

ACERITA® – ESCÓRIA DE ACIARIA LD COM REDUÇÃO DE EXPANSÃO

Nocy Oliveira da Silveira⁽¹⁾
 Marco Valério Almeida Melo e Silva⁽²⁾
 Eugênio José Agrizzi⁽³⁾
 Marcelo Fernandes de Lana⁽⁴⁾
 Eudier Antônio da Silva⁽⁵⁾
 Ronaldo Lacourt de Mendonça⁽⁶⁾

Resumo

A escória de aciaria LD é utilizada na pavimentação rodoviária em vários países, entretanto há inúmeros relatos de problemas, principalmente as erupções de trincas ocorridas nos pavimentos causados pela expansão volumétrica dessa escória. Esses problemas conseqüentemente dificultam e restringem a utilização da escória de aciaria LD, passando a sua utilização concentrar-se em obras de menor responsabilidade técnica. Como esse tipo de obra é realizado cada vez em locais mais distantes das siderúrgicas, o custo do frete aumenta e outros materiais tornam-se economicamente mais viáveis que a escória, aumentando a necessidade da escória ser estocada. Objetivando resolver o problema da expansão volumétrica da escória de aciaria LD para garantir uma aplicação de qualidade na pavimentação rodoviária, mesmo nos projetos de maior responsabilidade técnica com revestimento asfáltico, a CST realizou uma parceria com uma empresa de consultoria rodoviária para adequar a escória de aciaria LD às características exigidas na pavimentação, propiciando e garantindo assim uma importante e ambientalmente correta forma de utilização para esse tipo de co-produto siderúrgico.

Palavras-chave: escória de aciaria LD, expansão e pavimentação.

ACERITA® – LD Steel Slag with Reduced Expansion Potential

Abstract

Steel slag is utilized as road pavement in several countries, however there are many identified cases of problems related to cracks on the roads caused by steel slag volume expansion. Consequently these problems difficult and restrict the use of the steel slag, forcing its use mainly in applications of lower technical responsibility. Considering the locations where this kind of use has being done have being become far and far from the steel plants, the cost of the freight increases and other materials become economically more viable than the slag, rising the necessity of the slag to be dumped, as land fill. In order to solve the volume expansion problem of the steel slag to guarantee its use as road pavement with quality control, even in high technical requirement projects with asphalt layer, CST developed with a Road Consulting Company a treatment to fit the LD steel slag to the characteristics demanded in road construction, propitiating and guaranteeing an important and environmentally correct use of this steel plant co-product.

Key-words: LD steel slag, volume expansion and pavement.

INTRODUÇÃO

Como em toda e qualquer siderúrgica, a geração de resíduos industriais e co-produtos são um fator inerente ao processo, sendo que na Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST são gerados aproximadamente 540 kg por tonelada de aço bruto, enquanto a média brasileira é de 700 kg/t.

O trabalho que segue apresentará o método desenvolvido para acelerar o processo de cura da escória de aciaria LD, através da hidratação e aeração desse material.

DESENVOLVIMENTO

Origem e caracterização da escória de aciaria LD

A escória de aciaria LD é obtida no processo de transformação de gusa em aço em convertedores tipo LD, onde os óxidos formados durante o sopro do oxigênio combinam-se com o CaO e MgO, dissolvidos, formando a escória

¹Executivo de vendas – CST

²Especialista de transporte rodo-ferroviário e beneficiamento de subprodutos – CST

³Especialista em Meio-ambiente – CST

⁴Especialista de Matérias-Primas – CST

⁵Consultor rodoviário – Consulpavi Consultoria Ltda.

⁶Consultor rodoviário – Kaeme Empreendimentos e Consultoria Ltda.

estável e distinta do banho metálico.

No Quadro 1, a seguir, é apresentada uma composição química típica das escórias de aciaria LD da CST.

Quadro 1. Composição química típica da Escória de Aciaria da CST

Usina	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Fe t	S
CST	45,2	5,5	0,8	12,2	7,1	18,8	0,07



Figura 1. Revestimento de asfalto rompido por expansão da Escória de aciaria LD



Figura 2. Aterro de Escória de aciaria LD retirado devido problemas de expansão – local: Coopeduc, Serra (ES)



Figura 3. Pilha de escória de aciaria LD sendo curada com vapor d'água.

