

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

CAROLINA LOTERO LIMA

GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O SETOR INDUSTRIAL

Uberlândia, MG
Novembro/2017

CAROLINA LOTERO LIMA

GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O SETOR INDUSTRIAL

Monografia submetida à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para conclusão da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Gonçalves Coelho

Uberlândia, MG

Novembro/2017

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA *GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O SETOR INDUSTRIAL*, DE CAROLINA LOTERO LIMA, APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA.

Uberlândia, 30 de Novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Márcia Gonçalves Coelho
Orientadora– FEQUI/UFU

Prof. Mauro Marques Burjaili
FEQUI/UFU

Prof. Moilton R. Franco Jr.
FEQUI/UFU

Uberlândia, MG
Novembro/2017

Esta monografia foi escrita de acordo com a Norma de Trabalhos Acadêmicos (NBR 14.724/2011), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Uberlândia, MG

Novembro/2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e ao meu irmão, por sempre me apoiarem em todas as minhas escolhas.

À minha professora orientadora, Profa. Márcia Gonçalves Coelho, por seus ensinamentos, paciência e confiança durante a realização deste trabalho. Foi um privilégio tê-la como orientadora. Obrigada pela mensagem que me transmitiu.

Aos meus colegas e professores que me deram suporte para a conclusão do curso.

Uberlândia, MG

Novembro/2017

RESUMO

O problema relativo à geração de resíduos sólidos, seus impactos e soluções ambientais têm sido bastante discutidos no Brasil e no mundo nos últimos anos, devido à sua grande geração, fortemente influenciada pelo desenvolvimento econômico e urbanização, e pelos impactos negativos causados ao meio ambiente. O conceito de gestão integrada de resíduos sólidos é definido, no Brasil, pela Lei 12.305/10, como sendo um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Este trabalho, que tem por objetivo central discutir os principais aspectos inerentes à Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS), seus desafios e perspectivas, apresenta aspectos relativos à definição e caracterização de resíduos sólidos, bem como os requisitos legais aplicados aos mesmos, destacando a importância da hierarquia da gestão e da destinação ambientalmente adequada, dentro de uma visão de gestão integrada. Dentro desta abordagem, discorre sobre os aspectos técnicos relativos à reciclagem, compostagem e aproveitamento energético dos resíduos, no contexto brasileiro e mundial. Os aspectos inerentes especificamente aos resíduos sólidos industriais, quanto à sua definição, impactos ambientais, origem, qualificação e quantificação, bem como à visão de integração aplicada à sua gestão, de forma a considerar a plataforma de sustentabilidade, também são discutidos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, gestão integrada, sustentabilidade.

ABSTRACT

The problem of solid waste generation, its impacts and environmental solutions have been widely discussed in Brazil and in the world in recent years due to its large generation, strongly influenced by economic development and urbanization, and the negative impacts on the environment. The concept of integrated solid waste management is defined in Brazil by the Law 12.305/10, as a set of actions aimed at finding solutions for solid waste, in order to consider the political, economic, environmental, cultural and social dimensions under the premise of sustainable development. The main objective of this project is to discuss the aspects inherent to Integrated Solid Waste Management, its challenges and perspectives, presents aspects related to the definition and characterization of solid waste, as well as the legal requirements applied to them, highlighting the importance of the management hierarchy and the environmentally appropriate destination, within an integrated management vision. In this approach, it discusses the technical aspects related to the recycling, composting and energetic use of solid waste, in the Brazilian and global context. The aspects inherent specifically to industrial solid waste, as to its definition, environmental impacts, origin, qualification and quantification, as well as the integration vision applied to their management, in order to consider the sustainability platform, are also discussed.

KEYWORDS: Solid waste, integrated management, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação mundial de geração de resíduos sólidos	3
Figura 2 - Destinação final de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil.....	3
Figura 3 - Disposição final de resíduos sólidos no Brasil por tipo de destinação (t/dia)	4
Figura 4 - Linha do tempo com os principais marcos legais.....	9
Figura 5 - Hierarquia de Gestão de Resíduos Sólidos	23
Figura 6 - Mudança de Cenário da Perspectiva da Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos.....	23
Figura 7 - Ciclo dos resíduos sólidos.....	26
Figura 8 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil..	28
Figura 9 - Hierarquia na gestão de resíduos com aproveitamento energético.....	34
Figura 10 - Planta de Incineração com Aproveitamento Energético.....	35
Figura 11 - Situação de um aterro no processo de consumo e geração de resíduos sólidos.....	36
Figura 12 - Esquema de um aterro sanitário.....	38
Figura 13 - Destinação final de resíduos sólidos no mundo.....	42
Figura 14 – Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil (parcial).....	48
Figura 15 – Processo de Produção.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Normas Brasileiras aplicáveis à resíduos sólidos	18
Tabela 2 - Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva	28
Tabela 3 - Disposição de resíduos por classe	38
Tabela 4 - Produção de resíduos em função do setor industrial, no ano de 2003.....	48

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS.....	6
2 - RESÍDUOS SÓLIDOS: DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO E REQUISITOS LEGAIS APLICÁVEIS	7
2.1 - Definição de Resíduo Sólido.....	7
2.2 - Classificação dos Resíduos Sólidos	7
2.2.1 - Quanto a Origem.....	7
2.2.2 - Quanto a Periculosidade.....	8
2.3 - Requisitos Legais Aplicáveis	9
2.3.1 - A evolução histórica dos requisitos legais aplicáveis a resíduos sólidos no Brasil.....	9
2.3.2 - Política nacional de meio ambiente (PNMA).....	10
2.3.3 - A constituição de 1988 (CF 88).....	11
2.3.4 - Política nacional de saneamento básico (PNSB)	11
2.3.5 - Política nacional de resíduos sólidos (PNRS).....	12
2.4 - Políticas ambientais para resíduos sólidos no mundo	15
2.4.1 - A estrutura europeia da política de resíduos	15
2.4.2 - A estrutura da política de resíduos no Japão.....	16
2.4.3 - A estrutura da política de resíduos nos Estados Unidos	17
2.4.4 - Normas brasileiras aplicáveis à resíduos sólidos	18
2.4.5 - Sistema nacional do meio ambiente (SISNAMA).....	20
3 - A HIERARQUIA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	22
3.1 – Definição.....	22
3.2 – Pirâmide Hierárquica	22
4 - DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	25
4.1 - Destinação Final Ambientalmente Adequada – Definição e Instrumentos.....	25

4.2 - Aspectos técnicos	27
4.2.1 - Reciclagem, Reutilização, Redução – 3R’s	27
4.2.2 - Coleta seletiva	27
4.2.3 - Compostagem.....	30
4.2.4 - Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos	31
4.2.4.1– Através dos Processos Térmicos.....	31
4.2.4.2 - Através da Disposição Final Adequada.....	36
4.2.4.3 – “Waste to fuel”	41
4.4 - Panorama Mundial da Destinação de Resíduos Sólidos no Contexto de Gestão Integrada	42
5 - GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O SETOR INDUSTRIAL.....	45
5.1 - O Setor Industrial e a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	45
5.1.1 - Definição de Resíduo Sólido Industrial	45
5.1.2 - Aspectos e Impactos Ambientais Gerados pelos Resíduos Sólidos Industriais.....	46
5.1.3 - Origem e Qualificação dos Resíduos Sólidos Industriais	47
5.1.4 - Quantificação dos Resíduos Sólidos Industriais	47
5.2– Visão de Integração Aplicada aos Resíduos Industriais	48
5.3 - Gestão Integrada e Sustentabilidade.....	50
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	533

1- INTRODUÇÃO

O termo gestão integrada de resíduos sólidos pode ser compreendido como a maneira de conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável. (MMA, 2007)

O envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio da cidade, é visto como o gerenciamento integrado de resíduos sólidos. (IBAM, 2001)

Segundo BARROS (2012), ambas os vocábulos são em geral usados de modo indiferente, embora se referindo a duas conotações diversas, sendo a gestão estratégica, política, e o gerenciamento operacional, executivo.

Dessa forma, a temática relacionada à gestão de resíduos sólidos tem sido bastante discutida nos últimos anos no Brasil e no mundo, devido à sua grande geração e impactos negativos causados ao meio ambiente, podendo afetar o solo, a água e o ar.

De forma geral, os resíduos sólidos disposto no solo podem alterar suas características físico-químicas, o que representa uma séria ameaça à saúde pública, tornando o ambiente propício ao desenvolvimento de transmissores de doenças. A poluição da água pode ser provocada pela alteração das características do ambiente aquático, através da percolação do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no resíduo, associada com as águas pluviais e nascentes existentes nos locais de descarga dos mesmos. A poluição do ar pode ser provocada pela formação de gases naturais, pela decomposição dos resíduos, com e sem a presença de oxigênio no meio, originando riscos de migração de gás, explosões e até de doenças respiratórias, se em contato direto com os mesmos. (MOTA et. al., 2009)

Segundo a norma da ABNT, NBR 10.004:2004, resíduos sólidos são aqueles que resultam de atividades 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, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004)

Uma pesquisa do The World Bank (2012) indicou que, no mundo, os níveis de geração de resíduos sólidos municipais são de aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas por ano, representando uma taxa de produção per capita de resíduos de 1,2 kg por pessoa por dia. Contudo, as médias globais de geração de resíduos sólidos variam consideravelmente de região para região, país, cidade e até mesmo dentro das cidades. A Figura 1 apresenta um mapa que ilustra a geração de resíduos sólidos mundialmente.

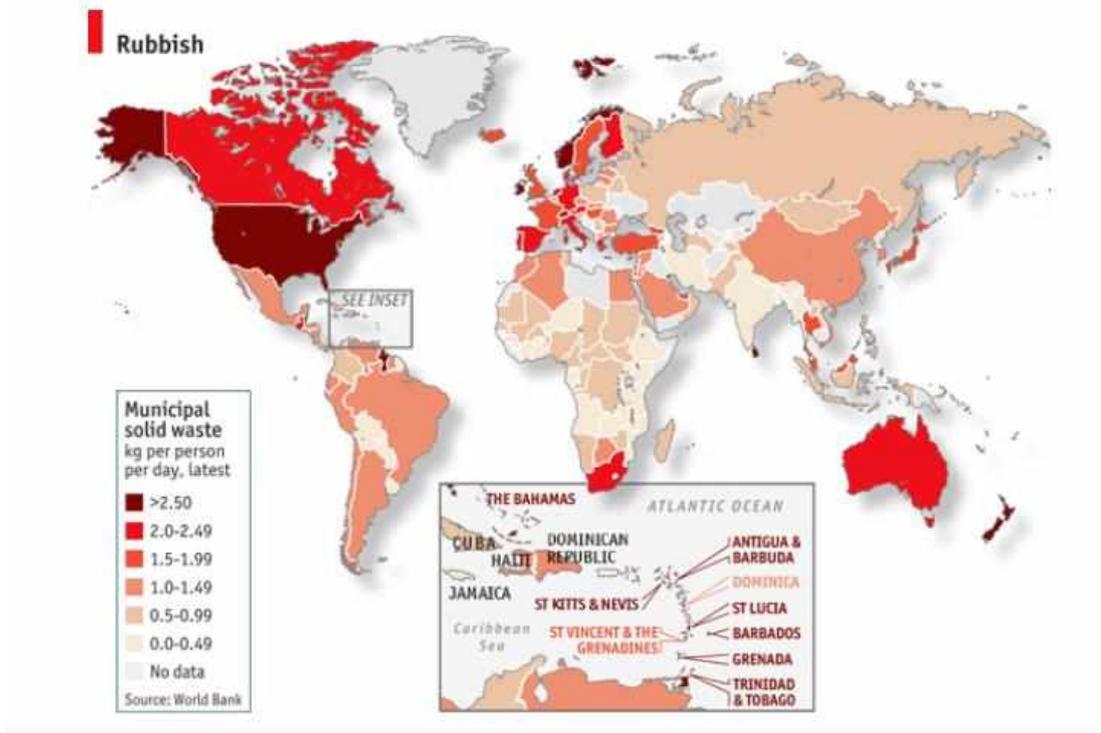
As taxas de geração de resíduos sólidos são influenciadas pelo desenvolvimento econômico e taxa de urbanização. Geralmente, quanto maior o desenvolvimento econômico, maior será a taxa de produção de resíduos sólidos.

Segundo pesquisas da ABRELPE (2015), os números referentes à geração de resíduos sólidos no Brasil, em 2015, revelam um total anual de 79,9 milhões de toneladas no país, configurando um crescimento a um índice inferior ao registrado em anos anteriores. A comparação entre a quantidade de resíduos sólidos gerada e o montante coletado em 2015, que foi de 72,5 milhões de toneladas, com um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta, e, conseqüentemente, com destinação imprópria.

A destinação final ambientalmente adequada é definida como destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. (BRASIL, 2010).

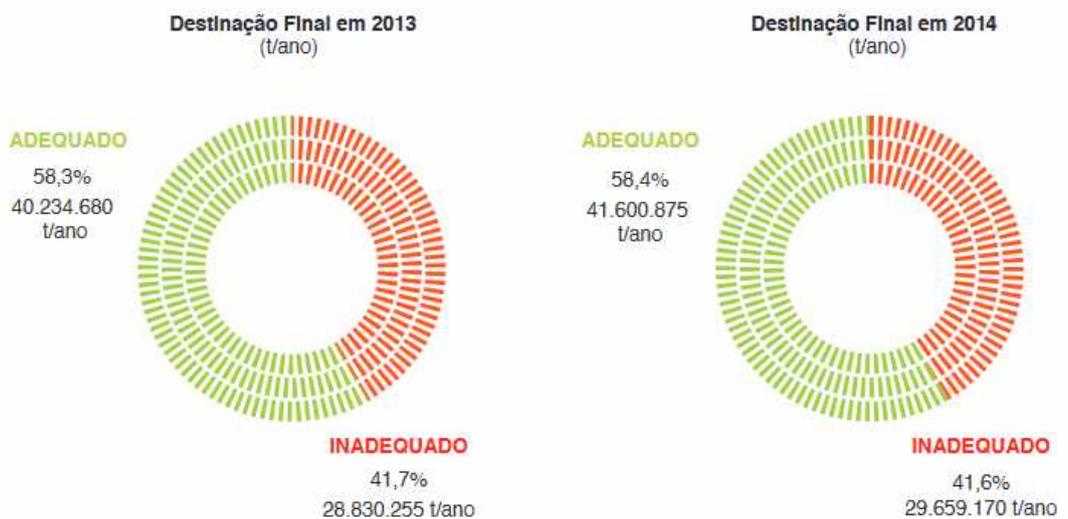
A Figura 2 apresenta os dados de destinação final de resíduos sólidos, no Brasil, entre os anos de 2013 e 2014, segundo ABRELPE (2014), um cenário de ligeira modificação na adequação desta destinação, no entanto, 41,6% dos resíduos sólidos foram destinados inadequadamente em 2014.

