

**44° CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA
II SIMPÓSIO DE CERÂMICA ELETRO-ELETRÔNICA**

Trabalho No: 093-02

**PASTILHAS E PÓS CERÂMICOS OBTIDOS DAS CINZAS DE
INCINERAÇÃO DE LIXO AEROPORTUÁRIO**

**Abraham Zakon, Nefitaly Batista de Almeida Filho, Luiz Carlos de Abreu
Nascimento,**

**Laboratório de Compostos Cerâmicos, Departamento de Processos Inorgânicos,
Escola de Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Ilha da Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ – CEP.21949-900
Tel. (21)562-7643 - (21)590-3192 Ramais 118 e 129 Fax: (21)562-7567
zakon@h2o.eq.ufrj.br**

RESUMO

A incineração de lixos possibilita: (1º) transformar despesas com destinação de lixos em fontes de receitas; (2º) aproveitar mão-de-obra desocupada e não-especializada, (3º) evitar impactos ambientais em lixões e aterros sanitários decorrentes da ação lixiviadora de chuvas e chorumes sobre o solo, lençóis freáticos e bacias hidrográficas, (4º) reduzir as possibilidades de acidentes com aeronaves causadas por urubus nas proximidades de aeroportos. A incineração de lixo pode ser seletiva e precedida pela coleta seletiva de materiais recicláveis. A requeima, após moagem e classificação granulométrica das amostras de cinzas da incineração de lixo aeroportuário em temperaturas de 1000 °C, 1100 °C e 1200 °C resultou na obtenção de pós cerâmicos mais pastilhas porosas e lisas que podem ser empregados, dentre outros, como fileres, cargas, agregados finos e graúdos para argamassas e microconcretos, fabricação de tijolos, telhas e manilhas em projetos de moradias populares. Os resultados obtidos abrem perspectivas para a criação de empresas e novos postos de trabalho na administração pública.

**Palavras chaves: Pastilhas e pós cerâmicos, Cinzas de Incineração, Resíduos sólidos,
Lixos.**

INTRODUÇÃO: A INCINERAÇÃO COMO AGENTE POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O serviço de limpeza urbana ou remoção de lixo e resíduos sólidos é visto, ainda, somente como despesa, ao invés de atividade empresarial capaz de gerar receitas (lucros). Se a incineração de resíduos sólidos urbanos e fabris for encarada como uma modalidade de processamento químico industrial, com aplicações para os produtos da coleta e beneficiamento de lixos, poderão surgir interesses empresariais e novas oportunidades de emprego e desenvolvimento sustentável ⁽¹⁾.

Dentre os resíduos agro-industriais, as cinzas oriundas da queima de materiais diversos resultam de vários processos de geração de energia e de secagem, criando problemas de armazenamento e ambientais. Os aglomerantes e os agregados apresentam-se como os materiais de maior consumo na construção civil. É justificável a sua substituição por esses resíduos, o que vem sendo feito com as cinzas de usinas termoeletricas e siderúrgicas, cinzas de casca de arroz e de eucalipto entre outras. Os elementos construtivos tanto de fechamento quanto de acabamento obtidos dessa forma, têm propriedades físicas e mecânicas até melhores que os convencionais e um custo menor, o que pode ser uma alternativa viável para um país como o nosso, tão carente em relação a moradias populares.

As cinzas semi-beneficiadas e beneficiadas, resultantes da queima do bagaço de cana para produção de energia nas usinas açucareiras, foram misturadas por Freitas (1996) com solo e cimento Portland para se obter tijolos concluiu-se que a adição de cinzas de bagaço de cana queimado favorece a redução do custo de fabricação de tijolos de solo-cimento pela redução do teor do cimento Portland, podendo-se admitir que a seleção adequada do tipo e origem do solo possa contribuir nesta direção⁽²⁾.