Risco do uso impróprio

A utilização da escória de aciaria LD na pavimentação rodoviária é bastante conhecida em vários países do mundo. Entretanto os problemas que podem ocorrer no pavimento construído com essa escória também são conhecidos, notadamente a expansão volumétrica causada principalmente pela hidratação do CaO e MgO livres da escória de aciaria que rompe o revestimento asfáltico ou de concreto.

O termo escória de aciaria “curada” comumente refere-se à escória de aciaria que não apresenta o risco de expandir, por ter ficado estocada por um período mínimo de seis meses, apesar de outras literaturas afirmarem um ano ou até mesmo dois anos, entretanto a variável tempo não é o único fator responsável pela estabilização da escória. Os agentes que provocam a estabilização da escória são a água e o ar atmosférico através de reações de hidratação e carbonatação dos óxidos CaO e MgO livres, transformando-os em hidratos e carbonatos estáveis. Devido à característica de hidraulicidade da escória, a água da chuva por exemplo que caia sobre uma pilha de escória de aciaria reagirá com os óxidos de CaO e SiO₂ formando uma película, dificultando a penetração da água no interior da pilha, retardando assim a sua cura.

A diferença entre as condições de cura do exterior e do interior das pilhas de escória de aciaria é um dos principais fatores que resultarão nos problemas na pavimentação viária, pois se assume erroneamente que o material está todo curado apenas pelo fato do material ter sido estocado por um período mínimo de seis meses. A Figura 1 ilustra problema típico de expansão da escória em pavimento.

Ainda há um outro sério e importante risco de aplicação inadequada de escória de aciaria, que é utilizá-la como aterro de edificações ou até mesmo como agregado de concreto, a Figura 2 foi tirada no prédio de uma escola, onde a escória de aciaria obtida da CST, através de doação, foi utilizada como aterro e com o passar do tempo a umidade do solo causava a hidratação dos óxidos e, conseqüentemente, sua expansão. Para evitar o colapso da estrutura foi necessário remover toda a escória.

Dessa forma, a adequação da escória de aciaria LD com controle de qualidade especialmente no quesito expansibilidade possibilitará o incremento nas vendas para pavimentação viária a preços competitivos com relação aos materiais naturais, continuando a contribuir para a sociedade por possibilitar obras públicas de melhor qualidade e menor custo.

Métodos conhecidos de cura da escória de aciaria LD

Citaremos alguns métodos existentes para estabilização volumétrica da escória de aciaria:

a) Cura com utilização de vapor d'água – esse processo, em uso no Japão, consiste na cura da escória de aciaria LD através da injeção de vapor d'água sob a pilha de escória coberta com lona depositada numa baía especial. Esse processo dura seis dias e o seu

ciclo consiste do empilhamento do material na baía, cura através da ação do vapor, resfriamento e retirada do material. A literatura japonesa registra que nos testes de expansão, segundo a norma JIS, o percentual de expansão final é de menos de 0,5%, enquanto a norma JIS para pavimentação determina o máximo de 1,5%. A CST realizou alguns testes piloto de cura da escória de aciaria LD através desse método em sua planta, veja Figura 3 e 4, sendo que na avaliação da expansão pelo método PTM-130 obteve-se percentuais bem abaixo de 0,5%, cujo valor atende perfeitamente o preconizado pela norma do DNER para pavimentação no Brasil, onde é estabelecido o máximo de 3,0% de expansão medido pelo método PTM-130.

b) Cura com vapor sob pressão – nesse processo a escória de aciaria LD é colocada dentro de um autoclave, onde a mesma permanece por três horas submetida a uma atmosfera de vapor d'água sob pressão de 0,5 MPa, veja Figura 5, ao final desse tempo o efeito sobre a expansibilidade da escória é semelhante ao obtido no processo descrito anteriormente.

c) Cura por adição de sílica à escória de aciaria LD no estado líquido – esse processo desenvolvido pela Thyssen e FehS, na Alemanha, e em operação na planta da Thyssen neste mesmo país, consiste da adição de areia à escória de aciaria LD dentro de uma determinada característica e sobre a qual é soprado oxigênio, veja Figura 6 ilustrando este processo. O percentual de expansão final obtido é menor que 0,5% segundo método de ensaio europeu.

