

Estudo da viabilidade da utilização de carepa de aço na produção de concreto

GISELE LOPES PEREIRA¹

RAFAEL JESUS COSSA²

FERNANDA MACEDO PEREIRA³

RESUMO

A carepa de aço é um resíduo sólido gerado na fabricação do aço, normalmente depositado ao ar livre no pátio de siderúrgicas. O presente trabalho visa avaliar a possibilidade de incorporação da carepa de aço em concretos de cimento Portland, como substituição à areia natural quartzosa. Foram produzidos concretos com traços 1:3,5; 1:5,0 e 1:6,5, com diferentes teores do resíduo (0%, 10%, 25% e 40%) e abatimento de 110 ± 10 mm, para determinação da resistência à compressão absorção de água. Os concretos com carepa de aço exigiram maior quantidade de água para manutenção da trabalhabilidade fixada. A análise dos resultados indicou para concretos com relações água/cimento 0,55 e 0,65 redução da resistência à compressão e maior absorção de água à medida que o teor de carepa de aço aumenta.

Palavras-chave: Carepa de aço, concreto, resistência à compressão, absorção de água.

ABSTRACT

Mill scale is a solid waste formed on steel surface during steel manufacture, usually deposited outdoor at steel-making industries. This work aims to evaluate the use of mill scale in cement Portland concrete, as a replacement

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil/ULBRA – Bolsista PROICT/ULBRA

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil/ULBRA – Bolsista BIC/FAPERGS

³ Professora-Orientadora do Curso de Engenharia Civil/ULBRA e do PPG Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais/ULBRA (fernanda.pereira@ulbra.br)

for natural fine aggregate. Concretes with mix proportioning 1:3,5, 1:5,0 and 1:6,5 were produced varying the mill scale content from 0% to 40%, with a given slump 110 ± 10 mm, for determination of compressive strength and water absorption. Concrete with mill scale has demanded greater water content to maintain the workability. The results indicated that concretes with water/cement ratio 0,55 and 0,65 have a reduction in the compressive strength and greater water absorption as the mill scale content increases.

Key words: Mill scale, concrete, compressive strength, water absorption.

INTRODUÇÃO

A preocupação com a preservação do meio ambiente e aspectos vinculados à gestão ambiental é crescente nos últimos anos, apresentando-se como uma constante nos diversos segmentos industriais (LEVY, 2001).

Exigências sociais e governamentais, bem como instâncias legais, incentivam cada vez mais a adoção de práticas ecoeficientes pelas indústrias, com investimentos em atualizações tecnológicas que possibilitem otimizar a utilização de recursos naturais e o desenvolvimento de alternativas para a disposição adequada de subprodutos industriais.

O problema dos rejeitos industriais não termina com a sua captação, visto que a disposição inadequada dos resíduos, com deposição de grandes quantidades em locais impróprios, ocasiona efeitos deletérios ao meio ambiente, gerando riscos de contaminação do solo, atmosfera e fontes de água.

Conseqüência direta desse fato são os recentes avanços no desenvolvimento de novos materiais e aproveitamento de resíduos de diversos setores produtivos como subproduto de valor agregado, visando assegurar a integração e o equilíbrio entre o desenvolvimento industrial e a proteção ambiental. Além disso, em diversos setores da indústria, esforços tecnológicos têm sido concentrados em ações que levem à utilização de tecnologias de produção mais limpas que possibilitem a redução dos resíduos

ou incorporação destes dentro do próprio processo produtivo que os gerou ou ainda como insumo em outros processos produtivos.

A carepa de aço é um resíduo sólido gerado na fabricação do aço, produzida na oxidação da superfície do aço quando este se encontra a elevada temperatura. O metal a alta temperatura reage com o oxigênio formando um óxido de ferro com baixa aderência. A carepa deve ser removida para evitar inclusões que diminuem a qualidade do aço durante sua conformação mecânica por laminação ou outro processo de deformação plástica.

