



CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DOS SETORES PRODUTORES DE RESÍDUOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR/BAHIA



José Clodoaldo Silva Cassa (*em memória*)
Irineu Antônio Schadach de Brum
Alex Pires Carneiro
Dayana Bastos Costa

Um dos principais problemas que afeta a qualidade de vida, nos grandes centros urbanos, é o volume de resíduos gerado diariamente. Aspectos técnicos e operacionais envolvidos nessa questão são bastante conhecidos e estão relacionados à quantidade e à diversidade dos materiais descartados pela sociedade. Atualmente, os resíduos sólidos constituem um dos maiores problemas para as empresas e administrações públicas, visto que seu gerenciamento adequado acarreta custos elevados. Nas grandes cidades, o problema é ainda mais grave, devido à quantidade de resíduos gerados e à falta de áreas adequadas, próximas e disponíveis para deposição desses materiais.

Conforme apresentado no capítulo anterior, a reciclagem e o reaproveitamento de resíduos sólidos como matéria-prima para a construção civil assumem significativa importância para a minimização dos problemas ambientais causados pela geração de resíduos de atividades urbanas e industriais.

A construção civil é atualmente o grande reciclador de resíduos provenientes de outras indústrias. Resíduos como a escória granulada de alto forno, as cinzas volantes, a sílica ativa, entre outros, são incorporados rotineiramente nas construções, embora esse setor tenha um potencial consumidor ainda maior (Cassa et al, 1998).

Portanto, a realização de um diagnóstico, para identificar os principais resíduos gerados numa região, avaliando o conhecimento disponível sobre cada um e analisando o seu potencial de aproveitamento na construção civil, é uma atividade fundamental para o desenvolvimento de ações de gestão ou de pesquisa visando à reciclagem ou aproveitamento de resíduos na produção de materiais de construção.

Neste capítulo, é apresentado o diagnóstico dos resíduos sólidos dos setores de química, mineração, metalurgia, limpeza urbana e

construção civil, produzidos na Região Metropolitana de Salvador (RMS). Esse diagnóstico, realizado em 1998, identificou e localizou as principais ocorrências, incluindo a quantificação e a avaliação do conhecimento disponível, bem como o potencial de aproveitamento desses resíduos como matéria-prima para produção de materiais de construção.

O levantamento dos dados foi realizado através de visitas às indústrias, aplicação de questionários, informações obtidas em órgãos ambientais, Secretarias e Superintendências de Governo, Federação das Indústrias, associações de classe, instituições de pesquisa, órgãos da Prefeitura, entre outros.

O nível de conhecimento dos resíduos identificados foi avaliado e classificado como: pouco ou nenhum conhecimento; pesquisa básica em andamento ou concluída; pesquisa aplicada em andamento ou concluída; produção comercial; prioridades, recomendações e oportunidades. A partir dessa avaliação foi possível identificar os resíduos de maior potencial para a produção de materiais e contribuir para a definição de linhas prioritárias de Pesquisa & Desenvolvimento na região.

DIAGNÓSTICO DO SETOR QUÍMICO

A indústria química e petroquímica representa atualmente um expressivo setor da economia nacional, com importante participação no Produto Interno Bruto. Contudo, diversos processos de produção da indústria química são geradores de resíduos sólidos, classificados como desde inertes até altamente perigosos. Na Bahia, a implantação tanto do Complexo Petroquímico de Camacari — COPEC quanto do Centro Industrial de Aratu — CIA consolidou a presença de empresas do setor químico na RMS.

A riqueza natural da região onde está instalado o COPEC e o CIA é muito vasta. A região de Camacari, sede do COPEC, está localizada entre dois importantes rios, o rio Jacuípe e rio Joanes, e sobre o maior reservatório de água subterrânea do Estado (formação São Sebastião). A avaliação da qualidade dos recursos ambientais do Complexo Petroquímico de Camacari indicou a ocorrência de significativos impactos ambientais em vários locais dessa área (Centro de Recursos Ambientais, CRA, 1985).

O Centro de Recursos Ambientais do Estado da Bahia — CRA (1985), encontrou indústrias com resíduos sólidos depositados de forma inadequada nos terrenos das empresas, em tanques, bacias e pilhas, constituindo fontes potenciais de contaminação dos recursos hídricos da região. Atualmente a CETREL S/A — EMPRESA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL é responsável pelo tratamento e disposição final de significativa parte dos resíduos sólidos gerados pelo COPEC.

A apresentação do diagnóstico dos resíduos do setor químico está dividida entre os setores industriais já consolidados: **Complexo Petroquímico de Camacari — COPEC** e **Centro Industrial de Aratu — CIA**. Nesse item, também é apresentado o diagnóstico da **Indústria de Cerâmica Vermelha**, que gera uma quantidade significativa de resíduos e possui mais de 30 empresas dispersas nos municípios da RMS.

COMPLEXO PETROQUÍMICO DE CAMAÇARI - COPEC

Usualmente chamado de Pólo Petroquímico de Camacari, o COPEC iniciou suas operações em 1978, sendo o maior e mais completo complexo industrial da América do Sul, considerando não somente a quantidade de indústrias instaladas, mas também a quantidade de resíduos industriais gerados por essas instalações. Esse complexo está voltado para a produção de petroquímicos



de primeira, segunda e terceira gerações (Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial, SUDIC, 1997b). A economia da Região Metropolitana de Salvador, bem como a do próprio Estado, é influenciada pelas suas atividades, através do recolhimento de impostos, da geração de empregos, da atração de investimentos, do crescimento populacional, dentre outros aspectos.

Suas indústrias estão localizadas a cerca de 50 quilômetros de Salvador, nas proximidades do litoral norte do Estado da Bahia, entre as cidades de Camacari e Dias D'Ávila. Estão situadas na área do Complexo Básico e nas áreas industriais Norte, Leste e Oeste.