Metodologia para produção da ACERITA®

Cura acelerada por umectação e aeração da escória de aciaria LD – esse é o processo que foi desenvolvido pela CST juntamente com a Kaeme Empreendimentos e Consultoria, uma empresa especializada em construção de pavimentos rodoviários, tendo sido inclusive gerado um registro de patente no INPI em 2002.

Nesse processo a quantidade e periodicidade da umectação e aeração da escória de aciaria LD é previamente definida e

controlada, propiciando a aceleração das reações de hidratação dos óxidos CaO e MgO livres constituintes da escória, de forma a enquadrá-la aos limites de expansão volumétrica definidos pelas normas de pavimentação do DNIT (antigo



Figura 5. Autoclave desenvolvido pela Sumitomo e Kawasaki (Japão) para cura de escória de aciaria com vapor d'água a alta pressão

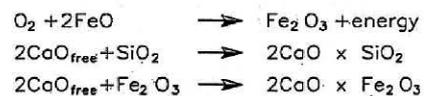
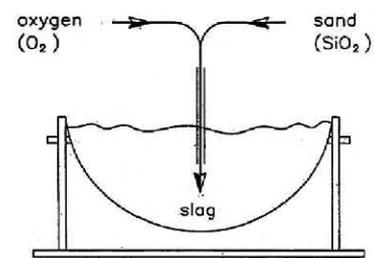


Figura 6. Esquema do processo de inertização da escória de aciaria LD pela adição de areia



ESCÓRIA DA ACIARIA DE 0 A 10 MM, CURADA NO VAPOR COM 22 HORAS DE AQUECIMENTO. LADO 01. TEMP. MÁX.: 100 GRAUS. TEMP. MED.: 90 GRAUS.

Figura 4. Gráfico termográfico da medição de temperatura da pilha de escória da fig. 3.



Figura 7. Produção Acerita® – hidratação da escória de aciaria



Figura 8. Produção Acerita® – aeração da escória de aciaria

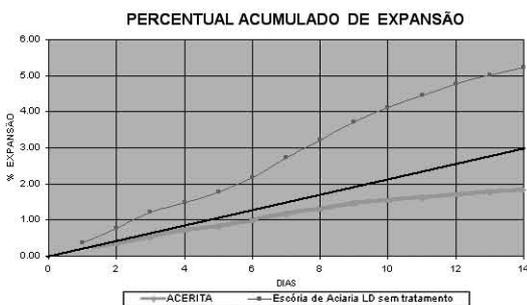


Figura 9. Resultado de análise de expansão pelo método PTM 130 (a reta em preto representa o limite permitido em Norma)



Figura 10. Base e sub-base construídos com acerita (TIMS – Terminal Industrial Multimodal da Serra – ES)



Figura 11. Base do “stop way” construído com acerita (Pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Vitória – ES)

DNER), a essa escória devidamente tratada denominamos ACERITA®. Veja Figuras ilustrativas 7 e 8. A definição do método para a produção da Acerita deu-se após um programa experimental de acompanhamento da cura da escória, no qual comparou-se o efeito isolado da umectação com o efeito da umectação conjugada com aeração periódica sobre a efetividade na redução da expansão volumétrica.

Através do processo, o tempo de cura é reduzido para no máximo dois meses, tendo o material um controle de qualidade que garante a redução da expansão de todo lote tratado aos níveis exigidos, ou seja, abaixo de 3,0% pelo método PTM 130 (Pennsylvania Testing Method, USA), que será melhor explicado no tópico seguinte.

Esse processo, apesar de apresentar um tempo maior de tratamento e um final de expansão residual maior do que os outros três citados anteriormente, é perfeitamente compatível com o custo de produção e condições do mercado brasileiro, como também está de acordo com o que preconiza as normas de pavimentação brasileiras.

Métodos de análise de expansão da escória de aciaria

Ao tratarmos sobre percentual de expansão da escória de aciaria LD, é necessário indicarmos qual metodologia será utilizada, pois cada tipo de ensaio apresenta um resultado diferenciado. No meio rodoviário brasileiro, o método de ensaio largamente utilizado é o do CBR, no qual o corpo de prova fica submerso por 96 horas num tanque com água em temperatura ambiente. Neste ensaio é admitido até 0,50% de expansão (Normas DNER-ME-74 e ME-50-64).