O problema da destinação de rejeitos sólidos urbano abrange aspectos relacionados à sua origem e produção, bem como, atualmente, do processamento - físico, termoquímico (pirólise e incineração), hidroquímico (por lixiviação natural ou induzida), eletroquímico ou biotecnológico - que possa sofrer. A incineração representa o caso limite de um processo genérico de pirólise com a formação de cinzas e gases, sem a formação de vapores que poderiam ser condensados para posterior comercialização.

OS PROBLEMAS RESULTANTES DA ACUMULAÇÃO DE LIXOS

A geração constante de lixos e resíduos industriais diversos obriga à procura de áreas para disposição final de lixos - vazadouros ou aterros sanitários. A ausência de serviços regulares de coleta de lixo e o costume do uso rios, canais, riachos e lagoas como escoadouros de lixos complicam a solução administrativa do problema. Nem sempre as prefeituras possuem a infra-estrutura necessária para oferecer a destinação adequada, cabendo ao profissional ou político envolvido, a busca de soluções técnicas viáveis e

economicamente atraentes. No Brasil, a destinação de lixo visando geração de energia térmica não tem sido utilizada. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB/1989), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, divulgou em 1991 o seguinte perfil da disposição final de lixo nos municípios brasileiros (pesquisados) em: 73% em lixões; 13% em aterros controlados e 10% em aterros sanitários; e 1% sendo tratados via compostagem, reciclagem ou incineração.

Os lixões e aterros são usados de modo crescente e descontrolado em vários municípios, provocando alterações das características históricas das regiões, sejam industriais, agrícolas, agropecuárias ou litorâneas. Dentre as conseqüências prejudiciais decorrentes estão a improdutividade do solo, aumento dos problemas de saúde da população, contaminação dos corpos d'água receptores, proliferação de insetos e roedores, e inviabilidade de fixação de residências e indústrias nas proximidades dos locais de disposição de resíduos. Uma coincidência problemática que ocorre em várias cidades, é a existência de aterros sanitários próximos aos seus aeroportos, atraindo pássaros que, por vezes, ocasionam danos em turbinas de aviões gerando riscos de acidentes mais sérios. Talvez a substituição de lixo vazado a céu aberto por galpões de coleta industrial para posterior incineração possa contribuir para a solução deste enorme problema ambiental.

A COLETA SELETIVA E A INCINERAÇÃO SELETIVA

Coleta seletiva

A segregação ou triagem de materiais (sólidos) ou coleta seletiva (ver Tabela I) tem como objetivo principal a reciclagem de seus componentes fibrosos orgânicos (papel e têxteis) plásticos, metálicos, e não-metálicos de natureza vítrea - em primeira instância - e cerâmica ou mineral (entulho, terras, areia) quando existe algum interesse específico. A reciclagem consiste em reaproveitar materiais contidos no lixo para serem usados na manufatura de novos bens, feitos anteriormente com matéria-prima original. A reciclagem, no entanto, não pode ser vista como a principal solução para o lixo. É uma atividade econômica que deve ser encarada dentro de um conjunto de soluções, já que nem todos os materiais são técnica ou economicamente recicláveis. A separação aumenta a oferta de materiais recicláveis. Entretanto, se não houver demanda de produtos recicláveis pelo mercado, o processo é interrompido, os materiais abarrotam os depósitos, e por fim, são aterrados ou incinerados como rejeitos.

Tabela I - Formas de catação e coleta seletiva

Porta-a-porta	Cada morador coloca na calçada os objetos recicláveis acondicionados em recipientes distintos (em geral, sacos plásticos ou cestas plásticas rígidas de cores diferentes).
Voluntária	Cada cidadão deposita espontaneamente os objetos recicláveis em caixões de aço estacionados em logradouros, conhecidos como Locais de Entrega Voluntária (LEV).
Postos de Recebimento e Troca	Os moradores de passagem por um posto de recebimento de embalagens, por vezes localizado no estacionamento de um supermercado, fazem a doação com intuito caritativo ou trocam os objetos recicláveis por alguma compensação estimulante.
Catação Individual ou Coletiva	É vital para o abastecimento do mercado de materiais recicláveis. Na atual crise de desemprego, serve de fonte de rendimentos para mão-de-obra informal (em geral, individual e sem-teto) ou em cooperativas de catadores.
Coleta Seletiva em Edifícios e Condomínios	Pode ser estimulada por meio de contratos entre os síndicos e as empresas de reciclagem de plásticos, papéis, vidros e metais, pois a classe média está preocupada com as consequências da poluição e com os altos custos condominiais, que podem ser compensados.

