

# CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E POSSIBILIDADES DE SUA RECICLAGEM

Leite, J. Y. P. e Oliveira, F. G.

Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos – CEFET-RN

Av. Salgado Filho, 1559 CEP – 59.015-000 NATAL - RN

[leite@cefetrn.br](mailto:leite@cefetrn.br)

Este trabalho foi realizado a partir de amostras coletadas dos resíduos sólidos de Natal. A caracterização dos resíduos da construção civil, do ponto de vista granulométrica, mineralógica e química, foi realizada, bem como a quantificação das espécies presentes nos resíduos. Ensaio de fragmentação e classificação foram efetuados, tendo em vista o dimensionamento de uma usina de britagem, a qual apresenta produtos para sua reutilização na construção civil. Os produtos gerados na classificação foram misturados com cal e argila, visando sua aplicação na produção de tijolos.

**Palavras Chaves:** Resíduos sólidos; entulho da construção civil; reciclagem.

**Área Temática:** Reciclagem

## INTRODUÇÃO

A preocupação com os resíduos gerados pelas atividades humanas tem sido um dos temas de maior importância para o desenvolvimento futuro da humanidade, que impõe sistemas produtivos baseados na sua sustentabilidade.

A agenda 21 foi definida pela comunidade internacional durante a Rio-92, a qual acordou a aprovação de um documento contendo compromissos para mudança do padrão de desenvolvimento para este século (Agenda 21).

O Comitê Gestor do Pólo de Turismo Costa das Dunas tem como objetivo o desenvolvimento das atividades de turismo na área que compreende municípios situados no litoral do Estado do Rio Grande do Norte (RN), abrangendo 7,11% da área total, concentrando 36,18% da população e cerca de 70% da renda do Estado (Leite et alii, 2000).

O turismo vem se consolidando como a principal atividade geradora de empregos no RN, tendo-se observado várias ações no sentido da melhoria dessa atividade.

A disposição dos resíduos sólidos é um dos problemas que vem afetando o turismo na área do Pólo de Turismo Costa das Dunas, sendo os entulhos da construção civil uma importante fonte de geração de resíduos em Natal, que é a principal cidade do Pólo. Estes resíduos estão atrelados a desperdícios nos empreendimentos da construção civil, a reformas e desmontes de edificações.

A diminuição da quantidade desses entulhos passa pela redução dos desperdícios gerados na construção de edificações novas, a qual está associada à melhor gestão e qualificação dos trabalhadores, vinculado a uma política de educação ambiental.

A reciclagem dos entulhos é praticada em diversos países, os quais têm legislação apropriada que penaliza o gerador destes resíduos com taxas que possibilitam sua reutilização e/ou reciclagem.

A indústria da construção civil é uma das poucas indústrias capazes de absorver quase a totalidade dos resíduos gerados, no entanto tais resíduos precisam ser bem caracterizados para reutilizá-los em atividades adequadas às suas características e qualidade.

As primeiras plantas de reciclagem de resíduos de entulho para a construção civil surgiram nos anos 70 na Europa. Na Alemanha são disponíveis atualmente cerca de 400 usinas de britagem móveis e estáticas, operando com capacidade reduzida. A Holanda prevê a redução no número das unidades de britagem existentes, substituindo-as por unidades de maior porte.

A tabela 1 apresenta a disposição de resíduos da construção civil em países desenvolvidos.

Tabela 1 – Distribuição dos resíduos de construção e demolição por países, em milhões de toneladas.

País	Ano 1990		Ano 2000		Crescimento da Reciclagem (%)
	%Gerado	%Reciclado	%Gerado	%Reciclado	
Alemanha	65	16	74	80	16-80 (400)
Bélgica	9,1	38	9,5	88	38-88 (131,6)
Dinamarca	4,3	23	4,6	50	23-50 (117,4)
Espanha	7,2	30	7,2	30	30-30 (0)
França	25	12	28	40	12-40 (233,3)
Holanda	13,8	60	15,4	89	60-89 (48,3)
Irlanda	2,5	0	3,3	20	0-20 (!)
Itália	8,3	5	14,1	25	5-25 (400)
Reino Unido	45	42	60	50	42-50 (19)
Total	180,2	-	216,1	-	-

Analisando a tabela 1 observa-se que no ano de 1990 o melhor desempenho na reciclagem era praticado na Holanda, com níveis da ordem de 60%. Na área de produção de resíduos, este ranking era liderado pela Alemanha, com 65 milhões de toneladas, seguida pelo Reino Unido com 45 milhões de toneladas. Aumentos significativos na reciclagem dos resíduos são notados após dez anos, como reflexo da reunião das Nações Unidas no Rio em 1992, apontando para a minimização da disposição dos resíduos e seu tratamento, seja através de reuso e/ou reciclagem dos materiais, seja também pelo caráter sustentável dado às atividades e à implementação de legislações específicas.