A quantidade de carepa gerada na fabricação do aço é significativa, sendo normalmente depositada ao ar livre no pátio de siderúrgicas. Dados apresentados por Oliveira (2004) revelam que, em usinas integradas, a produção de 1 tonelada de aço produz 10 kg de carepa. A disposição da carepa de aço em pátios deve ser realizada seguindo-se as normas ambientais pertinentes, visto que este resíduo pode ser classificado como classe I, resíduos perigosos, segundo a NBR 10004 (2004).

A indústria da construção civil, por ser grande consumidora de recursos naturais, constitui-se em potencial consumidora de subprodutos e resíduos provenientes de outras indústrias, tais como as siderúrgicas (JOHN, 2000).

De acordo com Sjöström, citado por Pagnussat (2004), a construção civil consome entre 14% a 50%

dos recursos naturais extraídos no planeta. Considerando que no Brasil são produzidas aproximadamente 35 milhões de toneladas de cimento por ano e que, na produção de concreto, o cimento é misturado com agregados, em média, a partir de um traço 1:5 (cimento:agregados), em massa, é possível estimar um consumo anual de aproximadamente 200 milhões de toneladas de agregados, sem levar em conta o volume de agregados utilizados em pavimentação.

Alguns resíduos provenientes de operações de siderurgia e metalurgia já possuem uso consagrado e disseminado no setor da construção civil, como, por exemplo, as escórias granuladas de alto-forno provenientes da produção do ferro-gusa, utilizadas na fabricação de cimentos Portland (MOURA, 2000).

Alternativas para a utilização de subprodutos decorrentes da fabricação do aço, como a escória de aciaria (MASUERO, 2001) e a carepa de aço, vêm sendo desenvolvidas, podendo vir a viabilizar a redução do consumo de matérias-primas naturais e os impactos decorrentes da sua extração no meio ambiente.

Estudos realizados pela Gerdau (2003) verificaram a viabilidade de reciclagem da carepa de aço em artefatos de cimento para calçamento, através da substituição da areia e brita por carepa. Os resultados obtidos apontaram possibilidade da obtenção de produtos com custo significativamente inferior aos existentes no mercado.

Cunha et al. (2006) estudaram o beneficiamento e a reciclagem de carepas geradas no processo siderúrgico através de caracterizações físicas e químicas que permitiram investigar suas propriedades e potencialidades industriais.

Martins (2006) em seu trabalho de mestrado realizou a caracterização química e mineralógica de

diversos resíduos industriais, incluindo a carepa de laminação, a fim de contribuir para a incorporação dos resíduos como matéria-prima em aplicações industriais, de modo a minimizar impactos ambientais e reduzir custos.

A utilização da carepa de aço como insumo na construção civil pode proporcionar resultado amplamente positivo em relação a tendências atuais de gestão ambiental, como o conceito de “resíduo zero”, onde um resíduo de uma produção industrial é matéria-prima para outro processo industrial. Além disso, a reciclagem de resíduos contribui significativamente para a redução do consumo de recursos naturais, além de minimizar a deposição inadequada e, conseqüentemente, reduzir os impactos deletérios ao meio ambiente.

A consagração de um processo de reciclagem e incorporação de resíduos representa um paradigma de desenvolvimento sustentável à sociedade, com eliminação ou minimização de riscos para o meio ambiente.

Dentro deste contexto, a utilização da carepa de aço pode apresentar-se como alternativa relevante na produção de concretos de cimento Portland, sendo imperativo, no entanto, o desenvolvimento de novos estudos que permitam verificar a viabilidade técnica e potencialidade do emprego desse material.

O presente trabalho apresenta com objetivo avaliar a viabilidade de incorporação da carepa de aço em concretos de cimento Portland, como substituição de areia natural quartzosa normalmente utilizada na sua produção, analisando-se a resistência à compressão e a absorção de água de concretos com diferentes teores do resíduo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo experimental foi utilizado cimento do tipo CP IV-32, por ser amplamente utilizado no Estado do Rio Grande do Sul, com características de acordo com as especificações da ABNT NBR 5736 (1991). Como agregados foram utilizados areia natural quartzosa proveniente do leito do rio Jacuí, comercialmente denominada areia regular, e brita de origem basáltica com dimensão máxima característica 19 mm. A carepa de aço foi

proveniente da Siderúrgica Gerdau Riograndense, localizada em Sapucaia do Sul/RS. Na produção dos concretos foi utilizada água proveniente da rede de abastecimento local da ULBRA Canoas.