São mais de 50 empresas, em sua maioria químicas ou petroquímicas, incluindo-se outros segmentos industriais, como a metalurgia, celulose, manutenção industrial e bebidas. Os resíduos gerados pelas empresas do setor químico do COPEC são apresentados na **Tabela 1**. Essas informações foram obtidas no “Guia de Compra e Venda de Sobras Industriais” publicado pela Bolsa de Resíduos, programa da Federação das Indústrias do Estado da Bahia, que promove a troca de informações entre as empresas geradoras de resíduos e potenciais usuários (Federação das Indústrias do Estado da Bahia, FIEB, 1997).

De um modo geral, os resíduos do setor químico da COPEC são gerados em pequenas quantidades, que, sem tratamento prévio, não apresentam potencial para o aproveitamento direto na construção civil.

Alguns resíduos com potencial energético poderão ser usados como combustível no cozimento de cerâmica vermelha. Outros não-inertes poderão ser adicionados, em pequenas quantidades, na massa cerâmica, pois, após o cozimento, estarão vitrificadas e, portanto, inertizadas. De fato, apesar do pouco conhecimento disponível sobre a maioria desses resíduos, algumas experiências

já estão sendo feitas, inclusive com atividades de pesquisa desenvolvidas pelo CEPED (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado da Bahia), destacando-se o trabalho recente do pesquisador Eng. Francisco Nascimento, “Blocos Cerâmicos com Lama de Fluoreto de Cálcio - Avaliação das Propriedades e Comportamento Ambiental” (Nascimento, 2001). Esse trabalho foi realizado em parceria com a DETEN QUÍMICA S. A. — geradora do resíduo — e a Cerâmica Poty — produtora do bloco cerâmico.

TABELA 1 - PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS PELAS INDÚSTRIAS DO SETOR QUÍMICO NO COPEC (FIEB, 1997)

TIPO	RESÍDUO	GERADOR	QUANTIDADE (t/mês)
Inertes	Sucata de papel	CARBONOR	0,1
	Sucata plástica	CARBONOR	0,3
	Polímero mod. de impacto p/PVC	CENTRAL DE POLÍM. DA BAHIA	1,0
	Formiato de sódio	COPENOR PETROQUÍM. DO ND	15,0
	Fibra acrílica	SUDAMERIC. DE FIBRAS BRASIL	50,0
Não-inertes ou perigosos	Borras úmidas de borracha SBR	CENTRAL DE POLÍM. DA BAHIA	1,5
	Catalizador exausto P. A. Ni	CIQUINE PETROQUÍMICA	0,2
	Cinza de caldeira	COPENE	20,0
	Óleo lubrificante	COPENE	1,7
	Óleo residual	DETEN QUÍMICA S. A.	60,0
	Lama de Fluoreto de Cálcio	DETEN QUÍMICA S. A.	6,0
	Óleo leve	EMP. CARIOCA DE PROD. QUÍM.	30,0
	Carvão semi-saturado c/etilenoglicol	OXITENO	1,7
	Carvão ativo	PETROBRÁS — FAFEN	0,7
	Catalisador C-12-3-04	PETROBRÁS — FAFEN	1,2
	Óleo exausto	PETROBRÁS — FAFEN	5,1
	TAR de TDI	PRONOR PETROQUÍMICA S. A.	800,0
	Pó de catalisador	TIBRÁS	0,8
	Borra de enxofre (D-002/003)	TIBRÁS	80,0
	Lama de ilmenita	TIBRÁS	2.500,0



CENTRO INDUSTRIAL DE ARATU - CIA

O Centro Industrial de Aratu, criado na década de 60, é considerado um dos importantes distritos industriais da região, dada a sua grande influência no espaço socioeconômico da Bahia e, principalmente, da Região Metropolitana de Salvador. Ao longo de sua existência, o CIA tem passado por fases de crescimento e estagnação, acompanhando as oscilações econômicas do país. Em 1998, período de realização do diagnóstico, o CIA apresentava bom ritmo de crescimento dos investimentos e de mão-de-obra, 91% e 19%, respectivamente (SUDIC, 1997a).

A área total do Centro Industrial de Aratu é de aproximadamente 200 Km², limitando-se com duas áreas adjacentes, a Área Industrial Norte, no Município de Candeias, e a Área Industrial Sul, no Município de Simões Filho.

As indústrias que compõem o CIA, cerca de 200, enquadram-se nos setores: químico, minerais não metálicos, metalurgia, material elétrico e de transporte, madeira e mobiliário, têxtil e vestuário, bebidas e produtos alimentícios. Dessas, 49 indústrias fazem parte do setor químico, aproximadamente 25% do total (Centro das Indústrias do Estado da Bahia, CIEB, 1995/1996). Os resíduos gerados pelas empresas do setor químico do CIA são apresentados na **Tabela 2** (FIEB, 1997).

Os dados desta tabela indicam que, de um modo geral, os resíduos são gerados em pequenas quantidades e que, sem tratamento prévio, não apresentam potencial para o aproveitamento direto na construção civil (exceção do pó de areia da SIKA e do filer asfáltico da FAVAB). Da mesma forma que no COPEC, alguns resíduos energéticos produzidos no CIA poderão ser usados como combustível para fornos na fabricação de cerâmica vermelha, e outros resíduos poderão ser adicionados, em pequenas quantidades, à massa cerâmica.

**TABELA 2 - PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS PELAS
INDÚSTRIAS DO SETOR QUÍMICO NO CIA (FIEB, 1997)**

TIPO	RESÍDUO	GERADOR	QUANTIDADE (t/mês)
Inertes	Filler asfáltico	FAVAB	100,0
	Pó de areia	SIKA	0,2
	Sucatas	TEC. AVANÇADA GARANTIDA	0,1
	Limalha	TEC. AVANÇADA GARANTIDA	0,1
	Plástico	XEROX	1,0
	Frascos vazios de reagentes	XEROX	0,1
	Big-bags usados	XEROX	3,0
	PVC composto de 2ª qualidade	DECARTO DO NORDESTE	3,0
Não-inertes ou perigosos	Aparas de borracha vulcanizada	IPB - IND. DE PROD. BORRACHA	0,5
	Resíduo de Toner	XEROX	10,0
	Tolueno	XEROX	0,1
	Metil-etil cetona	XEROX	0,3

INDÚSTRIA CERÂMICA DA RMS

A indústria cerâmica é geralmente dividida segundo os tipos de produtos fabricados: cerâmica vermelha ou estrutural, cerâmica de revestimento, cerâmica branca e refratários. O setor da cerâmica vermelha destaca-se entre os demais, pois tem como uma de suas características o volume considerável de resíduos gerados na fabricação de suas peças (material quebrado ou defeituoso). Sua produção abrange blocos furados, tijolos, telhas e manilhas. Essas indústrias têm seu mercado limitado ao âmbito regional, já que o frete encarece de forma significativa o preço do produto final, para longas distâncias de transporte.

