



III-318 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉCNICO DE BLOQUETES DE CONCRETO, MOLDADOS COM LODO DE RECICLO DE CROMO

Jhonatan Barbosa da Silva⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Carlos Nobuyoshi Ide⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor Associado do Departamento de Hidráulica e Transporte da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Maria Lúcia Ribeiro⁽³⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Química (Físico-Química) pela Universidade de São Paulo. Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora Associada do Departamento de Hidráulica e Transporte da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Sandra Regina Bertocini⁽⁴⁾

Engenheira Civil pela Universidade para o Desenvolvimento do Pantanal. Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professora do Departamento de Materiais e Construção Civil da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Lisandra Tamiozzo de Oliveira⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Endereço⁽¹⁾: DHT/CCET/UFMS, CX. POSTAL 549, CEP 79070-900, Campo Grande/MS, fone: +55 (67) 3345-7490, fax: +55 (67) 3345-7499, e-mail: jhonatan@nin.ufms.br

RESUMO

Empresas curtidoras de peles são conhecidas mundialmente, pelos inúmeros riscos que oferecem ao meio ambiente e a sociedade porque produzem grandes quantidades de efluentes e resíduos sólidos, estes que incluem os rejeitos do processamento industrial e os resultantes do tratamento dos efluentes. Para minimizar os riscos associados com a disposição inadequada de resíduos perigosos em aterros, o tratamento que tem encontrado extensiva aplicação é a solidificação/estabilização destes materiais residuais. Este trabalho busca encapsular o resíduo lodo de reciclo de cromo, de maneira a obter matrizes de concreto que atendam as especificidades técnicas para uso na pavimentação. Foram moldadas e ensaiadas, peças de concreto, com adição de resíduo lodo de reciclo de cromo nas proporções de 2,5%, 5% e 10% em relação à massa de cimento e a proporção referência 0%, para os tempos de cura de 7, 28 e 90 dias. O desempenho dos bloquetes foi avaliado, utilizando o módulo de resistência à compressão e a absorção de água. Não foi encontrada viabilidade técnica para confecção dos bloquetes, porém corpos de prova elaborados com 10% de resíduos apresentaram comportamento viável de utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Bloquetes de Concreto, Propriedades Físicas, Lodo de Cromo, Encapsulamento.

INTRODUÇÃO

O Brasil passou a ser importante exportador de couros, na década de 1990. Em 2004, a produção total foi de cerca de 36,5 milhões de couros, sendo que aproximadamente, 26,3 milhões de couros foram exportados, representando 72,1% da produção. A indústria Brasileira de couros reúne aproximadamente 800 curtumes formalmente registrados e vários curtumes artesanais sem qualquer registro formal (SENAI, 2006). Existem, em Mato Grosso do Sul, 11 curtumes instalados e outros em instalação, com uma capacidade atual de processamento de 7,5 milhões de peles por ano (PAULO, 2006).

Empresas curtidoras de peles são conhecidas mundialmente, pelos inúmeros riscos que oferecem ao meio ambiente e a sociedade. Dentre estes estão os efluentes líquidos e os resíduos sólidos, gerados na manufatura do couro cru.

Pode-se dizer que os efluentes líquidos, gerados nesse segmento industrial, devido às tecnologias empregadas em seu tratamento, estão livres de altas concentrações de contaminantes perigosos, atendendo os parâmetros de lançamentos de efluentes, segundo a Resolução Conama nº 357, de 2005. Hoje, o grande desafio de curtumes e indústrias de acabamento de couro, é a disposição dos resíduos sólidos, pois os mesmos segundo a norma NBR 10.004/2004, são classificados como resíduos Classe I ou Perigosos, devido à presença de concentrações lixiviáveis, relativamente altas, de compostos de cromo trivalente, utilizado no processo de curtimento.

