com o testemunho a diferença no comprimento é bem menor para o LETA 10% em relação ao LETA 5% que atendeu a norma, podendo-se inferir que a não adequação pode ser devida ao processo de corte industrial da peça ou do material argiloso utilizado na olaria, visto a diferença entre os testemunhos produzidos em lotes diferenciados.

**Tabela 5 Resultados das dimensões dos blocos cerâmicos Testemunho (sem lodo) e LETA (com 5% de lodo), largura, comprimento e altura [mm].**

CP	TESTEMUNHO 1			LETA 5%		
	L	C	H	L	C	H
Média	91,05	189,98	142,49	88,67	188,21	139,23
Diferença Padrão	1,05	0,02	2,49	1,33	1,79	0,77
Diferença Testemunho				2,38	1,77	3,26

\*L – Largura [mm]; C – Comprimento [mm]; H – Altura [mm].

**Tabela 6 Resultados das dimensões dos blocos cerâmicos Testemunho (sem lodo) e LETA (com 10% de lodo), largura, comprimento e altura [mm].**

CP	TESTEMUNHO 2			LETA 10%		
	L	C	H	L	C	H
Média	87,77	186,40	138,39	86,52	184,59	137,03
Diferença Padrão	2,23	3,60	1,61	3,48	5,41	2,97
Diferença Testemunho				1,25	1,81	1,36

\*L – Largura [mm]; C – Comprimento [mm]; H – Altura [mm].

## **CONCLUSÕES**

Os resultados de caracterização físico-química e biológica do lodo gerado no tratamento de água e do material argiloso utilizado pela olaria na produção de blocos cerâmicos demonstraram que estes materiais possuem características muito semelhantes.

Os resultados obtidos demonstraram que os blocos cerâmicos produzidos com o lodo atenderam às especificações das normas nos parâmetros de resistência à compressão mínima, desvio em relação ao esquadro, planeza das faces, espessura das paredes externas e dimensões nominais. Em relação ao parâmetro de absorção de água os blocos amostrados, sem e com lodo, apresentaram valor superior ao especificado em média de 3-5%, respectivamente, exceto para o bloco com 10% de lodo que atendeu a norma.

Esses resultados são fundamentais para analisar a viabilidade do lodo como uma nova fonte de matéria-prima para produção cerâmica. Esse tipo de destinação permitiria agregar valor econômico e minimizar o impacto ambiental gerado no processo de extração da argila, e, ainda, proporcionar uma destinação adequada ao lodo.

Os resultados permitem visualizar que a incorporação deste resíduo em materiais cerâmicos é viável, apontando o valor de 5 a 10% do resíduo, em peso, como teor adequado até o presente momento. Os blocos produzidos com o lodo, LETA, apresentaram pequena redução na resistência mecânica e nas dimensões quando comparado com o bloco Testemunho, mas mantiveram sua adequação à norma sempre que o Testemunho também esteve adequado. A variabilidade na mistura dos materiais argilosos utilizados e na queima não controlada no processo de produção dos blocos industrialmente pode ser a causa das diferenças observadas.

A relevância deste trabalho consiste na aplicação prática dos estudos desenvolvidos em bancada e por diversos autores, permitindo a consolidação desta prática de modo adequado em termos técnicos, legais, econômicos, ambientais e de saúde do trabalhador. Ainda, este projeto que está em andamento pretende servir de base para autorizações e licenciamentos pertinentes a esta prática.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): série de normas NBR 10004, Caracterização de resíduos sólidos, NBR 10.005 e NBR 10.006, Lixiviação e Solubilização de resíduos sólidos, Rio de Janeiro: 2004.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 15270 partes 1 e 3:2005, Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos, Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio Rio de Janeiro: 2005.
3. Relatório de Pesquisa Interno, Oportunidades de Destinação Adequada para o Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água, Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico – DEPDET, SUTEGO/DTEC/CORSAN, 2010.