

**III-295 – APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ESTABILIZAÇÃO POR
SOLIDIFICAÇÃO PARA TRATAMENTO DE LODO DE CURTUME EM MATRIZ
CIMENTÍCIA UTILIZANDO CIMENTO CPII-F-32**

Mário Gomes da Silva Júnior⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba.

André Luiz Fiquene de Brito

Graduado em Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba.

Ana Cristina Silva Muniz

Graduada em Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba.

Adriana Valéria Arruda Guimarães

Graduada em Química Industrial e em Química (Licenciatura) pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/PRODEMA/UFPB). Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba.

Alana Carolyne Crispim

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua José de Almeida Júnior, 231 - Cruzeiro – Campina Grande - PB - CEP: 58415-645 - Brasil - Tel: (83) 8763-8807 - e-mail: mario.engquimica@gmail.com

RESUMO

O projeto objetiva a aplicação e análise da técnica de estabilização por solidificação a partir da utilização de uma matriz cimentícia para o tratamento do resíduo sólido industrial lodo de curtume como alternativa viável e econômica para o tratamento e atenuação de seus contaminantes, antes de sua disposição final ou utilização. O trabalho foi dividido em 3 etapas: Caracterização e classificação do resíduo lodo de curtume, preparação dos corpos de prova com diferentes teores de incorporação de resíduo e teste de integridade (resistência à compressão). A caracterização do resíduo lodo de curtume identificou um valor de pH de 8,25 e um teor de umidade de 26,42% e, a partir dos ensaios de lixiviação e solubilização foi classificado como Classe II A pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O ensaio de resistência à compressão identificou uma relação linear, porém inversamente proporcional entre as variáveis: Incorporação de resíduo à matriz e os valores de resistência à compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de Curtume, Estabilização por Solidificação, Meio Ambiente, Resíduo Industrial.

INTRODUÇÃO

Resíduos sólidos são definidos como aqueles nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente viáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10.004, 2004a).

O resíduo industrial é definido pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Entre os resíduos industriais, inclui-se também grande quantidade de material perigoso, que necessita de tratamento especial devido ao seu alto potencial de impacto ambiental e à saúde.

Em meio a essa problemática tornou-se necessário à implantação de uma política nacional para gerenciamento dos resíduos. Essa política, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece princípios, objetivos, diretrizes, meta e ações, e importantes instrumentos, tais como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que visa aos diversos tipos de resíduos gerados, alternativas de gestão e gerenciamento passíveis de implementação, bem como metas para diferentes cenários, programas, projetos e ações correspondentes com o fim de organizar e definir um devido tratamento para os resíduos.

A indústria curtumeira tem sido uma das responsáveis pela geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos com o seu grande desenvolvimento e sua negligência no tratamento de seus resíduos, resultando no lançamento de muitos poluentes ao meio ambiente. Quanto ao destino desses resíduos, os aterros industriais consistem na forma mais comum de descarte, sendo que envolve um alto custo e ainda oferece riscos consideráveis. Entre esses poluentes encontram-se resíduos com elevadas cargas orgânica e inorgânica e cromo, considerado bastante tóxico.

Entre os resíduos sólidos da indústria de curtume têm-se os lodos. Os lodos são caracterizados por apresentarem concentrações mais elevadas de cargas poluidoras quando comparados com os efluentes líquidos (SCHALCH et al., 1989). Os lodos gerados pela indústria de curtume têm elevado teor contaminante devido à presença de metais pesados como o cromo, que se apresenta no estado Cr^{3+} . Este resíduo industrial é classificado pela (ABNT NBR 10.004, 2004a) como classe II A, ou seja, um resíduo não perigoso, mas não inerte. Contudo também possuem em sua composição nitrogênio, fósforo e enxofre (SELBACH et al., 1991). Com a aplicação da técnica de estabilização por solidificação (E/S) pretende-se converter o resíduo para a classe II B, apresentando assim uma menor solubilidade quanto aos componentes perigosos.

Devido aos impactos gerados pelos resíduos industriais, em especial o lodo de curtume, é necessário um tratamento adequado para esses dejetos industriais. Uma técnica que se mostra viável para esse tratamento é a Estabilização por Solidificação, que consiste em isolar o resíduo sólido em pequenos corpos de provas, facilitando assim a observação ao comportamento e mobilidade de seus contaminantes. Trata-se de um método utilizado para transformar materiais sólidos potencialmente poluentes em materiais sólidos menos poluentes ou não poluentes.