Atualmente, os resíduos sólidos provenientes do processamento de couro em curtumes, vêm sendo acumulados em ARIPEs projetados, como solução paliativa, ou são descartados no próprio solo sem nenhuma recomendação. O grande problema, é que mesmo em aterros industriais, estes resíduos podem contaminar o subsolo, constituindo-se em passivos ambientais para o segmento industrial. Daí surge a necessidade de estudos que visem o desenvolvimento de técnicas que dêem um destino final definitivo para esses resíduos. Na atualidade, os tratamentos existentes para tais resíduos têm se mostrado ineficientes ou de elevado custo (PINTO *et al.*, 2001).

Por tais razões busca-se neste trabalho uma solução definitiva, encapsulando o resíduo lodo de reciclo de cromo em bloquetes de concreto, através da técnica de solidificação/estabilização, avaliando seu uso para pavimentação, mitigando dessa maneira os custos de tratamento e disposição paliativa do resíduo pelos curtumes, reduzindo-se também o passivo ambiental, devido à disposição inadequada do lodo de reciclo de cromo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O resíduo de cromo utilizado neste trabalho é gerado em uma das linhas de tratamento de um curtume, instalado na cidade de Campo Grande – MS.

O resíduo foi coletado, no aterro de resíduos sólidos industriais perigosos do curtume, onde foram escolhidos alguns pontos aleatórios de amostragem, sendo armazenado em sacos plástico e levado até o laboratório. Antes de ser incorporado ao concreto, o resíduo foi moído em moinho de bolas e peneirado em peneira ABNT nº 20 (0,850 mm) (Figura 1).



Figura 1: Resíduo antes e após moagem e peneiramento

Foram moldados bloquetes paralelepípedicos, nas dimensões de 22,1 cm de comprimento, 10,6 cm de largura e 6 cm de altura, nas proporções de incorporação de resíduos em relação à massa de cimento de: 2,5%, 5%, 10%, além da proporção considerada referência de 0%, para os tempos de cura de 7, 28 e 90 dias.

O traço em massa dos artefatos de concreto, foi o de 1: 1,50: 1,50: 4,50 onde, respectivamente, correspondem à: cimento Portland: areia artificial: areia natural: brita nº 1.



Para fazer a mistura dos materiais utilizou-se betoneira. No processo, se coloca uma parte de água dentro da betoneira ligada, posteriormente se adiciona cimento, lodo de reciclo de cromo, areia natural, areia artificial, brita nº 1 e completa-se com a outra parte da água. Em todos os traços, a betoneira deve misturar os materiais, pelo tempo mínimo de 5 minutos.

Posteriormente, se prepara os moldes dos bloquetes, colocando-os sobre uma mesa vibratória, e adicionando-se uma nata de cimento no fundo destes, para se regularizar a parte de baixo do bloquete. Com o molde preparado, é adicionado a eles o traço de concreto, com a mesa vibratória vibrando em torno de 1 minuto. O objetivo é dar ao concreto a forma de bloquete desejada, fazendo que o concreto vibre se acomodando e preenchendo o total espaço do molde.

Passado um dia desde a hora em que se moldaram os bloquetes, vem à etapa de desformá-los dos moldes, onde estes permaneceram em um galpão protegidos em local seco (Figura 2).



Figura 2: Bloquetes desmoldados e protegidos de intempéries

Vale salientar que os corpos de prova tiveram a cura feita a seco (à temperatura ambiente, sem molhar), pelo fato de poderem entrar em contato com água, podendo haver solubilização do metal pesado cromo do material, o que descaracterizaria o material para os ensaios de lixiviação e solubilização posteriores.

Para avaliar as características dos bloquetes utilizados na pavimentação asfáltica, foram escolhidas as grandezas físicas módulo de resistência à compressão e absorção de água.

Dois dias antes de completar seu tempo de cura, foram retiradas amostras de todos os traços dos corpos de prova, posteriormente foram levados até a estufa onde permanecem à temperatura de 110°C por um dia. No dia antecedente a sua cura estabelecida, estes foram retirados da estufa e pesados.

