

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/436

**Requisitos para a execução de aterros de
resíduos de construção e demolição**

Sérgio Cirelli Angulo
Vanderley Moacyr John

São Paulo – 2006

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico – Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan
Vice-Diretor: Prof. Dr. Ivan Gilberto Sandoval Falleiros

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Paulo Helene
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. João Petreche

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

O presente trabalho é parte da tese de doutorado apresentada por Sérgio Cirelli Angulo, sob orientação do Prof. Dr. Vanderley Moacyr John: “Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de suas Características no Comportamento de Concretos”, defendida em 23/09/2005, na EPUSP.

A íntegra da tese encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Angulo, Sérgio Cirelli
Requisitos para a execução de aterros de resíduos de construção e demolição / Sérgio Cirelli Angulo, Vanderley Moacyr John. -- São Paulo : EPUSP, 2006.

12 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil ; BT/PCC/436)

1. Resíduos de construção 2. Agregados (Reciclagem) 3. Caracterização Tecnológica de minérios 4. Concreto 5. Usinas de reciclagem de resíduos urbanos 6. Controle da qualidade I. John, Vanderley Moacyr II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série ISSN 0103-9830

RESUMO

O objetivo deste artigo é identificar os principais requisitos para a execução e o controle de aterros de resíduos de construção e demolição (RCD) internacionais. Como conclusão, a presença de materiais como plásticos, asfaltos, pinturas, selantes, madeira tratada, compósitos com fibras orgânicas, lâmpadas fluorescentes, baterias, equipamentos elétricos, carpetes, pisos laminados, resíduos vegetais, matéria-orgânica, soldas e componentes à base de gesso podem contaminar os aterros de RCD. Podem ocorrer também contaminações como a do ferro e manganês. Existem aterros específicos para a fração inerte dos RCD em países como Europa, e Estados Unidos. A classificação do RCD como inerte pode depender de dois parâmetros: a) triagem de elementos/materiais do RCD e b) controle da lixiviação do RCD. A presença de plásticos, de materiais betuminosos e de outros compostos orgânicos é tolerada desde que em pequena quantidade. A existência de mecanismo de seleção/triagem (estação de transbordo) é indispensável para a viabilidade da execução de aterros inertes de RCD considerando o atual sistema de gestão no Brasil. São apresentados requisitos técnicos exigidos para a execução deste tipo de aterro.

ABSTRACT

This article aims to identify parameters to design and to control construction and demolition waste (CDW) inert landfills. In conclusion, plastics, asphalt, painting, wood, some lamps, battery, carpet, vegetable and organic matter, gypsum materials could be potentially harmful substances in this kind of landfill, including mineral ones such as iron and manganese. Plastics and asphalts could be permitted in low concentration. Transfer stations are important in order to sorting appropriate materials and making viable controlled CDW inert landfills. Technical specifications to design the CDW inert landfills are presented.

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção e demolição (RCD) brasileiros são compostos predominantemente por materiais inorgânicos não metálicos (em torno de 90% em massa). Estes minerais, compostos por silicatos, aluminatos e carbonatos em sua maioria advindos das rochas naturais, cimento e cerâmica, não representam grandes riscos ambientais em razão das características químicas e minerais semelhantes aos agregados naturais e solos. É por esta razão que muitas vezes os RCD se enquadram em resíduos inertes em estudos nacionais e internacionais.

Solos e agregados naturais são utilizados em diversas atividades de construção civil como bases de pavimentos, aterros, regularização de níveis em terraplenagem, taludes etc. Sendo assim, os resíduos de construção e demolição apresentam viabilidade técnica e econômica para serem utilizados nestas finalidades. Essas aplicações contribuem com metas ambientais e econômicas com base nos seguintes fatores:

- a) evitam a deposição desses resíduos em aterros municipais controlados, caros e com pouca área disponível;

- b) evitam a extração de agregados naturais uma vez que substituem estes por agregados reciclados;
- c) permitem a viabilidade de uma reciclagem mais massiva uma vez que diversifica mercados consumidores na sua utilização;
- d) agregados de RCD reciclados são mais leves que os agregados naturais e o custo de transporte dos mesmos é menor (ISWB, 2001); e
- e) agregados de RCD reciclados reduzem o efeito de erosões (ISWB, 2001).