A indústria de cerâmica vermelha constitui um representativo setor industrial da RMS. São cerca de 30 fábricas, distribuídas

pelos municípios da região, produzindo blocos para a indústria da construção civil local. Existem desde fábricas automatizadas a olarias artesanais, que produzem tijolos sem controle de qualidade. Tradicionalmente, o mercado consumidor das peças de cerâmica vermelha da RMS não é exigente com a qualidade dos produtos adquiridos, o que tem propiciado o surgimento de indústrias sem instalações adequadas para a produção de blocos.

Um estudo recente do Instituto Euvaldo Lodi — IEL (1998) avaliou a qualidade e a produtividade do setor da Indústria Cerâmica da RMS. A produção anual das indústrias desse setor é da ordem de 21 milhões de blocos, e a geração de resíduos representa, em média, 14 % desse valor, ou seja: cerca de 3 milhões de blocos por ano, o que corresponde a aproximadamente 7.500 toneladas de resíduos — cacos cerâmicos — provenientes das perdas do processo de produção. Esses resíduos são depositados nos terrenos adjacentes às empresas.

Ainda segundo esse estudo, metade das empresas opera com grande índice de perdas, entre 15 e 20 % (essas empresas não registram lucro), cujas principais causas são:

- falta de conhecimento das características tecnológicas das matérias-primas utilizadas;
- deficiência de estoques intermediários de matéria-prima, com qualquer variação refletindo-se no processo;
- maquinário e manutenção inadequados;
- problemas com a secagem e/ou cozimento;
- falta de controle de processo;
- recursos humanos com pouco treinamento.

De um modo geral, as empresas com alto índice de perdas apresentam blocos sem dimensões padronizadas, fora de esquadro, com baixa resistência mecânica ao choque ou à compressão e sem

uniformidade de coloração. Essa última característica não limita a utilização do bloco, mas demonstra a falta de uniformidade e controle no processo produtivo (IEL, 1998).

Entretanto, existem fabricas que, pelo seu porte de produção ou pela aplicação de conhecimentos tecnológicos modernos, conseguem atenuar o problema e reduzir a geração de resíduos a índices aceitáveis.

Segundo Fonseca; Costa; Conciani (1998), algumas alternativas de aproveitamento dos resíduos da indústria da cerâmica vermelha são:

- reincorporação à massa cerâmica do resíduo, que, após trituração, produz um pó com propriedades pozzolânicas, que melhora a composição da mistura;
- a transformação do resíduo em agregado para a fabricação de concretos, com desempenho semelhante ao do concreto convencional.

A indústria cerâmica vem assumindo um importante papel no aproveitamento racional de resíduos sólidos provenientes da indústria química. No seu processo de produção, a cerâmica é submetida a elevadas temperaturas, que acabam por vitrificar os materiais componentes. Assim, existe a possibilidade da incorporação de resíduos a esses materiais, melhorando algumas propriedades do produto final.

O emprego de resíduos de natureza orgânica ou de materiais combustíveis misturados às argilas para a fabricação de cerâmica vermelha (principalmente de blocos) é uma alternativa tecnológica de grande interesse. A adição de resíduos combustíveis à massa cerâmica pode reduzir o consumo da energia necessária para o cozimento (Instituto Nacional de Pesquisa, INP, 1993). Essa redução pode variar em função da eficiência e do tipo de forno utilizado, do conteúdo energético, do poder calorífico do resíduo, do tipo



de argila utilizada, entre outros fatores. Os resíduos com propriedades energéticas também podem servir de combustíveis para alimentar os fornos dessas fabricas.

É necessário ressaltar, entretanto, que, no caso da incorporação de rejeitos industriais à massa cerâmica, algumas questões que transcendem às normas específicas sobre o assunto devem ser levadas em consideração. Os materiais com resíduo incorporado devem ser desenvolvidos com base em pesquisa científica e tecnológica, para avaliação rigorosa do risco de contaminação ambiental (John, 1996). Nesse sentido, o CEPED vem desenvolvendo, nas últimas décadas, estudos sobre o aproveitamento seguro de resíduos industriais na fabricação de blocos cerâmicos. Esses trabalhos são desenvolvidos em parceria com a indústria cerâmica e o gerador do resíduo, o que contribui para a difusão dessa prática na região.

DIAGNÓSTICO DOS SETORES DE MINERAÇÃO E METALURGIA

A mineração e a metalurgia são historicamente atividades que produzem impactos ambientais considerados significativos pelos mais diversos segmentos sociais. Contudo, com o desenvolvimento tecnológico e o maior rigor dos órgãos ambientais, essas indústrias passaram a introduzir modificações em seus sistemas produtivos, objetivando o controle e a minimização da poluição gerada (Brum et al, 2000).

A mineração é uma atividade estratégica para o Estado da Bahia, que se destaca no cenário nacional como o 4º produtor de bens minerais e detentor de expressivo potencial. São cerca de 400 empresas que exploram minerais metálicos, energéticos, industriais, materiais para construção, pedras preciosas, entre outros

minerais (Brum et al, 1996). Na região de Salvador, são aproximadamente 30 empresas concentradas na extração de matéria-prima para a construção civil local. As empresas de mineração identificadas na RMS e os respectivos resíduos gerados são apresentados na **Tabela 3**.

TABELA 3 - PRINCIPAIS RESÍDUOS IDENTIFICADOS NO SETOR DE MINERAÇÃO DA RMS.