Incineração Seletiva

As cinzas de uma incineração bem executada são formadas, geralmente, por metais e óxidos metálicos, e geram “minerais sintéticos de composição cristaloquímica variada”. Existe, ainda, um receio indiscriminado sobre a utilização da incineração de lixo quanto aos problemas atribuídos à uma possível geração de poluição atmosférica, que seria causada pela emissão de gases (alguns com odores desagradáveis), a formação de sólidos particulados e a geração de material mal-queimado. Esta tem sido uma preocupação dos administradores municipais, estaduais e federais, bem como de empresários e da população.

A incineração do lixo consiste na sua queima em altas temperaturas (no mínimo, a 1000 °C), durante um tempo conveniente e pré-determinado. No caso do lixo, os compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente, dióxido de carbono gasoso, vapor d'água e sólidos inorgânicos inertes (cinzas). A importância da incineração do lixo decorre da sua possibilidade de gerar cinzas decorrentes do processo de combustão completa, bem como fumos que podem conter partículas em suspensão (cujo recolhimento é imperativo), podendo gerar insumos úteis bem como energia térmica e as

cinzas convertidas em produtos cerâmicos. Em países localizados em regiões frias, ou submetidos a invernos rigorosos, também se constitui em fonte adicional de energia térmica, o que estimula o seu uso.

A incineração do lixo é uma rota tecnológica que pode solucionar convenientemente diversos fatores intervenientes na problemática ambiental, gerando produtos cerâmicos úteis (ver Tabela II). Assim como a coleta seletiva, a incineração também deve ser preferencialmente seletiva.

Tabela II - Vantagens da incineração de lixos

Redução drástica de peso e volume de material a descartar	Permite reduzir o volume de material em 90% e o peso até 80% do original, produzindo, geralmente oxidadas e inertes. Possibilita reduzir a crescente necessidade de novas áreas de vazadouros e aterros sanitários.
Redução do impacto ambiental	Minimiza a preocupação com a monitoração do lençol freático, já que os resíduos tóxicos podem ser destruídos, ao invés de serem estocados.
Destoxificação	Destrói bactérias, vírus e compostos orgânicos. Possibilita descontaminar solos contendo resíduos tóxicos, para devolvê-los ao seu lugar de origem.
Co-geração de energia térmica e vapor d'água	Os gases quentes de uma incineração permitem o uso em caldeiras de recuperação para fornecimento de vapor d'água industrial para hospitais, hotéis, restaurantes, indústrias, quartéis, edifícios em geral, e processos de compostagem no inverno

As diversas etapas que constituem um processo de incineração iniciam-se com um pré-tratamento onde o resíduo sólido em bruto recolhido é despojado (por catação manual ou processamento mecânico e/ou eletromecânico) de componentes com valor comercial - papel, vidros, plásticos, alumínio, metais em geral, etc. O material a ser incinerado pode sofrer fragmentação, secagem, compostagem e enfardamento para otimizar a queima. A alimentação do incinerador pode ser manual ou mecânica (com um conjunto de esteiras e dosadores adequados). Dependendo de sua capacidade, o incinerador pode ser descontínuo ou contínuo, podendo possuir uma só câmara, ou câmaras múltiplas (e dispor de grelhas móveis), ou ser rotativo.

