

## **I-209 - AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA ARGAMASSA**

**Rodolfo Faquini Ribeiro<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão.

**Karina Querne Carvalho**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (UTFPR).

**Eudes José Arantes**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR).

**Cristiane Kreutz**

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2001). Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2006). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR).

**Fernando Hermes Passig**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (UTFPR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** BR-369, km 0,5, Caixa Postal 271 – Campo Mourão – Paraná - CEP: 87.301-006 – Brasil – Tel: +55 (44) 3518-1434 - e-mail: [rfaquiniribeiro@gmail.com](mailto:rfaquiniribeiro@gmail.com).

### **RESUMO**

O trabalho teve como objetivo avaliar o uso de diferentes concentrações de lodo da ETA, incorporado na argamassa, em substituição à areia, como eliminação do passivo ambiental gerado pelas empresas de saneamento. No presente estudo foram confeccionados corpos de provas de argamassa com dosagens de lodo nas proporções de 5, 10, 15 % em substituição ao agregado miúdo, com traço nas proporções de 1:7:2 de cimento, areia e cal, respectivamente. No preparo da argamassa, o lodo utilizado na incorporação da argamassa foi proveniente de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) na qual é utilizado o Policloreto de Alumínio (PCA) como coagulante. O estudo foi dividido em três etapas, sendo: primeira etapa - confecção dos aparatos para retenção dos sólidos; segunda etapa - análises de caracterização do lodo; terceira etapa – verificação da compressão mecânica e da absorção de água pela argamassa. Com a caracterização do lodo seco foi identificada alta quantidade de alumínio, aproximadamente 79 g/kg, ou seja, cerca de 8% de alumínio por kg de lodo. A incorporação de 10% de lodo em substituição ao agregado miúdo na argamassa permitiu ganho de resistência significativo em relação à argamassa convencional, suportando força média de 2,98 MPa, além de uma insignificância de 1% na absorção de água comparada a amostra branca, confirmando a alta resistência mecânica. Portanto, concluiu-se que foi satisfatório o uso de 10% de lodo da ETA incorporado na argamassa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA, Caracterização, Argamassa, Incorporação de Resíduo.

### **INTRODUÇÃO**

As Estações de Tratamento de Água (ETA) tem a função de fornecer água potável de qualidade à população, com procedimentos de controle e padrões exigidos pela Portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

Nos centros urbanos, o abastecimento de água torna-se cada vez mais centrado na qualidade do produto a ser distribuído à população, porém, quanto pior for a qualidade da água afluyente recebida pelas ETA, maior será quantidade de produtos químicos utilizados no tratamento, e como consequência o aumento na quantidade produzida de lodo (PORTELLA et al., 2003).

Deste modo para que ocorra a transformação da água bruta em uma água potável ao consumo humano, são comumente realizadas as etapas nas estações de tratamento de água convencional de eliminação de impurezas grosseiras, controle de vazão, correção de pH, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (TEIXEIRA et al., 2006).

Em função dos produtos químicos utilizados na etapa de coagulação, o lodo apresenta em suas características elevadas concentrações de alumínio, tornando-se passivo ambiental a ser administrado pelas empresas de saneamento, onde atualmente o resíduo é despejado in natura nos corpos d'águas próximos as ETA (CORDEIRO, 2002).

De acordo com a NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004), o lodo de ETA é classificado como resíduo sólido, desta forma deve ser tratado e disposto adequadamente em aterros sanitários conforme a exigência da legislação vigente. De acordo com os estudos de Guerra e Angelis (2005), o lodo proveniente das ETA's enquadra-se como resíduo classe II A (não perigoso-não inerte), perante a NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004).

De acordo com Sales et al. (2002), o país conta com cerca de 7.500 ETAs geradoras de lodo, as quais lançam seus rejeitos diretamente nos corpos d'água. Muitas vezes o lodo é lançado nos corpos d'água mais próximos, causando problemas ambientais, tais como: riscos a biota aquática, aumento da concentração de sólidos, assoreamento à jusante do curso d'água e aumento da concentração de alumínio, podendo causar agravamento na saúde pública (SILVA, 2011).

Narcizo (2009) constatou que um grupo de peixes absorveram nas células do encéfalo, brânquias, fígado, gônadas e músculos grande parte do alumínio, como consequência dessa exposição foi verificada uma anomalia no material genético, quando comparando a indivíduos que não foram expostos ao alumínio.

Com a preocupação de lançamento de despejos de lodo em um corpo hídrico surgiram regulamentações que proíbem e restringem esse método de disposição. A partir da década de 90 foram criadas regulamentações para as descargas de efluentes, tornando seu lançamento mais restritivo. Atualmente a Resolução CONAMA nº 357, 17 de março 2005 e a Resolução CONAMA nº 430, 13 de maio 2011, dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, e a Lei 9.605, de fevereiro de 1998, tem como objetivo aplicar punição civil, administrativa e criminal pelo lançamento inadequado de resíduos.