Os maiores crescimentos percentuais no reaproveitamento no período de 1990-2000 deram-se na Alemanha e Itália, na ordem de 400%, fruto também de legislações específicas que disciplinaram o destino dos resíduos e seu tratamento.

Como se pode observar, o processamento de entulho da construção civil atinge índices da ordem de 89% (Holanda), 88% (Bélgica) e 80% (Alemanha), o que vem a mostrar que estes resíduos são plenamente reutilizáveis na própria indústria da construção civil, com qualidade adequada e atestada pelas sociedades mais criteriosas.

A adequação destas realidades às de países periféricos, como é o caso brasileiro e em particular o Estado do RN, reside em associar a reutilização dos entulhos aos recursos naturais disponíveis na região para o desenvolvimento de produtos de menor valor.

Outro fator importante no aproveitamento destes está associado à geração de empreendimentos baseados no desenvolvimento de grupos que estão à margem social, pois as áreas hoje utilizadas como “aterros”, que estão esgotadas, poderiam ser aproveitadas como centros de desenvolvimento de negócios em reciclagem de materiais, com compromissos da inclusão social daqueles que realizam “trabalhos” de cata nos lixões.

É evidente que esses processos passam pelas mudanças de paradigmas de gestão dos resíduos e daqueles que dele vivem, bem como de distribuição de renda e da aproximação de Instituições de Ensino & Pesquisa e de Fomento, visando atividades sustentáveis.

A sociedade precisa encarar esses problemas, visando uma solução integral, sendo os gestores em níveis executivo, judiciário e legislativo, componentes fundamentais para a concretização destas políticas.

O ciclo de vida dos entulhos da construção civil nos países que põem em prática a reciclagem de resíduos é mostrado na figura 1, o qual demonstra grande preocupação com a sustentabilidade da atividade.

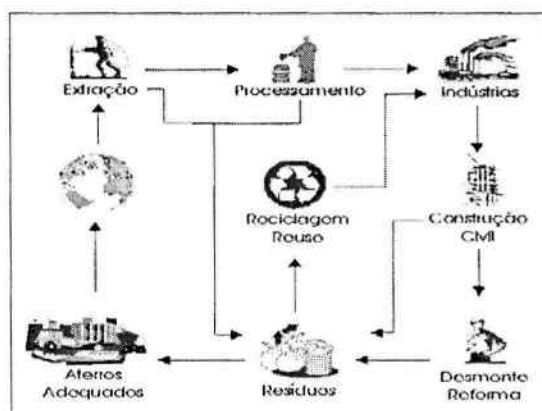


Figura 1 – Ciclo de vida dos materiais de construção usados em países centrais.

A figura 1 mostra os efeitos da existência de uma legislação que trata da disposição, reutilização e reciclagem, estando esta associada à minimização das áreas de disposição dos entulhos da construção civil.

A evolução das ações dos países centrais nas questões da sustentabilidade das atividades econômicas leva a sociedade a uma reflexão sobre o ciclo de vida dos materiais que utiliza. Isto é verificado nos níveis de interferência desses materiais no ecossistema.

No Estado do RN não são identificadas ações formais de reciclagem e/ou reuso dos resíduos da construção civil, sendo um dos objetivos deste trabalho apresentar resultados da sua caracterização e alternativas para a sua reutilização, bem como discutir alternativas de legislação e gestão.

## QUANTIFICAÇÃO E GESTÃO DOS RESÍDUOS DE ENTULHOS DE NATAL-RN

Os entulhos produzidos em Natal, Extremoz e Parnamirim foram quantificados a partir de dados gerados pelas empresas que operam o sistema de limpeza urbana, sendo observado que uma grande parcela destes resíduos são dispostos em locais inadequados.

Existem seis empresas operando o sistema de coleta de entulhos, sendo estes dispostos no aterro sanitário controlado de Natal, com pagamento de taxas inadequadas. Esta prática inviabiliza a atividade de reutilização, pois a fonte de recurso para aquisição de usina de britagem e de fabricação de tijolos estaria associada a estas taxas para sua aquisição.