Os gases gerados na incineração podem passar através de trocadores de calor para

resfriamento e reaproveitamento de calor (“co-geração de energia”), e ser lavados e neutralizados quimicamente em colunas lavadoras que arrastam com a água descendente várias partículas sólidas desprendidas e formam suspensões e lamas, que são encaminhadas para um tratamento adequado. Dependendo da emissão interna de partículas, tais sólidos residuais dos gases podem ser eliminados com o emprego adicional de precipitadores eletrostáticos, filtros de manga, lavadores Venturi, possibilitando que as frações gasosas efluentes se adequem às especificações das normas ambientais vigentes. Tais procedimentos são adotados intensivamente em indústrias termoquímicas, como as siderúrgicas, refinarias de petróleo, de cimento, cal e cerâmica e outras análogas, que se ajustam aos parâmetros normativos da qualidade do meio ambiente há várias décadas. É possível adaptá-los para incineração de lixos.

O bagaço-de-cana é usado como combustível em caldeiras de usinas de açúcar, caracterizando uma incineração seletiva, que pode ser aplicada para cascas de coco, casquinhas de siri, lagostas e similares. As cinzas resultantes da queima das fibras geram material pozzolânico útil na fabricação de materiais cimentícios, tijolos solo-cimento e estabilização de solos. As cascas de crustáceos (em geral, calcárias) servem de fonte de cal (ou cálcio) para tintas e aglomerantes minerais e rações alimentares para animais de criação. A coleta seletiva dos rejeitos desses produtos biológicos pode ser efetuada pelas próprias empresas exploradoras destes itens comerciais. Uma interação de desenvolvimento tecnológico entre universidades, prefeituras, empresas e cooperativas poderia gerar novas oportunidades de mercado.

A incineração de lixo hospitalar pode ser seletiva ou mista, dependendo do sistema e do produto da coleta, e demandar equipamentos mais sofisticados. A implementação de uma política nacional de incentivos à incineração, baseada na Agenda 21, pode estimular os fornecedores dos alimentos mencionados a coletar e reciclar tais rejeitos. É possibilitaria incentivar fabricantes de equipamentos para empresas ou cooperativas de micro, pequeno ou médio porte, para instalar usinas em bairros ou municípios de baixa população. As desvantagens das grandes usinas de incineração e do transporte de lixo por milhares de ruas das cidades envolvidas podem ser reduzidas.

A INCINERAÇÃO DOS LIXOS AEROPORTUÁRIO E URBANO

As aeronaves de vôos internacionais, por cumprirem rotas em países com normas sanitárias diferentes, podem (potencialmente) se constituir em vetores de transmissão de epidemias e/ou enfermidades, principalmente através das pessoas e dos dejetos recolhidos. Por essa razão os lixos aeroportuários, são objeto de manejo diferenciado dos outros tipos de lixo (que nem sempre estão sujeitos à exigências sanitárias rigorosas), e

devem ser incinerados. A Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária – INFRAERO, responsável pela administração dos aeroportos no Brasil, em virtude do Brasil ser membro da International Civil Aviation Organization (ICAO), adota os procedimentos técnicos mandatórios relativos à incineração dos resíduos sólidos provenientes de vôos internacionais, previstos na Nona Edição do Anexo 9 da Convenção Internacional de Aviação Civil, aprovada em julho de 1990. Assim, diariamente, são queimados lotes de lixo aeroportuário e administrativo, cujas cinzas são coletadas e remetidas para o aterro sanitário conveniente.

A incineração de lixo (aeroportuário) consiste na queima a 1000 °C nominais, com tempo mínimo de residência dos sólidos de 60 (sessenta) minutos, quando se tratar de incinerador de câmara fixa, ou 30 (trinta) minutos quando se referir a incinerador de forno rotativo. Os compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente, dióxido de carbono gasoso, vapor d'água e sólidos inorgânicos inertes (cinzas).

Com relação à definição da obrigatoriedade do processo de incineração, convém esclarecer que a Resolução nº 006 de 19 de setembro de 1991 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabelece: “Art. 1º Fica desobrigada a incineração ou qualquer outro tratamento de queima de resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos, ressalvados os casos previstos em lei e acordos internacionais”. Entretanto, sendo o Brasil um país de proporções continentais, talvez fosse o caso de reconsiderar tal decisão à favor da incineração desses resíduos e, inclusive, os lixos urbanos.

