



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo



Sociedade, Meio Ambiente e Cidadania

Prof. Dr. Paulo Santos de Almeida

“Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte”

Coord.: Armando Borges de Castilhos Junior

Florianópolis – SC - 2003

ISBN 85-86552-70-4

Editora Rima Artes e Textos

Um livro financiado com recursos do Fundo de Recursos Hídricos - PROSAB

Agnes Massumi Tada
Alexandre Murilo G. de Almeida
Paulo Roberto Gonçalo Jr
Wagner Kimura

São Paulo
2009

Resenha

Os temas abordados no livro são frutos de um trabalho minucioso de pesquisa científica, onde foram unidos os conhecimentos teóricos existentes na época (2003) com casos práticos e reais. O livro está subdividido em capítulos e sua disposição, apesar de terem sido elaborados por autores diferentes, segue uma ordenação lógica de entendimento e exposição do tema.

Capítulo 1 – Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU)

Por: Viviana Maria Zanta e Cynthia Fantoni Alves Ferreira

O GIRSU tem como objetivo principal a qualidade da saúde, o bem-estar físico, social e mental da comunidade, porém depende invariavelmente de políticas públicas que ensejem, em seus escopos, aspectos institucionais, legais, financeiros, sociais e ambientais, e que contemplem a integração entre governo, sociedade civil, iniciativa privada e terceiro setor.

Em termos de destinação de resíduos, temos duas situações, os lixões e os aterros sanitários. No caso dos lixões, a céu aberto, identificamos uma forma de deposição desordenada, sem a devida compactação do lixo e sem qualquer cobertura, o que acentua os problemas de contaminação do solo, do lençol freático e a proliferação de macro e micro vetores. Já nos aterros os mesmos problemas também estão presentes, mas com menor intensidade.

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) – Aspectos Básicos.

Definições

Segundo a Norma Brasileira NBR 10004 de 1987 - Resíduos Sólidos – Classificação, os resíduos sólidos são:

“aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de

atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível”.

Aspectos legais e normativos

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 23, inciso VI, estabelece a competência de combate à poluição e à proteção do meio ambiente para todas as esferas do executivo, no artigo 24, permite legislações próprias até nível estadual, e no artigo 30, incisos I e II, amplia permissão de legislar até nível municipal.

O quadro a seguir apresenta o evolutivo das leis no Brasil, lembrando que existem outros diversos documentos relacionados em outras formas: Medida Provisória, Decreto-Lei, Decreto, Instrução Normativa, Portaria, Portaria Interministerial, Regimento Interno, Resolução, Proposição, Recomendação e Moção. Os dados foram atualizados com informações contidas no site do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

Lei nº	Descrição sucinta
11.428/2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. - Data da legislação: 22/12/2006 - Publicação DOU, de 26/12/2006.
11.284/2006	Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui o Serviço Florestal Brasileiro (SFB); cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF); altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. - Data da legislação: 02/03/2006 - Publicação DOU, de 03/03/2006
10.650/2003	Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. - Data da legislação: 16/04/2003 - Publicação DOU, de 17/04/2003
10.410/2002	Artigo 4º - "Cria e disciplina a carreira de Especialista em Meio Ambiente" - Data da legislação: 11/01/2002 - Publicação DOU, de 14/01/2002
9.985/2000	Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências - Data da legislação: 18/07/2000 - Publicação DOU, de 19/07/2000
9.984/2000	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. - Data da legislação: 17/07/2000 - Publicação DOU, de 18/07/2000
9.966/2000	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. - Data da legislação: 28/04/2000 - Publicação DOU, de 29/04/2000

10165/2000	Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental - "Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. - Data da legislação: 27/12/2000 - Publicação DOU, de 09/01/2001
9.795/1999	Lei de Educação Ambiental - "Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências - Data da legislação: 27/04/1999 - Publicação DOU, de 28/04/1999
Lei nº	Descrição sucinta (continuação)
9.605/1998	Lei dos Crimes Ambientais - "Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências - Data da legislação: 12/02/1998 - Publicação DOU, de 17/02/1998
9.433/1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. - Data da legislação: 08/01/1997 - Publicação DOU, de 09/01/1997
8.974/1995	Regulamenta os incisos II e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas para o uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, autoriza o Poder Executivo a criar a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, e dá outras providências - Data da legislação: 05/01/1995 - Publicação DOU, de 06/01/1995
8.005/1990	Dispõe sobre a cobrança e a atualização dos créditos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), e dá outras providências - Data da legislação: 22/03/1990 - Publicação DOU, de 23/03/1990
7.803/1989	Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. - Data da legislação: 18/07/1989 - Publicação DOU, de 20/07/1989
7.802/1989	Dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem, transporte, armazenamento, comercialização, utilização, importação e exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências - Data da legislação: 11/07/1989 - Publicação DOU, de 12/07/1989
7.754/1989	Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências. - Data da legislação: 14/04/1989 - Publicação DOU, de 18/04/1989
7.653/1988	Altera a redação dos arts. 18, 27, 33 e 34 da Lei nº 5197, de 3 de janeiro de 1967, que dispõe sobre a proteção à fauna, e dá outras providências" - Data da legislação: 12/02/1988
7.551/1986	Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. - Data da legislação: 07/07/1986 - Publicação DOU, de 08/07/1986
6.938/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, cria a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e dá outras providências - Data da legislação: 31/08/1981 - Publicação DOU, de 02/09/19
6766/1979	Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. - Data da legislação: 19/12/1979 - Publicação DOU, de 20/12/1979
5870/1973	Acrescenta alínea ao artigo 26 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro 1965, que institui o novo Código Florestal. - Data da legislação: 26/03/1973 - Publicação DOU, de 28/03/1973
5868/1972	Cria o Sistema Nacional de Cadastro Rural, e dá outras providências. - Data da legislação: 12/12/1972 - Publicação DOU, de 14/12/1972
5197/1967	Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências - Data da legislação: 03/01/1967 - Publicação DOU, de 05/01/1967
5106/1966	Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais." - Data da legislação: 02/09/1966 - Publicação DOU, de 05/09/1966
4771/1965	Institui o novo Código Florestal" - Data da legislação: 15/09/1965 - Publicação DOU, de 28/09/1965

Tabela 1.1 Relação de Leis relacionadas a Resíduos Sólidos
Fonte: Site do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2009)