MINERAL *	GERADOR *	RESÍDUO
Areia	Agapito e Gomes LTDA	Areia contaminada c/ argila
	Const.Garrido Leite LTDA	
	Líder Mineração e Serviços LTDA	
	Ottomar Mineração	
	Palmeiras & CIA LTDA	
	Itaporanga Mineração LTDA	
	Weber Comércio e Terraplanagem LTDA	
Argila	Cerâmica Central LTDA	Argilas inadequadas para cerâmica vermelha
	Cerâmica Ourem Indústria & Comércio LTDA	
	Cerâmica São Remo Indústria LTDA	
	Cerâmica Abrantes LTDA	
	Cerâmica Biribeira LTDA	
	Cerâmica Bloco Forte LTDA	
	Cerâmica Igarapé LTDA	
	Cerâmica Peres LTDA	
	CERNE - Cerâmica Reunidas LTDA	
	Itaporanga Minerado LTDA	
	Oliveira & Sampaio LTDA	
	Cerâmica Rodax LTDA	
Pedra	Civil Comercial LTDA	Pó de pedra
	Pedreira Carangi LTDA	
	Pedreira Limoeiro LTDA	
	Pedreira Aratu LTDA	
	Pedreira Valéria S/A	
	Pedreira Omacil	
Caulim	Itaporanga Mineração LTDA	Material areno-argiloso (Arenoso)
	Empresa Indústria Lucaia	

* Fonte: SGM, 1997

O setor metalúrgico, na RMS, apresenta indústrias de grande e médio porte. Os resíduos sólidos resultantes dos processos metalúrgicos, usualmente denominados escórias, apresentam composições químicas variadas, dependendo basicamente da matéria-prima utilizada e do processo de produção das ligas ou metais (Cassa & Carneiro, 1998).

A geração de volumes consideráveis de resíduos sólidos é uma característica dos processos utilizados atualmente no setor de metalurgia. A base tecnológica desses processos necessita ser alterada para reduzir a geração de resíduos que, estocados em áreas próximas às indústrias, podem causar impactos ambientais, como a contaminação do solo e dos cursos de água.

As principais indústrias metalúrgicas da RMS e os respectivos resíduos gerados são apresentados na **Tabela 4**.

TABELA 4 - OS PRINCIPAIS RESÍDUOS IDENTIFICADOS NO SETOR DE METALURGIA DA RMS

GERADOR	RESÍDUO
ALCOA	Resíduos de demolição de fornos (refratários)
CARAÍBA METAIS	Escórias de Cobre
	Lama de Gesso
FERBASA	Escórias de Ferro-Cromo
SIBRA	Escórias de Ferro-Liga
USIBA	Escórias de Aciária

Dentre os resíduos do setor de mineração, destacam-se o pó de pedra e o arenoso, que, apesar de serem largamente utilizados pela indústria da construção civil em pavimentação e argamassa, respectivamente, têm seu estudo limitado apenas à pesquisa

básica. Por sua vez, as argilas inadequadas para a cerâmica vermelha e as areias contaminadas com argila são resíduos sem aceitação no mercado local.

Entre os resíduos do setor de metalurgia, as escórias de ferro-cromo, geradas pela FERBASA, e as de cobre, da CARÁIBA, apresentam grande potencial para uso como material de construção.

As escórias de ferro-cromo têm sido comercializadas pela BMN — Construção e Comércio Ltda., com a marca de fantasia BRITAFER. Pesquisas básicas e aplicadas sobre essa escória foram realizadas por diversos pesquisadores nas décadas de 80 e 90 (CEPED, 1981; CONCRETA, 1993; Valois & Teixeira, 1995; Cassa & Carneiro, 1998). Esses estudos obtiveram êxito em caracterizar e avaliar o desempenho mecânico da escória de Fe-Cr britada, em substituição ao agregado graúdo, na produção de concretos.

A recente pesquisa “Avaliação do Desempenho de Concreto Produzido com Agregado Graúdo de Escória de Ferro-Cromo” (Silva Filho, 2001), desenvolvida pelo Eng. Antônio Freitas da Silva Filho, Professor da UFBA e da UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), contribuiu para completar esses estudos, uma vez que a avaliação de materiais produzidos com resíduos desse tipo envolvem questões complexas, como, por exemplo, a avaliação de risco de contaminação ambiental e da saúde dos usuários e trabalhadores.

Quanto às escórias de cobre, o recente estudo “Utilização de Escória de Cobre como Adição e como Agregado Miúdo para Concreto” (Moura, 2000), do Professor da UEFS, Dr. Washington Almeida Moura, indica o comportamento adequado desse resíduo para a produção de concreto, inclusive com a constatação de que a escória de cobre da CARÁIBA não apresenta risco ambiental.

As escórias de aciaria, geradas pela USIBA em forno de arco elétrico, são resíduos que também apresentam potencial para uso



na construção civil. Entretanto, pouco conhecimento sobre essas escórias está disponível, sendo necessário o desenvolvimento de estudos similares ao de Lima, “Hormigones com escorias de horno eléctrico como áridos: propiedades, durabilidad y comportamiento ambiental” (Lima, 1999). Nesse trabalho, Lima avalia o desempenho e o risco ambiental de escórias de aciaria produzidas em Barcelona, Espanha, para utilização em concretos.

Há pouco conhecimento disponível ainda sobre as escórias de ferro-liga da SIBRA, sendo necessário o desenvolvimento de atividade de pesquisa básica, para avaliação de seu potencial de uso na construção.

Sobre os demais resíduos do setor de metalurgia — lama de gesso e resíduos de demolição de fornos — também há pouco ou nenhum conhecimento desenvolvido, necessário para sua utilização na construção. Contudo, de forma geral, eles não apresentam potencial de uso direto como matéria-prima para a construção civil.

DIAGNÓSTICO DO SETOR DE LIMPEZA URBANA

O aumento contínuo da produção de resíduos sólidos, nos centros urbanos, decorrente de um conjunto de fatores vem agravando os problemas com o manejo, tratamento e disposição final desses resíduos. Esses fatores envolvem o aumento populacional, o aumento da geração de resíduos sólidos por habitante, a intensificação das atividades industriais, o surgimento de novos materiais e a crescente tendência de os consumidores optarem pela “comodidade” das embalagens descartáveis (Castro, 1996).