Entretanto, em razão da complexidade das atividades da construção civil, os resíduos de construção e demolição podem apresentar diversos outros tipos de resíduos como sobras de madeiras da construção, plásticos, demolição de edificações industriais, asfaltos provenientes de atividades de pavimentação, resinas sintéticas como óleos de maquinários utilizados na construção, pinturas e asbestos de telhas de cimento amianto etc. Nos Estados Unidos, a quantidade de resíduos perigosos em relação à quantidade de resíduo de construção e demolição em massa é de 0,4% (EPA, 1995).

A presença destes compostos tem causado uma série de problemas em aterros de inertes, taludes e obras de infra-estrutura como:

- a) a compactação em aterros pode causar a dispersão de fibras de cimento amianto expondo funcionários e a população local a riscos de saúde (CEC, 2002);
- b) nos Estados Unidos, alguns incêndios foram detectados em aterros inertes de resíduos de construção e demolição pela presença de substâncias orgânicas (à base de carbono) (EPA, 1995);
- c) aterros de resíduos inertes podem ser utilizados para abrigar ilegalmente resíduos perigosos (EPA, 1995); e
- d) a reciclagem intensa e cíclica pode aumentar a concentração de contaminantes, principalmente (HENDRIKS, 2000)

O objetivo deste documento é identificar os principais requisitos para a execução e o controle de aterros de resíduos de construção e demolição internacionais para subsidiar a Câmara Ambiental da Indústria da Construção do estado de São Paulo¹ em relação à experiência acumulada.

2 METODOLOGIA

A metodologia para a elaboração deste documento foi baseada em revisão bibliográfica e por contatos com especialistas internacionais na área de aterros de resíduos de construção e demolição.

¹ http://www.sindusconsp.com.br/CAMARA_AMBIENTAL/index.htm

As palavras-chaves utilizadas foram “construction and demolition waste”, “rubble” e “landfills”. Foram realizadas buscas nos seguintes sites:

- a) <http://www.google.com>
- b) <http://www.scirus.com>

Os especialistas consultados foram:

- a) Jim McCurdy - jmccurdy@dem.state.in.us - Estado de Indiana – Estados Unidos
- b) Sabra Abrose - sambrose@ciwmb.ca.gov - Estado da Califórnia – Estados Unidos.
- c) Francisco Gutterres - fgutterr@ciwmb.ca.gov - Estado da Califórnia – Estados Unidos.
- d) Brian Grant - Brian.Grant@gems9.gov.bc.ca - Estado de Vancouver – Canadá
- e) Stina Lundberg Stina.Lundberg@naturvardsverket.se - EPA Suécia

3 NORMALIZAÇÃO INTERNACIONAL

3.1 Documentos norte-americanos

Os documentos analisados foram da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e regulamentações dos estados da Virginia, de Indiana e do Kansas e da cidade de Nova York.

Dois estudos da EPA foram analisados, um com objetivo de identificar os resíduos de construção e demolição norte americanos e resumir práticas para o gerenciamento deste resíduo (EPA, 1998) e outro com objetivo de regulamentar aterros destes resíduos ou aterros que recebam pouca quantidade de resíduos perigosos (EPA, 1995).

3.1.1 Impacto ambiental de aterros

Foi indicado em EPA (1995) quatro tipos de resíduos perigosos nos resíduos de construção e demolição provenientes de 21 aterros de RCD. Nesses aterros, 305 parâmetros foram avaliados segundo critérios de qualidade da água de abastecimento em relação ao nível de contaminantes, níveis máximos de contaminantes secundários (substâncias que causam efeitos como alteração de gosto p. ex.) e presença de substâncias carcinogênicas.