As empresas que operam este sistema de coleta e destino final dos resíduos não estão cadastradas no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA-RN), pois esta atividade, apesar do forte componente de engenharia, não é regulamentada pelo sistema.

Os resíduos quantificados foram gerados a partir de dados coletados no período de janeiro a junho de 2001, mostrados na tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição dos resíduos coletados por setor de atividade (em t), Natal, 2001

Mês	Domiciliar	%	Poliguindaste	%	Entulho	%	Podação	%	Hospitalar	%
Janeiro	17242	45,18	1693	4,44	18085	47,39	976	2,56	163	0,43
Fevereiro	14794	48,79	1689	5,57	12852	42,39	840	2,77	145	0,48
Março	17654	44,36	1941	4,88	19011	47,77	1021	2,57	174	0,44
Abril	16428	44,99	2399	6,57	16567	45,38	946	2,59	171	0,47
Mai	17077	43,14	2347	5,93	18901	47,74	1079	2,73	184	0,46
Média	17077	44,65	1941	5,07	18085	47,28	976	2,55	171	0,45

Fonte: Urbana.

É importante ressaltar que os resíduos estão associados à coleta poliguindaste e entulho. No entanto, os resíduos classificados pela URBANA como entulho estão associados aos coletados na varrição, que se tiver tratamento adequado pode ser reutilizado no processo, tendo em vista que é constituído de areia oriunda das dunas. Desta forma, o percentual médio de resíduos de entulho classificado pela URBANA é da ordem de 49,72%.

Um sistema de gestão de resíduos deve ser criado para a Grande Natal, onde estes devem descrever as atividades, sua capacidade técnica, suas obrigações, taxas, área de disposição, legislação a qual esteja submetida, entre outras. Este sistema deve prever taxas para aqueles que geram os resíduos, tendo em vista a geração de recursos para viabilizar a implantação de parques tecnológicos de reciclagem.

### CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos da construção civil foram caracterizados a partir de amostras representativas coletadas no aterro sanitário controlado da URBANA, onde a figura 2 mostra um fluxograma dos processos de caracterização.

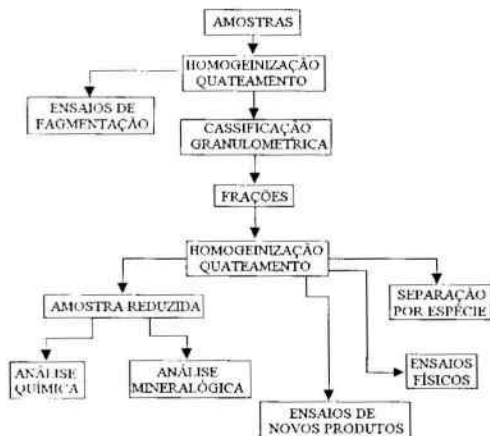


Figura 2 – Fluxograma de caracterização das amostras de resíduos de entulho, Natal-RN.

É observado que os resíduos da região norte é destinado ao município de São Gonçalo do Amarante e que grande parcela dele é reutilizado pela população local. A tabela 3 mostra estes resultados por zonas de Natal.

Tabela 03 – Distribuição granulométrica do entulho por zona em Natal-RN.

Fração (mm)	% Simples			% Passante Acumulado		
	Oeste	Leste	Sul	Oeste	Leste	Sul
50,8	35,71	49,49	51,45	50,51	64,29	48,55
38,1	6,64	3,31	4,4	47,20	57,65	44,15
31,8	1,69	2,02	1,49	45,18	55,96	42,66
25,4	1,66	1,67	3,57	43,52	54,29	39,09
19,1	2,41	1,95	2,41	41,57	51,89	36,68
9,5	3,21	4,28	3,87	37,29	48,68	32,81
6,4	3,07	2,95	2,21	34,34	45,61	30,66
4,8	1,52	1,35	1,13	32,99	44,09	29,48
< 4,8	44,09	32,99	29,48	0	0	0

Analisando a distribuição granulométrica mostrada na tabela 3, nota-se que os resíduos de entulho apresentam variações nos resultados, os quais estão associados à divisão de classe social predominante nestas zonas.

A amostra foi classificada, homogênicada, quartecada e geradas alíquotas para as análises químicas e mineralógicas. Estas foram efetuadas no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo da USP, o qual usou como metodologia a fluorescência de raios-X e difração de raios-X. Os resultados estão apresentados nas tabela 4 e 5, respectivamente.

Tabela 04 – Distribuição da composição química média por fração dos resíduos de entulho de Natal-RN.