No próximo quadro, apresentamos as principais Resoluções do CONAMA que estão relacionadas com a questão de resíduos sólidos:

Resolução	Descrição Sucinta
416/2009	Prevenção e degradação ambiental causada por pneus inservíveis - Data da legislação: 30/09/2009 - Publicação DOU Nº 188, de 01/10/2009, págs. 64-65
411/2009	Procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria. - Data da legislação: 06/05/2009 – Publicação DOU nº 86, de 08/05/2009, págs. 93-96
404/2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno

	porte de resíduos sólidos urbanos. - Data da legislação: 11/11/2008 - Publicação DOU nº 220, de 12/11/2008, pág. 93
401/2008	Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado - Data da legislação: 04/11/2008 - Publicação DOU nº 215, de 05/11/2008, págs. 108-109
396/2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. - Data da legislação: 03/04/2008 - Publicação DOU nº 66, de 07/04/2008, págs. 66-68
Resolução	Descrição Sucinta (continuação)
380/2006	Retifica a Resolução Nº 375/2006 - Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados - Data da legislação: 31/10/2006 - Publicação DOU nº 213, de 07/11/2006, pág. 59
377/2006	Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário - Data da legislação: 09/10/2006 - Publicação DOU nº 195, de 10/10/2006, pág. 56
373/2006	Define critérios de seleção de áreas para recebimento do Óleo Diesel com o Menor Teor de Enxofre-DMTE, e dá outras providências. - Data da legislação: 09/05/2006 - Publicação DOU nº 088, de 10/05/2006, pág. 102
362/2005	Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. - Data da legislação: 23/06/2005 - Publicação DOU nº 121, de 27/06/2005, págs. 128-130
359/2005	Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó - Data da legislação: 29/04/2005 - Publicação DOU nº 083, de 03/05/2005, págs. 63-64
358/2005	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde - Data da legislação: 29/04/2005 - Publicação DOU nº 084, de 04/05/2005, págs. 63-65
348/2004	Altera a Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. - Data da legislação: 16/08/2004 - Publicação DOU nº 158, de 17/08/2004, pág. 070
334/2003	Procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos - Data da legislação: 03/04/2003 - Publicação DOU nº 094, de 19/05/2003, págs. 79-80
316/2002	Procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU nº 224, de 20/11/2002, págs. 92-95
313/2002	Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU nº 226, de 22/11/2002, págs. 85-91
307/2002	Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96
303/2002	Parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente - Data da legislação: 20/03/2002 - Publicação DOU nº 090, de 13/05/2002, pág. 068
302/2002	Parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno" - Data da legislação: 20/03/2002 - Publicação DOU nº 090, de 13/05/2002, págs. 67-68
275/2001	Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva - Data da legislação: 25/04/2001 - Publicação DOU nº 117, de 19/06/2001, pág. 080
264/1999	Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos" - Data da legislação: 26/08/1999 - Publicação DOU nº 054, de 20/03/2000, págs. 80-83 - Status: Vigente (em processo de revisão)
237/1997	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente - Data da legislação: 22/12/1997 - Publicação DOU nº 247, de 22/12/1997, págs. 30.841-30.843
228/1997	importação de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo - Data da legislação: 20/08/1997 - Publicação DOU nº 162, de 25/08/1997, págs. 18442-18443
023/1996	Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos - Data da legislação: 12/12/1996 - Publicação DOU nº 013, de 20/01/1997, págs. 1116-1124
005/1993	Definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários - Data da legislação: 05/08/1993 - Publicação DOU nº 166, de 31/08/1993, págs. 12996-12998
008/1991	Dispõe sobre a entrada no país de materiais residuais - Data da legislação: 19/09/1991 - Publicação DOU, de 30/10/1991, pág. 24063
006/1991	Incineração de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos - Data da legislação: 19/09/1991 - Publicação DOU, de 30/10/1991, pág. 24063
002/1991	Adoção ações corretivas, de tratamento e de disposição final de cargas deterioradas, contaminadas ou fora das especificações ou abandonadas - Data da legislação: 22/08/1991 - Publicação DOU, de 20/09/1991, págs. 20293-20299
001/1986	Critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação DOU, de 17/02/1986, págs. 2548-2549

Tabela 1.2 Relação de Resoluções relacionadas a Resíduos Sólidos
Fonte: Site do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2009)

No próximo quadro, apresentamos as principais Normas Brasileiras (NBR's) de normalização técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

Norma NBR	Descrição Sucinta
15584-1:2008	Controle de vetores e pragas urbanas Parte 1: Terminologia
15584-2:2008	Controle de vetores e pragas urbanas Parte 2: Manejo integrado
Norma NBR	Descrição Sucinta (continuação)
15584-3:2008	Controle de vetores e pragas urbanas Parte 3: Sistema de gestão da qualidade - Requisitos particulares para aplicação da ABNT NBR ISO 9001:2000 para empresas controladoras de pragas
15448-2:2008	Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio
14653-6:2008	Avaliação de bens Parte 6: Recursos naturais e ambientais
15515-1:2007	Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 1: Avaliação preliminar
13334:2007	Contentor metálico de 0,80 m ³ , 1,2 m ³ e 1,6 m ³ para coleta de resíduos sólidos por coletores-compactadores de carregamento traseiro - Requisitos
13221:2007	Transporte terrestre de resíduos
15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos
15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos
15114:2004	Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação
15112:2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
15051:2004	Laboratórios clínico - Gerenciamento de resíduos
10004:2004	Resíduos sólidos - Classificação.
10005:2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.
10006:2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
10007:2004	Amostragem de resíduos sólidos.
14599:2003	Requisitos de segurança para coletores-compactadores de carregamento traseiro e lateral
14879:2002	Coletor-compactador de resíduos sólidos - Definição do volume
13332:2002	Coletor-compactador de resíduos sólidos e seus principais componentes - Terminologia
14652:2001	Coletor-transportador rodoviário de resíduos de serviços de saúde - Requisitos de construção e inspeção - Resíduos do grupo A
14283:1999	Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico
13896:1997	Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação
13894:1997	Tratamento no solo (landfarming)
13853:1997	Coletores para resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes - Requisitos e métodos de ensaio
13591:1996	Compostagem
8843:1996	Aeroportos - Gerenciamento de resíduos sólidos
13463:1995	Coleta de resíduos sólidos - Classificação
13413:1995	Controle de contaminação em áreas limpas
7500:1994	Símbolos de riscos e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais
13055:1993	Sacos Plásticos para acondicionamento de lixo – Determinação de capacidade volumétrica.
12980:1993	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos
12810:1993	Coleta de resíduos de serviços de saúde
12809:1993	Manuseio de resíduos de serviços de saúde – Procedimento
12808:1993	Resíduos de serviços de saúde – Classificação
12807:1993	Resíduos de serviços de saúde – Terminologia
9191:1993	Sacos Plásticos - Especificação
9190:1993	Sacos Plásticos - Classificação
12245:1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimentos
12235:1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
8419:1992	Versão Corrigida:1996, Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos
7167:1992	Conexão internacional de descarga de resíduos oleosos - Formato e dimensões