O estudo detectou 93 substâncias consideradas perigosas, pelo menos uma vez, nesses aterros. Das 93 substâncias, 24 delas, em pelo menos uma ocasião, apresentaram concentração acima do limite da regulamentação. Quatro substâncias inorgânicas excederam os valores das regulamentações pelos valores medianos encontrados nos aterros de RCD: cádmio, ferro, chumbo e manganês. Essas substâncias também foram detectadas em outros estudos norte-americanos, inclusive sulfato (EPA, 1995).

3.1.2 Definição dos resíduos de construção e demolição

Nos Estados Unidos, os resíduos de construção e demolição são definidos como resíduos provenientes das atividades de construção, reformas e demolições de estruturas. Na definição, solo é excluído da definição por não ser resultado direto das atividades de construção. Estas estruturas são edificações residenciais ou não-residenciais como infra-estrutura urbana. Para alguns estados, a definição inclui árvores, troncos provenientes da limpeza de canteiros (EPA, 1998). Em outros estados, a definição de RCD inclui as atividades de demolição e reformas das edificações (IWMB, 2002).

Por essa definição, RCD só podem conter (IWMB, 2002):

- componentes da edificação como madeiramento, paredes de gesso acartonado, vidros, metais, materiais de cobertura, cerâmica, carpete, plástico, concreto, asfalto.
- ferramentas e materiais consumidos ao longo da construção das edificações.
- embalagens.

No Estado de Indiana, a definição de RCD inclui madeiramento, tijolos, concreto, rochas, vidro, papel de parede, materiais de cobertura, instalações hidráulicas, etc. Neste estado a definição exclui os seguintes materiais dos RCD: lâmpadas fluorescentes, asbestos e qualquer outro material que possa potencialmente poluir solo, meio ambiente e a população (IER, 2002).

3.1.2.1 Fração inerte

Os resíduos de construção e demolição são considerados inertes como alguns tipos de resíduos de mineração e de atividades agrárias. No entanto, o trabalho da EPA (1998) considera os resíduos de demolição e de reforma mais contaminados que os resíduos da construção. Um dos motivos apontados é que os resíduos de demolição são baseados em sistemas construtivos com diversos tipos de materiais unidos ou até mesmo perigosos como cimento amianto e pintura à base de chumbo (EPA, 1998).

A regulamentação do Kansas define um tipo de RCD conhecido como resíduo limpo (“*clean rubble*”). Esse resíduo é composto por sobras de resíduos inertes não contaminados como concreto, concreto armado, pavimento de asfalto, tijolos, solos e rochas. Essa regulamentação considera alguns outros materiais como aceitáveis: “pallets” de madeira, varrição de rua sem resíduo orgânico porém com baixos níveis de metais pesados, telhas/azulejos/ladrilhos sem cimento amianto, podas/árvores/galhos, sobras de metal, madeira tratada até o limite de 500 caçambas e trailers sem pneus e tanques de combustível (KDHE, 2002).

Resíduos inertes de RCD são definidos como agregados, rochas, solos, areias, processados ou não. O tipo A inclui, mas não limita, concreto (incluindo concreto

armado), asfalto, vidro, plásticos, fibras de vidro, tijolos, escórias, cerâmicas. O tipo B inclui tipo específico de inertes como resíduos industriais tratados (IWMB, 2002).

3.1.2.2 Fração não inerte

Os resíduos perigosos que podem estar presentes nos resíduos de construção e demolição são divididos em quatro tipos (EPA, 1995):

- a) resíduos de construção com excesso de pinturas, selantes e telhas de cimento amianto;
- b) resíduos de óleos com fluidos de freio, óleos de máquinas etc
- c) baterias, lâmpadas fluorescentes etc
- d) resíduos como madeira tratada e carpetes de vedação.

A regulamentação do Kansas considera inaceitável a deposição dos seguintes materiais nos aterros de RCD: cimento amianto, matéria-orgânica, mobília, equipamentos elétricos contendo substâncias perigosas, pneus e tambores com óleos. Ainda, a regulamentação destaca alguns materiais que não são RCD como pneus usados, madeira tratada de fonte industrial e poda de árvores (KDHE, 2002).