RESULTADOS INICIAIS DO PROCESSAMENTO CERÂMICO DAS CINZAS DE INCINERAÇÃO DE LIXO AEROPORTUÁRIO.

Foram obtidos pós e sínteres à partir da requeima de amostras moídas e peneiradas de cinzas de lixo aeroportuário incinerado, recolhidas do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Figura 1). Outros ensaios exploratórios foram efetuados para avaliar a pozolanicidade (segundo a ABNT) das amostras de cinzas obtidas a 900 °C pela INFRAERO, que resultaram em valores de 0,28 MPa para a resistência à compressão.



Figura 1 – Cinzas originais de lixo aeroportuário incenerado a 900 °C pós e pastilhas cerâmicas obtidas por queima entre 1000 e 1200 °C

Novas amostras foram requeimadas até 1000 °C e 1100 °C e apresentaram valores de 2 MPa para a resistência à compressão. Empregou-se um moinho laboratorial de bolas de porcelana a seco, preenchido com 23 bolas de 1", 100 de ½" e 200 de ¼" para efetuar ensaios de cinética de moagem das cinzas obtidas a 900 °C e de suas frações requeimadas até 1100 °C. As curvas resultantes minutos de moagem para as cinzas queimadas a 900 °C (Figura 2) revelam que a aglomeração de finos passantes na peneira ABNT 325 iniciou-se aos 180 minutos. As demais curvas resultantes (Figura 3) da moagem das cinzas requeimadas a 1100 °C revelaram que a aglomeração de finos passantes na peneira ABNT 325 ocorreu aos 15 minutos. Constatou-se que a requeima aumentou a fragilidade das cinzas originais, aumentando as possibilidades de obtenção de frações granulométricas finas com menor dispêndio de energia de moagem. Os resultados iniciais são indicativos da possibilidade de seu aproveitamento tecnológico em várias aplicações atribuídas às argilas e agregados para construção civil.