7166:1992	Conexão internacional de descarga de resíduos sanitários - Formato e dimensões
11175:1990	Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho.
11174:1990	Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes.
10664:1989	Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico.
7501:1989	Transporte de produtos perigosos – Terminologia
10157:1987	Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.
8849:1985	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos
8418:1984	Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos

Tabela 1.3 Relação de Normas NBR

Fonte: Site da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2009)

Classificação dos resíduos sólidos:

Classe I – resíduos perigosos – inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos.

Classe II – resíduos não inertes – combustíveis, solúveis e biodegradáveis.

Classe III – resíduos inertes – não oferecem riscos à saúde ou ao meio ambiente.

Caracterização dos resíduos sólidos

A caracterização utilizada neste trabalho é um misto de informações obtidas junto a ABNT e definições apresentadas no Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental de 2002, ocorrido em Porto Alegre.

Categoria	Exemplos
Matéria orgânica putrescível	Restos alimentares, flores, podas de árvores.
Plástico	Sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de rafia.
Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas.
Vidro	Copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios.
Metal ferroso	Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios.
Metal não ferroso	Latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica.
Madeira	Caixas, tábuas, palitos de fósforos, palitos de picolés, tampas, móveis, lenha.
Panos, trapos, couro e borracha	Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, bolsas, mochilas, sapatos, tapetes, luvas, cintos, balões.
Contaminante químico	Pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticidas, colas em geral, cosméticos, vidro de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel-carbono, filme fotográfico.
Contaminante biológico	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gazes e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, cabelos, pêlos,

	embalagens de anestésicos, luvas.
Pedra, terra e cerâmica	Vasos de flores, pratos, restos de construção, terra, tijolos, cascalho, pedras decorativas.
Diversos	Velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, lápis de cera, embalagens longa-vida, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação.

Tabela 1.4 Relação da caracterização dos resíduos sólidos

Fonte: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental de 2002, ocorrido em Porto Alegre, com adaptações advindas do Site da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2009)

Princípios de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Em termos de estratégia, a priorização de ações em ordem decrescente nos mostra uma opção inteligente, que seriam: a redução na fonte, o reaproveitamento, o tratamento e a disposição final.

A redução na fonte pode ocorrer por intermédio de mudanças no produto, avanços tecnológicos, avanços nas áreas operacionais e melhoria de métodos com economia de insumos. Já para os casos de reaproveitamento temos inseridas as ações de reutilização, reciclagem e recuperação. Por fim, nas ações de tratamento e disposição final, temos a figura do descarte e lançamento adequado de resíduos no meio ambiente.

Na figura a seguir mostramos as etapas passíveis de aplicação das ações de redução ou reaproveitamento de resíduos sólidos

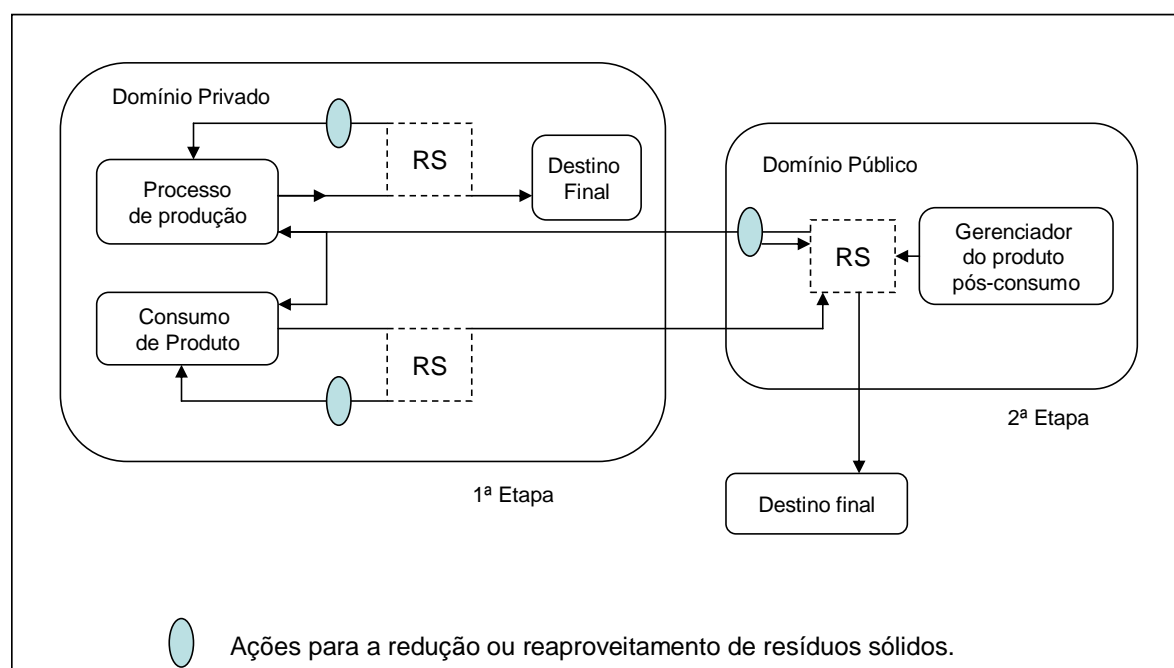


Figura 1.1 Etapas passíveis de aplicação de ações visando à prevenção da poluição
Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 10)

Aspectos do Sistema de Gerenciamento Integrado de RSU

Para que um município possa colocar em prática o GIRSU, é necessário possuir uma estrutura organizacional adequada e com disponibilidade de recursos para o desenvolvimento das atividades. Na figura 1.2, apresentamos um exemplo de estrutura:

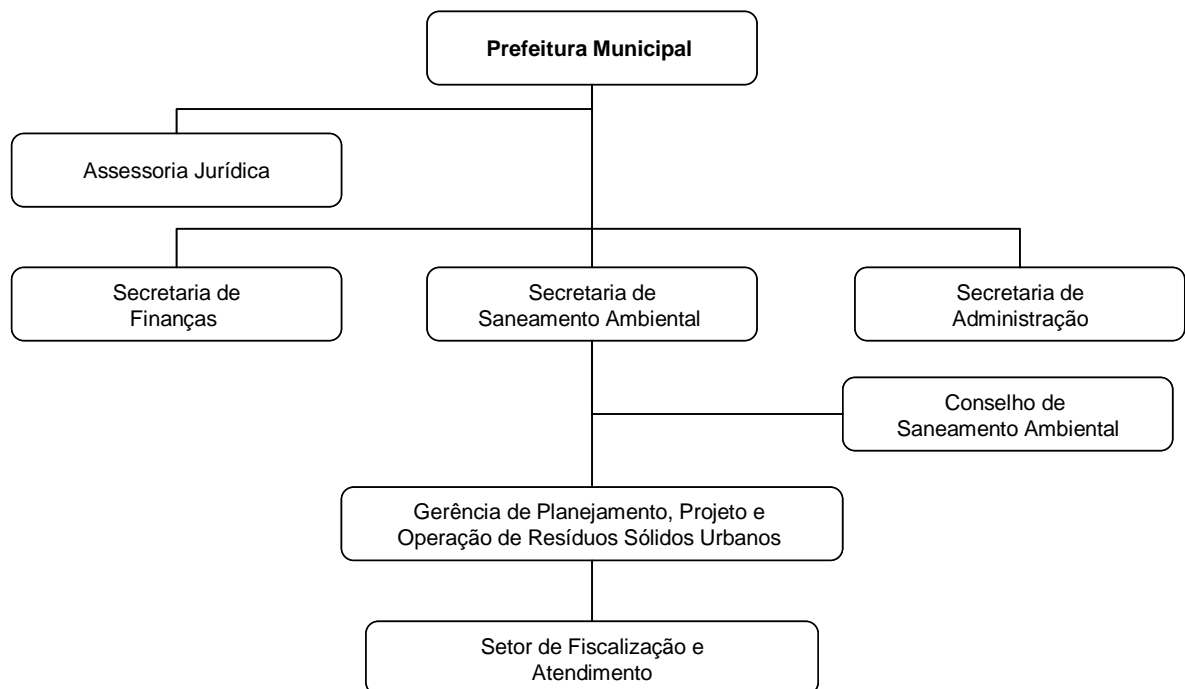


Figura 1.2 Exemplo de estrutura organizacional do sistema de gerenciamento integrado de RSU para um município de pequeno porte.
Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 11)

Atividades técnico-operacionais do sistema de gerenciamento integrado de RSU

O sistema GIRSU pode ser composto pelas seguintes etapas: geração,

condicionamento, coleta seletiva e transporte, reaproveitamento, tratamento e destinação final. A etapa de geração, é aquela relacionada com os padrões de consumo e produção. Durante o condicionamento, deve-se observar as características quali-quantitativas. Já na coleta seletiva e transporte, é onde temos as operações de remoção e transferência dos resíduos sólidos urbanos para os locais de armazenamento ou processamento. A fase de reaproveitamento e tratamento estão relacionadas com a fase de coleta seletiva, onde podemos destacar as seguintes formas:

- Reciclagem – processo de transformação necessário para inserir os resíduos como matéria-prima na cadeia produtiva;
- Reutilização – utilização de resíduos como matéria-prima na cadeia produtiva sem a necessidade de transformação;
- Recuperação – Extração de certas substâncias do resíduo para inseri-lo como matéria-prima na cadeia produtiva;
- Tratamento da fração orgânica por processos biológicos – compostagem – processo de conversão aeróbica da matéria orgânica (adubos); e digestão anaeróbica – estabilização da matéria orgânica (gás metano e dióxido de carbono)

A fase final é a da destinação final, que consiste no encaminhamento dos resíduos processados ou não, para um fim, que pode ser sua inserção na cadeia produtiva, ou na confinação em espaços de terras pré-definidos e específicos para armazenagem, os chamados aterros e lixões. Hoje em termos de tecnologia, temos a figura do aterro sustentável.

Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente:

“o plano de gerenciamento é um documento que apresenta a situação atual do sistema de limpeza urbana, com a pré-seleção das alternativas mais viáveis, com o estabelecimento de ações integradas e diretrizes sob os aspectos ambientais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais, e legais para todas as fases de gestão dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final”.

O sistema de limpeza deve estar pautado em informações de interesse de suma relevância para o processo, a saber:

- Características quantitativas e qualitativas dos RSU;
- Dispositivos legais;
- Estrutura administrativa apropriada;
- Estrutura operacional adequada;
- Identificação dos aspectos sociais (catadores, cooperativas, associações);
- Estrutura financeira satisfatória;
- Identificação e caracterização de ações e programas de educação ambiental.

O sistema de gerenciamento prevê em sua primeira fase, a implantação de um plano de gerenciamento que deve contemplar:

- Modelo utilizado, estrutura operacional, estratégia de implantação e definição de metas e prazos;
- Os recursos devem estar provisionados e garantidos para a execução do plano;
- Deve conter a proposição de estrutura organizacional ou adequação de estrutura existente, onde além das estruturas administrativas, financeiras e operacionais, deve conter uma estrutura jurídica;
- Adequação do plano a programas de inserção social;
- Adequação do plano a programas de educação ambiental;
- Inclusão de metodologia de acompanhamento e avaliação dos resultados.

Considerações finais do primeiro capítulo

O GIRSU exige articulação entre as esferas públicas e privadas, envolvendo os atores oriundos dos setores públicos, das empresas de iniciativa privada, da sociedade civil e das organizações de terceiro setor.

Implantações como o aterro sustentável, asseguram uma melhoria na saúde da comunidade e minimiza impactos negativos associados ao manejo e disposição inadequada do RSU.