A Tabela 1 apresenta a composição granulométrica dos agregados e da carepa de aço, determinada de acordo com a ABNT NBR NM 248 (2003). Na Tabela 2 é apresentada a massa específica dos agregados e da carepa de aço, determinadas pelo método do picnômetro.

Tabela 1 - Composição granulométrica dos agregados.

PENEIRAS	MASSA RETIDA (KG)			% EM MASSA					
				RETIDA			ACUMULADA		
	AREIA	BRITA	CAREPA	AREIA	BRITA	CAREPA	AREIA	BRITA	CAREPA
19MM	-	0,052	-	-	5	-	-	5	-
12,5MM	-	0,378	-	-	38	-	-	43	-
9,5MM	-	0,320	-	-	32	-	-	75	-
6,3MM	-	0,222	-	-	22	-	-	97	-
4,75MM	0,008	0,019	0,004	1	2	1	1	99	1
2,36MM	0,031	0,007	0,016	3	1	3	4	100	4
1,18MM	0,048	0,000	0,035	5	0	7	9	100	11
600µM	0,121	-	0,066	12	-	13	21	100	24
300µM	0,433	-	0,069	43	-	14	64	100	38
150µM	0,320	-	0,116	32	-	23	96	100	61
<150µM	0,039	0,002	0,194	4	0	39	100	100	100-
TOTAL	1	1,000	0,500	100	100	100	195	679	139
Módulo de finura							1,95	6,79	1,39
Dimensão máxima característica (mm)							2,36	19	2,36

Tabela 2 - Massa específica dos agregados.

Agregado	MASSA ESPECÍFICA (KG/DM ³)
AREIA NATURAL	2,63
Brita	2,92
Carepa de aço	4,28

Foram realizadas dosagens de concreto pelo método IPT/EPUSP apresentado por Helene e Terzian (1992), com traços de concreto de 1:3,5; 1:5,0 e 1:6,5, com teores de carepa de 0%, 10%, 25% e 40% e abatimento pelo tronco de cone fixado

na faixa de 110 ± 10 mm, para determinação da resistência à compressão aos 7 e 28 dias de idade e da absorção de água.

A carepa de aço foi utilizada como agregado miúdo, nos teores determinados, em substituição à areia natural. Tendo em vista a diferença das massas específicas da areia natural e da carepa de aço, foi realizada a correção da massa de agregado miúdo, de modo a manter-se constante para cada

combinação traço/teor de carepa o consumo de cimento por metro cúbico de concreto.

Para a realização dos ensaios propostos foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos (10 x 20 cm), moldados segundo a ABNT NBR 5738 (2003),

sendo dois corpos-de-prova para o ensaio de resistência à compressão para cada idade e três corpos-de-prova para o ensaio de absorção de água, para cada combinação de traço e porcentual de carepa por idade, conforme mostra a Tabela 3, num total de 84 corpos-de-prova.

Tabela 3 - Corpos-de-prova para a realização dos ensaios propostos.

Traço/Carepa	0%	10%	25%	40%
1:3,5				
1:5,0				
1:6,5				

= resistência à compressão 7 dias
 = resistência à compressão 28 dias
 = absorção de água 28 dias

As Figuras 1 e 2 ilustram, respectivamente, a produção do concreto e a moldagem dos corpos-de-prova.



Figura 1 - Produção do concreto.



Figura 2 - Moldagem dos corpos-de-prova.

O ensaio de abatimento pelo tronco de cone foi realizado segundo a ABNT NBR NM 67 (1998), conforme mostra a Figura 3.

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados conforme os procedimentos estabelecidos na ABNT NBR 5739 (2007), aos 7 e 28 dias de ida-

de, com capeamento à base de enxofre e os ensaios de absorção de água conforme as recomendações da ABNT NBR 9778 (2006). A Figura 4 mostra a determinação da resistência à compressão, em prensa eletro hidráulica com capacidade de 150 toneladas.



Figura 3 - Ensaio de abatimento pelo tronco de cone.