Figura 1 - Comparação mundial de geração de resíduos sólidos



Fonte: The Economist, 2012.

Figura 2– Destinação final de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil

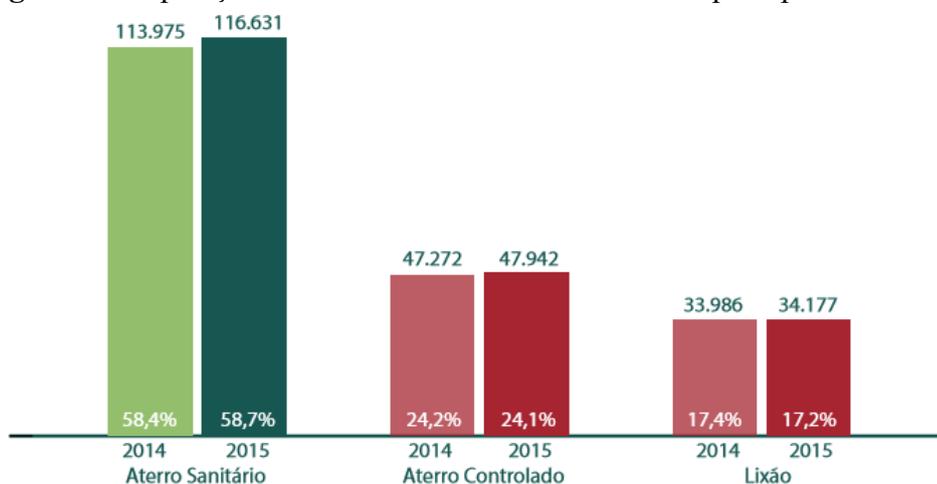


Fonte: ABRELPE, 2014.

O termo disposição final adequada é definido como sendo a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. (BRASIL, 2010)

A Figura 3 representa a disposição final de resíduos sólidos, no Brasil, mostrando um cenário de grande volume de resíduos enviados para disposição inadequada, em lixões ou aterros controlados, que não possuem os sistemas e medidas necessárias para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. (ABRELPE, 2015)

Figura 3- Disposição final de resíduos sólidos no Brasil por tipo de destinação (t/dia)



Fonte: ABRELPE, 2015.

A disposição final de resíduos sólidos no Brasil, assim como a destinação final, apresenta sinais de evolução e aprimoramento, com a maioria dos resíduos coletados (58,7%) sendo encaminhados para aterros sanitários, que se constituem como unidades adequadas. As unidades inadequadas, porém, ainda estão presentes em todas as regiões do país e recebem mais de 82.000 toneladas de resíduos por dia, com elevado potencial de poluição ambiental. (ABRELPE, 2015)

Também é definido, segundo a Lei 12.305/2010 Art. 3º Inciso XI, o termo gestão integrada de resíduos sólidos, como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010)

Este conceito se refere à gestão de todos os tipos de resíduos de uma forma integrada com as obrigações e iniciativas do setor público e privado, e ainda, considerando: (i) as

questões econômicas, que devem viabilizar os projetos implementados; (ii) as questões ambientais, que preveem a aplicação do conceito de proteção ao meio ambiente; (iii) as questões culturais e sociais, que incluem os catadores de material reciclável ou reutilizável e a população de baixa renda; tendo ainda a participação da sociedade para a realização do controle social e o incentivo a sustentabilidade das ações tomadas. (MACHADO, 2017)

A gestão integrada de resíduos sólidos se baseia, portanto, em uma visão que desestimula a disposição de resíduos, já que se fundamenta na hierarquia de gestão, que incentiva a prevenção, minimização, valorização, tratamento e disposição final de rejeitos. (ABRELPE, 2013)

A sustentabilidade é vista como um aspecto fundamental para a gestão integrada de resíduos sólidos, sustentabilidade essa entendida como função de um conjunto de dimensões que preconizam a minimização de usos de recursos naturais, a responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos, a inclusão social, entre outros, trabalhados de maneira integrada, para consolidar mudanças na estrutura de produção que potencializarão mudanças no consumo, e vice-versa. (CNI, 2014)

Portanto, a evolução da gestão de resíduos sólidos no Brasil tem apresentado uma evolução lenta, mas progressiva, necessitando fortalecer ainda mais a visão que desestime a disposição de resíduos, e que incentive a prevenção, minimização, valorização, tratamento e disposição final de rejeitos.

OBJETIVOS

Portanto, o objetivo central deste trabalho é o de discutir os principais aspectos inerentes à Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS), seus desafios e perspectivas, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, rumo à sustentabilidade, bem como exemplos de boas práticas existentes no mundo, mostrando a importância desta visão para a preservação ambiental e valorização da vida em todas as suas formas.

2 - RESÍDUOS SÓLIDOS: DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO E REQUISITOS LEGAIS APLICÁVEIS

Serão apresentados neste item a definição de resíduos sólidos, bem como sua classificação e Periculosidade.

2.1 - Definição de Resíduo Sólido

De acordo com a Norma Brasileira Registrada - NBR10.004/2004 e PNRS 12.305/2010, os resíduos sólidos são definidos como qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010; ABNT, 2004)

2.2 - Classificação dos Resíduos Sólidos

2.2.1 - Quanto a Origem

Segundo a PNRS/2010 (BRASIL, 2010) os resíduos sólidos podem ser classificados quanto à origem em: (i) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; (ii) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; (iii) resíduos sólidos urbanos: os englobados como domiciliares e de limpeza urbana; (iv) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nos resíduos de limpeza urbana, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e resíduos agrossilvopastoris; (v) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos como resíduos sólidos urbanos; (vi) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; (vii) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou

em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS; (viii) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; (ix) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; (x) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; (xi) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.”

2.2.2 - Quanto a Periculosidade

Para efeitos da Lei 12.305/2010, os resíduos sólidos também podem ser classificados quanto à sua periculosidade em: i) “resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; ii) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “i”.

A NBR 10.004 de 2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 2004) e a PNRS/2010 (BRASIL, 2010), classificam os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública e também quanto à origem ou natureza, para que possam ser gerenciados adequadamente.

De acordo com a NBR 10.004/2004, os resíduos sólidos são classificados quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública como resíduos perigosos classe I e resíduos não perigosos classe II. (ABNT, 2004)

Os resíduos perigosos classe I são aqueles que apresentam periculosidade em função de suas propriedades física e química ou infecto-contagiosa ou uma das características seguintes: (i) Inflamabilidade: caracterizado como inflamável; (ii) Corrosividade: caracterizado como corrosivo; (iii) Reatividade: caracterizado como reativo; (iv) Toxicidade: caracterizado como tóxico; (v) Patogenicidade: caracterizado como patogênico.

Os resíduos não perigosos classe II são classificados como inertes e não inertes. Os resíduos não perigosos inertes são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa, de acordo com a ABNT NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/2004, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em

concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Os resíduos não perigosos inertes, segundo a mesma norma são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - perigosos ou de resíduos classe II – inertes. Os resíduos classe II – não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

2.3 - Requisitos Legais Aplicáveis

Uma vez conhecidos os impactos causados por resíduos sólidos no meio ambiente e na sociedade, é importante que seja feita uma análise dos requisitos legais aplicáveis a eles para a excelência da gestão integrada de resíduos sólidos.

2.3.1 - A evolução histórica dos requisitos legais aplicáveis a resíduos sólidos no Brasil

Há vários anos a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) é um crescente desafio para a sociedade, especialmente para a administração pública, devido à quantidade de resíduos, ao crescimento populacional e ao consumo. Ao longo dos anos os serviços de limpeza urbana sofreram algumas modificações, resíduos que eram frequentemente deixados a céu aberto ou enterrados passaram a receber uma destinação mais adequada, caracterizando uma evolução da GIRS.

A Figura 4 apresenta importantes marcos legais que foram atingidos, entre 2004 e 2014, sendo os responsáveis por fortalecer a gestão ambiental no país e por traçar os caminhos para a construção de um sistema integrado de gestão de resíduos sólidos. (PWC, 2011).

Figura 4 – Linha do tempo com os principais marcos legais.



Fonte: PWC, 2011.

2.3.2 - Política nacional de meio ambiente (PNMA)

A Lei Federal nº 6.938, de 31/8/81, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), institui a sistemática de Avaliação de Impacto Ambiental para atividades modificadoras ou potencialmente modificadoras da qualidade ambiental, com a criação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). A AIA é formada por um conjunto de procedimentos que visam assegurar que se realize exame sistemático dos potenciais impactos ambientais de uma atividade e de suas alternativas. Também no âmbito da Lei nº 6.938/81 ficam instituídas as licenças a serem obtidas ao longo da existência das atividades modificadoras ou potencialmente modificadoras da qualidade ambiental (IPT/CEMPRE, 2000; BRASIL, 1981)

A PNMA Tem por objetivo, em seu Art 2º, a preservação, a melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: (i) ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo; (ii) racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; (iii) planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; (iv) proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; (v) controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; (vi) incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; (vii) acompanhamento do estado da qualidade ambiental; (viii) recuperação de áreas degradadas; (ix) proteção de áreas ameaçadas de degradação; (x) educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente. (BRASIL, 1981)

Dentre suas importantes definições, expostas em seu Art 3º, estão o conceito de: (i) Meio Ambiente, como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas; (ii) degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente; (iii) poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; (iv) poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito

público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental; (v) recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (BRASIL, 1981)

2.3.3 - A constituição de 1988 (CF 88)

A Constituição Federal, promulgada em 1988 (CF 88), estabelece em seu artigo 23, inciso VI, que “compete à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas”. No artigo 24, estabelece a competência da União, dos Estados e do Distrito Federal em legislar concorrentemente sobre “(...) proteção do meio ambiente e controle da poluição” (inciso VI) e, no artigo 30, incisos I e II, estabelece que cabe ainda ao poder público municipal “legislar sobre os assuntos de interesse local e suplementar a legislação federal e a estadual no que couber”. No seu Art. 225 preconiza que: ” Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988)

2.3.4 - Política nacional de saneamento básico (PNSB)

A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (Lei nº 11.445/2007 e Decreto nº 7.217/2010), que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento, inaugurou uma nova fase no desenvolvimento social brasileiro relacionado à consciência e cultura sanitária, já que passou a exigir legalmente ações planejadas da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios relativas ao saneamento básico. Ao regular a prestação de serviços públicos de saneamento básico, a Política Nacional de Saneamento Básico definiu os serviços públicos de saneamento básico como sendo de natureza essencial, caracterizados como o conjunto de atividades compreendidas pelos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e das águas pluviais. (PWC, 2011)

Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, no Brasil. Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais, expostos em seu Art. 2º: (i) universalização do acesso; (ii) integralidade, compreendida como o conjunto de todas as

atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados; (iii) abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente; (iv) disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; (v) adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; (vi) articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante; (vii) eficiência e sustentabilidade econômica; (viii) utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas; (ix) transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados; (x) controle social; (xi) segurança, qualidade e regularidade; (xii) integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos; (xiii) adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água. (BRASIL, 2007)

Em seu Art. 3º considera importantes conceituações como a de saneamento básico, como sendo um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais e limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas. A limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são definidos como um conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas. (BRASIL, 2007)

2.3.5 - Política nacional de resíduos sólidos (PNRS)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 foi instituída como resultado de extensas discussões e com maior entendimento sobre os desafios e as temáticas relacionados ao manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana (artigo 7º da Lei nº 11.445/2007). Essa Política reúne os princípios, as diretrizes, os objetivos, os instrumentos, as metas e as ações a serem adotados pela União isoladamente ou em parceria

com os estados, o Distrito Federal, os municípios e os entes privados, visando à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. (BRASIL, 2010)

São objetivos apresentados no Art7º da PNRS: (i) proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; (ii) não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; (iii) estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; (iv) desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; (v) redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; (vi) incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; (vii) gestão integrada de resíduos sólidos; (viii) articulação entre as diferentes esferas do poder público e destas com o setor empresarial com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos; (ix) capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos; (x) regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira; (xi) prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para: produtos reciclados e recicláveis; bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis. (BRASIL, 2010)

Sua base principiológica se apoia nos seguintes princípios, presentes em seu Art. 6º: (i) a prevenção e a precaução; (ii) o poluidor-pagador e o protetor-recebedor; (iii) a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; (iv) o desenvolvimento sustentável; (v) a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta; (vi) a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; (vii) a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; (viii) o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; (ix) o respeito às

diversidades locais e regionais; (x) o direito da sociedade à informação e ao controle social; (xi) a razoabilidade e a proporcionalidade. (BRASIL, 2010)

Resíduo sólido é definido pela PNRS como sendo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Já os rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010)

Segundo a PNRS, a destinação final ambientalmente adequada de resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. A disposição final ambientalmente adequada é definida como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. (BRASIL, 2010)

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei. (BRASIL, 2010)

Um importante instrumento de desenvolvimento econômico e social é a logística reversa, definida pela PNRS como um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010)

A PNRS estabelece que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (BRASIL, 2010)

Portanto, a gestão integrada de resíduos sólidos é conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010)

2.4 - Políticas ambientais para resíduos sólidos no mundo

2.4.1 - A estrutura europeia da política de resíduos

Segundo a ABRELPE (2013), aproximadamente 2 bilhões de toneladas de resíduos são gerados na União Europeia todos os anos, e as quantidades de resíduos estão crescendo consideravelmente. Com relação a isto, várias Diretivas foram incorporadas à política europeia de resíduos, definindo objetivos e metas específicos para limitar a geração de resíduos e otimizar a organização do tratamento e disposição de resíduos entre os Estados Membros da União Europeia. A Diretiva de Resíduos 2008/98/EC é o principal instrumento legislativo que define os princípios da União Europeia quanto aos resíduos e introduz os instrumentos básicos da política para implementação destes princípios.