O lixo urbano, ou resíduo sólido urbano, é aquele proveniente das atividades urbanas, gerado por residências, comércio, serviços

de saúde, serviços do município (varrição, podas, etc.), portos, aeroportos e atividades produtivas localizadas na malha urbana (pequenas indústrias, construção, reformas, etc.). No Brasil, a coleta e a destinação final desses resíduos são atividades desenvolvidas pelo poder municipal, constituindo um dos maiores problemas para essas administrações, devido ao elevado custo.

A Cidade de Salvador produz, diariamente, cerca de 5.500 toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que representa mais de 90% dos resíduos sólidos urbanos produzidos e coletados na RMS (Empresa de Limpeza Urbana do Salvador, LIMBURB, 2000; Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador, CONDER, 1997).

Uma parte dos resíduos sólidos do setor de limpeza urbana da RMS é disposta nos aterros sanitários da região. No entanto, outra parte desses resíduos acaba sendo depositada em aterros clandestinos, lixões, terrenos baldios, acostamento de vias urbanas e estradas, praias, valas, córregos, encostas, entre outros locais inadequados.

Essas formas de disposição geram uma série de problemas ambientais e sociais, dentre os quais se destacam: poluição dos mananciais (inclusive do lençol freático), contaminação do solo, poluição visual, proliferação de vetores de doenças, obstrução dos sistemas de drenagem (provocando enchentes), entre outros problemas relevantes.

Diante desse quadro, a LIMPURB — Empresa de Limpeza Urbana do Salvador e a CONDER — Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia desenvolveram, em Salvador e na sua Região Metropolitana, o Programa de Destinação Final de Resíduos Sólidos. Esse programa implantou quatro aterros sanitários

integrados para a destinação do lixo urbano, buscando eliminar a disposição inadequada em lixões e, assim, minimizar os impactos ambientais causados.

O conhecimento da natureza do lixo urbano, através de dados referentes à sua composição qualitativa e quantitativa, serve de ponto de partida para os estudos de reaproveitamento e de potencialidades econômicas, tais como recuperação de papéis, papelão, metais, plásticos, vidros e a transformação da matéria orgânica em adubo para o solo (CONDER, 1994).

A composição gravimétrica, que define o percentual da massa de cada material componente do resíduo sólido urbano, é a primeira e mais importante etapa para qualquer trabalho referente a tais resíduos, quer seja para planejamento da limpeza urbana, quer para orientação e determinação de sistemas mais eficientes de tratamento, disposição e reciclagem (Castro, 1996).

Segundo Andrade (1992, citado por Castro, 1996), os resíduos sólidos domiciliares possuem composição heterogênea, que varia em função de fatores, como o nível socioeconômico da população que o produz, as estações do ano, os costumes e hábitos da população, os dias da semana e a situação econômica da região. Além disso, na determinação da composição gravimétrica, deve-se observar que, dentro de uma mesma comunidade, esses fatores vão se modificando com o decorrer dos anos, evidenciando-se, portanto, a necessidade de levantamentos periódicos, visando à atualização desses dados.

Na análise dos resíduos sólidos urbanos de Salvador, realizada pela LIMPURB (2000), verifica-se que, das 5.517 toneladas coletadas diariamente, o lixo domiciliar representa 46,04% e o entulho representa 49,77%, conforme apresentado na **Tabela 5**.

TABELA 5 - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS EM SALVADOR (LIMPURB, 2000)

TIPO	MÉDIA MENSAL (t)	MÉDIA DIÁRIA (t)	%
Domiciliar	64.135	2.540	46,04
Entulho	69.337	2.746	49,77
Poda e Feira	4.545	180	3,26
RSS	884	35	0,63
Recicláveis	404	16	0,30
Total	139.305	5.517	100

NOTA: RSS- Resíduos provenientes dos estabelecimentos prestadores de serviço de saúde. Os recicláveis são segregados pela COOPCICLA - Cooperativa dos Agentes Autônomos da Reciclagem. Domiciliar - Resíduos gerados nas residências, estabelecimentos comerciais, praias e logradouros.

O entulho, resíduo gerado pelo setor da construção civil, apresenta um alto potencial de reciclagem, com excelentes oportunidades de aproveitamento. Por isso, é analisado detalhadamente, no item a seguir.

Na composição gravimétrica do lixo domiciliar de Salvador, realizada pela LIMPURB, verifica-se a presença de 46,85% de matéria orgânica. Em segundo lugar, verifica-se a presença do plástico, com 17,11%, e, em seguida, o papel e o papelão aparecem, representando 16,18% da amostra, conforme **Figura 1**.

De uma forma geral, os componentes do lixo domiciliar não apresentam potencial de aproveitamento como matéria-prima para a produção de materiais de construção. Entretanto, existem outros processos de reciclagem já estabelecidos para esses resíduos. Por exemplo, a compostagem de matéria orgânica pode produzir adubo para melhorar as características do solo. A reciclagem de vidro, plástico, metal, papel e papelão possibilita reduzir o volume de lixo depositado nos aterros, economizar recursos naturais e gerar emprego e renda.

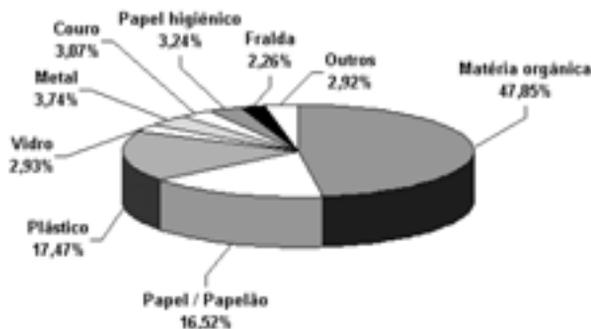


FIGURA 1 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DO LIXO DOMICILIAR DO MUNICÍPIO DE SALVADOR (LIMPURB, 1999)

DIAGNÓSTICO DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Uma das atividades que mais contribui com ações que alteram o meio ambiente é a construção civil. Essas alterações ocorrem na fase de implantação da obra, execução dos serviços, confecção de artefatos, limpeza da obra, etc. Além disso, são gerados resíduos em toda a vida útil da construção: execução, manutenção, reforma, desocupação e demolição.