Figura 4 - Determinação da resistência à compressão.

A partir das curvas de comportamento obtidas (diagramas de dosagem) foram calculados os parâmetros de resposta para as relações a/c 0,55 e 0,65.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na produção dos concretos e a Tabela 5 os resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água.

Tabela 4 - Parâmetros de moldagem dos concretos produzidos.

Traço	Teor de carepa (%)	Abatimento (mm)	H (%)	Relação água/cimento
1:3,5	0	110	10,03	0,51
1:5,0		110	9,58	0,63
1:6,5		110	9,58	0,80
1:3,5	10	105	10,79	0,49
1:5,0		105	9,81	0,60
1:6,5		100	9,78	0,75
1:3,5	25	115	11,20	0,53
1:5,0		105	10,60	0,67
1:6,5		110	10,60	0,84
1:3,5	40	110	11,40	0,55
1:5,0		105	10,45	0,68
1:6,5		120	10,87	0,90

Tabela 5 - Resistência à compressão e absorção de água dos concretos produzidos.

Traço	Teor de carepa (%)	Resistência à compressão (MPa) *		Absorção de água (%)
		7 dias	28 dias	
1:3,5	0	24,8	33,5	4,01
1:5,0		16,6	24,1	4,67
1:6,5		10,2	15,2	6,34
1:3,5	10	19,9	29,2	7,34
1:5,0		14,9	22,5	7,91
1:6,5		9,1	13,6	8,03
1:3,5	25	16,0	25,9	7,31
1:5,0		10,4	16,8	8,84
1:6,5		5,6	9,4	8,95
1:3,5	40	17,7	22,7	4,50
1:5,0		12,0	15,2	5,69
1:6,5		7,2	8,3	7,33

* Resultados potenciais (maior valor do par de corpos-de-prova).

Nas Figuras 5 a 8 são apresentados os diagramas de dosagem obtidos a partir da produção dos concretos e realização dos ensaios de resistência à compressão.

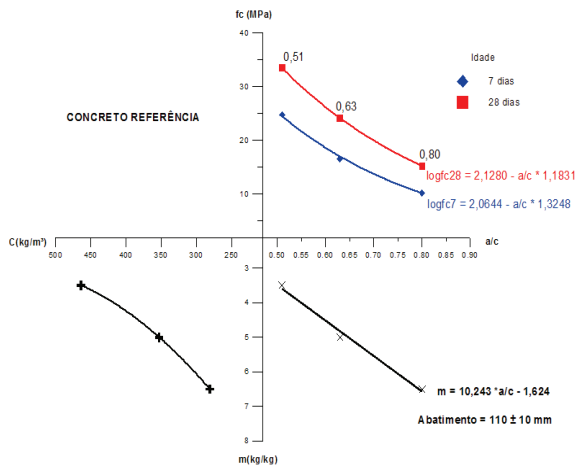


Figura 5 - Diagrama de dosagem – 0% de carepa de aço.

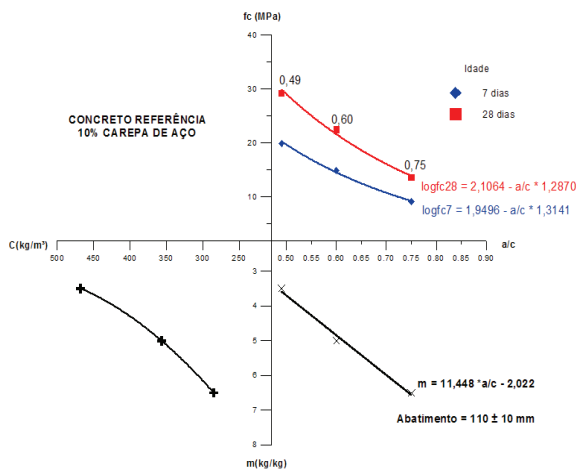


Figura 6 - Diagrama de dosagem – 10% de carepa de aço.