Esta Diretiva estabelece a estrutura legal para o tratamento dos resíduos dentro da Comunidade. Ela tem o objetivo de proteger o meio ambiente e a saúde humana através da prevenção dos efeitos danosos da geração de resíduos e da gestão de resíduos. (ABRELPE, 2013)

Além disso, a legislação e a política dos resíduos para os Estados Membros da União Europeia são aplicáveis, como ordem de prioridade, na seguinte hierarquia de gestão de resíduos: prevenção, preparação para reuso, reciclagem e recuperação. Ela incorpora disposições sobre resíduos perigosos e óleos residuais, e inclui duas novas metas de reciclagem e recuperação a serem alcançadas em 2020: 50% de reuso e reciclagem para certos resíduos domiciliares e similares, e 70% de reuso, reciclagem e outro tipo de recuperação para resíduos de construção e demolição. A Diretiva exige que os Estados Membros adotem planos de gestão de resíduos e programas de prevenção de resíduos. (ABRELPE, 2013)

Para cumprir os princípios da gestão de resíduos, os seguintes instrumentos foram desenvolvidos e são muito utilizados entre os Estados Membros da União Europeia: (i) Padrões mínimos de reciclagem e introdução de esquemas de reciclagem, (ii) impostos sobre resíduos, (iii) banimento da disposição em aterro ou incineração de tipos específicos de resíduos, (iv) responsabilidade estendida do produtor e (v) pagamento pelo descarte. (ABRELPE, 2013)

2.4.2 - A estrutura da política de resíduos no Japão

Sem dúvida, o Japão é um dos países líderes no mundo em relação a tecnologias e práticas de gestão de resíduos. O Japão compreendeu muito cedo que a gestão apropriada dos resíduos é eficiente e bem sucedida apenas quando apoiada pelo arcabouço legal apropriado. Este fato levou o Japão a se tornar pioneiro, não apenas na Ásia, mas também em nível global. (ABRELPE, 2013)

Hoje em dia, o arcabouço legal da gestão de resíduos no Japão é baseado na Lei de Gestão de Resíduos e de Limpeza, que é regularmente revisada desde 1970, na ‘Lei de Promoção da Efetiva Utilização de Recursos’ - promulgada em 1991, na Lei Fundamental do Ciclo de Materiais, promulgada em 2000 e em várias outras leis, com relação a fluxos específicos de resíduos, promulgadas desde os anos 1990. (ABRELPE, 2013)

Desde 2000, o Japão tem adotado uma abordagem mais pró-ativa na gestão de resíduos. Em particular, as cidades japonesas e as autoridades provinciais têm focado na redução dos resíduos sólidos encaminhados aos aterros. Isto, obviamente, é em resposta à falta de espaço acessível disponível, à crescente produção de resíduos, à crescente complexidade e perigo dos resíduos e aos limitados recursos naturais. (ABRELPE, 2013)

Como consequência, o Japão começou a andar em direção ao fortalecimento da Política dos 3Rs que se baseia nos conceitos de Reduzir, Reutilizar e Reciclar, encarando os resíduos não apenas como coisas descartadas, mas como recursos valiosos. (ABRELPE, 2013)

A Lei Fundamental do Ciclo dos Materiais é uma das leis mais novas e básicas com relação à Gestão dos Resíduos no Japão. A lei foi promulgada em 2000 e seu objetivo básico é estabelecer uma Sociedade com Ciclo de Materiais eficiente, apresentando os princípios de como a Gestão Japonesa dos Resíduos deve ser conduzida. Os Princípios da Gestão de Resíduos fornecidos pela Lei Fundamental são: redução na fonte ou prevenção de resíduos, reuso, reciclagem, recuperação de energia e disposição apropriada. (ABRELPE, 2013)

2.4.3 - A estrutura da política de resíduos nos Estados Unidos

Entre as décadas de 1950 e 1960, a quantidade de resíduo individual produzido aumentou 60% nos Estados Unidos e na mesma época, os resíduos perigosos eram também um fator preocupante. Em 1965, mais de 4 milhões de produtos químicos estavam sendo produzidos nos Estados Unidos e a fabricação de produtos químicos sintéticos estava em ascensão. A fabricação desses produtos muitas vezes criou subprodutos que precisavam ser descartados, mas o descarte não era regularizado. (EPA, 2001)

Diante desse cenário de danos ambientais causados por resíduos sólidos e resíduos perigosos nos Estados Unidos, o Congresso Estadunidense aprovou a Lei de Descarte de Resíduos Sólidos (Solid Waste Disposal Act - SWDA) em 1965. Isso possibilitou um cenário em que os estados americanos pudessem controlar melhor o descarte de lixo de todas as fontes. A SWDA definiu requisitos mínimos de segurança para aterros locais, no entanto, mesmo com a implantação da Lei SWDA uma grande quantidade de resíduos continuou a ter como destinação final aterros e lixões. (EPA, 2001)

A criação da United States Environmental Protection Agency (EPA) expandiu o papel do Estado na gestão de resíduos sólidos. A EPA trabalhou com os estados americanos e com as indústrias para coletar e analisar informações sobre recuperação de recursos e tipos e quantidades de resíduos. Isso evidenciou um panorama de riscos causados pelos resíduos no meio ambiente e também para a saúde humana. (EPA, 2001)

Em 1974 era evidente que a Lei de descarte de resíduos sólidos não era forte o suficiente para acabar com os riscos que o aumento do volume de resíduos e perigosos ocasionava. A Gestão de Resíduos Sólidos nos Estados Unidos foi fundamentalmente alterada em 21 de outubro de 1976 quando o Congresso aprovou o Ato de Conservação e Recuperação de Recursos (The Resource Conservation and Recovery Act- RCRA). (EPA, 2001)

Os principais objetivos estabelecidos pelo Congresso para a RCRA são, (i) assegurar que os resíduos sejam geridos de tal maneira a proteger a saúde humana e o meio ambiente, (ii) reduzir ou eliminar, o mais rapidamente possível a quantidade de resíduos gerados, incluindo os resíduos perigosos, (iii) conservar a energia e os recursos naturais, reciclando e recuperando os resíduos. (EPA, 2001)

A RCRA foi um ponto de partida importante para o controle de resíduos pelo Congresso, e portanto, destinou-se a ser uma medida de prevenção de poluição a nível federal e estadual. O programa nacional oferece requisitos básicos para uma gestão de resíduos consistente, dando a cada estado autonomia para aplicar seus próprios programas de

gestão, para que assim, possam projetar programas que atendam às suas necessidades, recursos e economias. (EPA, 2001)

A RCRA baniu os lixões, forneceu um programa nacional de incentivo à redução de geração de resíduos, reciclagem e destinação final adequada para resíduos urbanos. Além disso a RCRA criou requisitos para tratamento, armazenamento e disposição de resíduos perigosos para minizar riscos presentes e futuros. (EPA, 2001)

A hierarquia de gestão de resíduos sólidos americana se baseia nos princípios de prevenção e minimização de geração de resíduos, reciclagem e reutilização, transformação e disposição final. (KIELY, 1998)

2.4.4 - Normas brasileiras aplicáveis à resíduos sólidos

Excetuando-se as leis maiores (Lei 12.305 e Lei 11.445) que consolidam disciplinas para vários resíduos, existem legislação específica e normas brasileiras, aplicáveis aos resíduos diagnosticados e que precisam ser reconhecidas e analisadas, para que o planejamento das ações seja desenvolvido de forma adequada. A legislação e as normas brasileiras aplicáveis à resíduos sólidos estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Normas Brasileiras aplicáveis à resíduos sólidos

Tipologia de Resíduo	Legislação Aplicável	Normas Brasileiras Aplicáveis
Documentos aplicáveis a todas as tipologias de resíduo	Lei Federal 11.445; Decreto Federal 7.217; Lei Federal 12.305; Decreto Federal 7404	NBR 10.004; NBR 10.005; NBR 10.006; NBR 10.007
Resíduos sólidos domiciliares - RSD secos	Decreto Federal 7.405; Decreto Federal 5.940; Resolução CONAMA: 420/2009; 404/2008; 386/2006; 378/2006; 316/2002; 275/2001	NBR 15.849; NBR 13.221; NBR 13.334; NBR 13.999; NBR 14.599; NBR 8.849; NBR 14.283; NBR 13.591; NBR 13.463; NBR 1.298; NBR 13.896
Resíduos sólidos domiciliares - RSD úmidos	Resolução CONAMA: 420/2009; 404/2008; 386/2006; 378/2006; 316/2002; 275/2001	NBR 15.849; NBR 13.221; NBR 13.334; NBR 13.999; NBR 14.599; NBR 8.849; NBR 14.283; NBR 13.591; NBR 13.463; NBR 1.298; NBR 13.897

Resíduos sólidos domiciliares indiferenciados	Resolução CONAMA: 420/2009; 404/2008; 386/2006; 378/2006; 316/2002; 275/2001	NBR 15.849; NBR 13.221; NBR 13.334; NBR 13.999; NBR 14.599; NBR 8.849; NBR 14.283; NBR 13.591; NBR 13.463; NBR 1.298; NBR 13.898
Resíduos limpeza corretiva		NBR 13.463; NBR 1.298
Resíduos - varrição		NBR 13.463; NBR 1.299
Resíduos verdes		NBR 13.999
Resíduos volumosos		NBR 13.221; NBR 15.113; NBR 15.112; NBR 13.896
Resíduos de construção civil	Resolução CONAMA: 431/2011; 348/2004; 307/2002	NBR 13.221; NBR 15.112; NBR 15.113; NBR 15.114; NBR 15.115 e NBR 15.116
Resíduos dos serviços de saúde	Resolução CONAMA: 358/2005; 330/2003; 316/2002; 006/1991, Resolução ANVISA N.º306/2004	NBR 13.221; NBR 14.652; NBR 8.418; NBR 12.808; NBR 12.810; NBR 12.807; NBR 15.051
Resíduos- equipamentos eletrônicos	Resolução CONAMA: 420/2009; 401/2008; 023/1996 e 228/1997	NBR 8.418; NBR 10.157; NBR 11.175
Resíduos - pilhas e baterias	Resolução CONAMA: 420/2009; 401/2008; 023/1996 e 228/1997	NBR 8.418; NBR 10.157; NBR 11.175
Resíduos - lâmpadas	Resolução CONAMA: 420/2009	NBR 8.418; NBR 10.157
Resíduos - pneus	Resolução CONAMA: 420/2009; 416/2009; 008/1991	NBR 8.418; NBR 10.157; NBR 11.175
Resíduos sólidos cemiteriais	Resolução CONAMA: 368/2006	
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Resolução CONAMA: 430/2011; 420/2009; 410/2009; 380/2006; 375/2006; 357/2005; 005/1994	NBR 7.166; NBR 13.221
Resíduos de drenagem	Resolução CONAMA: 430/2011; 420/2009; 410/2009; 380/2006; 375/2006; 357/2005; 005/1994	NBR 7.166; NBR 13.222
Resíduos industriais	Resolução CONAMA: 420/2009; 401/2008; 362/2005; 228/1997; 023/1996; 008/1991	NBR ISO 14952-3; NBR 14.283, NBR 12.235; NBR 8.418; NBR 11.175, NBR 8.911
Resíduos de serviços de transportes	Resolução CONAMA 005/1993	
Resíduos agrosilvopastoris	Resolução CONAMA 334/2003	

...Continuação da Tabela 1

Fonte: MACHADO, 2017.

2.4.5 - Sistema nacional do meio ambiente (SISNAMA)

Devido às referências feitas aos Sistema Nacional do Meio Ambiente – (SISNAMA), Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) e Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), em importantes definições na PNRS (BRASIL, 2010), será abordado neste item as principais responsabilidades e atribuições destes sistemas, a fim de melhor compreensão de suas responsabilidades frente aos mecanismos para a gestão integrada de resíduos sólidos.

Segundo informações contidas no portal do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA foi instituído pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, e tem a seguinte estrutura: (i) Órgão Superior: O Conselho de Governo; (ii) Órgão Consultivo e Deliberativo: O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA; (iii) Órgão Central: O Ministério do Meio Ambiente - MMA; (iv) Órgão Executor: O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; (v) Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental; (vi) Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições.

A atuação do SISNAMA se dará mediante articulação coordenada dos Órgãos e entidades que o constituem, observado o acesso da opinião pública às informações relativas às agressões ao meio ambiente e às ações de proteção ambiental, na forma estabelecida pelo CONAMA. Cabe aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a regionalização das medidas emanadas do SISNAMA, elaborando normas e padrões supletivos e complementares. Os Órgãos Seccionais prestarão informações sobre os seus planos de ação e programas em execução, consubstanciadas em relatórios anuais, que serão consolidados pelo Ministério do Meio Ambiente, em um relatório anual sobre a situação do meio ambiente no País, a ser publicado e submetido à consideração do CONAMA, em sua segunda reunião do ano subsequente.

Segundo o Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) organiza medidas necessárias para inspeções e

fiscalizações dos produtos de origem animal e vegetal, e dos insumos, de maneira uniforme, harmônica e equivalente em todos os Estados e Municípios. (MDA, 2017)

No Brasil, as atividades de vigilância sanitária são competência do SNVS – O Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil, que se encontra vinculado ao Sistema Único de Saúde (SUS) e atua de maneira integrada e descentralizada em todo o território nacional. As responsabilidades são compartilhadas entre as três esferas de governo – União, estados e municípios–, sem relação de subordinação entre elas. Dentro do SNVS, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é a responsável pela coordenação do sistema e atua em questões de âmbito federal, acompanhando e coordenando a execução de ações sanitárias em todo o país. Além disso, a agência estabelece normas gerais, presta cooperação técnica e financeira aos outros entes do sistema e promove parcerias. A ANVISA também é responsável pelo controle sanitário de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegados, de serviços de saúde e de produtos (medicamentos, cosméticos, saneantes, alimentos, derivados do tabaco, produtos médicos, sangue e hemoderivados, entre outros). Controla ainda os ambientes, os processos, os insumos e as tecnologias a eles relacionados e realiza o monitoramento de preços de medicamentos. Concede anuência prévia nos processos de concessão de patentes de produtos e processos farmacêuticos do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e faz fiscalização da propaganda de produtos sujeitos à vigilância sanitária, como medicamentos, alimentos e produtos para a saúde. Além de acompanhar e coordenar as ações de vigilância sanitária, compete à ANVISA, como órgão coordenador do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária no país, prestar cooperação técnica e financeira aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios. Para isso, nos últimos anos, a agência tem desenvolvido ações voltadas ao fortalecimento da descentralização, buscando ampliar e qualificar a capacidade de gestão estadual e municipal, bem como o desenvolvimento das ações de vigilância sanitária. (MACHADO, 2017)

Portanto, considerando-se os fundamentos ambientais concernentes ao compromisso nacional e mundial em relação aos resíduos sólidos e sua gestão, onde a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos estruturam-se como pilares, a busca de ações voltadas à soluções ambientais, considerando-se as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável, são de grande importância no momento histórico-cultural em que se encontra a gestão integrada de resíduos sólidos no Brasil e no mundo.

3 - A HIERARQUIA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1 – Definição

A Lei Federal 12.305 da PNRS (BRASIL, 2010), Art.9º, estabelece que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2007, *apud* NASCIMENTO, 2016), a hierarquia de gestão de resíduos se define por: (i) Prevenir a produção de resíduos, ou reduzir a quantidade gerada; (ii) Reduzir a toxicidade ou impactos negativos do resíduo que é gerado; (iii) Reutilizar os materiais recuperados; (iv) Reciclar, compostar, ou recuperar materiais para uso como matérias primas e insumos de novos produtos; (v) Recuperar a energia por incineração, biodigestão, ou processos similares; (vi) Reduzir o volume dos resíduos antes da disposição final; e (vii) Dispor dos resíduos sólidos de maneira ambientalmente adequada, geralmente em aterros sanitários.