A tecnologia de Estabilização por Solidificação é considerada uma forma segura de tratamento para uma variedade de contaminantes. Pesquisas vêm sendo feitas quanto à técnica de encapsulamento em relação à sua capacidade de retenção ou minimização de emissão de metais perigosos e contaminantes orgânicos, sem a preocupação da biodegradabilidade do lixiviado do composto encapsulado. Porém, em muitos relatórios governamentais e publicações científicas a E/S é considerada como a “melhor tecnologia disponível comprovada” (SHI & SPENCE, 2004).

O objetivo maior da E/S é a redução da mobilidade dos contaminantes basicamente por duas vias (BRITO, 2007): 1) Retenção em uma matriz sólida que restringe fisicamente sua mobilidade e 2) Transformação química em uma forma menos solúvel. BRITO ainda ressalta que são dois os aspectos importantes para o entendimento da E/S. O primeiro está relacionado ao critério de imobilização dos contaminantes. Fica evidenciado que os contaminantes são aprisionados ou retidos na forma de um precipitado na superfície da matriz e/ou são incorporados em seu interior. O segundo aspecto está relacionado ao critério de integridade/durabilidade dos materiais, principalmente quando se afirma que a matriz aprisiona ou retém os contaminantes por meio de mecanismos físicos, sem ocorrerem necessariamente reações químicas, mas aprisionamento físico.

A E/S pode ser entendida como duas etapas que se completam e ocorrem no momento em que os agentes aglomerantes entram em contato com os contaminantes: uma denominada solidificação, que visa encapsular o resíduo, formando um material sólido, o qual não necessariamente envolve interação química entre contaminantes e aglomerantes; e outra denominada estabilização, que confere aos elementos poluentes alteração das características perigosas, fixando os mesmos na matriz e reduzindo sua migração para o meio

ambiente (BRITO, 2007). Segundo Conner (1990) quando se utiliza cimento Portland comum (CPC) para E/S de resíduos sólidos industriais perigosos o pH básico da matriz favorece a conversão de cátions em hidróxidos, óxido e carbonatos insolúveis, incorporando íons metálicos à estrutura cristalina da matriz de cimento.

Essa matriz contendo o lodo, nesse caso proveniente da indústria de curtume, e os aglomerantes (cimento e areia), pode ser aplicada na indústria civil, sendo uma alternativa sustentável e econômica. Ou seja, um resíduo que seria lançado ao meio ambiente pode ter como destino um tratamento adequado e ainda ser útil na produção de um novo material que tem aplicações consideráveis. O resíduo sólido industrial deixará de poluir o ambiente e ainda contribuirá na geração de um novo material. Desta forma, a reciclagem ou reutilização de materiais poluentes vem contribuindo para atender aos anseios da sociedade na busca de um desenvolvimento sustentável (GALVÃO et al., 2008). Várias pesquisas estão sendo desenvolvidas e fazendo uso da adição de materiais alternativos no agregado de concreto e outras aplicações da construção civil.

A reciclagem desse resíduo, sob o ponto de vista da construção civil, é uma das maneiras de diversificar e aumentar a oferta de materiais de construção, reduzindo preços que podem gerar inúmeros benefícios sociais.

Diante do grande impacto que os resíduos sólidos causam ao meio ambiente, o trabalho tem como intuito realizar a estabilização por solidificação de lodo de curtume em matriz de cimento e areia, e avaliar a utilização desse resíduo em aplicações da construção civil, visando futuramente uma aplicação concreta desse material.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), situada no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

O trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

- Primeira Etapa: Caracterização e classificação do resíduo sólido industrial lodo de curtume;
- Segunda Etapa: Preparação dos corpos de provas para realização do teste de integridade;
- Terceira Etapa: Avaliação da integridade da matriz cimentícia: Ensaio de resistência à compressão.

Primeira Etapa: Caracterização e classificação do resíduo sólido industrial lodo de curtume

A caracterização do lodo de curtume consistiu na determinação dos seguintes fatores e parâmetros: Umidade e sólidos totais (voláteis e fixos), pH e concentração dos elementos chumbo, ferro e cromo a partir dos ensaios de lixiviação e solubilização. A seguir é comentada a metodologia desses procedimentos.