Fração (mm)	Composição Química (%)										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF
50,8	71,8	8,5	2,62	<0,10	1,22	7,42	1,14	1,53	0,49	<0,10	6,33
38,1	67,9	7,88	2,70	<0,10	2,41	9,28	0,90	1,16	0,52	<0,10	8,87
31,8	66,9	9,77	3,96	<0,10	2,22	6,90	0,98	1,40	0,57	<0,10	7,32
25,4	72,6	8,03	2,54	<0,10	1,30	6,76	0,77	1,11	0,48	<0,10	6,33
19,1	70,5	9,64	3,22	<0,10	1,14	5,53	0,95	1,49	0,63	<0,10	5,94
9,5	71,2	9,05	2,11	<0,10	0,93	5,62	1,66	1,65	0,39	<0,10	5,73
6,4	72,5	7,72	2,14	<0,10	0,65	5,77	0,73	1,21	0,44	<0,10	5,76
4,8	71,2	8,05	2,35	<0,10	0,69	5,65	0,80	1,29	0,47	<0,10	8,08
< 4,8	82,9	5,30	1,80	<0,10	0,28	2,43	0,30	0,63	0,45	<0,10	4,49

Tabela 05 – Distribuição média por fração da composição mineralógica dos resíduos de entulho de Natal.

Fração (mm)	Composição Mineralógica (%)
50,8	Quartzo, plagioclásio, calcita, dolomita, feldspato potássico, mica, anfibólio e caulinita.
38,1	Quartzo, plagioclásio, calcita, dolomita, feldspato potássico, mica, anfibólio e caulinita.
31,8	Quartzo, plagioclásio, calcita, dolomita, feldspato potássico, mica, anfibólio, caulinita e zircão.
25,4	Quartzo, plagioclásio, calcita, dolomita, feldspato potássico, mica, anfibólio, caulinita e espodumênio.
19,1	Quartzo, plagioclásio, calcita, feldspato potássico, mica e caulinita.
9,5	Quartzo, plagioclásio, calcita, feldspato potássico, mica, anfibólio e caulinita.
6,4	Quartzo, gipso, plagioclásio, calcita, feldspato potássico, mica, anfibólio e caulinita.
4,8	Quartzo, plagioclásio, calcita, feldspato potássico, anfibólio, gipso e caulinita.
< 4,8	Quartzo, plagioclásio, calcita, feldspato potássico, mica, caulinita e anfibólio.

Os resultados obtidos nas análises químicas e mineralógicas demonstram a predominância dos minerais encontrados nos granitos e nas argilas utilizados como material de construção, o que vem a comprovar a possibilidade de sua reutilização na preparação de produtos para a construção civil.

Os resíduos classificados por fração foram separados por espécies, manualmente e posteriormente pesados, sendo os resultados da sua distribuição percentual mostrados na figura 3.

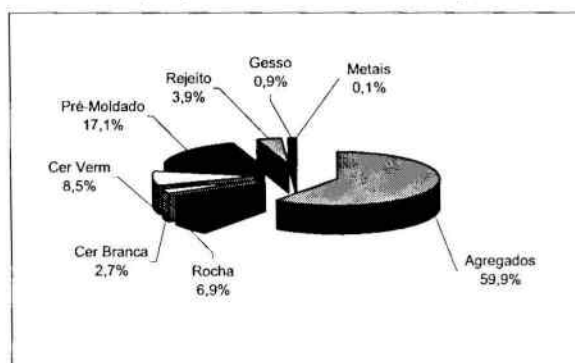


Figura 3 – Distribuição percentual média por espécie nos resíduos de entulho da construção civil em Natal-RN.

## RECICLAGEM DOS MATERIAIS – USINA DE BRITAGEM

A reciclagem dos materiais passa pelos processos usados para as matérias primas minerais, com a vantagem das ligações químicas existentes nas rochas serem mais fortes do que as ligações entre os materiais e seus aglomerantes. Desta forma, a usina de britagem necessária para a fragmentação dos entulhos poderá utilizar equipamentos com níveis de relação de fragmentação maior para uma mesma operação, isto significa redução do consumo de energia elétrica para sua operação.

Os resíduos foram submetidos à fragmentação em britador de mandíbulas e moinho de martelos. Os resultados observados mostram que estes são fragmentados com facilidade, justificando a utilização de britadores de impactos.

Outro fator importante da caracterização é que, em média, 45% do material é maior do que 50,8 mm, ou seja, existe 55% do material que precisa ser classificado em frações de tamanhos diferentes para uma possível aplicação nos processos de obtenção de agregados para a construção civil.