3.2 – Pirâmide Hierárquica

A legislação brasileira está em linha com as práticas globais para alcançar a gestão integrada e ambientalmente eficiente dos resíduos, adotando e desenvolvendo medidas sustentáveis para reduzir os impactos ambientais, dessa forma, a hierarquia de gestão de resíduos é um aspecto fundamental para a eficiência da GIRS. A Figura 5 mostra as prioridades da gestão de resíduos de acordo com a legislação brasileira.

Entendendo de outra forma, o princípio da prevenção passa a ser a base filosófica na condução de processos na gestão de resíduos sólidos que garantam melhoria contínua e garantia de qualidade ambiental. A disposição final de resíduos é considerada como última opção dentro da hierarquia dos resíduos sólidos, no entanto, a excelência na sua execução é de fundamental importância no ciclo de produção e consumo de bens e serviços, de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras, base para a sustentabilidade. Sendo assim, a opção ambientalmente mais favorável é a prevenção ou a não geração. (NASCIMENTO, 2016)

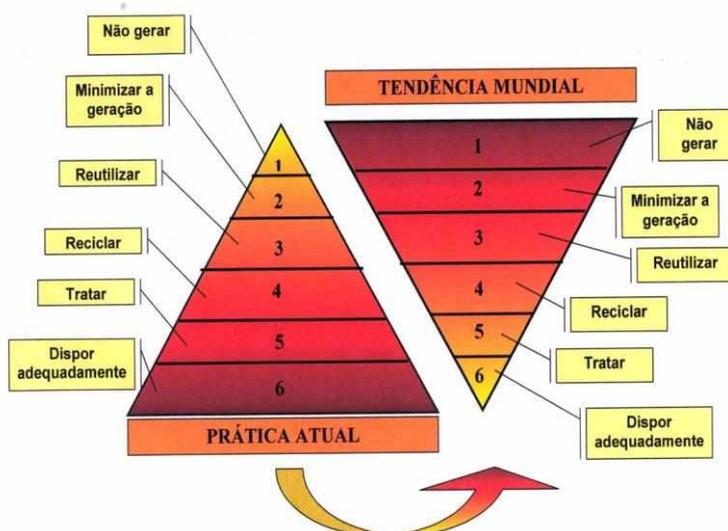
Figura 5 – Hierarquia de Gestão de Resíduos Sólidos



Fonte: ABRELPE, 2013.

Propõe-se desta forma a inversão da pirâmide hierárquica de gestão de resíduos sólidos, onde a prevenção da geração de resíduos sólidos surge como objetivo prioritário. Entende-se por prevenção dos resíduos sólidos, qualquer prática que vise a redução e/ou eliminação, seja em volume, concentração ou toxicidade, das cargas poluentes na própria fonte geradora. (FIGUEIREDO, 2000). Através da Figura 6, esta mudança de paradigma pode ser visualizada.

Figura 6 – Mudança de Cenário da Perspectiva da Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos.



Fonte: MORAES L., 2012.

De acordo com esta nova perspectiva, os resíduos são vistos como recursos. A prioridade máxima é a prevenção da sua produção. Quando a produção não pode ser minimizada, privilegia-se a reutilização e, posteriormente, a reciclagem. Não devem ser abordados, de maneira linear, os itens da hierarquia, como uma lista. Todos os aspectos devem ser abordados conforme as necessidades locais de cada comunidade. Porém, ao priorizar-se a redução da quantidade de resíduos e de seu potencial de impacto negativo, já se contribui indiretamente com o objetivo final - de se criar um sistema produtivo sustentável. (CNI, 2014)

Uma visão que associe a hierarquização na gestão de resíduos sólidos, que tenha como premissa básica a prevenção na geração, é de suma importância para a gestão integrada de resíduos sólidos, marcada pela sua complexidade, diversidade e composição. Por atuar em fases como a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético, a abordagem da destinação final para resíduos sólidos faz-se, portanto, necessária, dentro do contexto da gestão integrada de resíduos sólidos, cuja hierarquia é definida em Lei, como abordado anteriormente.

4- DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Serão apresentados neste capítulo os aspectos técnicos da destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, bem como o aproveitamento energéticos deles.

4.1 - Destinação Final Ambientalmente Adequada – Definição e Instrumentos

Como mencionado anteriormente, na PNRS (BRASIL, 2010), a destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos visa à reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA.

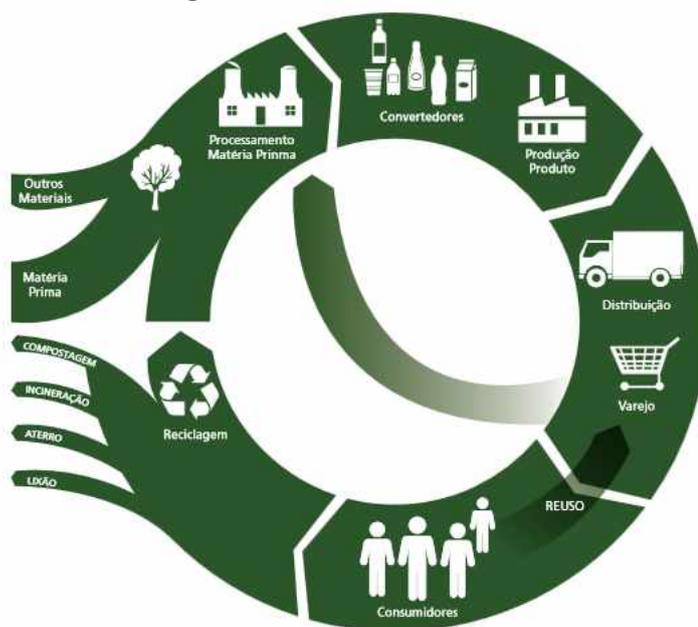
Em seu Art. 8º a PNRS (BRASIL, 2010) apresenta como um instrumento a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

Apoiada no princípio da responsabilidade compartilhada, todos os entes de uma cadeia devem cumprir seu papel para que os demais também possam fazer o mesmo. Para os resíduos sólidos urbanos, cabe ao Poder Público organizar e prestar os serviços de coleta e destinação final, enquanto ao consumidor pessoa física cabe disponibilizar ou devolver seus resíduos para coleta. Às empresas fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes cabem-lhes investir no desenvolvimento de produtos mais aptos à sua reutilização e reciclagem, na redução na geração de resíduos, e na disponibilização de informações que favoreçam a reciclagem de seus produtos e minimizem a geração de resíduos. No caso da logística reversa, a PNRS estabelece que os consumidores devam efetuar a devolução dos materiais aos comerciantes e distribuidores, e estes devem encaminhar aos fabricantes, que assumem a responsabilidade pela destinação ambientalmente adequada dos produtos e embalagens encaminhados. A Figura 7 mostra o ciclo dos resíduos sólidos. (CNI, 2014)

Definida pela PNRS, a reutilização é o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA. A reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a

alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA. (BRASIL 2010)

Figura 7- Ciclo dos resíduos sólidos



Fonte: CNI, 2014.

Um sistema integrado de gestão de resíduos sólidos, potencialmente ideal, dentro de uma visão de destinação final adequada, deve contemplar, portanto, operações de coleta seletiva, valorização de resíduos recicláveis e orgânicos (compostagem), incineração, tratamento e valorização de escórias e aterragem sanitária. (BAPTISTA, 2008)

Implantar um programa de reciclagem exige vencer alguns desafios, pois são necessários serviço de coleta distinto, equipamentos especiais e centros de triagem, o que gera aumento nos gastos com a coleta e a separação de resíduos e exige um processo de sensibilização da população, portanto, é um processo gradativo e que demanda um tempo de aculturação da sociedade local.

4.2 - Aspectos técnicos

Segundo BARROS (2012) há duas grandes alternativas quando se cogita em dar aos resíduos sólidos um destino mais adequado do que a disposição em aterros sanitários ou lixões. A primeira delas é a segregação, na fonte ou numa unidade de beneficiamento, dos diversos componentes existentes nos resíduos sólidos, visando à sua reciclagem, considerando também a compostagem, e ao reaproveitamento, com a conseqüente redução do volume aterrado a redução de materiais nos circuitos de produção e consumo. A segunda alternativa é o tratamento térmico e se possível a recuperação energética. Por isso, essas etapas de grande importância na destinação adequada de resíduos sólidos serão abordadas nesse capítulo.

4.2.1 - Reciclagem, Reutilização, Redução – 3R's

O conceito dos “3Rs” se refere à reduzir, reutilizar e reciclar, particularmente no contexto da produção e do consumo. Ele apela para o aumento na proporção dos materiais recicláveis, maior reuso de matérias primas e de resíduos do processo fabril e redução global nos recursos e na energia utilizados. Estas ideias são aplicadas em todos os ciclos de vida dos produtos e serviços, desde o projeto e extração de matéria prima ao transporte, fabricação, uso, desmontagem ou reuso e disposição final. (ABRELPE, 2013)

Este conceito relacionado aos hábitos de consumo contribui para a preservação de recursos naturais e para a redução dos impactos causados ao meio ambiente além de promover a participação da sociedade nos aspectos ambientais, o que está diretamente relacionado ao conceito de gestão integrada de resíduos sólidos.

4.2.2 - Coleta seletiva

Fundamental no conceito dos “3Rs” a coleta seletiva é definida pela PNRS (BRASIL, 2010) como coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição.

A legislação brasileira sobre resíduos sólidos consagrou a coleta seletiva como um dos principais instrumentos da gestão dos resíduos, o que incentivou a criação e o desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação de catadores e priorizou o

acesso a recursos da União aos municípios que implantarem coleta seletiva com a participação de catadores organizados. (MMA, 2010)

Segundo a ABRELPE (2015) foi possível projetar que 3.859 municípios brasileiros apresentam alguma iniciativa de coleta seletiva; cabe ressaltar, para o correto entendimento das informações apresentadas, que em muitos municípios as atividades de coleta seletiva não abrangem a totalidade de sua área urbana. A Figura 8 e a Tabela 2 mostram os resultados obtidos para o Brasil, bem como permitem a comparação destes com os resultados obtidos na pesquisa de 2014. Apesar da melhora dos índices de municípios com coleta seletiva com relação ao ano de 2015 ainda existe uma porcentagem significativa de municípios sem iniciativas de coleta seletiva de resíduos no Brasil, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Figura 8 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil



Fonte: ABRELPE, 2015.

Tabela 2 - Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Brasil	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Sim	239	258	767	884	175	200	1.418	1.450	1.009	1.067	3.608	3.859
Não	211	192	1027	910	292	267	250	218	182	124	1.962	1.711
Total	450		1.794		467		1.668		1.191		5.570	

Fonte: ABRELPE, 2015.

Vários modelos de coleta seletiva são adotados no Brasil, mas em linhas gerais elas podem ser classificadas em dois grandes grupos: coleta porta a porta, em que veículos específicos percorrem as ruas fazendo a coleta em cada domicílio, e coleta em pontos determinados para os quais a população leva os resíduos separados, os PEVs (Pontos de Entrega Voluntária) ou LEVs (Locais de Entrega Voluntária), chamada de coleta ponto a

ponto. Neste caso, os pontos de entrega são identificados para receber resíduos previamente selecionados pela população, que deve transportá-los até esses locais, que preferencialmente devem estar em locais de grande afluxo de pessoas e fácil acesso. A participação da população, tanto inicial quanto de longo prazo, é determinante para o sucesso da iniciativa. (MMA, 2010; BARROS, 2012)

São apontadas as seguintes vantagens para a coleta seletiva realizada porta a porta: (i) mantém a mesma relação existente para a coleta convencional entre o serviço público de manejo de resíduos sólidos e o usuário, uma vez que as pessoas estão acostumadas a dispor seus resíduos para coleta em determinados dias e horários, acondicionados de determinada maneira e com isso concentra a mudança de comportamento na segregação dos resíduos; (ii) dispensa o transporte por parte do usuário dos resíduos até o local da coleta, permitindo maior participação; (iii) permite medir a adesão da população ao programa, identificando as adesões; (iv) permite correção da segregação mais de perto pela possibilidade de contato direto do agente da coleta com o morador. Mas esse tipo de coleta tem um grande problema: os custos de transporte são muito elevados e a produtividade por quilômetro percorrido é muito baixa. (MMA, 2010)

Na coleta feita em PEVs ou LEVs são apontadas as seguintes vantagens: (i) diminui custos de transporte, pois concentra a coleta em pontos pré-determinados; (ii) evita que a população necessite de local próprio para acumulação dos recicláveis; (iii) permite exploração do espaço do PEV para publicidade e parcerias que diminuem os custos de implantação e manutenção; (iv) facilita a separação por tipo de resíduo, facilitando a triagem. Também a coleta em PEVs tem problemas: (i) requer muitos recipientes, que devem ser adquiridos pelo poder público; (ii) demanda maior disposição da população; (iii) não permite identificar as adesões; (iv) não facilita contato direto com os usuários, o que não permite correção da segregação mais de perto; (v) os containers ficam sujeitos a atos de vandalismo; (vi) exige constante manutenção e limpeza. (MMA, 2010)

A boa comunicação é fundamental para a sustentabilidade de um plano de GIRS e a melhor maneira de sensibilizar o público em torno de questões de gestão de resíduos é por meio da informação e educação. Dessa forma, a coleta seletiva se mostra um aspecto fundamental da PNRS, possibilitando melhores condições para os processos de reciclagem e de logística reversa, além de auxiliar no alcance de metas associadas à disposição de resíduos sólidos de maneira adequada e sustentável.

4.2.3 - Compostagem

O uso de matéria orgânica como adubo é bem antigo – a observação do processo natural de formação de uma camada de húmus sobre o solo pela decomposição de folhas e galhos caídos sobre a terra permitiu reproduzi-lo de forma organizada, planejada e controlada para se obter adubo. Para os serviços de manejo de resíduos sólidos, o objetivo não é exatamente produzir adubo – o que move o processo não é o produto, mas o fato de que a matéria orgânica presente no lixo pode ser transformada e reaproveitada, desviando resíduos que normalmente teriam que ser aterrados. Embora a decomposição da matéria orgânica presente no resíduo possa ser feita por processos aeróbios e anaeróbios, a compostagem é um processo de decomposição da matéria orgânica por meio da digestão aeróbia. A matéria orgânica presente, na presença de ar e água, é digerida por microrganismos e se transforma em composto utilizado para melhorar a qualidade do solo. (MMA, 2010)

Conforme a ABNT NBR n° 13.591/96, a compostagem é processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação. Composto, seria, portanto, o produto final da compostagem, termo genérico usado para designação do produto maturado (bioestabilizado, curado ou estabilizado), proveniente da biodigestão da fração orgânica biodegradável, também definido pela mesma norma. (ABNT, 96)

Três fatores são muito importantes para que o processo ocorra corretamente: o teor de umidade, a aeração e a relação de carbono e nitrogênio (C/N).