A regulamentação do estado de Indiana considera inaceitável resíduos de vegetação. Como solução, ele pode sofrer compostagem ou queima. O cimento amianto deve seguir regulamentação específica (IER, 2002).

Vários produtos da construção em que há presença de resíduos perigosos são apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Produtos da construção com presença de resíduos perigosos (EPA, 1995).

Componentes do RCD	Produtos do RCD	Substâncias
Pintura	Tintas e container de tinta.	Resinas (à base acrílica, à base de chumbo, à base de mercúrio, à base de PVA, PVC, à base de poliuretano etc, à base de epóxi, à base de melanina etc) Pigmentos (chumbo, arsênio, cromo)
Fechamento de paredes	Gesso acartonado	Sulfato
Produtos à base de petróleo	Diversos tipos de óleos e tanques combustíveis	
Madeira	Laminados, verniz, preservativos	Preservativos (pentaclorofenol, CCA, ACA, creosoto etc)
Cobertura	Telhas de cimento amianto	Asbestos
Metais	soldas, lâmpada de mercúrio	Soldas (chumbo)
Outros	Baterias, carpetes, selantes, fibras de vidros, container de epóxi, solventes em geral	Carpetes (formaldeído)

Embora o gesso acartonado não esteja nesta classificação, ele é excluído dos aterros norte americanos, uma vez que o gesso pode sofrer uma reação anaeróbica gerando um gás (EPA, 1995). Formaldeído empregado em resinas nas peças de madeira causam um tipo específico de alergia em trabalhadores de demolições. Creosoto também é empregado na madeira e pode causar problemas na água potável e na vida biológica de rios (LAMBERT; DOMIZIO, 1993 *apud* EPA, 1995).

3.1.3 Aterros de RCD inertes

Em alguns estados os resíduos de construção e demolição podem e devem ser aterrados em aterros especiais, com menores requisitos técnicos e ambientais que os aterros municipais. Aproximadamente, 8 estados americanos definem estes critérios especiais, incluindo o estado de Indiana (EPA, 1998; IER, 2002). Outros estados aceitam resíduos de construção em aterros convencionais.

3.1.3.1 Impermeabilização do subsolo de aterros de RCD

Uma camada mínima de 1 m localizada sobre o aterro deve ser feita de solo com coeficiente de permeabilidade inferior a 1×10^{-6} cm/s (IER, 2002) .

3.1.3.2 Tamanho Maximo

Altura máxima do aterro deve ser 300 m (IER, 2002).

3.1.3.3 Aprovação do aterro

Na cidade do Kansas, não é necessário permissão para a operação de aterros de resíduos limpos de RCD (somente a parcela mineral inorgânica) em razão da natureza “estável” destes materiais, desde que não esteja em áreas sujeitas a alagamento num período de 100 anos. Caso a área esteja sujeita a alagamento, exige-se uma autorização do departamento que regulamenta o uso de recursos hídricos. Entretanto, o aterro de RCD está sujeito à aprovação municipal pela lei de zoneamento e uso do solo (KDHE, 2002). Na Califórnia, o operador de aterros de inertes deve submeter o aterro à aprovação (IWMB, 2002). Já o estado de Indiana estabelece que aterros devem estar localizados a uma distancia superior a 180 metros de fontes de água potável.

3.1.3.4 Operação dos aterros

Um controle do material recebido deve ser realizado, retirando os materiais inaceitáveis para a deposição (KDHE, 2002).

Testes de controle de qualidade são realizados a cada três meses para obras de engenharia de regularização de terrenos (infra-estrutura). Para aterros de RCD, eles devem ser inspecionados mensalmente (IWMB, 2002).

Exige-se do operador do aterro o registro por período não inferior a 3 anos, de informações como número de caçambas aterradas e número de caçambas as rejeitadas. Ocorrências especiais devem ser notificadas em 24 horas. Informações como planta do aterro, dias/horas de operação, capacidade total, tipos e quantidade diária de resíduos recebidos e métodos de controle de qualidade (IWMB, 2002).

