

**II-135 - ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E AMBIENTAL DO
TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO (CHORUME) POR
OSMOSE REVERSA NA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE
SÃO GONÇALO, RJ**

Agatha Cristinne Prudêncio Soares⁽¹⁾

Professora Adjunta no Departamento de Geografia da UFF - Campos dos Goytacazes. Possui Graduação em Geografia pela Faculdade de Formação de Professores da UERJ, Mestrado e Doutorado em Geociências (Geoquímica Ambiental) pela UFF. Atua na área de Geografia Física, principalmente nos seguintes temas: Geografia Física do Brasil; Planejamento Ambiental.

Bacharel em Ciências Biológicas: Biotecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Ciências pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Possui MBA em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida (UVA).

Carlos Eduardo S. C. P. da Cunha

Engenheiro civil, graduado pela Universidade Veiga de Almeida (UVA), Pós-graduado em Gestão de Empresas de Petróleo e Gás pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Doutorando em Engenharia Ambiental na UERJ. John Edmund Lewis Maddock

Ricardo Soares

Químico Industrial formado pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Licenciado em Química pela Universidade Salgado de Oliveira (UNIVERSO); Mestre e Doutor em Geociências (Geoquímica Ambiental) pela UFF. Servidor de carreira do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), na Coordenadoria de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental (CILAM).

Endereço⁽¹⁾: Rua Ibituruna, 108 – Maracanã - Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20271-020 – Brasil.
soaresacp@hotmail.com.

RESUMO

A decomposição da matéria orgânica de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários resulta na formação do líquido percolado de aterro, também conhecido como lixiviado de aterro ou chorume. Devido ao seu potencial de contaminação do solo, do lençol freático e dos corpos d'água, o tratamento do chorume é fundamental para evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, uma vez que possui baixo potencial de biodegradação e alta carga de compostos orgânicos tóxicos. Por esta razão, a partir da norma NBR 8419/1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceu-se os critérios de tratamento de chorume em aterros sanitários, o qual deve ser separado do material orgânico através de drenagem para lagoas de armazenamento temporário e, em seguida, destinado para uma Estação de Tratamento de Chorume (ETC). Após o tratamento, este efluente deve seguir critérios e padrões de lançamento em meio hídrico conforme instituído pela Resolução CONAMA nº 430/2011 e pela Norma Técnica (INEA) NT-202 R-10. Dentre as diferentes técnicas para tratamento desse efluente, a osmose reversa consiste na separação física de substâncias contidas em líquido através de um sistema de membranas. No processo de osmose o chorume bruto filtrado pelas membranas é separado em permeado e concentrado. O presente estudo visa analisar a eficácia técnica e ambiental da tecnologia de osmose reversa para tratamento terciário de chorume em clima tropical, com base em dados da ETC implantada na Central de Tratamento de Resíduos de São Gonçalo, RJ. A qual possui capacidade de tratamento de 120 m³ de chorume por dia e, após o tratamento, obtém-se água destilada, que é utilizada para umidificação das vias da própria CTR. Dentre as amostras analisadas a técnica mostrou-se eficaz para o tratamento de todos os parâmetros, com exceção somente do fenol em três campanhas. Entretanto, os resultados encontrados na caracterização do efluente analisado enquadram o mesmo nos padrões estabelecidos pela legislação, tendo sido atingida eficácia de remoção entre 97,5 e 99,4% de parâmetros como nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, sólidos suspensos totais e condutividade. A qualidade da água obtida após o tratamento permite que esta seja utilizada tanto para fins de umidificação das vias, quanto para processos que demandem água destilada, ou o lançamento direto em corpo hídrico em conformidade com a legislação brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos, tratamento de efluentes, poluição ambiental.

INTRODUÇÃO

Os modos de produção e consumo, assim como o estilo de vida da população, vêm sofrendo alterações em decorrência de processos como o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a urbanização. Como consequência, tem-se o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), que representa um dos maiores problemas ambientais, sociais e econômicos da sociedade contemporânea em todo o mundo (GOUVEIA, 2012; SILVA et al., 2016). Tal aumento está relacionado tanto à quantidade, quanto à diversidade de tipologia, sendo a composição desses resíduos um fator preocupante, uma vez que pode incluir compostos sintéticos danosos aos ecossistemas e à saúde humana (GOUVEIA, 2012).