Segundo o MMA (2010),

“a compostagem, por se tratar de processo biológico, requer um balanceamento adequado da relação C/N e determinadas condições de temperatura, umidade e aeração em seus diversos estágios. No início do processo, que dura em torno de 30 dias, ocorre a degradação da matéria orgânica pela ação de microrganismos com diferentes metabolismos; há elevação da temperatura do material em decomposição, que pode variar de 40°C até a 60°C. Na fase seguinte, em que a celulose e materiais similares são degradados pela ação de microrganismos, as temperaturas baixam para a faixa de 30°C a 45°C, e há uma fase de maturação ou humificação em que as temperaturas se situam entre 20° e 35°C. Por esta razão, a temperatura é um dos principais elementos para controlar o processo de compostagem. Ao final das duas primeiras fases, ocorre a estabilização da matéria orgânica, sendo este período conhecido como bioestabilização. Embora o tempo de ocorrência de cada uma dessas fases possa variar em função dos diversos fatores que influem no processo – pois se trata de um processo bioquímico, vivo – estima-se que o processo de bioestabilização dure entre 60 e 90

dias e o processo total, até que o composto atinja a humificação pode levar de 90 a 120 dias. Os nutrientes – principalmente carbono, como fonte de energia, e nitrogênio, para síntese de proteínas – são fundamentais para os microrganismos presentes. Um balanceamento adequado de carbono e nitrogênio melhora o desempenho da degradação biológica –ele é mais lento e pode inclusive ser interrompido em materiais ricos em carbono, como palhas, serragem e resíduos de poda, e mais rápido em resíduos ricos em nitrogênio, como nos resíduos orgânicos domiciliares. A relação C/N deve ser de 30:1, no início do processo.”

A compostagem é um processo ambientalmente seguro e que traz os seguintes benefícios: (i) redução de custos e aumento da vida útil dos aterros, (ii) aproveitamento agrícola da matéria orgânica, (iii) reciclagem de nutrientes para o solo, (iv) eliminação de patógenos, (v) economia de tratamento de efluentes em virtude da redução da geração de chorume e lixiviados. No entanto, a sua implantação requer avaliar a existência de mercado para a compra e aplicação do composto, sensibilizar a população para a correta separação da matéria-prima, implementar um serviço especial de coleta e realizar análises físico-químicas de forma que assegure o padrão mínimo de qualidade estabelecido pelas normas técnicas de saúde. (PwC, 2011)

Há três tipos básicos de compostagem: (i) a natural, em que os resíduos são dispostos sobre o solo, em leiras com dimensões predefinidas e se faz um procedimento periódico de seu reviramento e, eventualmente, de umidificação, até que o processo seja terminado, método também é conhecido como método das leiras revolvidas (Windrow); (ii) a com aeração forçada nas leiras (Static Pile), sem reviramento do material, colocando a massa a ser compostada sobre um sistema de tubulação perfurada pela qual se fará a aeração da pilha de resíduos; (iii) a com colocação da massa de resíduos a ser compostada em um reator biológico, fechado, que permite controlar os parâmetros sem interferência do ambiente externo, também conhecido como sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel). (MMA, 2010; MASSUKADO, 2008)

4.2.4 - Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos

O aproveitamento energético de resíduos sólidos pode ser feito através de diferentes formas:

4.2.4.1– Através dos Processos Térmicos

Visto como a penúltima fase da gestão dos resíduos sólidos, o tratamento térmico é compreendido como uma série de procedimentos físicos e biológicos que tem por objetivo

diminuir a carga poluidora no meio ambiente, reduzir os impactos negativos sanitários do homem e também o beneficiamento econômico do resíduo. O tratamento térmico é uma tecnologia que utiliza altas temperaturas para queimar resíduos em um processo de combustão completa. Essa técnica garante o tratamento sanitário do resíduo e a completa destruição dos componentes orgânicos, além de diminuir a presença de resíduos combustíveis nas cinzas. (PwC, 2011)

São considerados processos térmicos de tratamento para resíduos sólidos: incineração, pirólise, plasma, gaseificação, autoclavagem, micro-ondas, coprocessamento e co-incineração.

Dentre os tratamentos térmicos existentes para resíduos sólidos a incineração, resumidamente, consiste em um processo de redução de peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a consequente eliminação da matéria orgânica e características de patogenicidade, através da combustão controlada. É ainda um processo de reciclagem da energia liberada na queima dos resíduos, visando à produção de energia elétrica e vapor. O processo, geralmente, consiste em uma sequência de etapas: preparação do resíduo para a queima, alimentação das câmaras de combustão e combustão nas câmaras. Após a combustão, os produtos queima são submetidos aos processos de recuperação de energia, tratamento dos gases, tratamento do efluente líquido e acondicionamento e disposição dos resíduos sólidos gerados. (SHINOTSUKA, 2014)

O processo de queima ocorre na presença de excesso de oxigênio, no qual os materiais à base de carbono são decompostos, desprendendo calor e gerando um resíduo de cinzas. Normalmente, o excesso de ar deve ser usado para garantir a eficiência de destruição. Em grandes linhas, um incinerador é um equipamento composto por duas câmaras de combustão onde, na primeira câmara, os resíduos, sólidos e líquidos, são queimados com a temperatura variando entre 800 e 1.000°C, com excesso de oxigênio, e transformados em gases, cinzas e escória. Na segunda câmara, os gases provenientes da combustão inicial são queimados a temperaturas da ordem de 1.200 a 1.400°C. Os gases da combustão secundária são rapidamente resfriados para evitar a recomposição das extensas cadeias orgânicas tóxicas e, em seguida, tratados em lavadores, ciclones ou precipitadores eletrostáticos, antes de serem lançados na atmosfera através de uma chaminé. Como a temperatura de queima dos resíduos não é suficiente para fundir e volatilizar os metais, estes se misturam às cinzas, podendo ser separados destas e recuperados para comercialização. Para os resíduos tóxicos contendo cloro, fósforo ou enxofre, além de necessitar maior permanência dos gases na câmara (da ordem de dois segundos), são precisos sofisticados sistemas de tratamento para que estes possam ser lançados na atmosfera. Já os resíduos compostos apenas por átomos de carbono, hidrogênio e

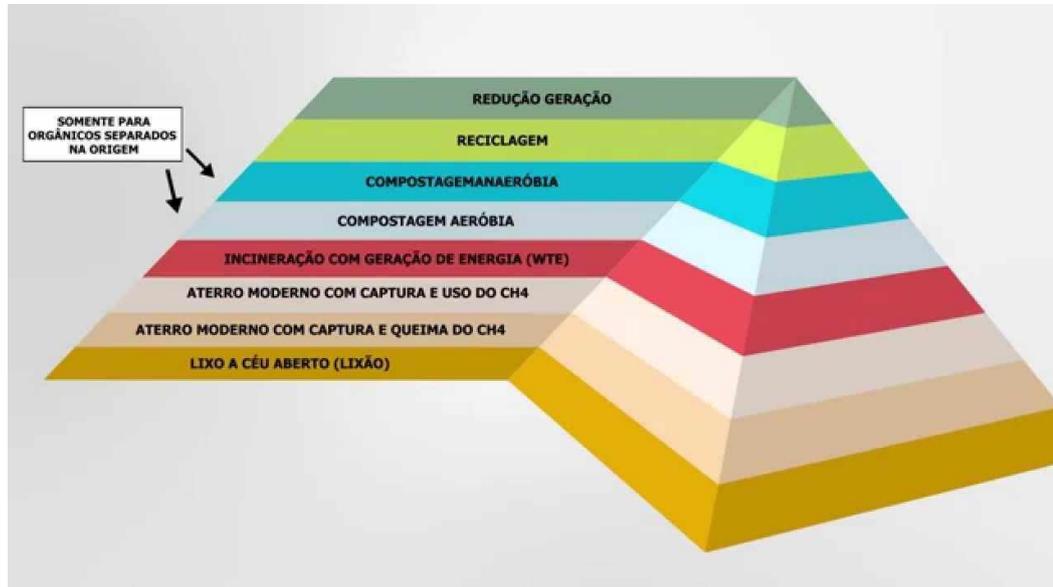
oxigênio necessitam somente de um eficiente sistema de remoção do material particulado que é expelido juntamente com os gases da combustão. Existem diversos tipos de fornos de incineração. Os mais comuns são os de grelha fixa, de leito móvel e o rotativo. (IBAM, 2001)

O processo de incineração possui vantagens e desvantagens que devem ser levados em consideração ao escolher o processo de disposição final do resíduo sólido. Como pontos positivos, vale ressaltar que a incineração reduz drasticamente o volume de resíduos a ser descartado em cerca de 90%, destrói organismos patogênicos e orgânicos, e sua planta necessita de uma área relativamente pequena e que pode ser instalada próxima aos centros geradores de resíduos, economizando em transporte. Além disso, é possível recuperar parte da energia liberada no processo de queima, transformando-a em energia térmica ou elétrica. Os pontos negativos incluem seu custo elevado, tanto no investimento inicial como o custo operacional, dificuldade de operação e de manutenção, pois há variabilidade de acordo com a composição dos resíduos sólidos e exige-se mão de obra qualificada. Há também uma grande preocupação com medidas de controle ambiental, que é expressa através de limites de emissões estabelecidos por órgãos governamentais. (SHINOTSUKA, 2014)

A utilização da incineração para a recuperação energética dos resíduos é uma tecnologia denominada Waste to Energy (WTE). Considerando os usos atuais, podemos melhorar ainda mais esta conceituação, afirmando que a incineração é considerada também como um processo de reciclagem energética, onde a energia contida nos resíduos, liberada na queima, é um bem que é reaproveitado para outros processos, ou seja, é reciclada (SANTOS, 2011).

Em um contexto de destinação adequada de resíduos sólidos e aproveitamento energético, a hierarquia para gestão de resíduos sólidos é apresentada na Figura 9, onde a ordem de prioridade deve ser: redução da geração de resíduos sólidos, reciclagem, compostagem, incineração com aproveitamento energético e aterragem.

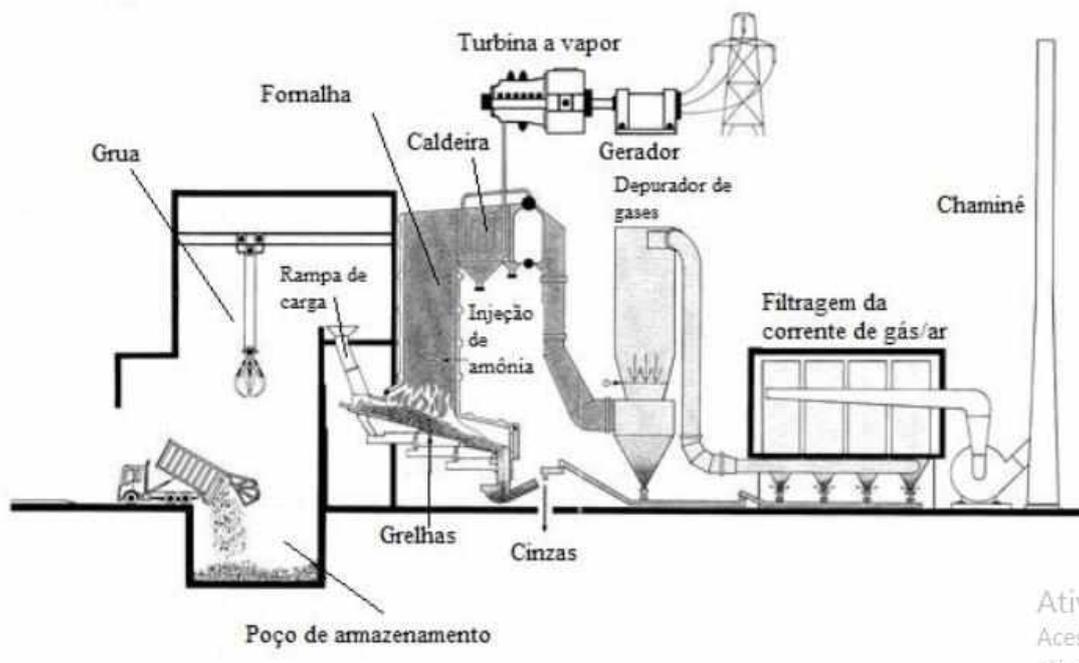
Figura 9 - Hierarquia na gestão de resíduos com aproveitamento energético



Fonte: WTERT, 2017.

Segundo a Delta Way (2017), o uso de resíduos sólidos como material de combustão pode reduzir os volumes de aterros em mais de 90%. Waste to Energy impede uma tonelada de liberação de dióxido de carbono (CO_2) por cada tonelada de lixo queimado e elimina o metano (CH_4) que teria vazado com disposição do aterro sanitário. As melhores práticas dependem dos "três Rs": Reutilizar, Reduzir, Reciclar. Reciclagem de plásticos, vidro, papel, metais e madeira do fluxo de resíduos reduz o carbono e os poluentes criados no processo de queima. Materiais como lixo de cozinha, lixo biológico e lixo comercial são ideais para a combustão. A Figura 10 ilustra uma planta de incineração com aproveitamento energético.

Figura 10 - Planta de Incineração com Aproveitamento Energético



Fonte: CLARKE 2002 *apud* BASTOS 2013.