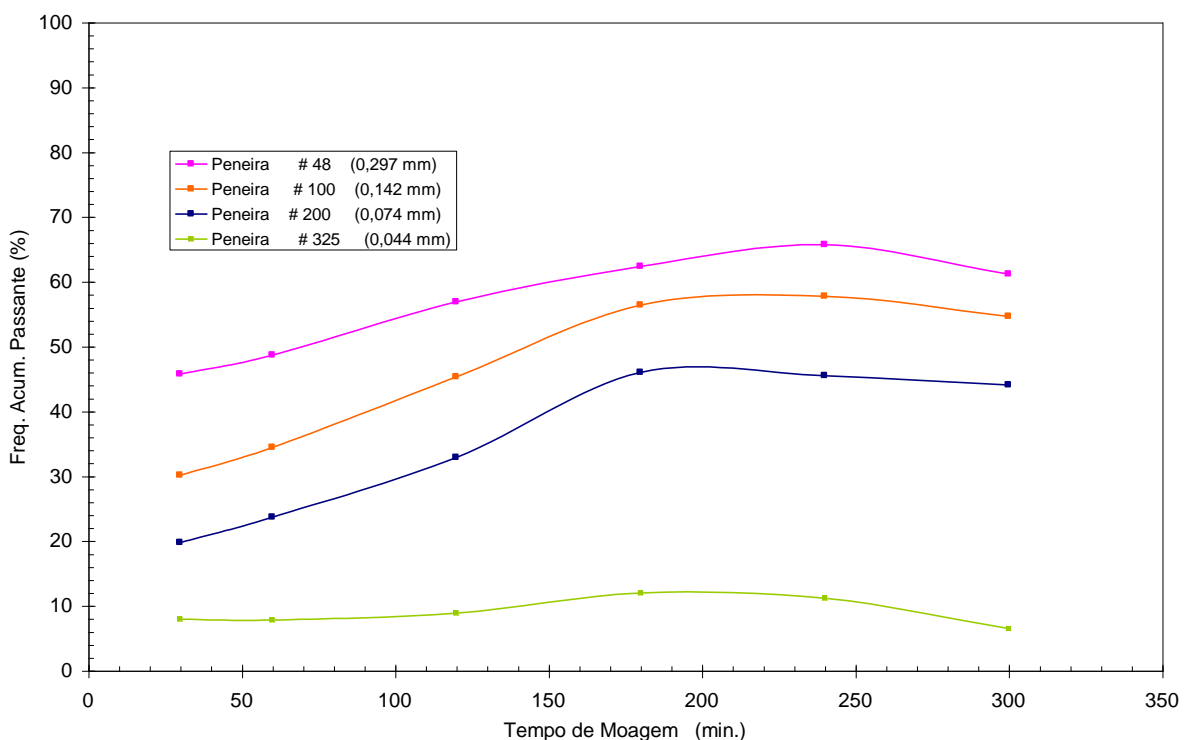
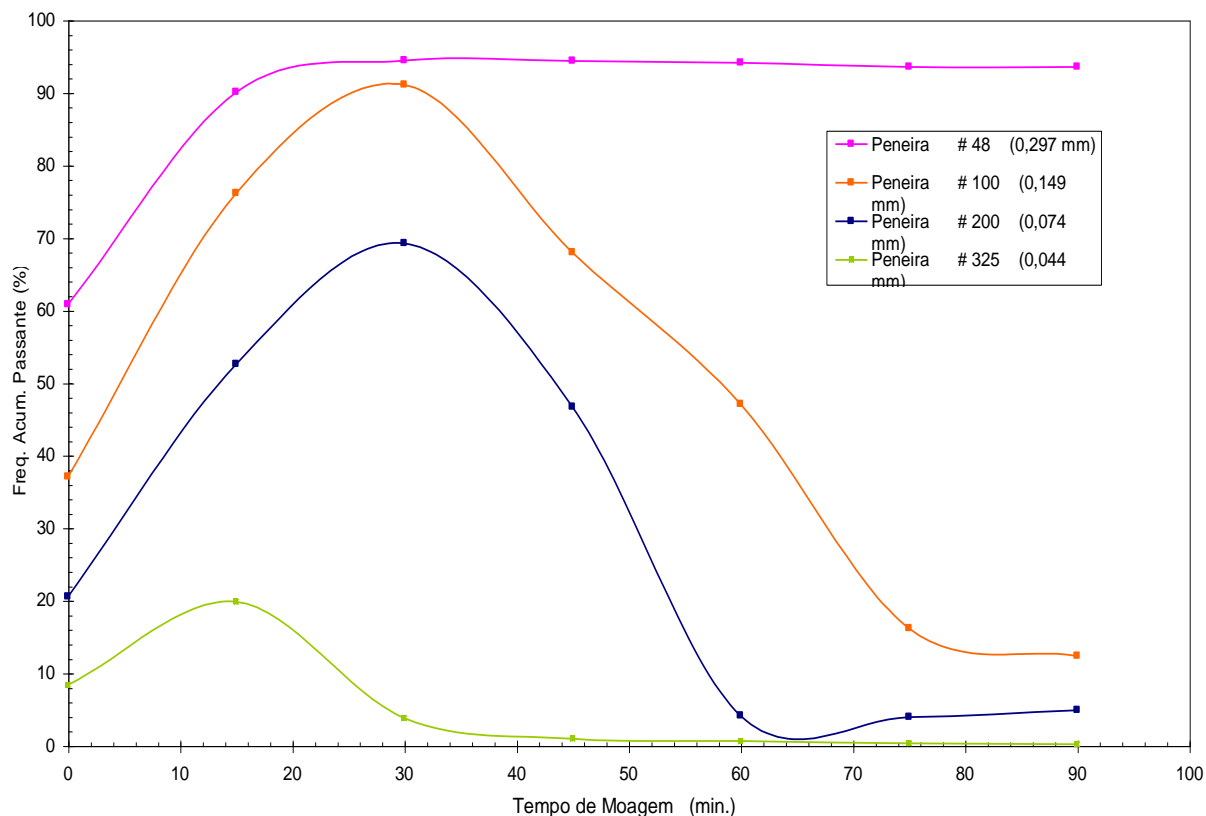