No Brasil, a geração média de resíduos sólidos urbanos é de cerca de 1 kg por habitante/dia. Segundo dados de 2015 da Abrelpe (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), a geração anual foi de 79,9 milhões de toneladas no país. Deste total, 90,8% (72,5 milhões t) são coletados, enquanto cerca de 7 milhões de toneladas de resíduos não são destinadas apropriadamente. No que se refere ao coletado (90,8% do total gerado), 58,7% (42,6 milhões t) foram dispostos em aterros sanitários, que constituem as unidades adequadas de destinação final. No entanto, ainda é recorrente em todas as regiões e estados brasileiros a disposição de RSU em vazadouros a céu aberto, os chamados lixões, ou em aterros controlado. Tais destinos não possuem o conjunto de sistemas necessário para minimizar os impactos ao ambiente e os danos ou riscos à saúde pública (ABRELPE, 2015; GOUVEIA, 2012).

É importante considerar, ainda, que a produção de RSU possui perfil de ascensão, estimada em 7% ao ano, valor este superior ao crescimento da população urbana observado no país recentemente, cujo valor é de 1% anual (ABRELPE, 2009; IBGE, 2010). Neste contexto, faz-se necessário um gerenciamento adequado desses resíduos, de modo a proteger o meio ambiente e a saúde (GOUVEIA, 2012), visto que a destinação inapropriada de resíduos configura na geração de diversos impactos ambientais, como a contaminação do solo, das águas, do ar e da população humana.

Diante desta problemática, promulgou-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010), a qual constitui um instrumento essencial na busca de soluções para a destinação inadequada dos resíduos sólidos. Tal lei estabelece diretrizes relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (art. 1º), bem como a erradicação dos lixões a céu aberto e a substituição destes por aterros sanitários até o ano de 2014 em todo o país (art. 54). Contudo, o uso de locais impróprios para a disposição ainda ocorre em 3.326 municípios brasileiros (ABRELPE, 2015).

Dentre os riscos associados aos RSU, destacam-se a emissão de gases, principalmente o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), que por serem gases de efeito estufa (GEE) contribuem para as alterações climáticas, embora a principal fonte desses gases seja a queima de combustíveis fósseis; a proliferação de vetores e agentes transmissores de doenças (GOUVEIA, 2012); e a geração de chorume. Este último, consiste em um efluente resultante da decomposição da matéria orgânica dos resíduos junto à umidade, sendo denominado como lixiviado ou líquido percolado. Quanto às fontes de umidade, estas podem ser naturalmente retida nos resíduos através da absorção capilar; ou fontes externas, como águas de chuvas, superficiais e de mananciais subterrâneos, ou mesmo de bactérias cujas enzimas expelidas dissolvem a matéria orgânica para a formação de líquidos (MMA, 2009). Se descartado de maneira inadequada, o chorume pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas, sendo o seu potencial de contaminação 200 vezes superior ao esgoto doméstico (GOUVEIA, 2012; MMA, 2005).

No que se refere à geração de lixiviado em aterros sanitários, sabe-se que para cada tonelada de RSU é gerado 0,2 m³ de líquido percolado (KURNIAWAN, 2006). Tomando por base os dados de 2015, referentes apenas à fração de RSU disposta em aterros no Brasil (42,6 milhões t), estima-se a produção de cerca de 8.500.000 m³ de chorume em aterros. Assim, considerando os danos ambientais causados pelo manejo inapropriado desse efluente, o lançamento deste deve seguir critérios e padrões estabelecidos pelos seguintes instrumentos legislativos: Resolução CONAMA n°430/2011 (art. 16) e norma NT-202 R-10. Enquanto que a NBR 8419/1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe sobre as condições mínimas para a

apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU, exigindo que o projeto inclua um sistema de coleta, drenagem e tratamento de líquidos percolados.