Capítulo 2 – Principais Processos de Degradação de Resíduos Sólidos Urbanos

Por: Armando Borges de Castilhos Jr, Péricles Alves Medeiros,
Ioana Nicoleta Firta, Giancarlo Lupatini e Joel Dias da Silva

Introdução

Aterros sanitários são hoje, o meio mais utilizado e de menor custo para a estocagem de RSU, porém o fato de estarem estocados não quer dizer que estejam inativos. As condições de armazenagem, bem como as influências de agentes naturais (chuva e microrganismos) ativam processos físico, químico e biológicos de transformação. Os elementos naturais são dissolvidos, a água desprende finas partículas e o principal responsável pela degradação dos resíduos é a bioconversão da matéria orgânica em formas solúveis e gasosas. Com isto, temos a formação de biogás e os lixiviados.

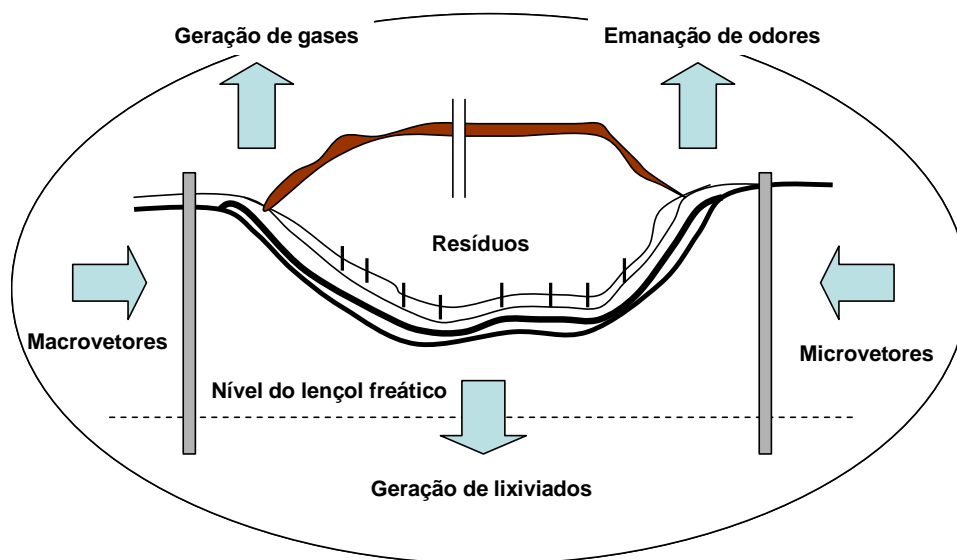


Figura 2.1 principais impactos ambientais resultantes da disposição de resíduos em aterro sanitário

Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 20)

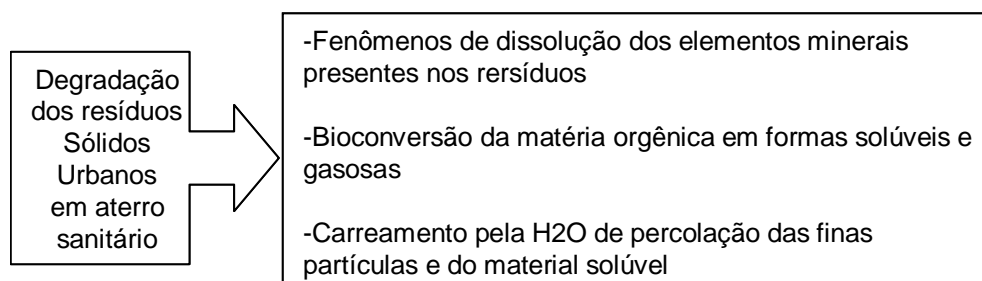


Figura 2.2 Esquema geral do processo de degradação dos resíduos sólidos urbanos
Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 20)

Mecanismos Físico-Químicos de Degradação dos Resíduos Sólidos Urbanos

Fenômenos de dissolução de minerais: definições velocidades e limite de solubilidade

A dissolução, processo que origina um soluto com composição química idêntica ao sólido dissolvido, pode ser classificada como: dissolução por modo congruente e dissolução por modo não congruente. A dissolução por modo congruente implica uma dissolução estequiométrica ou não, porém sem crescimento de uma fase sólida posterior. No caso da não congruente, espécies solubilizadas reagem entre ela formando um novo sólido. Os fenômenos podem ocorrer em sistemas abertos ou fechados, onde se determinam possíveis trocas de energia ou matéria com o meio exterior, como destacamos na figura 2.3.

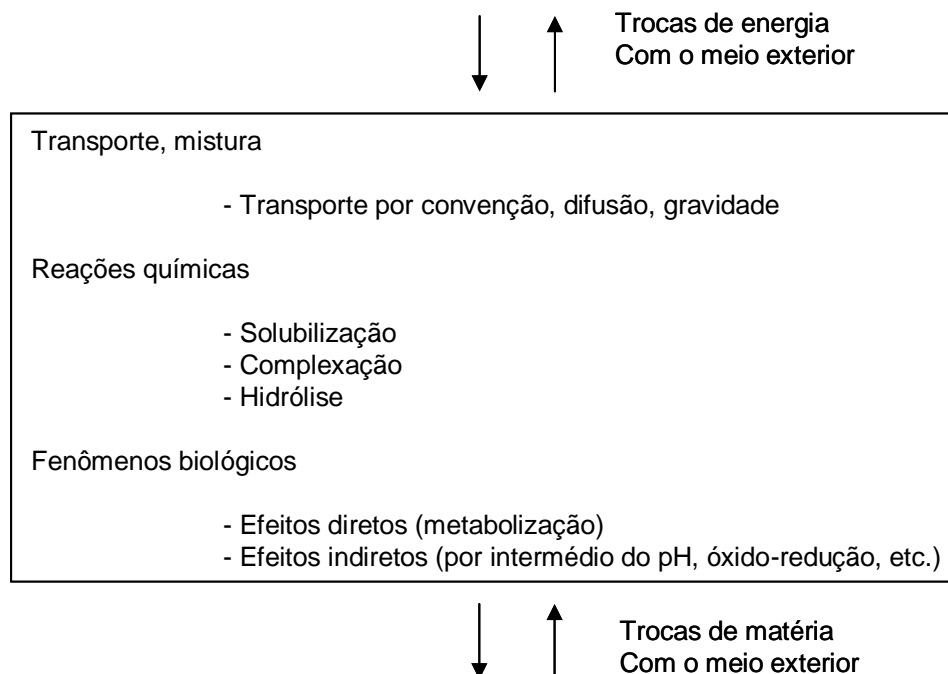


Figura 2.3 Processo físico-químicos de dissolução dos minerais
Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 21)

Influência de determinados fatores sobre o processo de dissolução

Os principais fenômenos que afetam a velocidade com que ocorre o processo de dissolução são: pH, capacidade tampão, potencial de óxido-redução, complexação e temperatura.