A incorporação do lodo em argamassa pode ser uma alternativa para a diminuição dos resíduos gerados nas ETAs. As argamassas são utilizadas para emboço e reboco. Os materiais que compõem a argamassa são cimento, areia natural e cal hidratada. Desta forma a incorporação do lodo nas demais propriedades da argamassa, faz-se através da substituição parcial da areia e adicionado a mistura uma determinada porcentagem de lodo, completando a composição da argamassa.

Ferreira et al. (2008) verificaram incorporação de lodo de ETA em matriz de concreto nas porcentagem de 3, 5, 7 e 10%, onde as porcentagem testadas acima de 5% não ofereceram resistência maior que 20 MPa exigidos por norma, e a incorporação de 3% de lodo proporcionou aumento à resistência a compressão em relação a amostra branca.

A proposta de incorporação de lodo de ETA na fabricação de materiais cerâmicos adicionados em porcentagem de 5, 15 e 30 %, os resultados da incorporação de 5% apresentou resistência mecânica próxima aos obtidos sem a adição de lodo na produção de argila vermelha, contrariamente, a incorporação de 15% e 30% apresentou os piores conjuntos de resultados sendo desaconselhada sua utilização (MORRUZ et al., 2008).

Para Sales et al. (2002), a adição de 3% de lodo com agregados miúdos, “resíduos da construção civil”, mantém as mesmas características de resistência mecânica sem a utilização do lodo de ETA na argamassa.

Este trabalho teve como objetivo verificar o uso de diferentes concentrações de lodo de ETA, incorporado à argamassa, em substituição da areia, com o propósito de diminuição do lançamento de lodo nos corpos hídricos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em 3 etapas, sendo a primeira etapa correspondente à confecção dos aparatos para retenção dos sólidos; a segunda etapa correspondente às análises de caracterização do lodo e a terceira etapa correspondente à verificação da compressão mecânica e da absorção de água pela argamassa.

O lodo foi caracterizado por meio das análises físico-químicas tais como pH, Turbidez, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, DQO e Concentração de Alumínio. Estas análises foram realizadas segundo as metodologias propostas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Eaton et al., 2005).

Para determinação granulométrica foi utilizada a norma NBR 7181 (ABNT, 1984) na qual é descrito o método para análise por peneiramento ou pela combinação de sedimentação e peneiramento. De acordo com a NBR 6502 (ABNT, 1995) foi possível realizar a identificação das partículas presentes no lodo de ETA.

O preparo da argamassa, a confecção dos corpos de prova (CP) e a determinação da resistência a compressão foram realizados de acordo com procedimentos descritos na NBR 7215 (ABNT, 1996). O ensaio da determinação de elasticidade foi feito de acordo com a NBR 8522 (ABNT, 2002) e a determinação da absorção de água por capilaridade na argamassa de acordo com a NBR 9779 (ABNT, 1994).

A incorporação do lodo de ETA foi feita em substituição à areia com valores de 5, 10 e 15%. Os materiais utilizados para o preparo da argamassa foram a cal hidratada Solofino, cimento CPV- Ari Portland, areia e água. As proporções de cimento, cal e areia utilizadas foram de 1:7:2, respectivamente.

## RESULTADOS OBTIDOS

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características físico-químicas do lodo gerado na Estação de Tratamento de Água.

**Tabela 1: Parâmetros físico-químicos .**

Parâmetros	Unidades	Média	DP	MIN	MÁX
pH	-	7,75	0,1	7,67	7,8
Turbidez	UNT	133	28	115	165
Alumínio*	(g/Kg)	8,71	---	78,71	78,71
DQO	mg/L	965	279	787	1287
SST	mg/L	7045	1766	5310	8840
ST	mg/L	8991	154	8833	9140

Nota: \*análise de alumínio foi realizada com amostra seca e moída de lodo.

Na Tabela 1 pode-se observar que a massa de alumínio foi da ordem de 8 g por kg gerado de lodo em um decantador. Como o alumínio é um metal acumulativo no organismo, torna-se um alto teor e sua disposição inadequada no ambiente sem tratamento eficaz poderá contaminar toda a biota aquática e demais comunidades existentes.

Os parâmetros apresentados na Tabela 1 estão compatíveis com os valores de Richter (2001) que apresenta o lodo de estação de tratamento de água contendo sulfato de alumínio como sendo de baixa biodegradabilidade, onde suas principais características são mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2: Características Típicas de Lodos de Sulfato de Alumínio.**

Sólidos totais (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O (%)	Inorgânicos (%)	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
0,1 – 4	15 – 40	35 – 70	6 – 8	30 – 300	30 – 5.000

Fonte: RICHTER (2001)

Na Tabela 3 é apresentada a caracterização granulométrica do lodo da ETA, com amostras coletadas da lavagem do decantador.

