

392 - CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO FRESCO PROVENIENTE DE COLETAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Francis André Triches Barbosa⁽¹⁾

Mestrando, Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, BR.

Isadora Gradaschi Zambon⁽²⁾

Mestranda, Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, BR.

Lademir Luiz Beal^(m)

Professor Dr. em Rec. Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS), Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, BR.

Endereço⁽¹⁾: Rua Alexandre Sachet, 714, Sobrado 02 – Bairro Santa Catarina - Farroupilha – Rio Grande do Sul - CEP: 95176-168 - Brasil – Tel.: +55 (54) 98134-8921 - e-mail: fatbarbosa@ucs.br.

RESUMO

O desenvolvimento econômico e o avanço industrial, traz consigo um expressivo aumento populacional, onde a principal consequência é a grande geração de resíduos sólidos urbanos, chamados de RSU. O lixiviado fresco, é um subproduto destes resíduos, caracterizado como um efluente líquido que ocorre no armazenamento, seja nas residências, nos contêineres de coleta e principalmente nos tanques dos caminhões que realizam as coletas dentro do município. A disposição inadequada desse líquido representa um risco ambiental substancial, contaminando o solo e as águas subterrâneas. Foi utilizado alíquotas de 16 municípios do estado do Rio Grande do Sul, onde a partir da população urbana foi realizado 4 amostras compostas de lixiviado fresco de RSU. Foram realizadas diversas análises físico-química e inorgânica, para caracterizar o efluente líquido do consórcio de municípios. Uma discrepância significativa foi observada ao comparar o lixiviado fresco com o lixiviado de aterro de RSU. Os valores médios de demanda química de oxigênio (DQO) para lixiviado fresco foram de 157.425 mg/L, enquanto o lixiviado de aterro exibiu uma média de 25.000 mg/L. Essa disparidade destaca o potencial do lixiviado fresco no tratamento por digestão anaeróbia. A utilização desse líquido altamente poluente não apenas facilita o consumo de matéria orgânica, mas também reduz os valores de DQO, podendo gerar metano e gás carbônico no biogás gerado através da digestão anaeróbia. A pesquisa destaca a importância de abordar o gerenciamento de lixiviado de RSU em regiões de rápido desenvolvimento, oferecendo insights sobre práticas sustentáveis de tratamento de resíduos e mitigando os riscos ambientais associados ao crescimento populacional e à industrialização.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado Fresco, Risco Ambiental, Gestão de Resíduos, Impacto Ambiental, Resíduos Sólidos Urbanos – RSU.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, juntamente com o avanço industrial, traz consigo um expressivo aumento populacional, que ocasiona um alto consumo por parte da população, onde a principal consequência é a grande demanda na geração de resíduos sólidos urbanos, chamados de RSU (Torres; Lange, 2022). A norma brasileira NBR 10.004/2004, define resíduos sólidos como resíduos nos estados sólidos ou semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, onde, ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, bem como, determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou nos corpos d'água (Abnt, 2004).



Os RSUs constituem uma variedade de materiais, caracterizados por sua heterogeneidade (misturas entre compostos orgânicos e inorgânicos), resultantes das atividades humanas e de processos naturais no contexto urbano, gerados tanto em pequenos quanto em grandes centros urbanos dentro dos municípios, os quais podem ser parcialmente reutilizados, principalmente em relação a materiais recicláveis, gerando, entre outros aspectos, economia de recursos naturais e uma fonte de renda relacionado a trabalhadores que são responsáveis pela separação deste resíduos (Recesa, 2010). A sua composição é formada por uma mistura de substâncias que vai desde as facilmente degradáveis, até as que são dificilmente ou até mesmo não degradáveis, pelo motivo de que sua composição varia de acordo com fatores sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos da sua região de origem (Funasa, 2004).

Em relação ao acondicionamento destes resíduos, a norma brasileira NBR 8.419/1992, define aterro sanitário de RSU como a técnica para dispor esses materiais no solo, sem causar danos à saúde e a segurança pública, principalmente, minimizando os impactos ambientais, empregando princípios de engenharia para dispor os resíduos sólidos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume permitido. O método utiliza materiais para impermeabilizar a área, trazendo segurança para o local de armazenamento, cobrindo-o com uma camada de terra na superfície, completando cada vala encerrada, ou em intervalos menores, se necessário, a depender do volume e frequência de uso do terreno designado para disposição final de materiais de caráter urbanos (Abnt, 1992).