A grande quantidade de resíduos da indústria da construção civil é proveniente da perda de materiais de construção nos canteiros de obras, resultante dos materiais desperdiçados durante o processo de execução de um serviço. Outras fontes geradoras são as demolições e as reformas, que promovem a eliminação de diversos componentes durante a utilização ou após o término do serviço.

Na fase de construção, o entulho gerado numa edificação é constituído pelas sobras dos materiais adquiridos e danificados ao longo do processo produtivo, tais como restos de concretos e argamassa produzidos e não utilizados, ao final do dia de trabalho, alvenaria demolida, argamassa que cai durante a aplicação e não é reaproveitada, sobras de tubos, aço, eletrodutos, entre outros.

Dentre os vários fatores que contribuem para a geração do entulho, vale citar:

- definição e detalhamento insuficientes, em projetos de arquitetura, estrutura, formas, instalações, entre outros;
- qualidade inferior dos materiais e componentes de construção disponíveis no mercado;
- mão-de-obra não qualificada;
- ausência de procedimentos operacionais e mecanismos de controle de execução e inspeção.

Deve-se também considerar que o crescimento populacional dos centros urbanos e o alto déficit habitacional pressionam a sociedade a expandir o número de habitações, contribuindo também para a geração de mais entulho.

A maior parte desse resíduo é gerada pelo setor informal da construção (pequenas reformas, autoconstrução, “construtor formiguinha”, ampliações, etc.). Estima-se que apenas 1/3 do entulho seja gerado pelo setor formal, ou seja, pela indústria da construção civil (Lima & Tamai, 1998).

Se, por um lado, o entulho acarreta perda de recursos para o gerador, por outro lado acarreta também gastos para o setor público, que, por sua vez, acaba arcando com os custos de disposição final e, em alguns casos, de transporte desse resíduo.

Um dos maiores problemas enfrentado pelo município é a grande quantidade de pontos clandestinos de descarga de entulho, espalhados pela cidade, devido à dispersão geográfica e temporal da geração desse resíduo pelo setor informal.

Das diversas destinações clandestinas do entulho, duas podem ser bastante preocupantes:

- lançamento em encostas, gerando depósitos instáveis, que podem causar deslizamentos;

- lançamento em baixadas, junto a redes de drenagem, ou mesmo diretamente no leito dos canais, levando à obstrução do escoamento pluvial e provocando inundações.

Além disso, a dificuldade em coletar o entulho através do mesmo sistema operacional utilizado para a coleta domiciliar também contribui para agravar a situação das disposições irregulares. Finalmente, as grandes distâncias, e por conseqüência, os altos custos de transporte para os aterros oficiais dificultam a iniciativa do pequeno gerador em dar destino adequado ao entulho por ele produzido.

Em Salvador, são coletadas, atualmente, cerca de 2.750 t/dia de entulho. Esse valor representa 50% dos resíduos coletados pela limpeza urbana, embora não abranja a totalidade do entulho produzido na cidade (LIMPURB, 2000). No momento, a situação da coleta de entulho, em Salvador, reflete o desempenho dinâmico do serviço de limpeza urbana da atual administração da LIMPURB. Entre 1996 e 2000 o recolhimento de entulho passou de 219.169 mil toneladas / ano para 832.044 mil toneladas / ano, ou seja, aumentou aproximadamente 280%, conforme a **Figura 2**.

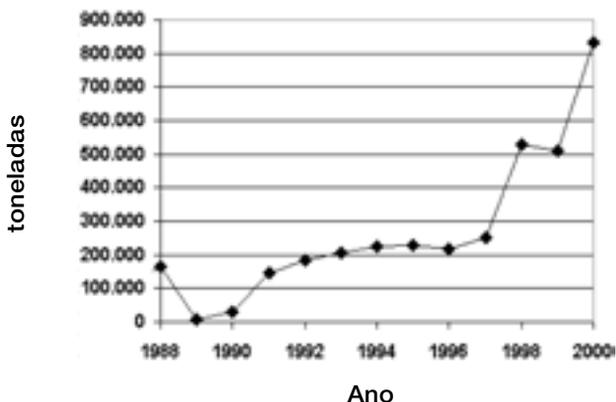


FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DO ENTULHO RECOLHIDO EM SALVADOR (LIMPURB, 2000)

Boa parte da melhoria de coleta ocorreu após a realização de um levantamento dos pontos de descarte clandestino de entulho em Salvador. Nesse trabalho, realizado pela LIMPURB em junho de 1996, foram identificados 420 pontos clandestinos de deposição de entulho. Diante disso, a empresa elaborou e vem implantando, desde 1997, o Projeto Gestão Diferenciada de Entulho de Salvador, apresentado no capítulo IV deste livro. Esse plano foi baseado no modelo de Gestão Diferenciada do Entulho, proposto pelo Dr. Tarísio Pinto, apresentado no capítulo III.

Algumas medidas, implantadas nesse período pelo Projeto de Gestão do Entulho de Salvador — a remoção de entulho nos pontos de descarte, a sinalização, a fiscalização e a punição dos lançamentos clandestinos, além da criação de locais adequados para recebimento de entulho —, reduziram para 160 o número de pontos clandestinos de descarga de entulho espalhados pela cidade.

Diante dessas considerações, torna-se evidente a importância da implantação do Projeto de Gestão Diferenciada de Entulho em Salvador e a demonstração de que as soluções para os problemas gerenciais do resíduo passam pela elaboração e implementação de um plano de gestão específico.