**Tabela 3: Porcentagem das partículas presente no lodo da ETA**

Partículas	Tamanho de Partículas	Quantidade (%)
Areia Grossa	4,8 - 2,0 mm	22,14
Areia Média	2,0 - 0,42 mm	54,38
Areia Fina	0,42 - 0,05 mm	18,23
Silte	0,05 - 0,002 mm	1,85
Argila	< 0,002 mm	3,4
Total	-	100

A composição granulométrica do lodo apresentou-se com aproximadamente 95% entre areia grossa, média e fina, demonstrando características semelhantes ao agregado convencional.

Polido (2010) identificou a granulometria do lodo da mesma ETA, como sendo 64% entre areia fina, média e grossa. A diferença de cerca de 30% de areia com o presente estudo pode estar relacionada ao período de coleta.

Na Tabela 4 são apresentadas as quantidades dos agregados da argamassa com as diferentes porcentagens de incorporação de lodo.

**Tabela 4: Quantidade de materiais da argamassa com diferentes proporções de lodo.**

Teor de Lodo	0%	5%	10%	15%
<b>Materiais (kg)</b>				
Cimento	0,380	0,380	0,380	0,380
Areia	4.4940	4.269,3	4.044,6	3.819,9
Cal	0,548	0,548	0,548	0,548
Lodo	0	224,7	449,4	674,1
Água	0,800	0,800	0,800	2.300

Na Tabela 5 é apresentado um resumo dos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão e no ensaio do módulo de elasticidade para as diferentes concentrações de lodo..

**Tabela 5: Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade**

Concentração de Lodo (%)	Resistência à Compressão (MPa)					Módulo de Elasticidade (GPa)				
	N	X	DP	MIN	MÁX	N	X	DP	MIN	MÁX
0	4	2,55	0,018	2,54	2,57	4	4,98	0,67	4,6	6,0
5	4	2,39	0,019	2,39	2,41	4	3,80	0,95	2,3	5,0
10	4	2,98	0,012	2,97	2,99	4	2,56	0,02	3,8	5,1
15	4	1,84	0,008	1,84	1,86	4	3,33	1,67	2,0	5,2

Nota: N = Número de Amostras; X = Média; DP = Desvio Padrão; Mín = Valor Mínimo; Máx = Valor Máximo

Na Tabela 5 foi possível verificar que à medida em que a concentração ultrapassa a porcentagem de 10% a resistência à compressão reduz bruscamente.

Com a pesagem de cada CP seco e após 72 horas na lâmina de água, foi possível aferir a quantidade de água absorvida em gramas por área e a porcentagem absorvida de água pela massa do conjunto (Tabela 6).

**Tabela 6: Absorção de água por capilaridade**

Incorporação	0%	5%	10%	15%
C (g/mm <sup>3</sup> )	0,0234	0,02858	0,02448	0,02978

As porcentagens de aumento de massa de cada CP, que foram ocasionados pela absorção de água são mostradas na Tabela 7.

**Tabela 7: Porcentagem de aumento de massa em cada CP.**

Incorporação		0%	5%	10%	15%
CP5		13%	20%	14%	16%
CP6		13%	15%	14%	20%
	Média	13%	18%	14%	18%

## CONCLUSÃO

A porcentagem de 10% de lodo na argamassa mostrou-se satisfatória em seus resultados, apresentando resistência à compressão superior a da amostra convencional da argamassa, igualou-se os valores em resistência a elasticidade, porém, ocorreu absorção de 1% a mais que a amostra branca, o que pode ser corrigido com adição de um aditivo impermeabilizante em seu conjunto, o que geralmente é feito em qualquer circunstância de preparo.

A utilização do lodo como matéria-prima no preparo da argamassa reduz o consumo de recursos naturais como a areia, cuja extração produz impactos ambientais. Outra redução é quantidade de lodo lançado de maneira indiscriminada em rios e córregos, ocasionando o assoreamento dos mesmos. Outro fator importante é a enorme quantidade alumínio presente no lodo, o que altera a biota aquática e consequentemente a população humana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
2. \_\_\_\_\_. **NBR 9479**: Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 1994.
3. \_\_\_\_\_. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção da água por capilaridade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1995.
4. \_\_\_\_\_. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.
5. \_\_\_\_\_. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
6. \_\_\_\_\_. **NBR 8522**: Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2002.
7. \_\_\_\_\_. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
8. EATON, A. D; CLESCERI, L. S; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E (Ed). Standart methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>th</sup> ed. Washington: American Public Health Association; American water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.
9. PORTELA, Kleber F.; ANDREOLI, Cleverson V.; HOPPEN, Cinthya; SALES, Almir; BARON, Orlando. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba/PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville, SC.
10. POLIDO, Marciele Aparecida. Estudo de argamassa com adição do lodo de ETA. 2010. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Tecnologia em Materiais de Construção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2010.