Um aterro sanitário é o método mais simples, fácil, rápido e barato para dispor de resíduos sólidos urbanos em um ambiente controlado e seguro. Em muitos países de baixa e média renda, essa técnica é amplamente adotada para a disposição final de resíduos de pequenos e grandes centros urbanos; no Brasil, é muito utilizada pelos municípios no gerenciamento de resíduos sólidos de centros urbanos (Naves, 2019).

Mesmo em países desenvolvidos, onde políticas fortes enfatizam a minimização, reciclagem, reutilização e incineração, o aterramento permanece uma opção preferida para o tratamento de RSU. No Brasil, 58% do volume total de tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos corresponde a aterros sanitários controlados, 39% ainda utilizam métodos inadequados para tratamento e disposição final, incluindo lixões (Abrelpe, 2021).

Lixiviados, também conhecidos como percolados, estão associados aos líquidos de aterro sanitário, compreendendo uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas, compostos em solução e em estado coloidal e várias espécies de microrganismos. A composição química do lixiviado é complexa e variável, dependendo das características dos resíduos, das condições ambientais e, principalmente, da dinâmica dos processos de decomposição durante o armazenamento (El-Fadel *et al.*, 2002).

O lixiviado fresco é um subproduto de resíduos sólidos urbanos, caracterizado como um efluente líquido que ocorre no armazenamento de resíduos, seja em residências ou em contêineres e tanques de armazenamento de caminhões de coleta. Este líquido contém uma carga elevada de poluentes, o que representa um grande problema ambiental quando descartado de forma inadequada ou mesmo despejado imprópriamente no momento da coleta e transporte do material, tornando-se um perigo substancial de contaminação do solo e, especialmente, do lençol freático (Zhang *et al.*, 2015).

A existência desse lixiviado fresco de RSU muitas vezes passa despercebida pela população. Alguns municípios geram grandes quantidades diárias desse efluente, tornando seu manuseio perigoso se descartado em locais inadequados. Tratando-se de resíduos sólidos urbanos, a disposição amplamente utilizada é o aterro sanitário, por vezes este efluente é incorporado à percolação do chorume existente, deixando-o ainda mais concentrado e dificultando o seu tratamento final (Masoner *et al.*, 2016).



OBJETIVO

O objetivo principal deste estudo foi de caracterizar os parâmetros físicos, químicos e inorgânicos das amostras de lixiviado fresco coletadas de caminhões que transportam resíduos sólidos urbanos (RSU) em municípios do estado do Rio Grande do Sul. Foi comparado os parâmetros do lixiviado com dados da literatura nacional e internacional, fornecendo informações cruciais para o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos e proteção ambiental.

Além disso, o estudo avaliou a geração de RSU, destacando como o desenvolvimento econômico e o progresso industrial contribuem para o aumento populacional e, conseqüentemente, para a produção significativa de RSU. Também abordou o risco ambiental associado ao lixiviado fresco, um subproduto líquido dos RSU, cujo descarte inadequado pode contaminar o solo e os lençóis freáticos.

A discrepância na demanda química de oxigênio (DQO) entre o lixiviado fresco e o lixiviado de aterro é discutida, evidenciando uma diferença substancial nos níveis de DQO, com o lixiviado fresco apresentando valores significativamente mais elevados. Por fim, o estudo explorou o potencial da digestão anaeróbia como método de tratamento para o lixiviado fresco altamente poluente, destacando sua capacidade de consumir matéria orgânica, reduzir os níveis de DQO e gerar metano e dióxido de carbono no biogás resultante do processo de digestão anaeróbia.

METODOLOGIA UTILIZADA

As amostras de lixiviado fresco foram coletadas por representantes das secretarias de meio ambiente de cada município, juntamente com responsáveis pelas empresas que prestam serviços de coleta de resíduos sólidos quando o município não o realiza. Amostras representativas de cada município foram coletadas dos tanques dos caminhões que coletam e transportam resíduos sólidos urbanos, dentro dos municípios até o descarte final, de dezesseis (16) municípios na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Os municípios dos quais as amostras foram coletadas são: Antônio Prado, Bom Jesus, Carlos Barbosa, Cotiporã, Farroupilha, Flores da Cunha, Garibaldi, Montauri, Monte Belo do Sul, Nova Araçá, Nova Bassano, Nova Petrópolis, São José dos Ausentes, São Marcos, Serafina Corrêa e Veranópolis. Todas as alíquotas dos municípios foram recebidas e armazenadas para formar a amostra composta usada no estudo.