Lixiviação e Solubilização

Ambos os ensaios objetivam a análise da capacidade de contaminação a partir da transferência de massa entre os contaminantes presentes no resíduo para o meio extrator. Nestas análises foram empregadas as metodologias propostas pela ABNT NBR 10.005 (2004b) e 10.006 (2004c).

Lixiviação

O ensaio de lixiviação fornece informações sobre a classificação do resíduo, além de avaliar se o mesmo deve ser submetido a um processo de tratamento (REDDI & INYANG, 2000).

A solução extratora utilizada foi composta por 11,4 ml de ácido acético glacial e 128,6 ml de NaOH 1,0 N a água destilada (solução de 2L). O tempo do ensaio de lixiviação da pesquisa foi de 19 horas. Os métodos de lixiviação existentes são classificados em função da renovação da solução extratora, podendo ser do tipo dinâmico (com renovação) ou estático (sem renovação), ou seja, lixiviação/extração (SPENCE & SHI, 2004). Na pesquisa foi utilizado o tipo estático (sem renovação do meio lixiviante).

Solubilização

O ensaio de solubilização utiliza como solvente extrator a água destilada, e permite a avaliação da capacidade de imobilização de contaminantes em ambientes menos agressivos quanto ao pH comparada com a situação proposta no ensaio de lixiviação.

Na realização do ensaio utiliza-se uma massa de 250g do resíduo (ou da matriz após deixa-la em uma granulometria adequada para o ensaio) em 1L de água destilada. O ensaio tem uma duração de 7 dias. Os resultados são expressos, assim como na lixiviação, em mg.L⁻¹ e mg.kg⁻¹.

Umidade e Sólidos Totais

A determinação dos sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis permite verificar respectivamente a massa percentual de resíduo; elementos que não se volatilizam numa temperatura de 550°C e teor de matéria orgânica presente no resíduo. Utilizou-se o método gravimétrico Standard Methods (1998). Os resultados são obtidos a partir da utilização das Equações 1, 2 e 3.

$$\text{SólidosTotais(\%)} = \left[\frac{(A - B)}{(C - B)} \right] * 100 \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{SólidosVoláteis(\%)} = \left[\frac{(A - D)}{(A - B)} \right] * 100 \quad \text{Equação (2)}$$

$$\text{SólidosFixos(\%)} = \left[\frac{(D - B)}{(A - B)} \right] * 100 \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

A: Peso da amostra seca + cápsula (após passagem na estufa)

B: Peso da cápsula

C: Peso da amostra úmida + cápsula

D: Peso do resíduo calcinado + cápsula (após passagem na mufla)

Em especial, no caso de resíduos orgânicos é importante que se analise a parcela de fração orgânica através da determinação da parcela volátil (OLIVEIRA, 2003).

pH

A determinação do pH (potencial hidrogeniônico) da amostra foi realizada a partir do material com sua umidade natural. Para determinação deste parâmetro, utilizou-se o método eletrométrico.

Segunda Etapa: Preparação dos corpos de prova para realização do teste de integridade

Para avaliação da técnica de estabilização por solidificação foram elaborados corpos de prova (CP's) contendo o resíduo sólido industrial (lodo de curtume), cimento CPC (Portland Comum), areia, água. Nesta etapa foi usado o cimento Portland comum e areia como aglomerantes e o Lodo de Curtume como o resíduo sólido a ser tratado.

Foi adotado o protocolo de avaliação proposto por Brito (2007), que sugere como parâmetros básicos para realização dos ensaios em laboratórios: um tempo de moldagem de 24 horas, dimensões dos moldes de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, umidade relativa entre 50 a 100% e a seguinte metodologia:

- Pesou-se separadamente o cimento, a areia e o lodo de curtume em uma balança analítica;
- Misturou-se o cimento, a areia e o lodo nas proporções desejadas e em seguida adicionou-se água destilada a temperatura ambiente;
- A mistura foi adicionada ao molde cilíndrico, e comprimida para evitar possíveis vazios no corpo de prova;
- Após um período de 24 horas o corpo de prova foi desmoldado e deixado em repouso por uma quantidade de dias pré-definida (tempo de cura), para assim iniciar o ensaio desejado.

A Figura 1 mostra os materiais utilizados na confecção dos corpos de prova. Na sequência mostrada na figura (da esquerda para direita), encontra-se: cimento Portland comum (CPC), areia e o resíduo lodo de curume.