As normas DNER-EM 262/94 e DNER-PRO 263/94 determinam que deve haver um rigoroso controle à expansão da escória de aciaria através do método PTM 130, adaptado pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais. O ensaio demonstra que o corpo de prova permanece 14 dias dentro de uma estufa à 72 °C, sendo os sete primeiros dias totalmente submerso em água e os dias restantes apenas saturado com água. O limite aceitável de expansão por esse método é de 3,0%. A Figura 9 demonstra o percentual de expansão obtido na análise de uma amostra de escória de aciaria LD com mais de seis meses de estocagem e de outra de Acerita.

Apesar do método CBR apresentar aparentemente um percentual limite menor em relação ao método PTM 130, as verificações em laboratório têm demonstrado que esse segundo método é mais restritivo que o primeiro; ou seja, uma vez que a expansão da escória de aciaria atende o limite determinado no PTM 130, também atenderá o critério de expansão pelo CBR.

Características da ACERITA® para pavimentação rodoviária

O desempenho da Acerita na pavimentação rodoviária é o da própria escória de aciaria LD, excetuando-se os efeitos da

expansão volumétrica. Entre as vantagens oferecidas por este material podemos destacar:

- a) maior resistência à abrasão (abaixo de 25% pelo ensaio Los Angeles);
- b) maior resistência ao desgaste (em solução de sulfato de magnésio);
- c) ausência de material orgânico;
- d) maior módulo de elasticidade;
- e) maior capacidade de suporte (índice CBR) e
- f) forma de grão cúbico que confere ótima consistência e adesividade às misturas asfálticas.

Essas características, comparativamente aos materiais pétreos convencionais, proporcionam obras de maior durabilidade devido à menor deterioração do material sob a ação do tráfego, possibilitando inclusive diminuição nas espessuras das camadas, o que acen-tua o ganho econômico oriundo do menor custo do material.

As Figuras 10 e 11 referem-se às obras realizadas respectivamente em Ago/01 e Nov/02 com utilização da acerita. A CST através da Kaeme Consultoria está realizando um monitoramento técnico delas, para avaliação estrutural do pavimento, através de análises de deflexão, inspeção visual, como, também, retirada de amostras para

ensaio em laboratório, cujos resultados têm se mostrado de excelente desempenho.

Ganhos ambientais

Um importante ganho ambiental advindo da utilização da escória de aciaria LD através da Acerita é a substituição de materiais naturais, que por sua vez implica na redução de exploração das jazidas de granito gnaisse de outras rochas naturais. Ou seja, menor geração de particulados, menor utilização de explosivos e diminuição do assoreamento de rios.

Um segundo fator, não menos importante, é a garantia de uma aplicação técnica e ambiental-mente correta da escória de aciaria LD na pavimenta-ção viária, um grande demandante de material, capaz inclusive de eliminar a necessidade de dis-posição e estocagem da escória de aciaria, que não agrega valor, mas sim custos e passivos ambientais.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento da ACERITA® pela CST juntamente com a Kaeme e o seu emprego na pavimentação viária, com controle de qualidade, faz parte do exercício do desenvolvimento sustentável, através da transformação de um resíduo em um produto, proporcionando obras viárias, uma melhor qualidade à população. Bem como, menor custo às siderúrgicas um processo de tratamento mais em conta a esse importante co-produto siderúrgico: escória de aciaria.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, J. C. A. **Um estudo de avaliação estrutural e econômica de pavimentos flexíveis de escória de aciaria**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. 130 p.
- BRÉSIL: Laitier d'aciérie à tous les étages! **Laitiers Siderurgiques**, La Défense, n. 81, p. 12-22, déc.2001.
- CST usa escória para pavimentação. **Engenharia Ciência e Tecnologia**, Vitória, v. 04, n. 2, p. 7-20, mar./abr.2001.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Emprego de escórias de aciaria em pavimentos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1994. (DNER – PRO 263/94)
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Escórias de aciaria para pavimentos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1994. (DNER – EM 262/94)
- FEhS-Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Eisenüttenschlacken. **Iron and steel slags: properties and utilisation: reports from 1974 – 2000**. Alemanha, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Estudo sobre aplicações de escórias siderúrgicas: relatório final**. Rio de Janeiro, 1999.
- JAPAN INDUSTRIAL STANDARD. **Slag for road construction**. Tokio, 1992. (JIS A 5015)
- MORISHITA, S.; KOIDE, H.; KOMAI, K. **The development of a new aging process of steel-making slag**. Japão: Catálogo Sumitomo Metal Industries, 1998.