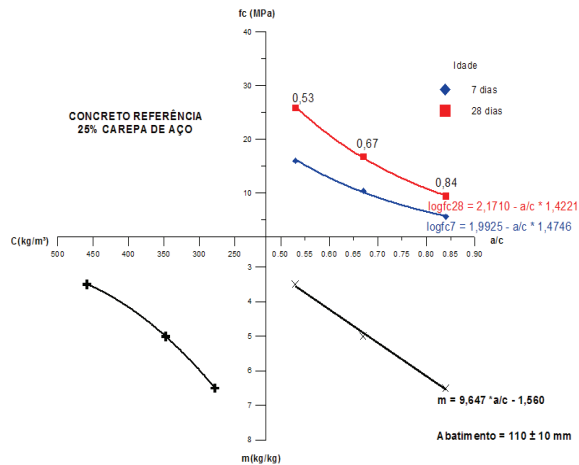


Figura 7 - Diagrama de dosagem – 25% de carepa de aço.

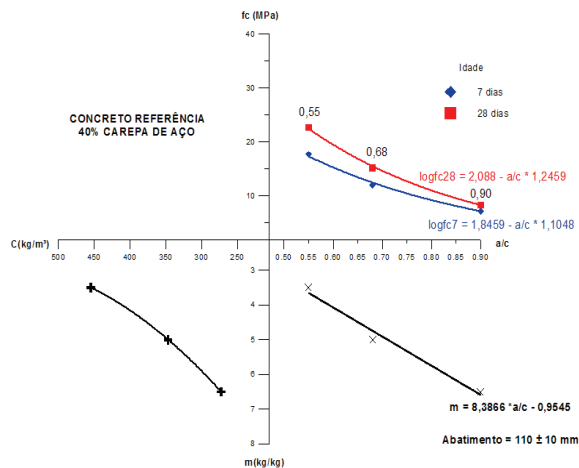


Figura 8 - Diagrama de dosagem – 40% de carepa de aço.

A Figura 9 apresenta os resultados de resistência à compressão, determinados a partir dos diagramas de dosagem, para as relações água/cimento 0,55 e 0,65, pré-estabelecidas para comparação do desempenho dos concretos com os diferentes teores de carepa de aço analisados.

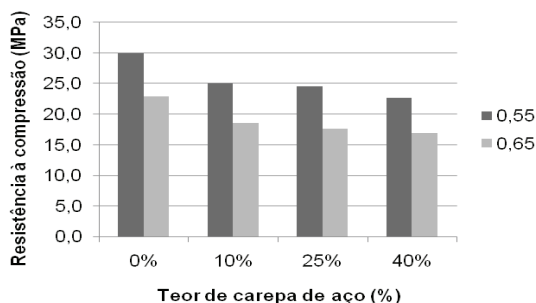


Figura 9 - Resistência à compressão – relações água/cimento 0,55 e 0,65.

Na Figura 10 são apresentados os resultados da absorção de água para as relações água/cimento 0,55 e 0,65, determinados a partir das curvas de comportamento apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Relação entre a absorção de água e a relação água/cimento.

TEOR DE CAREPA	RELAÇÃO ABSORÇÃO X RELAÇÃO A/C
0%	$Abs = 1,753 \cdot \exp(1,5942 \cdot A/C)$
10%	$Abs = 6,3287 \cdot \exp(0,3312 \cdot A/C)$
25%	$Abs = 5,4194 \cdot \exp(0,6325 \cdot A/C)$
40%	$Abs = 2,167 \cdot \exp(1,384 \cdot A/C)$

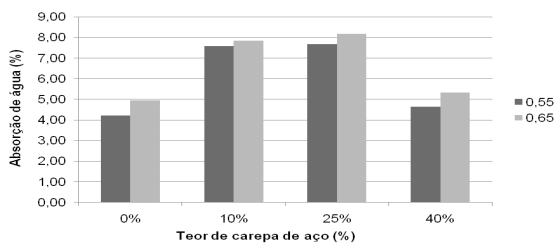


Figura 10 - Absorção de água – relações água/cimento 0,55 e 0,65.

A partir dos resultados obtidos foi identificado que a utilização de carepa de aço aumentou o teor de água (H%) para a manutenção de um mesmo abatimento.

A análise dos resultados, realizada a partir das curvas de comportamento obtidas para cada traço estudado, indicou para concretos com relações

água/cimento 0,55 e 0,65 redução da resistência à compressão e uma maior absorção de água quando é utilizada a carepa de aço em substituição à areia natural.