Figura 1 – Materiais utilizados na confecção dos corpos de prova.

As porcentagens de resíduo usadas na pesquisa foram de 15%, 30% e 45% em relação à soma dos componentes RSI (lodo de curume), areia e cimento. Foram feitos também corpos de provas de referência (sem incorporação de resíduo, identificados como 0%). Os tempos de cura utilizados foram de 7 e 15 dias. Os ensaios foram feitos em duplicata.

Nas Tabelas 1 e 2 são indicados os dados referentes à confecção dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão, e posteriormente para os ensaios de lixiviação e solubilização:

Tabela 1 – Dados referentes à confecção dos corpos de prova com tempo de cura de 7 dias

CP	% (RSI)	Massa do RSI (g)	CPC (g)	Areia (g)	Massa de água (g)	Massa que sobrou (g)	Massa Teórica (g)	Tempo de cura (dias)	Massa após 24h (g)	Massa após cura (g)
1	0%	0	230,0	115	75	0,0	420	7	404,30	393,83
2	0%	0	230,0	115	75	0,0	420	7	401,50	391,24
3	15%	51,75	195,5	97,75	77,5	23,425	399,075	7	386,13	368,44
4	15%	51,75	195,5	97,75	77,5	23,425	399,075	7	390,88	372,20
5	30%	103,5	161,0	80,5	80	51,29	373,71	7	358,35	330,09
6	30%	103,5	161,0	80,5	80	51,29	373,71	7	366,31	339,56
7	45%	155,25	126,5	63,25	80	75,45	349,55	7	340,68	304,01
8	45%	155,25	126,5	63,25	80	75,45	349,55	7	340,93	306,46

Tabela 2 – Dados referentes à confecção dos corpos de prova com tempo de cura de 15 dias

CP	% (RSI)	Massa do RSI (g)	CPC (g)	Areia (g)	Massa de água (g)	Massa que sobrou (g)	Massa Teórica (g)	Tempo de cura (dias)	Massa após 24h (g)	Massa após cura (g)
1	0%	0	230,0	115	76,5	0	421,5	15	400,07	383,62
2	0%	0	230,0	115	75,2	0	420,2	15	407,34	391,87
3	15%	51,75	195,5	97,75	76	15,64	405,36	15	395,65	370,65
4	15%	51,75	195,5	97,75	75,5	27,92	392,58	15	379,92	355,34
5	30%	103,5	161,0	80,5	75	45,43	374,57	15	365,50	331,45
6	30%	103,5	161,0	80,5	77,5	38,92	383,58	15	366,57	334,05
7	45%	155,25	126,5	63,25	80	61,57	363,43	15	351,37	302,05
8	45%	155,25	126,5	63,25	80	69,14	355,86	15	340,04	290,61

Terceira Etapa: Avaliação de integridade da matriz cimentícia- Ensaio de resistência à compressão.

O ensaio de resistência à compressão obedeceu aos procedimentos recomendados na ABNT NBR 7215 (1996). A Figura 2 mostra os corpos de prova utilizados antes de serem desmoldados e o equipamento utilizado na realização do ensaio.



Figura 2 – (a) Corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão. (b) Equipamento utilizado no ensaio.

RESULTADOS

Inicialmente é apresentada a caracterização e classificação do resíduo industrial lodo de curtume bruto (antes de submetê-lo à técnica de Estabilização por Solidificação). Em seguida faz-se a discussão em relação ao ensaio de integridade (Resistência à Compressão) realizado após tratamento.

Caracterização e classificação do Resíduo Lodo de Curtume

Na Tabela 3 são mostrados os resultados obtidos após os ensaios de solubilização e lixiviação do resíduo lodo de curtume antes de submetê-lo ao tratamento de Estabilização por Solidificação.

Tabela 3 – Quantidade de metais definidos nos ensaios de solubilização e lixiviação do lodo de curtume bruto.