O tratamento de lixiviados de aterros sanitários é considerado um problema, devido a serem altamente contaminantes e sua qualidade e quantidade se modificarem com o passar do tempo, em um mesmo aterro. Para atender os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, comumente é necessário combinar diferentes métodos de tratamento desse efluente. Tais métodos podem ser: tratamentos biológicos aeróbios ou anaeróbios (lodos ativados, lagoas, filtros biológicos) e tratamentos por processos físico-químicos (filtração, diluição, coagulação, floculação, adsorção, precipitação, sedimentação, troca iônica, oxidação química). O chorume também pode ser encaminhado para estações de tratamento de esgoto (ETE), desde que a carga adicional representada pelo chorume não prejudique o processo de tratamento destas ETEs (ELK, 2007). Entretanto, a prática de co-tratamento de chorume em estações de tratamento de esgoto urbano apresenta uma tendência de decréscimo, em virtude de razões que tornam esta prática desvantajosa e mesmo indesejável, como a interferência no rendimento e na eficácia do tratamento biológico das ETEs, uma vez que a carga orgânica aplicada aumenta significativamente, o que resulta na sobrecarga do limite de projeto da carga orgânica admissível, e, conseqüentemente, os padrões de descarga de efluente tratado podem não ser alcançados (PLÁCIDO & MARINHEIRO, 201-).

Diante deste cenário, diversas soluções técnicas para tratamento de chorume têm sido apresentadas ao mercado brasileiro e aos órgãos ambientais, e embora muitas não atinjam os padrões exigidos de descarga, a tecnologia de Osmose Reversa configura um caso de sucesso reconhecido pelo mercado e pelos órgãos de controle (PLÁCIDO & MARINHEIRO, 201-). Esta técnica consiste em um processo físico, no qual uma pressão superior à pressão osmótica é aplicada na solução para separar soluto e solvente, através de um sistema de membranas semipermeáveis. No processo para tratamento de lixiviado, o chorume bruto filtrado pelas membranas é separado em permeado e concentrado, sendo este último reinjetado no aterro.

OBJETIVO

O presente estudo visa analisar a eficiência técnica e ambiental da tecnologia de osmose reversa para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário (chorume) em clima tropical, com base em dados analíticos do chorume tratado por esta técnica no triênio 2014-2016, na Central de Tratamento de Resíduos de São Gonçalo, RJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises de Chorume Bruto e Permeado (tratado) foram conduzidas pela empresa Haztec Tecnologia e Planejamento Ambiental, contratada pela Central de Tratamento de Resíduos Alcântara S.A. (CTR São Gonçalo, Rio de Janeiro), sendo esta a área de interesse deste estudo.

A CTR São Gonçalo, coordenadas UTM 7470700 N / 706400 E, ocupa uma área de 1.471.765 m². Seu entorno caracteriza-se pela presença de pastagens e áreas com remanescentes de vegetação secundária, enquanto que áreas de pastagens e vegetação rasteira delimitam a área ao norte, leste e oeste. Ao limite oeste há, ainda, a ocorrência de vegetação primária nas drenagens principais e de algumas residências. Ao Sul, a área é delimitada por uma pedreira, da qual é extraída brita para construção. A morfologia é acidentada e o empreendimento situa-se em uma área caracterizada pela atividade industrial (pedreira e usina de asfalto).