- pH: é um fator-chave para a dissolução de certos elementos minerais quando do contato líquido-sólido;
- Capacidade tampão: é a propriedade do meio aquoso de conservar seu pH sob a ação de quantidades moderadas de ácidos ou de bases fortes;
- Potencial de óxido-redução: Em sua maioria, são reações lentas que dependem da ação de microrganismos;
- Complexação: Combinação de íons metálicos com compostos não metálicos por meio de ligações covalentes;
- Temperatura: influem diretamente na solubilidade ou não de resíduos, seja por processo de expansão ou de contração.

Mecanismos Biológicos de Degradação dos Resíduos Sólidos Urbanos

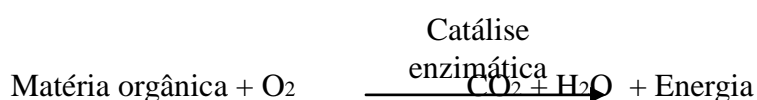
Num aterro sanitário, a degradação ocorre devido a presença de microrganismos, em sua grande maioria bactérias que atuam no chamado metabolismo aeróbio ou metabolismo anaeróbio, caracterizados pela existência e pela ausência de oxigênio, respectivamente.

As comunidades microbianas presentes nos aterros incluem bactérias hidrolíticas e fermentativas, acidogênicas, acetogênicas e archeas metanogênicas, além de bactérias redutoras de sulfato e protozoários.

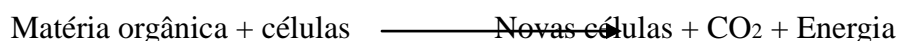
Degradação aeróbia de resíduos sólidos urbanos

Após a cobertura dos resíduos em aterros, ainda há a presença de oxigênio, com isto os microrganismos aeróbios dão início a primeira fase de decomposição.

Os resíduos submetidos à ação de enzimas extracelulares específicas, secretadas por microrganismos, formam os chamados oligômeros e monômeros da seguinte forma:



Esta reação libera energia, parte da qual será utilizada para a síntese de novas células quando ocorrer a multiplicação dos microrganismos. Se considerarmos a oxidação do carbono, teremos a seguinte reação global:



A equação esquematiza uma sucessão de reações de substratos até a liberação de metabólitos intermediários, cujos principais efeitos são: a poluição dos lixiviados, a ação complexante sobre metais e a contaminação bacteriana.

Natureza da matéria degradada	Principais classes de produtos intermediários
Proteínas	Polipeptídeos, ácidos aminados
Graxas	Ácidos graxos
Hidratos de carbono	Polissacarídeos, açúcares, aldeídos
Hidrocarbonetos	Ácidos graxos, aldeídos

Tabela 2.1 Produtos intermediários do processo de degradação dos resíduos sólidos urbanos

Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 29)

Elementos constituintes da matéria orgânica	Produtos finais da biodegradação aeróbia
H	Água H ₂ O
C	Gás carbônico CO ₂ , bicarbonatos e carbonatos

N	Nitratos NO ₃ -
P	Fosfato PO ₃ ⁴⁻
S	Sulfatos SO ₄ ⁻
Metais	Seus hidróxidos ou carbonatos

Tabela 2.2 Produtos finais do processo de degradação dos resíduos sólidos urbanos
 Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 30)

A decomposição aeróbia é relativamente curta, durando em média um mês, pelo fato de consumir a pequena quantidade de oxigênio existente.

Degradação anaeróbia de resíduos sólidos urbanos

Com a redução dos níveis de oxigênio, começam a predominar os microrganismos anaeróbios facultativos, que são aqueles que convertem o material orgânico, já degradado em processo aeróbio, em compostos dissolvidos, através de processos de hidrólise ou liquefação (primeira fase anaeróbia), formando oligômeros e monômeros em tamanhos suficientemente pequenos para penetrar no interior de células. No interior das células esses substratos são metabolizados. Após essa fase, ocorre um processo bioquímico pelo qual as bactérias obtêm energia pela transformação da matéria orgânica hidrolisada (segunda fase anaeróbia) e produzem quantidades consideráveis de compostos orgânicos simples e de alta solubilidade, principalmente ácidos graxos voláteis. Na terceira fase, os ácidos se misturam com o líquido que desprende da massa de resíduo sólido, fazendo com que seu pH caia, favorecendo o aparecimento de maus odores e formando definitivamente os compostos orgânicos simples. Na quarta fase, os compostos orgânicos simples formados na terceira fase são consumidos por bactérias anaeróbias, denominadas de bactérias metano gênicas, que darão origem ao metano (CH₄) e ao gás carbônico (CO₂).

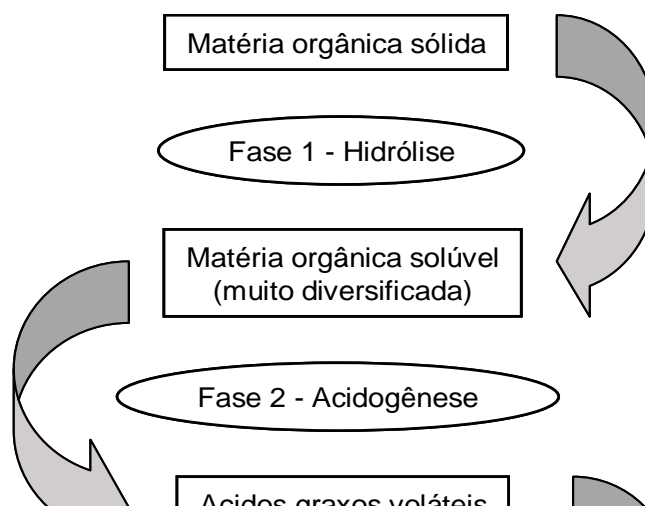


Figura 2.4 Fluxograma do processo de decomposição aneróbia dos resíduos sólidos urbanos
 Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 32)

Elementos constituintes da matéria orgânica	Produtos finais da biodegradação anaeróbia
H	Água H ₂ O, H ₂ S e CH ₄
C	Gás carbônico CO ₂ e CH ₄
N	Nitratos NO ₄
O	Gás carbônico CO ₂
S	S ²⁻ , H ₂ S
Metais	Seus sulfetos

Tabela 2.3 Produtos finais do processo de degradação anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos
 Fonte: CASTILHOS JR (2003, p. 33)

Os principais efeitos dos metabólicos finais da degradação anaeróbica são: a influência do CO₂, dos bicarbonatos e carbonatos sobre o pH do meio aquoso e sua capacidade ácido-básica, a insolubilização dos metais sob a forma de sulfetos muito pouco solúveis, a complexação do cobre pelos íons NH₄⁺ e a emissão de maus odores.