Elemento	Solubilização (mg.L ⁻¹)	Solubilização (mg.kg ⁻¹)	Solubilização L.M.P (mg.L ⁻¹)	Lixiviação (mg.L ⁻¹)	Lixiviação (mg.kg ⁻¹)	Lixiviação L.M.P(mg.L ⁻¹)
Cromo	0,15	3,00	0,05	0,13	0,52	5,0
Alumínio	ND	ND	0,2	ND	ND	0,2
Ferro	0,11	2,20	0,3	ND	ND	0,3
Chumbo	0,19	3,80	0,01	0,13	0,52	1,0
Cádmio	ND	ND	0,005	ND	ND	0,5
Cobre	ND	ND	2,0	ND	ND	2,0

ND – Não Detectado (Abaixo do limite de detecção da absorção atômica)

No ensaio de lixiviação, que objetiva a simulação de uma extração ocorrendo em um meio mais agressivo (meio ácido), foi detectada a presença de metais pesados, a saber, cromo e chumbo. Porém, eles encontram-se abaixo do L.M.P, sendo assim classificado como um resíduo não perigoso, ou seja, Classe II. Verificaram-se, entretanto, no ensaio de solubilização, valores de concentrações de cromo e chumbo acima do L.M.P (limite máximo permitido), sendo classificado como resíduo não-inerte. O resíduo é identificado então como sendo pertencente à classe II A pela ABNT NBR 10.004 (2004a). Verifica-se que o nível de solubilização do ferro encontra-se em um valor aceitável.

Por ser classe II A, o resíduo apresenta propriedades características da classe, como a de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água. Sendo solúvel em água pode contaminar lençóis freáticos e causar danos à saúde. Justifica-se por isso o cuidado quanto à sua destinação.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos na determinação dos seguintes parâmetros: teor de umidade, as frações de sólidos totais (fixos e voláteis) e o pH.

Tabela 4 - Caracterização do lodo de curtume

Parâmetros	Valor Obtido
Teor de umidade (%)	26,42
Sólidos totais (%)	73,58
Sólidos voláteis (%) *	40,55
Sólidos fixos (%) *	59,45
pH	8,25

* Valor em relação ao teor de sólidos totais

O teor de sólidos voláteis (40,55% da parcela dos sólidos totais) representa a fração de compostos orgânicos presente no lodo de curtume e facilmente volatilizados a temperaturas acima de 550 °C, e o teor de sólidos fixos (59,45% da parcela dos sólidos totais) indica a quantidade de matéria inerte ao resíduo, esses materiais são geralmente areia, pó de pedra e argila.

Ensaio de Integridade dos Corpos de Prova – Resistência à Compressão.

A partir do ensaio de Resistência à Compressão, pretendeu-se analisar a influência da incorporação do resíduo na integridade da matriz cimentícia ao qual foi incorporado. Essa análise mostra-se importante na verificação da utilidade do resíduo como matéria-prima em alguma aplicação da construção civil. Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os dados referentes ao ensaio de Resistência à Compressão.

Tabela 5 – Dados do ensaio de Resistência à Compressão para os corpos de prova de 7 dias de cura.

RC	0%-1	0%-2	15%-1	15%-2	30%-1	30%-2	45%-1	45%-2
Compressão (MPa)	8,4706	9,7488	5,5957	5,8789	3,1892	3,2808	1,7466	1,8632

Tabela 6 – Dados do ensaio de Resistência à Compressão para os corpos de prova de 15 dias de cura.

RC	0%-1	0%-2	15%-1	15%-2	30%-1	30%-2	45%-1	45%-2
Compressão (MPa)	6,4055	7,9023	4,3779	6,3597	3,7805	3,9199	1,8569	1,7674

Analisando os dados encontrados nas Tabela 5 e 6 foi possível verificar uma relação entre as duas variáveis, que é mais facilmente visualizada a partir das Figuras 3 e 4. Nestas são utilizados valores médios para cada nível de incorporação de resíduo.

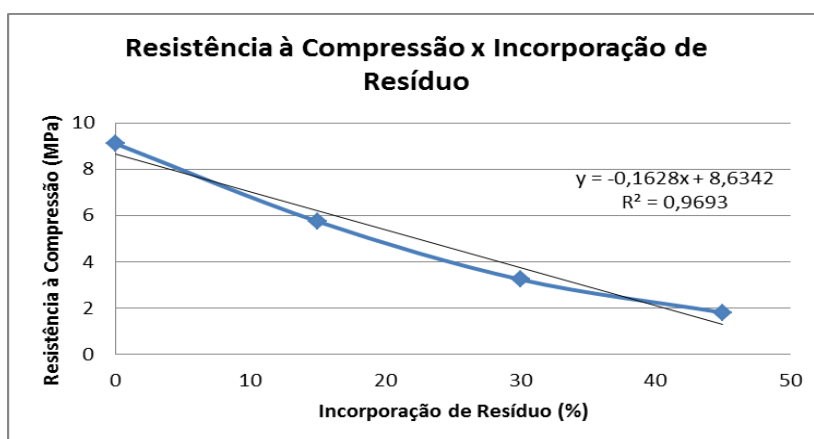


Figura 3 – Gráfico que relaciona as variáveis Resistência à Compressão e Porcentagem de Incorporação de resíduo para os corpos de prova de 7 dias de cura.