Uma planta de fragmentação destes resíduos deverá ter equipamento primário de fragmentação dimensionado para uma produção de 13.000 m<sup>3</sup>/mês, pois esta é a quantidade com tamanho superior 50,8 mm.

A figura 4 apresenta um fluxograma de uma planta adequada para a produção de produtos classificados, com uso para a construção civil.



Figura 4 – Fluxograma de uma usina de britagem para o processamento dos resíduos de entulho.

O local adequado para a implantação desta planta deve ser a área do aterro da URBANA, tendo em vista a redução de custos com transporte e com o escoamento dos produtos fabricados. Uma planta para este objetivo deveria ser adquirida com recursos obtidos com o pagamento da disposição dos entulhos na área do aterro.

## ANÁLISES DOS PRODUTOS PRODUZIDOS PELA CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica realizada apresentou que cerca de 36% do entulho possui tamanho inferior a 4,8 mm e este material foi submetido a uma análise granulométrica para a fração fina, tendo em vista determinar a quantidade de material nas granulometrias denominadas areia, silte e argila, visando uma possível aplicação como mistura para a produção de tijolos. A figura 5 mostra um diagrama ternário com campos de aplicações em cerâmica.

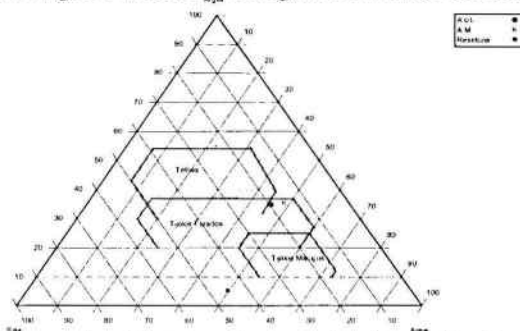


Figura 5 – Distribuição granulométrica em diagrama ternário da fração menor do que 4,8 mm.

Observando o diagrama da figura 5, nota-se que os resíduos de entulho não podem ser usados isoladamente como matéria prima para a fabricação de produtos cerâmicos, mas se for adicionado um material com cerca de 10% de material na granulometria de argila, seria possível aplicá-la na fabricação de tijolos maciços.

Esta aplicação vincula-se ao conhecimento de propriedades tais como plasticidade e limite de liquidez. Estes resultados para os resíduos não plásticos e o limite de liquidez igual a 16%.

Colocando estes dados no diagrama de Casagrande, têm-se mais elementos para avaliar o comportamento dos resíduos de entulho e sua aplicação em cerâmica. A figura 6 apresenta o diagrama de Casagrande.

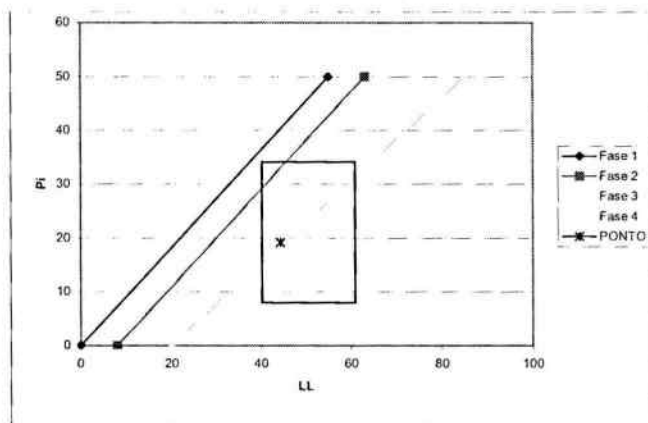


Figura 6 – Disposição dos resíduos de entulho no diagrama de Casagrande.

Observando o diagrama da figura 20, os resíduos estão em uma posição inadequada para a produção de peças cerâmicas. No entanto, pode-se fazer tratamento semelhante para corrigir este problema, através da adição de argilo-mineral que dará as propriedades desejadas para a produção destas peças.

A realização destes procedimentos não tem custos elevados, pois na região da Grande Natal há depósitos de argilas que podem ser utilizados como fonte de matéria prima.

A figura 7 apresenta a distribuição das áreas de extrações de matérias primas minerais para a construção civil no Estado do Rio Grande do Norte.