Natureza do substrato

Os substratos são fontes de alimentos aos microrganismos, que são os elementos químicos que constituem o material celular e os necessários às atividades enzimáticas, particularmente os oligo-elementos (elementos minerais que em fracas doses são indispensáveis às reações enzimáticas).

Temperatura e pH

A atividade enzimática das bactérias depende da temperatura dos resíduos sólidos, tendo relação direta com o resultado da produção gasosa dos aterros, e dependem dos níveis de pH, que influenciam diretamente no crescimento dos microrganismos.

Produção de Biogás e Lixiviados

Descoberto em 1667, o “gás dos pântanos”, denominação primeira do gás metano, é um fenômeno presente na natureza ao longo dos tempos. Esse hidrocarboneto saturado mais simples, desde o século XIX, passou a ser utilizado industrialmente e semi-industrialmente (iluminação das ruas de Londres).

Hoje, o metano, considerado como um gás combustível, é uma das alternativas de produção energética de fontes renováveis. Porém, faz parte do grupo dos “gases de efeito estufa”. Segundo o IPCC (2007), a produção natural corresponde a 20% das emissões, e a produção antropogênica corresponde a 80% de suas emissões.

Dentre as diversas fontes de metano, os aterros sanitários respondem por 8% das fontes (conforme dados extraídos do Ministério de Ciência e Tecnologia, 1997).

A geração de gás em um aterro sanitário é afetada por diversas variáveis, entre as quais estão: as diferentes composições de resíduos, o estágio efetivo de decomposição dos resíduos, a natureza dos resíduos, a umidade presente nos resíduos, o estado físico dos resíduos, o potencial hidrogeniônico, a temperatura, os nutrientes, a capacidade tampão e a taxa de oxigenação. A geração de gás oriundas de aterros foi objeto de diversos estudos já realizados desde a década de 60 do século passado.

Quanto aos lixiviados, o processo de percolação em aterros sanitários é

definido como a quantidade de água que excede a capacidade de retenção de umidade de um resíduo. Os lixiviados são provenientes de três fontes principais: a umidade natural dos resíduos, a água que sobra durante o processo de decomposição, e o líquido proveniente de materiais orgânicos expelidos pelas bactérias em forma de enzimas. O entendimento do processo hidrológico é fundamental para a verificação da influência dos lixiviados no meio. Dentro do processo hidrológico podemos destacar:

- As precipitações: toda água que provém do meio atmosférico e atinge a superfície terrestre;
- Evaporação: taxa de transferência para a atmosfera, da fase líquida para a fase de vapor, da água contida em um determinado reservatório;
- Escoamento superficial: deslocamento da água na superfície da Terra;
- Infiltração: penetração da água em camadas de solo, impulsionadas pela gravidade;
- Evapotranspiração: soma total de água de superfície que retorna à atmosfera (evaporação + transpiração)

Definições do volume de lixiviados

Método do balanço hídrico

$$L = W_p + W_{sr} + W_{ir} + W_d + W_{gw} - R - E - \Delta S_s - \Delta S_r$$

Onde,

L – Volume de Lixiviado;

W_p – entrada em decorrência da precipitação;

W_{sr} – entrada de água pluvial ou de fora da área do aterro;

W_{ir} – entrada de irrigação ou recirculação;

W_d – contribuição de água em decorrência da composição dos resíduos;

W_{gw} – infiltração pela base;

R – escoamento superficial;

E – evapotranspiração;

ΔS_s – variação da umidade armazenada no solo de cobertura;

ΔS_r - variação da umidade armazenada nos resíduos sólidos.

Método suíço

$$Q = \frac{1}{t} \cdot P \cdot A \cdot K$$

Onde,

Q – vazão média de lixiviado (L/s);

P – precipitação média anual (mm);

A – área do aterro (m²);

T – número de segundos em um ano (s);

K – coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos (valores tabelados).

Modelos de Evolução dos Resíduos Sólidos Urbanos: Fases e Parâmetros Indicativos

A degradação dos resíduos em um aterro sanitário é um processo demorado e dependente da composição dos diversos substratos. Pohland & Harper (1985), propuseram cinco fases para avaliar a estabilização dos resíduos em um aterro no decorrer do tempo que são:

- Fase 1, Fase Inicial: Aterramento dos resíduos e início do acumulo de umidade, compactação e cobertura dos resíduos, detecção das primeiras mudanças em termos de degradação, início da formação de lixiviados, passagem da condição aeróbia para anaeróbia;
- Fase 2, Fase de Transição: Aparecem nos lixiviados concentrações importantes de metabólitos intermediários, tendências perceptíveis de instalação de condições redutoras no meio, os ácidos graxos passam a predominar nos lixiviados;
- Fase 3, Formação ácida: Redução no pH, crescimento de microrganismos com o consumo de nitrogênio e fósforo, detecção de hidrogênio, os produtos intermediários que aparecem na fase ácida são transformados em metano e

- dióxido de carbono, crescimento do pH controlado pela capacidade tampão;
- Fase 4, Fermentação metanogênica: Potencial de óxido, complexação e precipitação de metais, carga orgânica de lixiviados decresce, produção de gases aumenta, estabilização de componentes orgânicos, limitação de concentração de nutriente;
 - Fase 5 – Maturação final: Produção de gases entra em queda até cessar, Oxigênio e espécies oxidadas reaparecem lentamente, Matérias orgânicas resistentes a biodegradação são convertidas em moléculas como ácidos húmicos.

Capítulo 3 – Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte

Por: Luciana Paulo Gomes e Flávia Burmeister Martins

Apesar do capítulo tratar de Municípios de Pequenos Porte, a experiência pode ser ampliada para o atendimento de grandes centros urbanos.