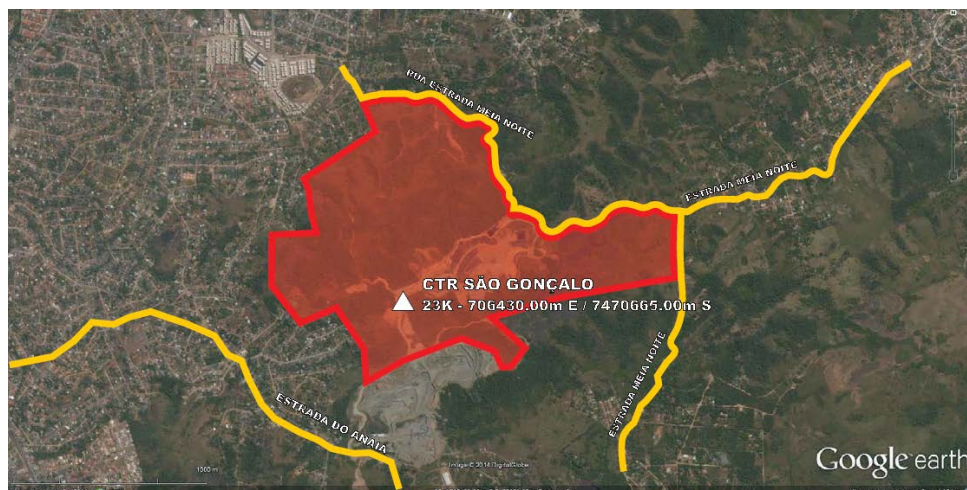


Figura 1: Localização da Central de Tratamento de Resíduos, São Gonçalo, RJ

Dois corpos hídricos superficiais ocorrem na região: um afluente do Rio Alcântara (à jusante), e o açude do morro do Anaia (a leste da área do empreendimento). No que se refere às águas subterrâneas, o sentido do fluxo na região é de Sul para Norte.

Após a coleta de amostras de chorume bruto e permeado (tratado), a etapa de envio das mesmas até entrada no laboratório foi realizada obedecendo rigorosamente às condições de preservação e atendendo o prazo de validade para cada análise. Os seguintes parâmetros foram quantificados:

- Alcalinidade total;
- Cianeto Livre;
- Condutividade;
- Cromo III;
- Cromo IV;
- Demanda Biológica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Fenol;
- Fluoreto;
- Fósforo;
- Materiais Flutuantes;
- MBAS (Detergentes Aniônicos);
- Metais Totais: Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Cálcio, Chumbo, Cromo, Estanho, Magnésio, Mercúrio, Níquel, Prata, Selênio, Sódio e Zinco;
- Nitrogênio Amoniacal;
- Óleos e graxas;
- pH;
- Resíduo Sedimentável;
- Sólidos Suspensos Totais;
- Sulfeto;
- VOC (Compostos Orgânicos Voláteis).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos parâmetros nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, condutividade e pH, estes foram analisados tanto no efluente bruto quanto no permeado (Tabela 1), o que permitiu avaliar a eficácia de remoção dos mesmos.

Tabela 1: Parâmetros analisados de lixiviado da CTR São Gonçalo durante 2014-2016.

<i>Campanha</i>	<i>Efluente</i>	<i>Condutividade (ms.cm⁻¹)</i>	<i>Nitrogênio Amoniacal (mg/L)</i>	<i>DBO (mg/L)</i>	<i>DQO (mg/L)</i>	<i>pH</i>
jul/14	Bruto	26	5143,23	7922	n.a	7,55
	Permeado	0,111	7,76	69	n.a	6,93
set/14	Bruto	32,11	57,29	8074	n.a	7,79
	Permeado	0,112	8,47	68	n.a	8,01
out/14	Bruto	31,12	1730,6	5374	n.a	7,99
	Permeado	0,11	25,16	39	n.a	7,71
nov/14	Bruto	30,64	239,05	4719	n.a	7,79
	Permeado	0,111	3,97	11	n.a	7,48
dez/14	Bruto	29,01	763,33	4693	15928,57	8,04
	Permeado	0,111	3,81	11	n.a	7,88
jan/15	Bruto	25,7	3056,1	1336	n.a	8,05
	Permeado	0,109	6,8	12	n.a	7,9
fev/15	Bruto	28	2886,2	367	10742,86	8,07
	Permeado	0,16	1,47	< LD	n.a	7,39
mar/15	Bruto	27,9	6835,4	2162	4828,57	8,04
	Permeado	0,104	6,8	5	n.a	7,55
abr/15	Bruto	n.a	n.a	4006	6828,57	
	Permeado	0,04	12,57	31	52,86	7,49
nov/15	Bruto	n.a	n.a	n.a	n.a	
	Permeado	0,12	14,6	20	26,77	7,95
jan/16	Bruto	n.a	n.a	12325	22,94804	
	Permeado	0,21	13,356	50	0,08159	8,07
fev/16	Bruto	27,7	n.a	n.a	6552,94	
	Permeado	0,25	13,256	24	38,25	7,87
mar/16	Bruto	30,8	1592,307	4243	7521,86	7,96
	Permeado	0,19	12,428	46	75,22	7,9