Posteriormente, os bloquetes foram colocados em um tanque com água, onde os mesmos permanecem por um dia submersos, até à hora de se pesar novamente o bloquete e avaliar a absorção de água dos mesmos para o tempo de cura estabelecido.

Todas as amostras dos traços dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão, devem ser capeados na parte de cima e abaixo, com uma argamassa, para ficar totalmente plano para receber o carregamento da prensa hidráulica universal.

Após serem capeados, os bloquetes devem ficar por um período de um dia imersos em água, sendo retirados para o ensaio no momento exato de completar a sua cura (7,28 ou 90 dias).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo como referência a NBR 9781/1987, a resistência característica estimada à compressão deve ser maior ou igual a 35 MPa, para solicitações de veículos comerciais de linha e, igual ou superior a 50 MPa quando houver tráfego de veículos especiais ou cargas que provoquem acentuados efeitos de abrasão. Observando os valores expressos na tabela 1, verifica-se que os bloquetes manufaturados aos três tempos de cura, não atingiram o especificado por norma.

Tabela 1: Resistência à compressão dos bloquetes

| Proporção de Resíduos (%) | Tempo de Cura 7 dias (MPa) | Tempo de Cura 28 dias (MPa) | Tempo de Cura 90 dias (MPa) |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 0 | 25,1 | 25,9 | 26,5 |
| 2,5 | 18,6 | 19,1 | 18,8 |
| 5 | 13,6 | 18,0 | 16,1 |
| 10 | 17,8 | 24,2 | 21,8 |

A absorção de água é avaliada, para se ter um embasamento quanto à porosidade do material, sendo que ambas as grandezas são diretamente proporcionais, uma vez que estes dois parâmetros são inversamente proporcionais ao módulo de resistência à compressão. Então, corpos de prova que apresentem baixa absorção de água, possuem baixa porosidade e alta resistência, sendo que o inverso é verdadeiro (tabela 2).

Tabela 2: Absorção de água dos bloquetes

| Proporção de Resíduos (%) | Tempo de Cura 7 dias (%) | Tempo de Cura 28 dias (%) | Tempo de Cura 90 dias (%) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 5,7 | 4,6 | 5,9 |
| 2,5 | 5,7 | 5,0 | 5,9 |
| 5 | 4,7 | 4,4 | 4,7 |
| 10 | 3,9 | 3,7 | 2,9 |

A figura 3 apresenta os resultados obtidos para o módulo de resistência à compressão e para a absorção de água.

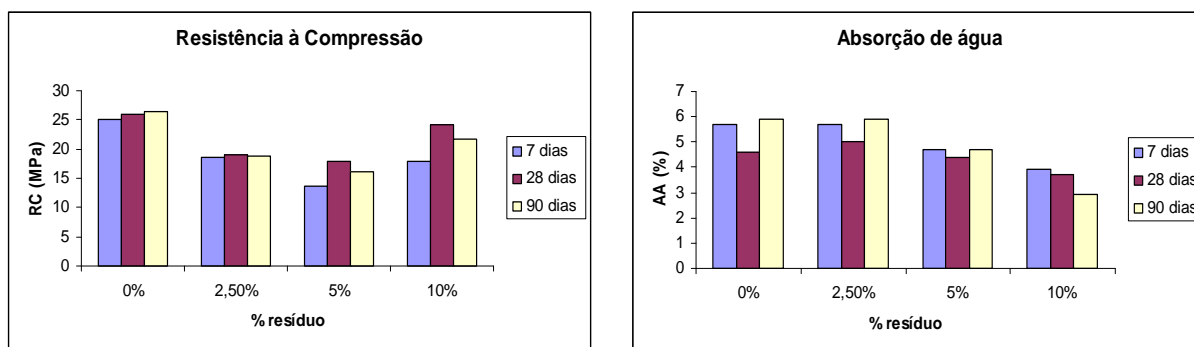


Figura 3: Módulo de resistência à compressão e absorção de água

Comparando-se o traço referência com os materiais elaborados com incorporação de 2,5% de resíduos, verifica-se que nesta proporção o lodo não influenciou na absorção de água. Porém conforme foi observado nos resultados dos ensaios de resistência à compressão, o lodo proporcionou uma queda da resistência à compressão.