Para concretos com relação água/cimento 0,55, com os teores de carepa 10%, 25% e 40% a resistência à compressão diminuiu, respectivamente, 17%, 18% e 24%, em relação ao concreto de referência (redução média de 20%). A absorção de água aumentou, respectivamente, 80%, 82% e 10% em relação ao concreto de referência.

Concretos com relação água/cimento 0,65 apresentaram com a substituição de 10%, 25% e 40% resistência à compressão, respectivamente, 19%, 23% e 26% menor em relação ao concreto de referência (redução média de 23%). Para esta mesma relação água/cimento a substituição de 10%, 25% e 40% de areia natural por carepa de aço aumentou a absorção de água, respectivamente, em 59%, 66% e 8%.

Uma hipótese considerada para a redução da resistência à compressão é a presença de óleos e graxas na carepa de aço, oriundos da laminação e lingotamento contínuo, que podem influenciar nas reações de hidratação do cimento Portland. Ensaios para determinação dos teores desses elementos estão sendo realizados.

Já Goergen (2006), ao estudar o emprego de carepa de aço em concretos para confecção de peças pré-moldadas de pavimentação, concluiu que o resíduo melhorou o desempenho dos concretos estudados quanto à resistência à compressão em relação ao concreto convencional, com um incremento de aproximadamente 10%. O autor ainda comenta que o aspecto visual e a trabalhabilidade do concreto não apresentaram modificações relevantes.

Salienta-se, no entanto, que os traços utilizados pelo autor, com e sem a carepa de aço, apresentam proporcionamentos de materiais distintos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento desta pesquisa foi investigado o efeito da substituição de areia natural quartzosa, usualmente empregada para a produção de concretos, pela carepa de aço resultante da fabricação do aço, no desempenho de concretos de cimento Portland. De acordo com os resultados obtidos é possível concluir que:

O emprego da carepa de aço aumentou a demanda de água para a manutenção da trabalhabilidade requerida;

Concretos, tanto com relação a/c igual a 0,55, como com relação a/c igual a 0,65 apresentaram uma redução média na resistência à compressão de 20% e 23%, respectivamente, em relação ao concreto de referência;

A absorção de água para concretos com relações a/c 0,55 e 0,65 apresentou um aumento médio de 57% e 44%, respectivamente, em relação ao concreto de referência.

AGRADECIMENTOS

À ULBRA, pela bolsa de Iniciação Científica, à Gerdau Riograndense, pela doação da carepa de aço; à Engemix S.A., pela realização dos ensaios de resistência à compressão e à Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC, pelos ensaios de massa específica dos agregados e da carepa de aço.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM67**: Concreto - determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. São Paulo: ABNT, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. São Paulo: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5736**: Cimento Portland pozolânico - Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

CUNHA, A.F et al. Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos. **Metalurgia & Materiais**, Ouro Preto, v.59, n. 1, p.111-116, 2006.

GERDAU S.A. **Construindo com o aço o desenvolvimento sustentado**. Relatório anual

de atividades, 2003. Disponível em: <http://www.gerdau.com.br>. Acesso em março de 2006.

GOERGEN, D.A. **Utilização do resíduo carepa de aço na fabricação de blocos de concreto**. Lajeado: Centro Universitário UNIVATES, 2006. Trabalho de conclusão de curso.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Ed. Pini, 1992. 349 p.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEVY, S.M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. 194f. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MARTINS, F.M. **Caracterização química e mineralógica de resíduos sólidos industriais minerais do Estado do Paraná**. 2006. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

tação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MASUERO, A.B. **Estabilização das escórias de aciaria elétrica com vistas a sua utilização como substituição ao cimento**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MOURA, W.A. **Utilização de escória de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

OLIVEIRA, L.C.P. **Panorama da gestão de resíduos: evoluções e tendências**. In: WORKSHOP - GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR MINERO-METALÚRGICO, 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Siderurgia, 2004.

PAGNUSSAT, D. **Utilização de escória granulada de fundição (EGF) em blocos de concreto para pavimentação**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.