No processo apresentado na Figura 10, o fluxo de ar subindo para a pilha é monitorado continuamente para garantir o cumprimento dos padrões de qualidade do ar. Todo o processo pode ser controlado para otimizar a eficiência nos processos de geração de combustão, calor e vapor, energia elétrica e controle ambiental. O material residual é recebido em uma área de recepção fechada, onde é mais bem misturado em preparação para a combustão. O fluxo de ar negativo irá transportar poeira e odor na câmara de combustão da área de recepção, juntamente com os resíduos para eliminar a sua propagação para fora da instalação. O resíduo misturado entra na câmara de combustão em uma grelha móvel temporizada, que gira repetidamente para mantê-lo exposto e queimando-o. Uma injeção de oxigênio e fumaça extraída da área de recepção é feita para uma queima mais completa. Embora a cinza seja capturada ao longo do processo, as partículas de ar mais finas são removidas na casa do filtro, onde um ventilador de indução extrai o ar através de sacos de tecido em direção à pilha ou a chaminé. As cinzas capturadas são muitas vezes retornadas para aterros sanitários. Os gases de combustão ácidos são neutralizados e os restos de combustão "cinza inferior" não queimados são passados por ímãs e separadores de corrente para remover metais para reciclagem. A cinza restante pode ser usada como agregado para estradas e aterros de trilhos. A cinza é gerada em uma proporção de cerca de 10 % do volume original do lixo e 30 % do

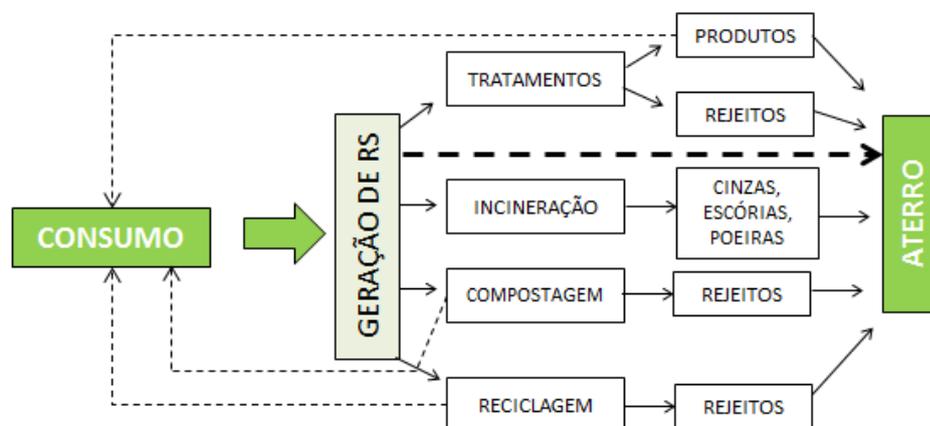
peso original do lixo. O vapor superaquecido altamente eficiente alimenta o gerador da turbina a vapor. O vapor de refrigeração é encaminhado de volta para a água através do condensador ou desviado como fonte de calor para edifícios ou plantas de dessalinização. O fluxo refrigerado é reaquecido no economizador e superaquecedor para completar o ciclo do vapor. O carbono ativado (carvão tratado com oxigênio para aumentar sua porosidade) é injetado nos gases quentes para absorver e remover metais pesados, como mercúrio e cádmio. (Delta Energy, 2017)

4.2.4.2 – Através da Disposição Final Adequada

Última etapa do Sistema Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, a aterragem destina-se à deposição final, em que, os resíduos não valorizáveis por qualquer forma, são inertizados, depositados, arrumados, compactados e cobertos diariamente, em células impermeáveis, para evitar a percolação de líquidos libertados, os lixiviados. Um aterro sanitário deve ser rigorosamente controlado durante a sua fase de exploração e, após a fase de encerramento, deve-se efetuar uma recuperação paisagística adequada, continuando o aterro a ser controlado periodicamente. (BAPTISTA, 2008)

O papel dos aterros no processo de consumo e de geração de resíduos sólidos como lugar de disposição final de rejeitos provenientes de processos de tratamento, incineração, compostagem e reciclagem dos resíduos sólidos pode ser representado pela Figura 11.

Figura 11– Situação de um aterro no processo de consumo e geração de resíduos sólidos.



Fonte: BARROS, 2012.

Os aterros sanitários, segundo a norma ABNT NBR 8.419/1996, são aqueles definidos como uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

A técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo em aterros sanitários pode ser executada de diversas maneiras, como na forma de valas e trincheiras escavadas abaixo do nível natural do terreno e na forma de camadas que usa o perfil natural sobre o solo. Para esta forma de disposição de resíduos sólidos, segundo a resolução CONAMA 404/2008, os resíduos sólidos permitidos são aqueles provenientes de domicílios, de serviços de limpeza urbana, de pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços, que estejam incluídos no serviço de coleta regular de resíduos e que tenham características similares aos resíduos sólidos domiciliares. (NETO et al., 2010 *apud* NASCIMENTO, 2016)

Segundo Neto et al. (2010) *apud* Nascimento (2016), para os resíduos classificados como perigosos, como alguns existentes nos resíduos de construção civil, provenientes de atividades agrosilvopastoris, mineração e serviços de saúde, sem tratamento prévio ou sujeitos às exigências de destinação especial, existem destinações específicas às quais não contemplam a disposição nos aterros sanitários. Para estas classificações de resíduos, a disposição final é realizada em aterros industriais.

Os resíduos que podem ser dispostos nos aterros sanitários são aqueles considerados não perigosos, ou seja, resíduos Classe IIA, por exemplo, matéria orgânica e papel; Classe IIB, como rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas, regulamentados pela NBR nº 10.004/04; e resíduos de saúde do grupo A, com risco biológico. Já os resíduos da construção civil são considerados Classe IIB e servem de cobertura e melhoria dos acessos do aterro sanitário, o que evita reduzir a vida útil dos aterros. Os resíduos de saúde do grupo B (com riscos químicos) e os resíduos industriais classificados como resíduos perigosos (Classe I) devem ser dispostos em aterros industriais, projetados para receber somente esse tipo de resíduo. É importante frisar que os resíduos de saúde do grupo A devem passar por tratamento prévio de esterilização e desinfecção como autoclave e micro-ondas, ou incineração, antes de serem dispostos em aterro, para garantir a segurança dos operadores e a diminuição dos riscos de contaminação no meio ambiente. Caso esses resíduos não sejam submetidos a um desses tratamentos, devem ser dispostos em células especiais e independentes, separados dos demais

resíduos e não podem sofrer compactação. A Tabela 3 mostra a disposição dos resíduos por Classe. (PwC, 2011)

Tabela 3 - Disposição de resíduos por classe

	Aterro Sanitário	Aterro Industrial
Tipos de resíduos que podem ser dispostos	Classe IIA Classe IIB Resíduos de saúde com risco biológico (Grupo A)*	Classe I Resíduos de saúde com risco químico (Grupo B)

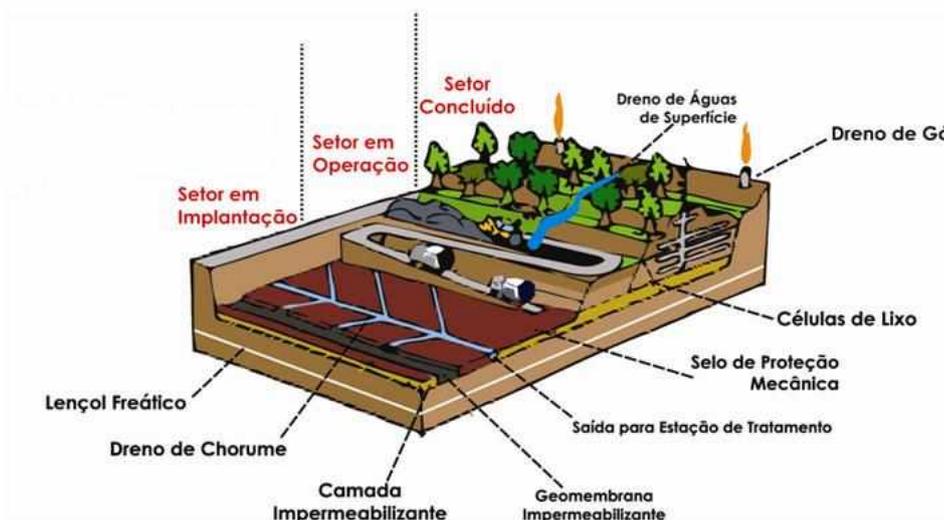
* Previamente tratados

Fonte: PwC, 2011.

Os aterros sanitários são considerados autossuficientes no que se refere à destinação final, pois ao serem comparados com outros métodos de tratamento como incineração e reciclagem, não produzem resíduo final em seu processo. No entanto, em razão da decomposição dos resíduos armazenados, ocorre a produção de gases e líquidos que recebem o devido tratamento. (PwC, 2011)

A Figura 12 esquematiza o aterro sanitário e mostra seus principais aspectos, que são a impermeabilização inferior e/ou superior, sistemas de drenagem superficial, sistema de drenagem de gás e sistema de tratamento e drenagem de percolado.

Figura 12 - Esquema de um aterro sanitário



Fonte: SEMARH-AL, 2017.

Os aterros sanitários são caracterizados por apresentarem diversos critérios de controle e monitoramento ambientais, como: (i) impermeabilização do solo com manta isolante, também conhecida como geomembrana, ou uma camada espessa de argila compactada, que garantem que os líquidos percolados (chorume e lixiviados) não atinjam as águas subterrâneas, (ii) instalação de dutos que captam os gases produzidos pela decomposição dos resíduos, evitando explosões e desestabilização do aterro, além da possibilidade de queima para aproveitamento energético e minimizar a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, (iii) implantação de captação de chorume a fim de que esse líquido seja encaminhado para tratamento, (iv) compactação frequente do resíduo disposto e cobertura subsequente com camadas de solo para evitar a exalação de maus odores e a presença de vetores, como ratos e insetos, (v) presença de cercas, portões e guaritas que garantem o controle de entrada de animais, pessoas e resíduos não permitidos, (vi) implantação de poços de monitoramentos, a montante e a jusante para controle de contaminação de águas subterrâneas. (PWC, 2011; BARROS, 2012)

Em contrapartida, existem alguns cuidados relacionados à implantação de aterros como: (i) grau de urbanização, compatibilidade e distância com a vizinhança, que deve ter baixa densidade populacional, (ii) valor comercial do terreno, (iii) distância aos pontos geradores de resíduos sólidos, (iv) condições de acesso, (v) condições do subsolo, idealmente de baixa permeabilidade do tipo argiloso, (vi) caracterização hidrológica e potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, (vii) índices de precipitação pluviométrica e de evaporação, (viii) localização quanto a mananciais. (BARROS, 2012)

O levantamento de possíveis áreas para a implantação do aterro sanitário deve ocorrer durante a elaboração do diagnóstico operacional. A escolha de uma área de implantação para um aterro sanitário não ocorre de maneira simples e exige a consideração de alguns critérios de seleção. Isso porque o alto grau de urbanização atual diminui a quantidade de áreas com dimensões e características adequadas para a implantação e que sejam, ao mesmo tempo, próximas aos locais de maior produção, a fim de atender às necessidades do município. Devem ser considerados também os parâmetros técnicos, os aspectos legais nas três instâncias governamentais (federal, estadual e municipal), as distâncias e vias de acesso no que se refere ao transporte e aos aspectos sociais, quanto à superação das resistências à implantação da tecnologia pela comunidade do entorno. Outro critério de suma importância é o econômico-financeiro que engloba desde investimentos para a implantação de aterro e os custos com o transporte da fonte de coleta até os custos referentes à manutenção do aterro. Deve-se avaliar

a influência da implantação de um aterro sanitário em um local próximo à população e seus possíveis inconvenientes e consequências. (PWC, 2011)

O gás de aterro, como dito anteriormente, possui alto teor de metano (CH_4) em sua composição. Em alguns aterros, dependendo da composição dos resíduos, essa quantidade de metano ultrapassa os 50% (EIA, 1996 *apud* SANTOS, 2011). O metano, por ser um gás de amplo uso energético, pode ser utilizado tanto em um motor comum de combustão interna, que irá ativar um gerador de energia elétrica, como pode ser utilizado para outros fins de caráter energético. Suas aplicações são amplas, destacando-se a produção de vapor para processos industriais, a secagem de grãos em propriedades rurais, a secagem de lodo em estações de tratamento de esgoto, a queima em caldeiras, o aquecimento de granjas, a iluminação a gás, o tratamento de chorume, entre outros (SANTOS, 2011)

A geração do gás ocorre através de quatro fases características da vida útil de um aterro: (i) fase aeróbica: é produzido o gás CO_2 , porém é alto o conteúdo de N_2 , que sofre declínio nas passagens para as 2ª e 3ª fase; (ii) esgotamento de O_2 : resulta em um ambiente anaeróbico com grandes quantidades de CO_2 e um pouco de H_2 produzido; (iii) fase anaeróbica: começa a produção de CH_4 , com redução na quantidade de CO_2 produzido; (iv) fase final: produção quase estável de CH_4 , CO_2 e N_2 . (EPE, 2014)

As condições do aterro, tais como a composição do resíduo, o material de cobertura, o projeto e o estado anaeróbico, determinam a duração das fases e o tempo de geração do gás, que podem ainda variar com as condições climáticas locais. Um sistema padrão de coleta de gás dos resíduos sólidos tem três componentes centrais: poços de coleta e tubos condutores, um sistema de tratamento, e um compressor. O biogás excedente é queimado em chaminés de forma controlada, para coibir explosões e evitar a emissão de metano para a atmosfera, mitigando-se um maior impacto ambiental sobre as mudanças climáticas. (EPE, 2014)

O sistema de extração de gás deverá ser composto basicamente pelos drenos verticais e horizontais, os sopradores, os filtros para a remoção do material particulado e de tanques separadores do condensado. Este pré-tratamento é feito para remover o particulado e os líquidos presentes no biogás, protegendo os sopradores e aumentando a vida útil dos mesmos. As tubulações provenientes dos drenos são interligadas em pontos de regularização de fluxo, e estes são interligados a uma linha principal que conduz o gás para a queima em um flare e para seu aproveitamento energético. A força que move o biogás em um fluxo em direção ao sistema de queima é a pressão negativa criada por um soprador que faz a sucção, e que está ligado à linha principal. (SANTOS, 2011)

O biogás uma vez captado irá passar pela sua primeira etapa de tratamento, a retirada do material particulado através de passagem por um filtro. Após a passagem pelo filtro, o biogás é encaminhado a um tanque separador de líquidos, denominado desumidificador. Esta fase líquida é drenada para um tanque de coleta de condensado através da gravidade e deste é bombeado para o sistema de coleta de chorume para ser tratado com o chorume. O biogás, uma vez isento de partículas sólidas e de gotículas líquidas, passa pelo soprador e é encaminhado para a queima controlada na chaminé e para outros sistemas de aproveitamento energético. Para a geração de energia elétrica a partir do biogás são utilizados dispositivos que em uma primeira etapa convertem a energia química presente no combustível, o metano, em energia cinética de rotação, através dos motores. O motor se conecta a um gerador, que transforma esta energia cinética de rotação em energia elétrica. Qualquer que seja o dispositivo que converta a energia química do metano em energia cinética de rotação, este deverá estar conectado a um gerador para a produção da energia elétrica. (SANTOS, 2011)

4.2.4.3 – Através da Geração de Combustíveis - “Waste to fuel”

A energia pode ser derivada de resíduos sólidos de várias maneiras. Os processos de geração de energia que incluem resíduos que podem ser tratados e transformados em combustível sólido para incineração para produzir calor e vapor. Resíduos também podem ser convertidos em biogás ou gás de síntese de resíduos orgânicos e inorgânicos, nas quais a fermentação bacteriana é utilizada para digerir resíduos orgânicos para produzir combustível, convertendo os resíduos em combustível. (Alternative Energy Tutorials, 2017)