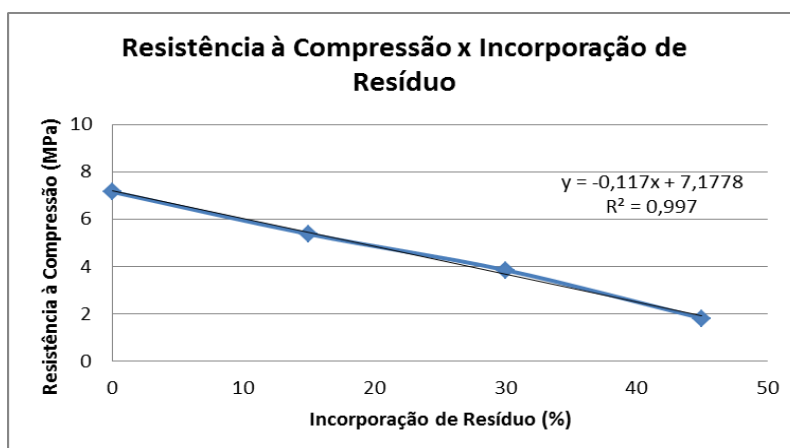


Figura 4 – Gráfico que relaciona as variáveis Resistência à Compressão e Porcentagem de Incorporação de resíduo para os corpos de prova de 15 dias de cura.

Percebe-se, a partir das Figuras 3 e 4, que a incorporação do resíduo lodo de curtume afeta a integridade da matriz cimentícia no sentido de que a resistência à compressão da matriz diminui. Os dados foram bem ajustados ao modelo linear, mostrando que essas duas variáveis mostram-se inversamente proporcionais. Verifica-se, entretanto, que dependendo da aplicações específica, é viável a utilização de percentuais adequados deste que o nível de integridade esteja dentro dos padrões exigidos para tal aplicação.

Foi verificada a existência de uma relação entre a variação de massa após o tempo de cura com o nível de incorporação do resíduo sólido em questão. Foi percebido que quanto maior a incorporação do resíduo, temos uma maior tendência de perda de massa (água) com o tempo, resultando em uma maior deterioração do material. As Tabelas 7 e 8 contêm os dados que relacionam essas duas variáveis. A relação encontrada entre essas variáveis encontram-se nas Figuras 5 e 6. Pode-se inferir a partir desses resultados que quanto maior a incorporação do resíduo, maior a capacidade de absorção de água da matriz cimentícia, que após o respectivo tempo de cura foi transferida de forma natural ao meio ambiente. Os dados dessas variáveis se ajustaram ao modelo linear, mostrando-se ser diretamente proporcionais.

Tabela 7 - Variação de massa dos CP's após tempo de cura de 7 dias

(%) de RSI	0%	15%	30%	45%
Massa (g)	10,365	18,185	27,505	35,57

Tabela 8 - Variação de massa dos CP's após tempo de cura de 15 dias

(%) de RSI	0%	15%	30%	45%
Massa (g)	15,96	24,79	33,285	49,375

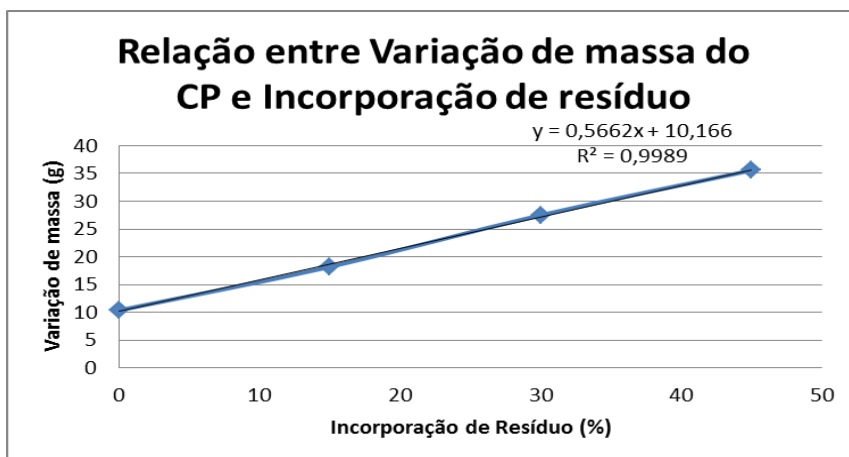


Figura 5 - Gráfico que relaciona as variáveis variação de massa do CP e incorporação de resíduo para CP's de 7 dias.