No estado de Indiana, exige-se uma planta de detalhamento do aterro , incluindo informações hidro-geológicas sobre o entorno. A cobertura do aterro deve ser feita com

solo. Compactação mínima de 15 cm na camada intermediária anualmente. Preenchimento de camada deve ser maior que 15 cm semanalmente.

Qualquer lixiviado deve ser controlado e analisado. Em relação aos requisitos de fechamento, a taxa máxima de erosão pode ser de 1 kg/m². O talude deve ter inclinação entre 2 e 33%.

3.1.3.5 Outros requisitos

A madeira não deve exceder 1% do volume do resíduo inerte de construção e demolição para aterros de RCD, conforme regulamentação da Califórnia (IWMB, 2002).

3.2 *British Columbia, Canadá*

A regulamentação examinada encontra-se na referência MWLA-BC (1993).

3.2.1 *Definição de resíduos de demolição*

Os resíduos de demolição estão na categoria de resíduos especiais, que inclui resíduos de limpeza de terrenos, outros volumosos e até motores, excluindo somente os resíduos especiais. A normalização possui grau de detalhamento bastante baixo.

3.2.2 *Aterros de RCD inertes*

São denominados como aterros de resíduos especiais. Dois aspectos devem ser considerados a seguir.

3.2.2.1 Impermeabilização do sub-solo

É exigida camada mínima de 2m de argila ou silte com coeficiente de permeabilidade inferior a 1×10^{-6} m/s ou 1m de espessura de solo compactado com coeficiente inferior a 1×10^{-7} m/s, respectivamente se o aterro é natural (tira proveito da geologia local) ou projetado.

3.2.2.2 Aprovação do aterro

É requerida, mas as regras são bastante flexíveis. Exige que o nível inferior esteja acima de 2m do nível máximo do lençol freático.

3.3 *Documentos europeus*

3.3.1 *Definição dos resíduos de construção e demolição*

3.3.1.1 Fração inerte

São concretos, tijolos, materiais cerâmicos e suas misturas são considerados resíduos inertes (CEC, 2002).

3.3.1.2 Fração não inerte

A comunidade européia restringe nos aterros de resíduos inertes os seguintes produtos da construção (CEC, 2002):

- a) escórias provenientes do ferro/aço, exceto as escórias de alto forno e as de aciaria;

- b) compósitos de vidros com fibras orgânicas;
- c) materiais betuminosos acima de certos limites de quantidade de hidrocarbonetos poliaromáticos;
- d) solos e rochas contaminados e camadas superficiais de solos;
- e) mínimo de metais, plásticos, produtos orgânicos, madeira, borracha, solo;
- f) cimento amianto;
- g) alguns resíduos de construção contaminados como tintas; e
- h) resíduos de demolição, a menos que selecionado por processo.

3.3.2 Aterros de RCD inerte

Os documentos europeus analisados definem resíduos inertes como resíduos que não geram alterações físicas, químicas e biológicas significativas quando em contato com o meio ambiente (OJEC, 1999)

Esta definição em classes é realizada através de três etapas: *caracterização básica, teste de conformidade e verificação no aterro*. A caracterização básica inclui medida de variabilidade da composição e das propriedades e lixiviação por tase de lixiviação por batelada (*“batch leaching test”*). O teste de conformidade é realizado durante a operação do aterro pelo menos uma vez ao ano sendo o mesmo que o da caracterização básica (CEC, 2002).

Uma série de normas são utilizadas conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2 – Normas européias empregadas na definição das classes do resíduos (CEC, 2002).