Figura 2 - Curvas cinéticas de moagem das cinzas de lixo aeroportuário incineradas a 900 °C



**Figura 3 - Curvas cinéticas de moagem das cinzas de lixo aeroportuário
requeimadas a 1100 °C**

PRODUÇÃO ESTIMADA DE CINZAS DE INCINERAÇÃO DE LIXO A PARTIR DOS DADOS DE COLETA DA COMLURB-RJ

A Comlurb-RJ efetua a coleta dos seguintes tipos de lixo: domiciliar, público, hospitalar, de grandes geradores (tipo domiciliar gerado em imóveis não-residenciais), e outros (particulares, lixo industrial inerte, órgãos públicos, produtos industrializados para destruição) e de prefeituras vizinhas. As quantidades de lixo recebidas entre 1994 e 1999 pela Comlurb variaram de 2.404.683 tpa a 3.095.504 tpa e as estimavas de cinzas (20%) corresponderam a 480.936,6 tpa e 707.049,4 tpa (figura 4). Em 1998, a quantidade de lixo enviada para os aterros da Comlurb correspondeu a 98% do total coletado e em 1999 reduziu-se para quase 90% ⁽³⁾.

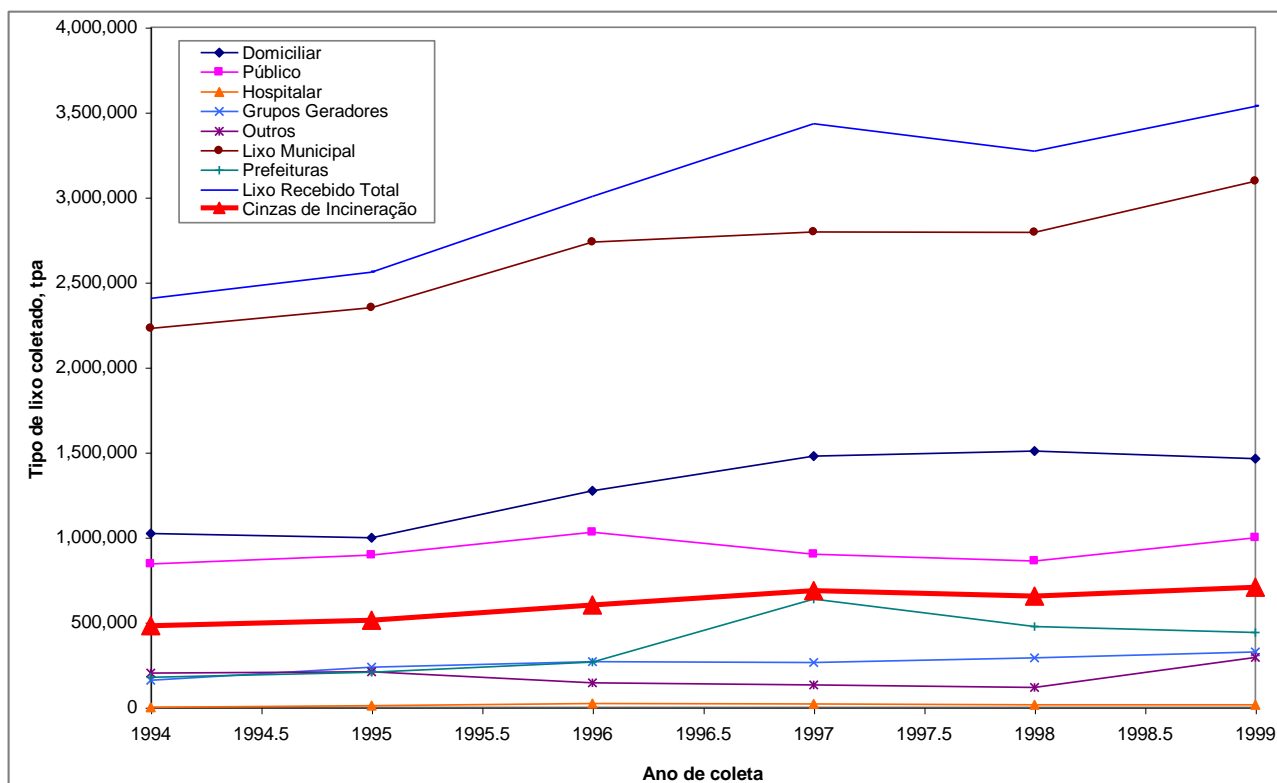


Figura 4 Curvas de Acompanhamento Anual do Recebimento de Lixo pela Comlurb-RJ e da Estimativa de Cinzas de Incineração dos Totais Enviados para Aterros

O desafio tecnológico da obtenção de produtos cerâmicos a partir das cinzas de incineração de lixo no Brasil contempla o consumo de quase 70 milhões tpa de argilas comuns para produção de cerâmica vermelha ou estrutural (tijolos, blocos, telhas, lajes, lajotas, manilhas, canaletas e outros artefatos) e o déficit de construções populares relativas a 13 milhões de moradias, 45 mil ruas sem pavimentação, 30% da população sem água tratada e 65% das moradias sem sistema de esgoto ⁽⁴⁾.

As perspectivas de se conciliar a eliminação de vazadouros de lixo e os problemas ambientais inerentes com a produção de matérias-primas cerâmicas estão, ainda, numa fase inicial de estudos. Os primeiros ensaios de pozolanicidade revelam um potencial incipiente de aproveitamento das cinzas de incineração de lixo, sem esgotar qualquer tipo de conclusão a respeito desta e outras destinações comerciais.