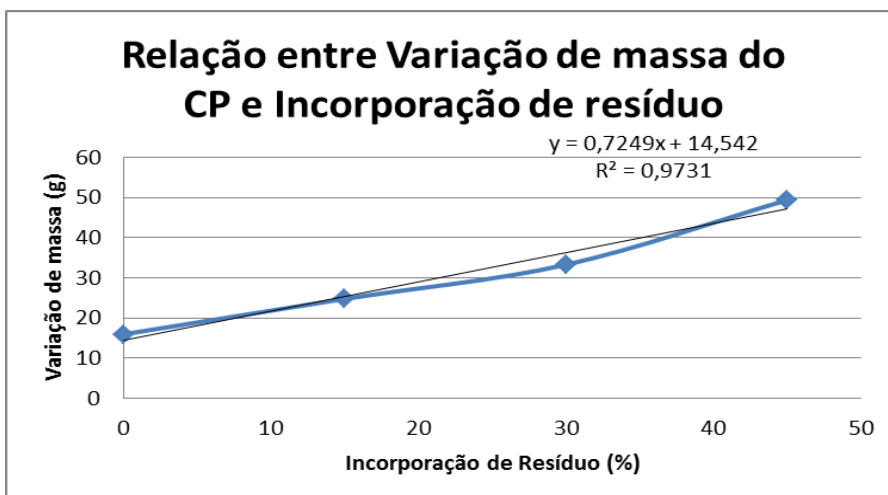


Figura 6 - Gráfico que relaciona as variáveis Variação de massa e Incorporação de resíduo para CP's de 15 dias.

Foi verificada ainda a relação entre duas outras variáveis no material lixiviado após tratamento por E/S (pH e incorporação do resíduo lodo de curtume) após os respectivos tempo de cura (7 e 15 dias). Os dados referentes aos gráficos das Figuras 7 e 8, encontram-se nas Tabelas 9 e 10. Verificou-se que uma maior incorporação de resíduo favorece a diminuição do pH da matriz cimentícia no qual está contido.

Tabela 9 – Valores de pH após lixiviação dos CP's de 7 dias de cura

(%) de RSI	0%	15%	30%	45%
pH	12,56	11,86	11,78	11,41

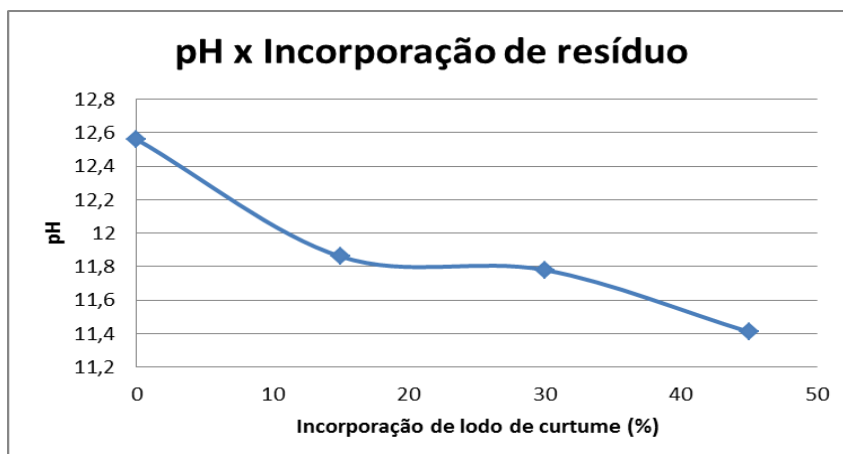


Figura 7 - Gráfico que relaciona as variáveis pH e Incorporação de resíduo para CP de 7 dias.