Usando uma variedade de processos térmicos ou biológicos, a energia incorporada nos resíduos é capturada, tornando-a disponível para a geração direta de calor e eletricidade, ou para a produção de combustível sólidos. Os pellets de combustível produzidos a partir de resíduos podem ser queimados para gerar energia. As plantas “waste to fuel” produzem combustíveis a partir dos materiais combustíveis (ricos em energia) encontrados nos resíduos sólidos urbanos e industriais. Os combustíveis de resíduos sólidos são produzidos para qualidades especificadas por diferentes métodos de tratamento. Estes incluem secagem, trituração e compressão em briquetes ou pastilhas de combustível. Os combustíveis podem ser especificamente adaptados para facilidade de transporte e para diferentes usos onde o calor industrial é necessário. Isso os torna alternativas adequadas aos combustíveis fósseis. (FLORIN, 2017)

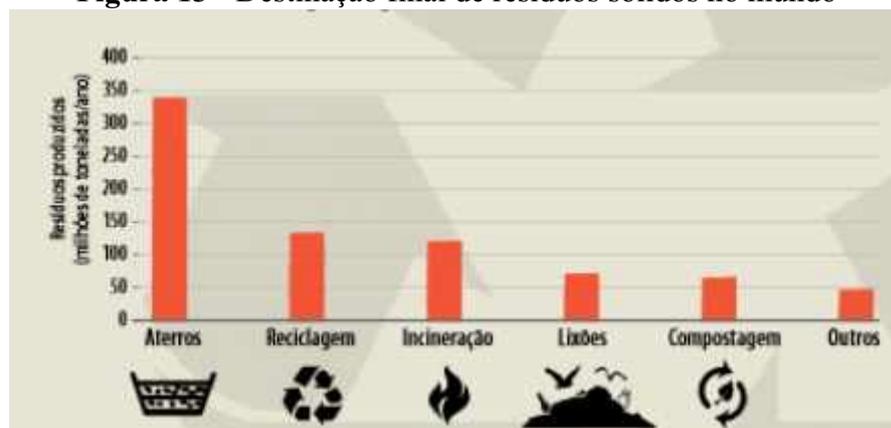
Como substituto do carvão e do gás, o combustível de resíduos sólidos pode ser

queimado para gerar eletricidade. Além do setor de energia, outras indústrias que exigem calor de alta temperatura usam combustíveis de resíduos sólidos. Também pode haver amplitude para expandir seu uso para outras indústrias de uso intensivo de energia, como a reciclagem de metais e a fabricação de produtos químicos industriais. O principal benefício ambiental do combustível a partir de resíduos sólidos vem das reduções nas emissões de aterros sanitários e no uso de combustíveis fósseis. Outros benefícios ambientais podem vir da gestão de resíduos problemáticos, como madeira tratada, pneus de carro e plásticos. Convertê-los em combustível impede a lixiviação de substâncias prejudiciais para o meio ambiente e outros problemas potenciais. (FLORIN, 2017)

4.4 - Panorama Mundial da Destinação de Resíduos Sólidos no Contexto de Gestão Integrada

Para muitos países, a abundância de espaço e de recursos serve como desestímulo para a educação ambiental. São os casos de emergentes como China, Brasil e México. Já países onde há escassez de área disponível, caso comum na Europa, têm despertado para a urgência de se dar um destino mais racional e ecologicamente adequado para os resíduos sólidos. No entanto a maior parte dos resíduos tem como destinação final aterro, como mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Destinação final de resíduos sólidos no mundo



Fonte: BRASIL, 2014.

O mercado global de resíduos sólidos, da coleta até a reciclagem, movimenta US\$ 410 bilhões por ano (R\$ 940 bilhões). Um relatório de 2012 da União Europeia estimou que a adoção completa da legislação ideal sobre resíduos sólidos traria, ao final desta década, uma

economia de 72 bilhões de euros (R\$ 216 bilhões) por ano, um aumento de 42 bilhões de euros (R\$ 126 bilhões) no faturamento do setor de coleta e reciclagem de resíduos sólidos e a criação de 400 mil empregos no setor, que já oferece 2 milhões de postos de trabalho. Confrontados com o desafio de harmonizar o acelerado crescimento da demanda de energia com a necessidade de gerenciar melhor a questão dos resíduos sólidos, vários países têm optado por investir nas tecnologias de aproveitamento energético do lixo. As duas vias principais em escala mundial são a queima direta em usinas de resíduos-energia e a queima do biogás produzido a partir da decomposição da matéria orgânica de resíduos sólidos. Existem hoje no mundo aproximadamente 1,5 mil usinas térmicas, que queimam resíduos sólidos para gerar energia ou calor em 35 países. O Japão, o bloco europeu, a China e os Estados Unidos lideram o ranking. As usinas reduzem a cerca de 10% o volume de resíduos sólidos que entram, transformado em cinzas que podem ser aproveitadas como base de asfalto ou na construção civil. Nos EUA, existem 87 usinas resíduos-energia, que processam 28 milhões de toneladas de lixo. Desde a década de 1990, todas elas passaram por modernizações determinadas pela EPA, restringindo as emissões de gases tóxicos ou prejudiciais à saúde. Já a compostagem tem sido incentivada principalmente na Europa Ocidental. (BRASIL, 2014)

A Alemanha é líder mundial em tecnologias e políticas de resíduos sólidos e possui os índices de reaproveitamento mais elevados do mundo, o objetivo desse país é alcançar, até o final desta década, a recuperação completa e de alta qualidade dos resíduos sólidos urbanos, zerando a necessidade de envio aos aterros sanitários, que hoje tem um índice inferior a 1%. Desde junho de 2005, a remessa de lixo doméstico sem tratamento ou da indústria em geral para os aterros está proibida. Entre 2002 e 2010, o total de resíduos urbanos domésticos produzidos pela Alemanha caiu de 52,8 milhões para 49,2 milhões de toneladas. Pode não parecer uma queda acentuada, mas o importante é o destino que o país tem dado ao lixo. Em 2011, de acordo com o Eurostat, órgão de estatísticas da União Europeia, 63% de todos os resíduos urbanos foram reaproveitados na Alemanha, sendo 46% por reciclagem e 17% por compostagem, contra uma média continental de 25%. Quanto aos resíduos não reaproveitados, 8 em cada 10 quilos são incinerados, gerando energia. Em 1970, a Alemanha tinha cerca de 50 mil lixões e aterros sanitários. Hoje, são menos de 200. A cadeia produtiva de resíduos emprega mais de 250 mil pessoas. Estima-se que 13% dos produtos comprados pela indústria alemã sejam feitos a partir de matérias-primas recicladas. Várias universidades oferecem formação em gestão de resíduos, além de cursos técnicos profissionalizantes. (BRASIL, 2014)

A partir da década de 1960, o Japão se viu diante do desafio de encontrar um destino para os resíduos sólidos. Desde 1997, as emissões de dioxinas e outros poluidores de usinas de incineração foram reduzidas em 98%. São mais de 1,2 mil plantas em atividade, a maioria adaptada ao conceito de alto controle de poluição e alta eficiência energética. Uma dessas usinas, por exemplo, fica no populoso distrito de Shibuya, em Tóquio, e processa 200 toneladas diárias de lixo, gerando energia usada na própria cidade. O país incentiva a coleta seletiva e a reciclagem, o que fez o país investir em alta tecnologia também para o reaproveitamento de materiais. Garrafas pet são produzidas no Japão a partir de 100% de resina reciclada, reduzindo em 90% o uso de novos plásticos e em 60% as emissões de dióxido de carbono. A resina é usada também em material de construção, móveis, equipamentos e utensílios. Muitas cidades japonesas adotam um modelo ainda mais sofisticado de coleta seletiva, no qual apenas um tipo de lixo é descartado por dia. Para melhor reciclar os eletrodomésticos, o Japão dispõe de fábricas onde cada peça é desmontada e suas partes separadas, manualmente, entre plástico, metal e outros componentes. (BRASIL, 2014)

Na Suécia, uma das mais inovadoras iniciativas começou em 1961. Em Estocolmo, a capital, onde 100% dos domicílios contam com coleta seletiva, as residências atendidas pelo sistema Envac dispõem de lixeiras conectadas a uma rede de tubos que conduzem os resíduos a uma área de coleta. Um sensor instalado percebe quando a lixeira está cheia. Por vácuo, o lixo é sugado e transportado para o local de acumulação de resíduos, onde é realizada a coleta seletiva. Sacos de lixo podem ser depositados, a qualquer momento, nos coletores de recicláveis e não recicláveis. Pela sucção, os sacos viajam a uma velocidade de 70 km/h pela rede subterrânea de tubos. Ao chegarem à central, são separados e compactados em contêineres, de onde seguirão para reaproveitamento, compostagem e incineração. O ar que circula no sistema de tubos passa por filtros antes de retornar à atmosfera. O Envac também pode ser visto pelas ruas de Estocolmo e de outras cidades importantes, atendendo prédios comerciais e áreas públicas. Atualmente, são mais de 700 sistemas instalados em diversos países, atendendo locais como hospitais, aeroportos, cozinhas industriais e fábricas. As vantagens são evidentes: os diferentes tipos de resíduos não são misturados durante a coleta; o número de caminhões de lixo em circulação é menor; a poluição sonora e atmosférica é reduzida; e, finalmente, há uma economia de 30% a 40% dos gastos municipais com o serviço de coleta. (BRASIL, 2014)

5 - GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O SETOR INDUSTRIAL

5.1 - O Setor Industrial e a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

A Lei 12.305 da PNRS/2010, não enfatiza especificamente sobre responsabilidade para o gerador de resíduos sólidos industriais, no entanto institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos conforme mencionado anteriormente. A responsabilidade pelo manejo e destinação dos resíduos industriais é sempre da empresa geradora. No caso de tratamento ou disposição de alguns resíduos, a empresa escolhida para esse fim também é corresponsável. Sendo assim, as indústrias tradicionalmente responsáveis pela maior produção de resíduos perigosos (as metalúrgicas, as indústrias de equipamentos eletro-eletrônicos, as fundições, a indústria química e a indústria de couro e borracha) são responsáveis pela destinação de seus resíduos por algum processo existente, seguindo o conceito do poluidor pagador. (NASCIMENTO, 2016)

A Lei nº 6.938 da Política Nacional do Meio Ambiente, de 1981 define poluidor como a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental. Segundo a mesma Lei, a Política Nacional do Meio Ambiente visará à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos. (BRASIL, 1981)

Os benefícios para empresas que adotam e implementam estratégias de prevenção e gestão integrada de resíduos são: (i) redução do consumo de matérias primas, água ou energia; (ii) redução de custos de tratamento de efluentes e emissões; (iii) redução dos custos de destinação final de resíduos; (iv) melhor imagem no mercado junto de clientes e consumidores; (v) maior fator de competitividade perante outras empresas do mercado; (vi) enquadramento nas empresas com um nível de responsabilidade ambiental mais elevada. (AEP, 2011)

5.1.1 - Definição de Resíduo Sólido Industrial

Como visto no item 2.2.1, a PNRS define resíduos industriais como sendo os resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais. De acordo com a Resolução do

Conselho Nacional do Meio ambiente - CONAMA nº 313/2002 (BRASIL, 2002), resíduo sólido industrial é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição. Como abordado anteriormente, segundo a PNRS/2010, os resíduos sólidos industriais são definidos como aqueles que são gerados nos processos produtivos e instalações industriais. (BRASIL, 2010)

5.1.2 - Aspectos e Impactos Ambientais Gerados pelos Resíduos Sólidos Industriais

Atualmente, os resíduos sólidos industriais são um dos maiores responsáveis pelas contaminações ao meio ambiente. Devido à sua periculosidade, estão incluídos neles produtos químicos (cianureto, pesticidas, solventes), metais (mercúrio, cádmio, chumbo) e solventes químicos que agridem os ciclos naturais onde são despejados.

A contaminação do meio ambiente causada por resíduos sólidos industriais pode afetar tanto o ecossistema aquático, quanto o solo e/ou o ar. Assim, a saúde do ambiente, e consequentemente dos seres que nele vivem, torna-se ameaçada, podendo levar a grandes tragédias.

A poluição do solo pode alterar suas características físico-químicas, que representa uma séria ameaça à saúde pública tornando-se o ambiente propício ao desenvolvimento de transmissores de doenças. A poluição da água pode alterar as características do ambiente aquático, através da percolação do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no lixo, associado com as águas pluviais e nascentes existentes nos locais de descarga dos resíduos. Enquanto que a poluição do ar pode provocar a formação de gases naturais na massa de lixo, pela decomposição dos resíduos com e sem a presença de oxigênio no meio, originando riscos de migração de gás, explosões e até de doenças respiratórias, se em contato direto com os mesmos. (MOTA, 2009)

Conhecendo sobre os efeitos que a liberação de efluentes contaminados com resíduos sólidos industriais, provoca no ambiente, fica fácil compreender a grande importância do tratamento desses tipos de resíduos. Além de gerarem um impacto negativo nos ecossistemas, eles também afetam diretamente a qualidade de vida do ser humano.

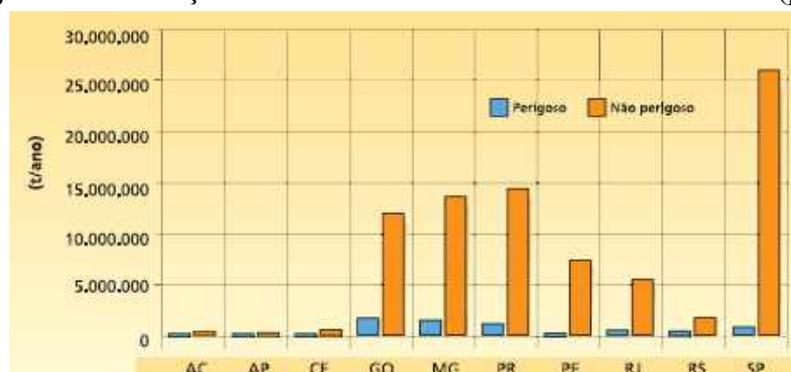
5.1.3 - Origem e Qualificação dos Resíduos Sólidos Industriais

Os resíduos sólidos industriais podem ser originados a partir de diferentes segmentos industriais: (i) Tintas: matérias-primas e borras, panos e absorventes com produtos e tintas, lodos de ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), embalagens e filtros usados; (ii) Metalurgia: lodos de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), lodos de fosfatização e de decapagem, areias e granalhas de jateamento, abrasivos, rebolos e lixas, pós e materiais de polimento, grafite sólido ou com água, soluções exaustas; (iii) Fundição: areias shell e outras, pós abrasivos e de filtros; (iv) Siderurgia: pós de filtros de exaustão, lodos de ETE, borras e carepas de laminação, refratários contaminados; (v) Petroquímica e química: lodos de ETE, catalisadores exaustos, carvão ativado, subprodutos de reatores, fundo de tanques e colunas; (vi) Refinarias e distribuidoras de petróleo: catalisadores e isolantes exaustos, fundo de tanque, solos contaminados, embalagens com hidrocarbonetos; (vii) Eletro-eletrônica: lodos e soluções exaustas, placas de circuitos com e sem componentes eletrônicos, cartuchos, fitas de impressoras e tonner (com destruição mecânica inicial), baterias e pilhas exaustas; (viii) Borracha: regeneração de borrachas convencionais, especiais e de pneus, regeneração de EVA (Etil Vinil Acetato), graxas e borras do bambury; (ix) Resinas: catalisadas ou não catalisadas, contendo ou não fibras de vidro ou outras; (x) Fibras diversas: fibras contendo ou não resinas e colas, catalisadas ou não, lonas de freio, fibrocimento ou cimento amianto; (xi) Bebidas e alimentícia: lodos de ETE, bagaços de cevada, rótulos de papel de garrafas com soda, fuligem de caldeiras ou fornalhas; (xii) Solos contaminados: recuperação de áreas degradadas com óleos ou produtos químicos, regeneração de terra contaminada fora do sítio, processos de dessorção para descontaminação no sítio, regeneração de água contaminada por adsorção e dessorção; (xiii) Estações de tratamento de água potável: lodos de decantação, contendo sulfato de alumínio ou polieletrólito, implantação de sistemas de extração de lodo sem parada da planta, dentre outras.