AGRADECIMENTOS

CNPq, FUJB, INFRAERO, COMLURB, NCE/UFRJ

REFERÊNCIAS

- 1 – ZAKON, A.; ALMEIDA FILHO, N.B.; NASCIMENTO, L. C. A. - Pastilhas e pós cerâmicos obtidos das cinzas de incineração de lixo aeroportuário - Anais do 1o Congresso de Extensão da UFRJ, 18 e 19 de novembro de 1999, p.187.
- 2 – FREITAS, E.G.A. -Obtenção de tijolos solo-cimento com adição de cinzas de bagaço de cana para uso em construção civil – Tese de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense, defendida em 19 de dezembro de 1996 (Orientador: Dr. Abraham Zakon).
- 3 – COMLURB-RJ - Relatório Mensal de Operações Dez/99 - Diretoria Técnica e Industrial, Rio de Janeiro, Dezembro de 1999.
- 4 -. BITTENCOURT, O – Legislação mineral vai sofrer mudanças - *Pólo Cerâmico*, 3 (35): 13 – junho (1999).

CERAMIC MATERIALS FROM AIRPORT WASTES INCINERATION

ABSTRACT

Wastes incineration allows: (a) change garbage expenses to income sources; (b) to allocate unemployed and non-specialized workers; (c) to avoid environment pollution from garbage deposits submitted to bleaching rains and bleaches (“chorumes”) on soils, draining-basins and hydrographic basins; (d) to reduce aircraft disaster caused by vultures near airports. Waste incineration maybe selective after collection of recycle materials. Samples of ashes from incinerated airport wastes, after milling and sieving, were burned in electric furnaces at 1000, 1100 and 1200°C, leading to ceramic powder, porous and smooth tablets that could be employed on fillers, fine and courses aggregates for mortals and micro-concretes, bricks, roofing and tiles, glazed clay pipes related to popular buildings. The laboratories products obtained give one possibilities for creation of new private and public companies and jobs.

Key words: wastes incineration, ashes, ceramic powders and tablets, garbage.