Normas	Títulos	Funções dos ensaios
EN 13137	“Organic matter – Total Organic Carbon (TOC)”	Propriedades gerais
PrEN 14436	“Calculation of dry matter by determination of dry or water content”	
prEN 14405	“Up-flow percolation test for inorganic constituents”	Testes de lixiviação
EN 12457/1-4	“Compliance leaching test for granular waste (L/S 2, 4 mm; L/S 10, 4 mm; L/S 2 and 8, 4 mm; L/S 10, 10 mm)”	
EN 13657	“Partial digestion of the solid waste prior to elementary analysis, leaving the silicate matrix intact”	Digestão do resíduo
EN 13656	“Total digestion of the solid waste prior to elementary analysis”	
ENV 12506	“Analysis of inorganic constituents of solid waste and/or its eluate (major, minor and trace elements)”	Análise do resíduo
ENV 13370	“Analysis of inorganic constituents of solid waste and/or its eluate (anions)”	

3.3.2.1 Impermeabilização do subsolo

A base do aterro deve estar sobre uma barreira geológica de espessura maior que 1 m e coeficiente de permeabilidade inferior a $1,0 \times 10^{-7}$ m/s (CEC, 2002).

3.3.2.2 Tamanho Maximo

Um aspecto interessante da normalização europeia é a fixação de uma massa limite para o aterro de inerte de 15.000 toneladas (CEC, 2002).

3.3.2.3 Operação dos aterros

Na recepção, existe uma análise visual do resíduo na entrada e no ponto de depósito e verificação de conformidade com a documentação. A amostragem deve obedecer à norma ISO 5667-2 (CEC, 2002). Deve existir também um controle de lixiviação no aterro.

3.3.2.4 Outros requisitos

A **Tabela 3** ilustra os valores limites para elementos inorgânicos em aterros de resíduos inertes. Parâmetros adicionais devem ser aplicados para valores limites de elementos orgânicos.

Tabela 3 – Valores limites máximos para deposição de resíduos inorgânicos em aterros de resíduos inertes (CEC, 2002).

Componente	Líquido/Sólido = 2 l/kg	Líquido/Sólido = 10 l/kg	C ₀ (teste percolação)
	mg/kg	mg/kg	mg/l
As	0.1	0.5	0.058
Ba	7	20	3.9
Cd	0.03	0.04	0.02
Cr	0.2	0.5	0.11
Cu	0.9	2	0.60
Hg	0.003	0.01	0.0013
Mo	0.3	0.5	0.18
Ni	0.2	0.4	0.12
Pb	0.2	0.5	0.15
Sb	0.02	0.06	0.099
Se	0.06	0.1	0.039
Zn	2	4	1.2
Cl	550	800	460
F	4	10	2.5
SO ₃	560**	1000**	1500 **
“Phenol index”	0,47	1	0,32

4 CONCLUSÕES

Os resíduos de construção e demolição, apesar de sua natureza inerte predominante, pode causar diversos problemas em aterros com base nos seguintes argumentos:

- a) a presença de materiais como plásticos, tintas, óleos, asfaltos, madeiras podem contaminar aterros de RCD.

- b) embora grande parte das contaminações dos RCD tenha origem de materiais orgânicos presentes no RCD mineral, algumas contaminações como a do ferro e manganês podem ocorrer;
- c) os problemas de contaminação englobam risco à saúde da população no entorno, dos funcionários envolvidos nestas atividades e ao meio ambiente; e
- d) a contaminação por substâncias orgânicas podem causar incêndios com complexo tempo de extinção.

Existem aterros específicos para a fração inerte dos RCD em países como Europa, e Estados Unidos. A segurança ambiental destes aterros e aplicações são conseguidas através de um controle do resíduo recebido. A classificação do RCD como inerte pode depender de dois parâmetros: a) triagem de elementos/materiais do RCD e b) controle da lixiviação do RCD. O controle dos produtos lixiviados do aterro é recomendado em várias das normas consultadas. A seguir é apresentado um resumo dos requisitos encontrados na busca que devem ser adequados para a realidade nacional.

4.1 Definição do RCD inerte

As definições, com exceção da Canadense, são elaboradas para evitar a presença de resíduos de atividades industriais como pneus, óleos e escórias da produção de aço p. ex. Atenção especial é dada a solos com possíveis contaminações e seu uso nos aterros de inertes.