Os corpos de prova manufaturados a 5% de lodo, apresentaram uma menor absorção de água, em relação aos bloquetes de 0%. Este fato não influenciou numa maior resistência à compressão, pelo contrário estes corpos de prova menos porosos, apresentaram uma resistência menor ao esperado.



É observado que apesar dos corpos de prova, elaborados com 5% de resíduos, apresentarem menor absorção de água se comparado com o traço de 2,5% de lodo, a resistência à compressão foi menor devido ao acréscimo de lodo, o que contraria o raciocínio esperado.

Nos corpos de prova elaborados com a adição de 10% de resíduo observou-se uma absorção de água bem menor, em relação a todos os traços, onde se verifica a lógica de que materiais menos porosos possuem uma maior resistência à compressão.

CONCLUSÕES

Foi observado que nenhum lote de corpos de prova, ensaiados para os tempos de cura a seco de 7, 28 e 90 dias, atenderam ao preconizado pela NBR 9781/1987, ou seja, não foi encontrada viabilidade técnica para elaboração de bloquetes de concreto para pavimentação.

Os corpos de prova manufaturados com 2,5% de resíduos apresentaram resultados de absorção de água muito próximo à proporção 0%, porém o valor de resistência à compressão baixou.

A proporção em traço de 5% de lodo de reciclo de cromo, teve um comportamento não esperado, sendo que a sua absorção de água foi menor que a de 2,5% e sua resistência foi diminuída.

A incorporação de lodo na proporção de 10% apresentou um comportamento viável de sua utilização, apesar de não ter sido atingida a resistência de norma, visto que a porosidade dos bloquetes foi diminuída (diminuindo a área de escape do metal pesado cromo) e sua resistência à compressão aumentada.

Recomenda-se moldar os bloquetes de concreto pelo processo vibro-prensado fazendo-se cura com proteção superficial ou a pesquisa de um traço de concreto que faça os corpos de prova atingirem o especificado em norma.

Ainda com relação aos bloquetes, é necessário fazer ensaios químicos no concreto, para se analisar a influência do lodo na hidratação do cimento e, assim, compreender melhor os resultados anômalos verificados.

Até o momento, foram realizados somente ensaios de caracterização física dos bloquetes de concreto, onde cabe ainda uma análise, de lixiviação e solubilização, segundo norma ABNT NBR 10.005/2004 e NBR 10.006/2004, respectivamente. Com esta análise, poderá se delinear quais as proporções mais adequadas de resíduos, para incorporação no concreto. Portanto, é imprescindível que se examine, mais detalhadamente, o comportamento do cromo nos corpos de provas, no que tange a sua imobilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pelo financiamento do projeto e pela concessão das bolsas de mestrado e Iniciação Tecnológica e Industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.005: lixiviação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.006: solubilização de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: peças de concreto para pavimentação – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
5. BRASIL - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005.



6. SENAI. Informativo do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional. N.93, Ano 15, 2006.
7. PAULO, L. M. Monitoramento Informacional nos curtumes do estado de Mato Grosso do Sul. Brasília, 2006. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação), Universidade Federal de Brasília.
8. PINTO, C. A.; HAMASSAKI, L. T.; DIAZ, F. R. V.; BÜCHLER, P. M. Estudo da porosidade em pastas de cimento no processo de estabilização por solidificação no tratamento de resíduos de curtimento. In: Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: ABES, 2001.