Por outro lado, apesar do grande potencial de reciclagem, o nível de conhecimento sobre entulho de Salvador era ainda limitado, no período de realização do diagnóstico. Diante dessa necessidade de pesquisa, o Projeto Entulho Bom realizou estudos, em parceria com instituições como a CAIXA e a LIMPURB, buscando produzir conhecimento que permitisse otimizar os processos de gestão e reciclagem desse resíduo, como matéria-prima para construção civil.

CONCLUSÃO

O diagnóstico dos setores produtores de resíduos da Região Metropolitana de Salvador permitiu a identificação e a caracterização das principais ocorrências de resíduos sólidos que ofereciam possibilidades de utilização como materiais de construção na região.

A avaliação do nível de conhecimento disponível sobre esses resíduos permitiu a criação de um quadro síntese sobre o seu potencial de aplicação na construção civil (**Tabela 6**). Além disso, esse levantamento indicou as necessidades de pesquisa e desenvolvimento, as prioridades e as oportunidades comerciais de reciclagem para os principais resíduos estudados como matéria-prima para a construção.

De modo geral, as indústrias químicas do COPEC e do CIA produzem pequenas quantidades de resíduos sólidos constituídos de materiais complexos e apresentando baixo potencial de aproveitamento direto na construção. Entretanto, existem algumas possibilidades de utilização, como o aproveitamento de certos resíduos pela indústria cerâmica, tanto como combustível para fornos quanto para adição direta na massa cerâmica.

Por outro lado, o setor da cerâmica vermelha da RMS apresenta significativo índice de perdas no processo de produção — 14%, ou seja, 7.500 t/ano de resíduos com alto potencial de reciclagem. Algumas alternativas de reaproveitamento desses resíduos podem ser a transformação em agregado para fabricação de concreto, ou a reincorporação à massa cerâmica, com melhoria de suas propriedades.

Dentre os resíduos do setor de mineração, destacam-se o pó de pedra e o arenoso, que, apesar de serem largamente utilizados pela indústria da construção civil, em pavimentação e argamassa respectivamente, têm seu estudo limitado apenas à pesquisa básica.

Entre os resíduos do setor de metalurgia, as escórias de ferro-cromo, geradas pela FERBASA, e as de cobre, da CARÁIBA, apresentam grande potencial para uso como material de construção, ambas com recentes estudos realizados por pesquisadores da região. As escórias de aciaria, apesar de apresentarem potencial de uso na construção, necessitam de estudos para garantia de uso seguro na produção de materiais de construção.

No ambiente urbano, a grande quantidade de resíduos, principalmente de lixo domiciliar e de entulho, e a progressiva restrição de áreas para destinação impõem a busca de soluções rápidas e eficazes, por parte da Administração Municipal, para prover a adequada gestão de cada um dos resíduos urbanos, através de elaboração de programas específicos, que visem à minimização dos impactos ambientais e sociais causados.

Os componentes do lixo domiciliar, resíduo de responsabilidade do setor de limpeza urbana, não apresentam potencial para o aproveitamento na construção civil. Contudo, existem outros processos de reciclagem já estabelecidos para esses resíduos.

Por outro lado, o entulho (resíduo gerado pelo setor da construção civil) apresenta excelentes oportunidades para a reciclagem, como matéria-prima para produção de materiais de construção, uma vez que é gerado em grande quantidade, apresenta características adequadas e está localizado próximos aos centros urbanos. Além disso, sua reciclagem é viável tanto pelos aspectos técnicos — simplicidade operacional e grande aplicabilidade —, quanto pelos aspectos econômicos, uma vez que os investimentos para implantação de um programa de reciclagem de entulho são relativamente pequenos.

Por fim, sugere-se a realização de um inventário, buscando complementar e detalhar o diagnóstico. Essa atividade seria de

grande importância para o controle ambiental e para a gestão adequada dos resíduos gerados pelas atividades industriais e urbanas. O inventário, além de ampliar o número de resíduos identificados, deverá avaliar também o impacto que esses resíduos causam ao meio ambiente, contribuindo para ações de fiscalização e incentivando, ainda, o gerador a reduzir ou a aproveitar esses resíduos em outros processos produtivos.

**TABELA 6 - AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DE ALGUNS RESÍDUOS SÓLIDOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVAD
SUA UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

SETOR	RESÍDUO	POUCO OU NENHUM CONHECIMENTO	PESQUISA BÁSICA CONCLUÍDA OU EM ANDAMENTO	PESQUISA APLICADA CONCLUÍDA OU EM ANDAMENTO	PRODUÇÃO COMERCIAL	PRIORIDADES, RECOMENDAÇÕES E/OU OPORTUNIDADES
QUÍMICO	Sólidos inertes do COPEC e CIA	X				Pouca quantidade / materiais complexos difíceis de serem aproveitados diretamente na construção
	Filer asfáltico e pó de areia	X				Materiais complexos / possível aplicação em pavimentos
	Sólidos não-inertes do COPEC e CIA	X				Pouca quantidade / materiais complexos / possível uso na massa cerâmica vermelha
	Materiais energéticos do COPEC e CIA	X				Pouca quantidade / materiais complexos / possibilidade de ser utilizada na produção de cerâmica
	Perdas da cerâmica vermelha (material quebrado ou defeituoso)		X	X	X	Possibilidades de reciclagem na própria cerâmica melhorando a qualidade do material produzido
	Areia contaminada com argila	X				Sem aceitação no mercado local
	Argilas inadequadas para cerâmica vermelha	X				Sem aceitação no mercado local
	Pó de pedra e Arenoso		X	X	X	Uso tradicional em pavimentação e argamassas
	Escórias de Ferro-Cromo			X	X	Escórias adequadas para construção civil
	Escórias de Cobre			X	X	Escórias adequadas para construção civil
MINERAÇÃO E METALURGIA	Escórias de Aclaria	X				Potencial de uso na construção civil / Necessidade de pesquisa
	Escórias de Ferro-Liga	X				Materiais complexos / Necessidade de pesquisa
	Lama de gesso	X				Material complexo contaminado com Arsênio
	Resíduos de demolição de fornos	X				Pouca quantidade
	Lixo Doméstico		X	X	X	Não é adequado como matéria-prima na construção
C.C. L.U.	Entulho	X *				Excelentes oportunidades de aproveitamento