Estudos Preliminares

Como em qualquer outro projeto, os estudos preliminares são necessários para o embasamento dos estudos e a escolha da solução correta. O levantamento das informações deve observar dados qualitativos e quantitativos nas seguintes áreas:

- Geração: Quantidade per capita de resíduos produzidos em um determinado período;
- Varrição: Quantidade de resíduos gerados pelo processo de limpeza pública;
- Coleta/transporte: Forma de coleta e transporte, se ocorre a compactação inicial ou não dos resíduos;
- Tratamento: Alternativas que geram subprodutos nos processos voltados à redução da poluição e do quantitativo de resíduos;
- Destino final: Localização de áreas para recepção de resíduos.

Na fase de estudo preliminar, deverão ser definidos os métodos e o sistema a

ser adotado.

Seleção da Área

Esta fase está contida ainda nos “Estudos Preliminares”, porém deve ser norteada por objetivos bem definidos como:

- Minimizar a possibilidade de ocorrência de impactos ambientais negativos;
- Minimizar custos;
- Minimizar a complexidade técnica;
- Maximizar a aceitação pública.

Uma análise sobre as condições ambientais é quesito obrigatório na definição da área a ser utilizada para a instalação de um aterro sanitário, e dentre elas podemos destacar:

- Distância dos recursos hídricos;
- Áreas com histórico ou possibilidades de inundação;
- Geologia e potencial hídrico;
- Condutividade hidráulica do solo;
- Profundidade do Lençol Freático;
- Fauna e Flora locais;
- Distância das vias terrestres de acesso;
- Legislação Municipal vigente;
- Distância dos centros urbanos;
- Clinografia (declividade do terreno)
- Espessura do solo (relativo a compactação);
- Recuperação de uma área já degradada (ex.: extrativismo mineral).

Projeto

Atendendo todas as especificações técnica, e alicerçado pelos “Estudos Preliminares”, o projeto deve conter:

- Memorial Descritivo: Informações cadastrais dos responsáveis pelo projeto,

informações sobre os resíduos, caracterização da área, levantamento topográfico, levantamento geológico e geotécnico, levantamento climatológico, levantamento de uso de água e solo;

- Concepção e Justificativa do Projeto;
- Elementos do Projeto: Sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem de lixiviados, sistema de tratamento de lixiviados, impermeabilização de fundo e de laterais, sistema de drenagem de gases, sistema de cobertura;
- Monitoramento das águas do subsolo: Implantação de poços de monitoramento;
- Memorial técnico: Aprofundamento na tecnologia escolhida, definição das formas de gerenciamento e controle do aterro sanitário, procedimentos para abertura de trincheiras, procedimentos para terraplanagem, técnicas para as implantações dos sistemas e atividades constantes do tópico “Elementos do Projeto”, procedimentos a serem observados na etapa de impermeabilização das trincheiras, procedimentos de implantação de revestimentos minerais, utilização de geomembranas, procedimento para implantação de um plano de monitoramento e uso futuro da área;
- Implantação;
- Operação: Descarga de resíduos coletados, preenchimento de trincheiras, espalhamento dos resíduos e compactação de trincheiras;
- Análise de Custos de Aterros Sustentáveis: Avaliações de custos envolvidos em todas as etapas do projeto.

Capítulo 4 – Monitoramento de Aterros Sustentáveis para Municípios de Pequeno Porte

Por: Neide Pessin, Arthur Roberto Silva e Cláudia Teixeira Panarotto

Apesar de ser uma das etapas do projeto e do gerenciamento de um aterro

sanitário, devido a sua importância, este tópico está sendo tratado num capítulo à parte.

O plano de monitoramento, por sua complexidade, deve ser elaborado na concepção do projeto, verificando o contexto geológico, geográfico, econômico, social, ambiental e deve cumprir as exigências legais de todos os instrumentos normativos e jurídicos que tratam da questão, seja na esfera federal, quanto nas municipais.

Monitoramento Durante a Fase de Implantação do Projeto

Mais do que um simples acompanhamento, esta fase de monitoria envolve um diagnóstico da qualidade ambiental da área utilizada. Após o diagnóstico, temos mais etapas distintas que vão se sucedendo, conforme apresentamos:

- Monitoria de águas do subsolo: a partir da definição de pontos de amostragem, várias amostras devem ser coletadas ao longo do tempo, testadas e analisadas se atendem as especificações e parâmetros estabelecidos pela ABNT;
- Monitoramento de águas superficiais: esta etapa de monitoramento é muito importante quando temos um entorno com recursos hídricos relevantes. Deve seguir os mesmos preceitos do item anterior (monitoria de águas do subsolo);

Monitoramento Durante a Fase de Operação do Aterro

O processo de monitoramento é diferenciado ao longo do tempo de operação, devido aos tempos necessários para as etapas de dissolução e decomposição de resíduos. Durante a operação, observando os preceitos de definição de ponto de coleta, coleta e análise do material coletado, podemos realizar os seguintes tipos de monitoramento:

- Monitoramento de águas do subsolo e de águas superficiais;
- Monitoramento de lixiviados (qualitativos e quantitativos);
- Monitoramento de biogás;
- Monitoramento de efluentes líquidos do sistema;

- Monitoramento dos resíduos aterrados;
- Monitoramento de recalques (resultantes da variabilidade de materiais e de compactação dos mesmos).

Monitoramento Pós-encerramento do Aterro

Com o término das atividades temos os seguintes monitoramentos a realizar:

- Monitoramento de águas do subsolo e de águas superficiais;
- Monitoramento de efluentes líquidos do sistema;
- Monitoramento de biogás;
- Monitoramento de recalques.
- Monitoramento de Obras de Remediação de Áreas Degradadas pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos

Análise dos Dados Obtidos a Partir do Plano de Monitoramento

Após a coleta e análise dos dados, os dados deverão ser tratados de acordo com metodologias já existentes e estabelecidas pela ABNT, como:

- Método estatístico no monitoramento de águas do subsolo;
- Aplicação do teste t-Student;
- Formas de apresentação e interpretação de resultados;
- Aplicação da interpretação gráfica;

Convém sempre ressaltar que a fase de monitoramento é de suma importância para garantir o bem-estar das comunidades vizinhas e das comunidades dependentes dos recursos hídricos de uma determinada região.

Por: Liséte Celina Lange, Gustavo Ferreira Simões, Cynthia Fantoni Alves Ferreira

Na presente resenha, descartamos os capítulo 5, por se tratar de um estudo de caso direcionado a um município.

Todos os conceitos abordados neste capítulo, já foram apresentados nos quatro capítulos anteriores.