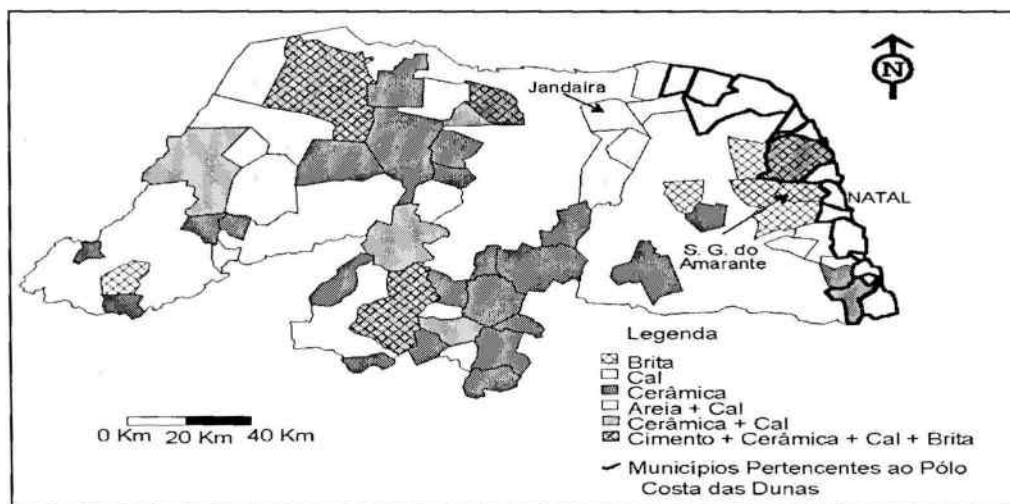


Figura 7 – Mapa com a distribuição de municípios produtores de matérias primas minerais para a construção civil.

Observando o mapa pode-se testar a aplicação de produtos com origem na indústria mineral, tal como a cal e o cimento, para testá-los como aglomerantes na produção de tijolos maciços, que podem ser uma rota tecnológica que minimize os custos de obtenção de um produto que tem forte demanda social, seja na área do trabalho como na construção de casas.

## CONCLUSÃO

Pode se concluir que o aproveitamento do entulho para produção de insumos para a construção civil é possível através da caracterização dos resíduos de entulho e que a produção de reciclados devem ser plenamente competitiva com os produtos de obtenção tradicional. É imprescindível a existência de uma legislação específica que trate do assunto, de forma a não punir, mas a estimular a utilização de produtos reciclados sempre que esses estejam em igualdade de condições técnicas e econômicas em comparação com as alternativas usuais. Cabe principalmente ao Poder Público dar o exemplo da utilização de tais materiais, como forma de fomentar a cultura da reciclagem, pois em muitos casos parece ser o preconceito o principal fator contrário à utilização de produtos alternativos, notadamente em setores de feição tão tradicional como o é a construção civil em nosso País e particularmente em nosso Estado.

Os investimentos a serem feitos para a implantação de uma planta de reciclagem não são altos, se comparados com a alternativa atual de destinação dos entulhos em aterro sanitário. Os mesmos estão plenamente compatíveis em termos orçamentários com o que se gasta atualmente na movimentação e disposição dos descartes que são lançados na atual área de destino final da Cidade Nova e são insignificantes sob qualquer ótica, se considerarmos o enorme benefício ambiental que a reutilização de rejeitos trará ao meio ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Pólo de Turismo Costa das Dunas pela demanda do projeto de pesquisa e ao CNPq pelo seu financiamento através de bolsa de auxílio a pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camargo, A. Minas de entulho. *Téchne - Revista de tecnologia da construção*, Pini, São Paulo, mar/abr 1995. n.15. p15-5.
- Carneiro, A. P. et alli. Reciclagem do entulho da região metropolitana de Salvador para a produção de materiais de construção de baixo custo. In: *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, IX, Porto Seguro, p1694-10.
- Castro, M. C. A. A. et alli. Caracterização física e granulométrica dos entulhos gerados na construção civil na cidade de São Paulo. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19, Foz do Iguaçu, 1997. p1667-7.
- Guimarães, J. E. P. *A cal - Fundamentos e aplicações na engenharia civil*. São Paulo: Pini, 1997. 1ed. 285p.  
<http://www.mma.gov.br/agenda21>
- Leite, J. Y. P. et Allí, Projeto caracterização, processamento e desenvolvimento de produtos a partir dos resíduos sólidos gerados nos municípios que compõem o Pólo de Turismo Costa das Dunas. CNPq. Brasília. 2000. Pp
- Teixeira, B. A. N et alli. Diagnóstico da coleta e destinação final de resíduos da construção na cidade de São Carlos-SP. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19, Foz do Iguaçu, 1997. p1650-11.