Tabela 10 - Valores de pH após lixiviação dos Cp's de 15 dias de cura

(%) de RSI	0%	15%	30%	45%
pH	12,91	12,98	11,96	11,17

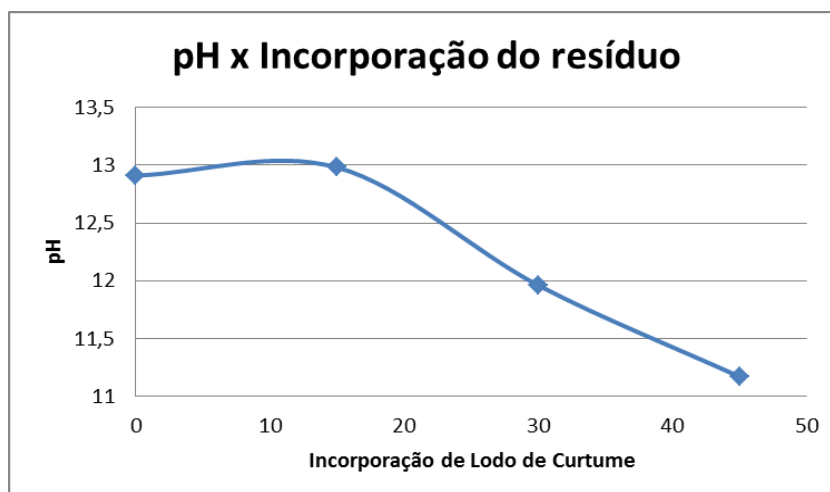


Figura 8 - Gráfico que relaciona as variáveis pH e Incorporação de resíduo para CP de 15 dias.

CONCLUSÕES

A caracterização do lodo de curtume identificou um pH de 8,25 e um teor de umidade de 26,42%. No ensaio de lixiviação não foram detectados concentrações de metais superiores àsquelas permitidas. Quanto ao ensaio de solubilização foram detectados valores superiores ao limite máximo permissível em relação a solubilização dos elementos chumbo e cromo. Essas características o classificam como resíduo da Classe II A pela ABNT NBR 10.004 (2004a). O ensaio de resistência à compressão identificou uma relação linear bem ajustada entre esta e a quantidade de resíduo incorporada na matriz cimentícia, sendo estas variáveis inversamente proporcionais. Analisando os valores do ensaio de resistência à compressão, identifica-se a possibilidade da utilização desse resíduo, em aplicações que apresentem as proporções de cimento e areia utilizadas nos corpos de prova em estudo. Foi possível constatar uma relação entre a incorporação de resíduo de a capacidade de absorção de água da matriz, sendo estas diretamente proporcionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7215: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 8p, 1996.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. CENWin, Versão Digital, ABNT NBR 10.004, 71p, 2004a.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 10.005: Procedimentos para obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos. CENWin, Versão Digital, 16p, 2004b.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 10.006: Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. CENWin, Versão Digital, 3p, 2004c.
5. BRITO, A. L. F. Protocolo de Avaliação de Materiais Resultantes da Estabilização por Solidificação. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - SC, 2007.
6. CONNER, J.R. Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes. New York. Van Nostrand Reinhold, 1990. 692p.
7. GALVÃO, J. C. A.; PORTELLA, K. F.; JOUKOSKI, A.; LOBO, L. F. M. Concreto com Adição de Materiais Poliméricos Reciclados. In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto. *Anais...* Salvador: Ibracon, 2008.
8. OLIVEIRA, D. M. Aplicação da técnica de solubilização/estabilização para resíduos oleosos da indústria petrolífera, utilizando solo argiloso e bentonita. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
9. REDDI, L.N; INYANG, H.I. Geoenvironmental Engineering: Principles and Applications. New York. Basel. Editora. Marcel Dekker, Inc. 2000, 494p.
10. SCHALCH, V.; ALMEIDA, W. C de; GOMES, L. P. Resíduos sólidos industriais. In: Curso de gerenciamento de resíduos sólidos, I, São Paulo, ABES: 1989. 227p.
11. SELBACH, P.A.; TEDESCO, M.J. & GIANELLO, C. Descarte e biodegradação de lodo de curtume no solo. R. Couro, p.51-62, 1991.
12. SHI, C.; SPENCE, R. Designing of cement-based formula for solidification/stabilization of hazardous, radioactive, and mixed wastes. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 34, n. 4, p. 391-417, jul./ago. 2004.