n.a: Não analisado

Foram verificadas concentrações anômalas de nitrogênio amoniacal (> 20 mg/L) nas amostras de chorume bruto das seguintes campanhas: jul/14, mar/15 e mar/16. Contudo, em todas as campanhas o chorume permeado apresentou concentrações inferiores ao valor de referência estabelecido, e a eficácia de remoção foi entre 99,2 e 99,9%.

Com relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em todas as campanhas foram obtidos valores de remoção entre 98,9 e 99,8%, sendo estes superiores ao mínimo estabelecido pela legislação (60%).

No que se refere ao parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio), este não é mencionado nos instrumentos legislativos que dispõem sobre os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. Entretanto, para as campanhas jan-mar/16, os valores de DQO de chorume permeado indicam uma remoção entre 98,9 e 99,4% em relação aos valores de chorume bruto.

As taxas de remoção de DBO e DQO obtidas no presente estudo corroboram o comparativo apresentado por Fornieles & Espinheira (s.d.) da osmose reversa em relação a outros métodos de tratamento de lixiviado de aterro (Tabela 1).

A redução da condutividade entre efluente bruto e permeado foi expressiva em todas as campanhas nas quais os dois efluentes foram analisados (entre 99 e 99,6%). O mesmo foi observado para os sólidos suspensos totais, cuja taxa de remoção foi entre 97,5 e 99,3% - considerando o valor de chorume permeado de 3 mg/L -, sendo 20% o limite mínimo estabelecido pela Res. CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011). Quanto à leitura de pH, em todas as amostragens os valores de leitura também foram condizentes à faixa de referência, isto é, entre 5 e 9.

CONCLUSÃO

Considerando que os padrões estabelecidos pela legislação foram atendidos quase que integralmente, exceto somente pelo fenol, e as taxas de remoção de nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, condutividade e sólidos suspensos totais foram superiores a 97,5% em todas as campanhas, os resultados obtidos permitem inferir que a técnica de osmose reversa (OR) possui altas eficiências técnica e ambiental no tratamento do lixiviado da CTR São Gonçalo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2015. São Paulo: Abrelpe. 2015.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2010. São Paulo: Abrelpe. 2010.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (Abrelpe). Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2009. São Paulo: Abrelpe. 2009.
4. ELK, A.G.H.P. van. Redução de emissões na disposição final. 40 p. Em: SEGALA, K. Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal). 2007.
5. GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), p. 1503-1510. 2012.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB-2008. Rio de Janeiro: IBGE. 2010.
7. KURNIAWAN, T. A.; LO, W.-H.; CHAN, G. Y. S.; J. Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*, 129, p. 80-100. 2006.
8. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Programa Nacional de capacitação de gestores ambientais: Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros. 67 p. 2009.
9. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Lixo - Um grave problema no mundo modern, Cap. 7, p. 113-134. Em: MMA, Cidadania e Consumo Sustentável. 2005.
10. SILVA, J.O.; SILVA, V.M.; CARDOSO, V.L.; MACHADO, A.E.H.; TROVÓ, A.G. Treatment of Sanitary Landfill Leachate by Photo-Fenton Process: Effect of the Matrix Composition. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 27, nº 12, p. 2264-2272. 2016.
11. PLÁCIDO, W.; MARINHEIRO, L. Chorume de aterro não é esgoto - Precisa de tratamento adequado. *Ambiente Legal Justiça e Política*. Disponível em: <<http://www.ambientelegal.com.br/chorume-de-aterro-nao-e-esgoto-precisa-de-tratamento-adequado/>>. 2017.
12. Fornieles JA, Espinheira P (s.d.) Tratamento de chorume, osmose reversa. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública (ABLP). Disponível em: <http://www.ablp.org.br/pdf/Juan-Fornieles-151123V1.0_Tratamento-de-Chorume.pdf>. Acesso em: 12/01/2017.