* Nível de conhecimento disponível sobre o entulho de Salvador no período de realização do diagnóstico - 1998

L.U. - Limpeza Urbana
C.C. - Construção Civil



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. B. L. *Determinação da composição gravimétrica, peso específico e teor de umidade dos resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus*. Manaus: Prefeitura Municipal, 1992.
- BRUM, Irineu A. S. et al. Diagnóstico dos setores produtores de resíduos da Região Metropolitana de Salvador. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRÚÍDO - ENTAC 2000 - Modernidade e Sustentabilidade, 8., 2000, Salvador. *Anais...* Salvador, 2000. 1 CD.
- BRUM, Irineu A. S. et al. Mineração e meio ambiente: uma avaliação do Estado da Bahia - Brasil. *TECBAHIA*, Revista Baiana de Tecnologia, v. 11, n. 3, p. 216-223, set./dez. 1996.
- CASSA, José C. S.; CARNEIRO, Alex P. Aplicação de uma escória de ferro-cromo como agregado gráudo de concreto de alto desempenho. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 53., 1998, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 1998. 1 CD.
- CASSA, José C. S. et al. RECICLAR - Rede Cooperativa de Pesquisas para o Aproveitamento de Resíduos como Materiais de Construção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 5., 1998, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 1998. 1CD.
- CASTRO, M. C. A. A. *Avaliação da Eficiência das Operações Unitárias de uma Usina de Reciclagem e Compostagem na Recuperação dos Materiais Recicláveis e na Transformação da Matéria Orgânica em Composto*. 1996. 113f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Paulo, 1996.
- CENTRO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA (CIEB). *Guia CIEB Industrias da Bahia*. Salvador 1995-1996. 280p.
- CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DA BAHIA (CEPED). *Relatório nº 002/81: estudo preliminar das características do agregado (brita de escória)*. Salvador, 1981. 7p.
- CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS (CRA). Acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas na área do Pólo Petroquímico de Camacari. In: BAHIA. Governo do Estado. *Avaliação da qualidade dos recursos ambientais: relatório anual 1985*. Salvador, 1985. 111p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR (CONDER). *Painel de Informações*. Salvador, 1997. 35p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR (CONDER). *Plano Diretor de Limpeza Urbana de Salvador*. Salvador, 1994.

CONCRETA. *Controle de concreto e tecnologia*: relatório técnico, Britafer: qualificação técnica. Salvador, 1993. Trabalho não publicado.

EMPRESA DE LIMPEZA URBANA DO SALVADOR (LIMPURB). *Caracterização de resíduos sólidos domiciliares na cidade do Salvador*. Salvador, 1999. 30p.

EMPRESA DE LIMPEZA URBANA DO SALVADOR (LIMPURB). *Relatório anual de atividade da LIMPURB - 2000*. Salvador, 2000.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA (FIEB). Guia de compra e venda de sobras industriais. In: BOLSA DE RESÍDUOS. Salvador, 1997. 7p.

FONSECA, J. B.; COSTA, J. S.; CONCIANI, W. Aproveitamento de rejeitos de cerâmica estrutural para produção de concreto de baixa resistência. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2., 1998, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 1998. p.94-98.

INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL). *Aperfeiçoamento do produto e do processo produtivo de cerâmica vermelha*. Salvador: IEL/Sindicato das Indústrias de Cerâmica Vermelha da Bahia, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA (INP). Uso de resíduos ou combustíveis na massa cerâmica. In: MANUAL de conservação de energia na indústria de cerâmica vermelha. Rio de Janeiro, 1993. 28p.

JOHN, V. M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: ANTAC - WORKSHOP SOBRE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1996. p. 21-30.

LIMA, G. L.; TAMAI, M. T. Programa de gestão diferenciada de resíduos sólidos inertes em Santo André: Estação Entulho. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL — GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL, 2., 1998, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 1998. p. 413-418.

LIMA, Luciana A. de. *Hormigones com escórias de aceria de horno eléctrico como áridos*: propiedades, durabilidad y comportamiento

ambiental. 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Politécnica da Catalunha, Barcelona, 1999. 243p.

MOURA, Washington Almeida. *Utilização de escória de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto*. 2000. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2000. 207p.

NASCIMENTO, Francisco Raimundo do. *Blocos cerâmicos com lama de fluoreto de cálcio: avaliação das propriedades e comportamento ambiental*. 2001. Projeto de Pesquisa (Mestrado) - Escola Politécnica Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

SILVA FILHO, Antônio Freitas. *Avaliação do desempenho de concreto produzido com agregado graúdo de escória de ferro-cromo*. 2001. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2001.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E COMERCIAL (SUDIC). *Perfil das empresas do CIA — Centro Industrial de Aratu*. Simões Filho, 1997a 224p.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E COMERCIAL (SUDIC). *Perfil das empresas do COPEC — Complexo Petroquímico de Camacari*. Simões Filho, 1997b. 2 v. 624p.

SUPERINTENDÊNCIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS (SGM). *Bahia - Cadastro do Produtor Mineral 1997*. Salvador, 1997 178p.

VALOIS, João C.; TEIXEIRA, Antônio L. Avaliação técnica do uso de escória britada como agregado para concreto de elevado desempenho. In: REUNIÃO DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, 37., 1995, Goiânia. *Anais...* Goiânia, 1995. v.1



José Clodoaldo Silva Cassa - Engenheiro Químico, PhD, DIC, MSc, Professor Escola Politécnica - UFBA, Coordenador do Projeto Entulho Bom (Dez / 97 a Maio / 99)

Irineu Antônio Schadach de Brum - Engenheiro de Minas, Msc, Doutorando em Metalurgia Extrativa - UFRGS, Professor DCTM/UFBA, Pesquisador do Projeto Entulho Bom

Alex Pires Carneiro - Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Ambiental Urbana - UFBA, Coordenador do Projeto Entulho Bom (Maio / 99 a Junho / 01)

Dayana Bastos Costa - Estudante de Engenharia Civil - UFBA, Pesquisadora do Projeto Entulho Bom