Embora a classificação de resíduos inertes não seja consensual, todas as regulamentações e diretrizes são consensuais em apontar os seguintes materiais como inertes: concretos, argamassas, cerâmicas, vidros, blocos, solos e rochas. Os seguintes materiais são normalmente excluídos da categoria de resíduos inertes: plásticos, asfaltos, pinturas, selantes, madeira tratada, compósitos com fibras orgânicas, lâmpadas fluorescentes, baterias, equipamentos elétricos, carpetes, pisos laminados, resíduos vegetais, matéria-orgânica, soldas e componentes à base de gesso.

A presença de plásticos, de materiais betuminosos e de outros compostos orgânicos é tolerada desde que em pequena quantidade junto com os resíduos inertes de RCD. Não se tem um limite claro para esta presença. Um valor que pode ser estipulado, em volume, é 1%.

A existência de mecanismo de seleção/triagem (estação de transbordo) é indispensável para a viabilidade da execução de aterros inertes de RCD considerando o atual sistema de gestão de RCD no Brasil.

4.2 Requisitos técnicos e ambientais para os aterros

Os requisitos técnicos mais frequentemente encontrados para os aterros de RCD são:

- a) Existência de projeto (documentação da planta, dias/horas de operação, capacidade total), etc.

- b) Distância mínima de cursos de água e fontes de água potável e lençol freático;
- c) Barreira geológica com coeficiente de permeabilidade entre 1×10^{-5} cm/s e 1×10^{-7} cm/s e espessura mínima de 1 m;
- d) licenciamento ambiental, incluindo aspectos legais dos municípios referentes ao uso e ocupação do solo;
- e) registro de atividades de controle de qualidade do material recebido e do aterro acabado;
- f) controle periódico dos lixiviados como forma de controle da natureza dos resíduos depositados;
- g) compactação anual de 15 cm na camada intermediária
- h) taxa máxima de erosão de 1 kg/m² e inclinação do aterro deve estar entre 2 e 33%;
- i) altura máxima de 300 metros; e
- j) massa limite de 15000 toneladas.

5 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela FINEP dentro do Programa Setorial Verde e Amarelo. Sérgio C. Angulo conta com bolsa CNPq.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills**. Bruxelas, 2002. 28p. (Working Document of the Commission Services, Committee For The Adaptation To Scientific And Technical Progress Of EC-Legislation On Waste).

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (OJEC). **EC Council Directive 1999/31/EC**. 1999. 19p. (16.7.1999/L.182/1). Disponível em: <<http://europa.eu.int/>>. Acessado em: Sep., 17 2002.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Construction and demolition waste landfills. 1995. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acessado em: Sep., 17 2002.

_____. Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States. 1998. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acessado em: Sep., 17 2002.

HENDRIKS, C.F. **The building cycle**. Holanda: Aeneas, 2000. 231 p.

- INDIANA'S ENVIRONMENTAL RULES (IER). **Solid waste land disposal facilities.** 2002. 180p. Disponível em :< <http://www.in.gov/>>. Acessado em: Sep., 22 2002.
- INNER SYDNEY WASTE BOARD (ISWB). A draft specification for supply of recycled material for roads, drainage and fills. 2001. Disponível em: < <http://www.environment.nsw.gov.au/index.htm>>. Acessado em: Sep., 22 2002.
- INTEGRATED WASTE MANAGEMENT BOARD (IWMB). Proposed Construction and demolition and inert debris disposal regulations. 2002. Disponível em: <<http://www.ciwmb.ca.gov/>>. Acessado em: Sep., 22 2002.
- KANSAS DEPARTMENT OF HEALTH AND ENVIRONMENT (KDHE). Construction and demolition waste and clean rubble. 2002. Disponível em: <<http://www.kdhe.state.ks.us/waste/guidance/sw94-02.pdf>>. Acessado em: Sep., 22 2002.
- MINISTRY OF WATER, LAND AND AIR PROTECTION OF BRITISH COLUMBIA (MWLA-BC). **Landfill Criteria For Municipal Solid Waste.** 1993. Disponível em: <<http://wlapwww.gov.bc.ca/epd/epdpa/mpp/lcmsw.html>>. Acessado em: Sep., 22 2002.