5.1.4 - Quantificação dos Resíduos Sólidos Industriais

As quantificações realizadas pela ABRELPE em diversos estados brasileiros permitem obter uma visão geral dos resíduos sólidos industriais que são gerados no país. A Figura 14, extraída do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2007, representa a quantificação dos resíduos sólidos industriais, classificados em perigosos e não perigosos, quantificação esta feita nos principais estados industrializados da Federação.

Figura 14 – Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil (parcial)



Fonte: ABRELPE, 2007.

Diante dos dados apresentados, considerando o aumento da industrialização no Brasil e conseqüentemente o aumento da produção destes resíduos desde os últimos anos, é possível ter uma noção do porte do problema a ser enfrentado com a destinação de resíduos sólidos industriais no país.

As diferentes formas de disposição dos resíduos sólidos industriais existentes estão diretamente associadas à tipologia do resíduo e ao processo ou atividade que lhes deu origem.

O seminário internacional intitulado “As melhores práticas em gestão integrada de resíduos sólidos”, apresenta, segundo a Tabela 4, a produção de resíduos sólidos industriais no Brasil, por tipologia industrial, estimada em um milhão de toneladas, no ano de 2003.

Tabela 4 - Produção de resíduos em função do setor industrial, no ano de 2003.

Setor	KT/ANO
Químico/petroquímico	400
Metalúrgico	150
Montadoras	150
Auto-peças	100
Outros	200
Total	1000

Fonte: SI, 2003.

5.2 – Visão de Integração Aplicada aos Resíduos Industriais

Dentro da visão de gestão integrada de resíduos industriais, com compromisso com o desenvolvimento sustentável, portanto assentada no atendimento às dimensões ecológica,

ambiental, cultural, demográfica, social, institucional, política, econômica, legal e ética, a hierarquia na gestão terá também como prioridade evitar a geração de resíduos na fonte, através da prevenção e minimização, deixando as alternativas de tratamento e disposição final como última opção de gestão, aos moldes do pensado e estruturado para os resíduos sólidos urbanos., de modo a conceber, implementar e administrar sistemas produtivos industriais, considerando também uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o a excelência no desenvolvimento, que satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades, sinalizando para a necessidade de articulações baseadas em compromissos ambientais, pautados em princípios.

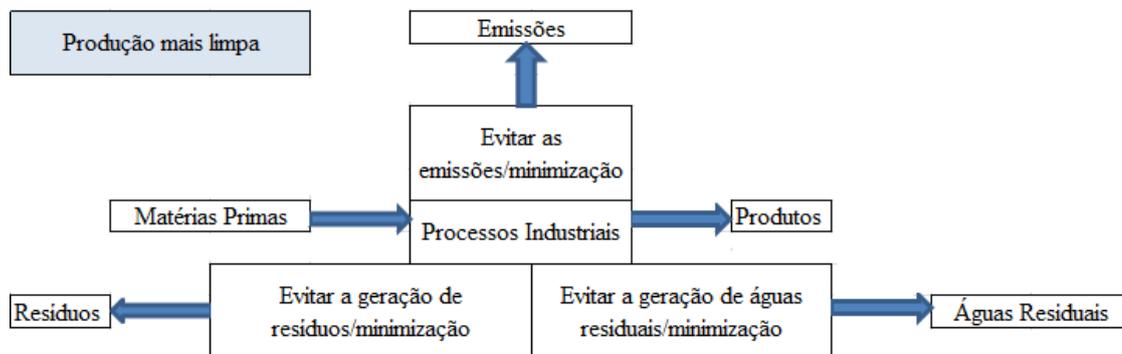
A visão de prevenção implica na eliminação de substâncias perigosas empregadas como matérias primas na fabricação de bens e a fabricação de produtos que as contém (assim como seu consumo), reduzindo, além disso, a intensidade do consumo de materiais e energia. Este enfoque tem sido vinculado e conhecido como Produção Mais Limpa (P+L), o qual se centra na otimização do processo de produção e no produto, de forma tal que se faça um uso mais eficiente dos recursos e se logre a redução da geração de resíduos.

Minimizar tem por finalidade reduzir o volume e a periculosidade dos resíduos gerados através da redução na fonte, isto é, mudanças no produto, nas matérias primas, boas práticas, etc. ou de alternativas de recuperação, reuso, reciclagem ou outras práticas de aproveitamento e valorização.

Estão relacionados ao conceito de P+L: (i) prevenção na geração; (ii) minimização; (iii) produtividade verde; (iv) prevenção da contaminação; (v) ecoeficiência; (vi) ecologia industrial, e (vii) metabolismo industrial.

A Figura 15 apresenta esquematicamente o processo de produção, onde são enfatizados aspectos de prevenção e produção + limpa.

Figura 15 – Processo de Produção



Fonte: ISWA/PNUMA/SCB, 2004.

5.3 - Gestão Integrada e Sustentabilidade

Portanto, está envolvido no conceito de gestão integrada de resíduos sólidos, o conceito de integração dos diversos atores, de forma a estabelecer e aprimorar a gestão dos resíduos sólidos, englobando todas as condicionantes envolvidas no processo e possibilitando um desenvolvimento uniforme e harmônico entre todos os interessados, de forma a atingir os objetivos propostos, adequados às necessidades e características de cada comunidade.

Contempla os aspectos institucionais, administrativos, financeiros, ambientais, sociais e técnico-operacionais. Significa mais do que o gerenciamento técnico-operacional do serviço de limpeza. Extrapola os limites da administração pública, considera o aspecto social como parte integrante do processo e tem como ponto forte a participação não apenas do primeiro setor (o setor público), mas também do segundo (o setor privado) e do terceiro setor (as organizações não-governamentais), que se envolvem desde a fase dedicada a pensar o modelo de planejamento e a estabelecer a estratégia de atuação, passando pela forma de execução e de implementação dos controles. (MMA, 2007)

O conceito de gestão integrada trabalha na própria gênese do processo e o envolve como um todo. Não é simplesmente um projeto, mas um processo, e, como tal, deve ser entendido e conduzido de forma integrada, tendo como pano de fundo e razão dos trabalhos, nesse caso, os resíduos sólidos e suas diversas implicações. Deve definir estratégias, ações e procedimentos que busquem o consumo responsável, a minimização da geração de resíduos e

a promoção do trabalho dentro de princípios que orientem para um gerenciamento adequado e sustentável, com a participação dos diversos segmentos da sociedade, de forma articulada.

É entendida, portanto, como a maneira de “conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável”. Esse sistema deve considerar a ampla participação e intercooperação de todos os representantes da sociedade, do primeiro, segundo e terceiros setores, assim exemplificados: governo central; governo local; setor formal; setor privado; ONGs; setor informal; catadores; comunidade; todos geradores e responsáveis pelos resíduos. Deve ser baseada em princípios que possibilitem sua elaboração e implantação, garantindo um desenvolvimento sustentável ao sistema, ou seja, satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades, sinalizando para a necessidade de articulações baseadas numa política ambiental e para a importância de haver regras e limites para a exploração dos recursos naturais. (MMA, 2007)

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de gestão integrada de resíduos sólidos, de diferentes origens, trabalha na própria gênese do processo e o envolve como um todo. Por não ser simplesmente um projeto, mas um processo, deve ser entendido e conduzido de forma integrada, tendo como pano de fundo e razão dos trabalhos, nesse caso, os resíduos sólidos e suas diversas implicações. Compreendida como a maneira de conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, a gestão integrada considera uma ampla participação dos setores da sociedade, e tem como base uma visão sustentável. A sustentabilidade do processo está assentada no atendimento às dimensões ecológica, ambiental, cultural, demográfica, social, institucional, política, econômica, legal e ética. A relação destas dimensões com a elaboração e implementação de planos de gestão, que garantam a sua continuidade e qualidade, fortalecem a visão de integração e a sua consecução. A gestão integrada de resíduos sólidos, nos moldes legais associados à mesma, pauta sua conduta na hierarquização, que tem como premissa básica a prevenção na geração de resíduos, sendo marcada por ser complexa, seguida pelos fundamentos da minimização, valorização energética, tratamento e disposição final, no atual cenário histórico cultural brasileiro e mundial. A base sistêmica interliga, conecta plataformas, que possibilitam assim sua elaboração e implantação, satisfazendo as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer as suas, sinalizando e priorizando articulações baseadas em políticas ambientais que fortaleçam o compromisso com a preservação ambiental e a manutenção contínua da vida em todas as suas formas.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.591: Compostagem. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. NBR 10.006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR 10.007: Amostragem de Resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2007. Disponível em: <<http://www.aberelpe.org.br/>>. Acesso em: 29 abril 2017.

_____. Resíduos sólidos : manual de boas práticas no planejamento, 2013. Disponível em: <<http://www.aberelpe.org.br/>>. Acesso em: 29 abril 2017.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.aberelpe.org.br/>>. Acesso em: 29 abril 2017.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.aberelpe.org.br/>>. Acesso em: 29 abril 2017.

AEP – Associação Empresarial de Portugal – Manual de Gestão de Resíduos Industriais. Portugal, 2011.

Alternative Energy Tutorials - Waste To Energy Conversion, 2017. Disponível em <<http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/waste-to-energy-conversion.html>> Acesso em: 04 de setembro 2017.

BAPSTISTA, B. S. A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - perspectiva ambiental e económico-energética. Lisboa, 2008.

BARROS, R. T. V.; Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte, 2012.

BASTOS B. Q., Tecnologias de aproveitamento energético de Resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Decreto nº 99.274 de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 6 junho: BRASIL, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 29 Abr. 2017.

_____. Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que institui a Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília, 21 jun: BRASIL, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 29 abr. 2017.

_____. Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 23 dez: BRASIL, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 29 abr. 2017.

_____. SENADO FEDERAL - Em discussão - Resíduos sólidos, Nº 22 - Setembro 2014, Brasília.

_____. CONAMA nº 313, 29 de outubro de 2002. Publicada no DOU nº226, de 22 de novembro de 2002.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. Visão da Indústria Brasileira sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília, 2014.

Delta Energy - Waste-to-Energy: How It Works, Disponível em: <<http://www.deltawayenergy.com/wte-tools/wte-anatomy/>> Acesso em: 04 de julho de 2017.

EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 25 years of RCRA: Building on our past to protect our future, 2001. Disponível em <<https://www.epa.gov/>> Acesso em : 14 de maio 2017.

EPE - Empresa Brasileira de Pesquisas Energéticas. Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro, 2014.

FIGUEIREDO, M.G; SANTOS, M. S.; FERRARI, L. R. Estação de Tratamento de Efluentes das Indústrias Têxteis: otimização através da implantação de medidas de prevenção à poluição. Porto Alegre, 2000.

FLORIN N., MADDEN B.- Explainer: why we should be turning waste into fuel Disponível em < <https://theconversation.com/explainer-why-we-should-be-turning-waste-into-fuel-77463>> Acesso em: 04 de setembro 2017.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2001.

ISWA/PNUMA/ SCB. Manual de Formación en gestión de residuos peligrosos para países en vías de desarrollo, 2004.

KIELY, G.– Environmental Engineering, MCGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1998.

MACHADO G. B., Diagnóstico dos resíduos – Legislação e normas brasileiras aplicáveis, 2017. Disponível em: < <http://www.portalresiduossolidos.com/diagnostico-dos-residuos-legislacao-e-normas-brasileiras-aplicaveis/>> Acesso em: 21 maio 2017.

_____. Gestão integrada de resíduos sólidos, 2017. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/gestao-integrada-de-residuos-solidos/>> Acesso em: 29 abril 2017.

_____. SNVS – O Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/snvs-o-sistema-nacional-de-vigilancia-sanitaria-brasil/>>. Acesso em: 23 maio 2017.

MASSUKADO, L.M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. São Carlos, 2008.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. Disponível em : <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-suasa/sobre-o-programa>> . Acesso em: 23 maio 2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, 2007.

_____. Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios Públicos. Brasília, 2010.

_____. Sistema Nacional do Meio Ambiente Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama//estr1.cfm>> Acesso em: 23 maio 2017.

MORAES, L. Ciência e Cultura, 2012. Disponível em: <http://www.cienciaecultura.ufba.br/agenciadenoticias/noticias/a-politica-de-saneamentobasico-em-salvador-e-caotica-afirma-pesquisador-2/>. Acesso em: 17 maio 2017.

MOTA, J. C.; ALMEIDA, M. M.; ALENCAR, V. C.; CURI, W. F. Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual. Campina Grande, 2009.

NASCIMENTO, N. D. Gestão de resíduos sólidos industriais: disposição final de resíduos/rejeitos em aterros industriais. Uberlândia, 2016.

PWC, Guia de orientação para adequação dos Municípios a Política Nacional de Resíduos Sólidos. São Paulo, 2011.

SANTOS, G. G.. Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros. Rio de Janeiro, 2011.

SEMARH-AL - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos, 2017. Disponível em <<http://www.residuossolidos.al.gov.br>> Acesso em : 12 de junho 2017.

SHINOTSUKA L. Y.; NAKAGAWA M. I.- Avaliação do Ciclo de Vida da Incineração de um Resíduo Sólido Urbano, São Paulo, 2014

SI – SEMINÁRIO INTERNACIONAL: AS MELHORES PRÁTICAS EM GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

THE ECONOMIST, A rubbish map, 2012. Disponível em: <<http://www.economist.com/>> Acesso em: 29 abril 2017.

THE WORLD BANK. What a waste: a global review of solid waste management, 2012. Disponível em <<http://www.worldbank.org/>>. Acesso em: 29 abril 2017.

WERT Brasil - Hierarquia para gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Disponível em <<http://wert.com.br/>> Acesso em: 04 julho 2017.