Com base nas alíquotas de cada município, representando uma população urbana de 218.948 habitantes no total, de acordo com dados do Ibge (2010), foram realizadas quatro (4) amostras compostas. Foi utilizado para a base da composição a população urbana de cada município, para garantir uma representação confiável do lixiviado fresco.

Na composição da amostra, foi adicionado um volume de lixiviado fresco com base na população urbana de cada município participante em relação ao total, conforme indicado na Tabela 1. Notavelmente, Farroupilha, tendo a maior população urbana entre os municípios, representou 25% da amostra composta de seu município, representando a maior porcentagem entre os municípios participantes do estudo.

Com base nas populações urbanas de cada município, conforme Censo 2010 (Ibge, 2022), foram realizadas as amostragens compostas englobando as 16 alíquotas recebidas, para se obter uma amostragem representativa entre a população urbana e a geração de lixiviado no município. As amostras compostas foram coletadas entre janeiro e agosto de 2022. A partir destas amostras compostas dos municípios, foram realizados os ensaios físico-químicos e inorgânicos para caracterizar o lixiviado fresco proveniente de RSU.

Para as análises em laboratório, tanto físico-químicas, quanto inorgânicas, utilizou-se como metodologia o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Apha, 2022), onde foram avaliados alguns parâmetros específicos, conforme representado no Quadro 1.

Tabela 1: Composição da amostra composta do lixiviado fresco dos municípios.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	ALÍQUOTA (%)
Antônio Prado	12.837	9.235	4,22
Bom Jesus	11.556	8.595	3,93
Carlos Barbosa	25.193	19.993	9,13
Cotiporã	3.917	2.048	0,94
Farroupilha	63.641	55.057	25,15
Flores da Cunha	27.135	20.862	9,53
Garibaldi	30.692	27.638	12,62
Montauri	1.542	644	0,29
Monte Belo do Sul	2.670	770	0,35
Nova Araçá	4.003	2.882	1,32
Nova Bassano	8.840	5.514	2,52
Nova Petrópolis	19.058	14.146	6,46
São José dos Ausentes	3.290	2.062	0,94
São Marcos	20.105	17.601	8,04
Serafina Corrêa	14.243	12.054	5,51
Veranópolis	22.815	19.847	9,06
16 MUNICÍPIOS	271.537 HABITANTES	218.948 HABITANTES	100 %

Fonte: Ibge, 2010; O autor, 2023.

Quadro 1: Parâmetros e metodologias utilizados na caracterização do lixiviado fresco de RSU.

PARÂMETRO	UNIDADE	METODOLOGIA*
Alcalinidade em Bicarbonatos e Total	mg/L	SMWW-Método 2320-B
Cloreto	mg/L	SMWW-Método 4500-Cl.G
Cromo Total	mg/L	SMWW-Método 3120-B
DBO ⁽⁵⁾ e DBO ⁽⁵⁾ Solúvel	mg/L	SMWW-Método 5210-B
DQO e DQO Solúvel	mg/L	SMWW-Método 5220-C
Ferro Total	mg/L	SMWW-Método 3120-B
Fósforo Total	mg/L	SMWW-Método 4500-P B e E
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	SMWW-Método 4500 NH3 B-C
Nitrogênio Total Kjeldahl e Orgânico	mg/L	SMWW-Método 4500 Norg-B
Óleos e Graxas Totais	mg/L	SMWW-Método 5520-D
pH	-	SMWW-Método 4500-H+ B
Sódio	mg/L	SMWW-Método 3120-B
Sólidos Dissolvidos - Totais, Fixos e Voláteis	mg/L	SMWW-Método 2540-C
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	SMWW-Método 2540-F
Sólidos Totais - Totais, Fixos e Voláteis	mg/L	SMWW-Método 2540-B
Sulfatos	mg/L	SMWW-Método 4500-SO4 E
Sulfetos	mg/L	SMWW-Método 4500-S2-D
Surfactantes Aniônicos	mg/L	SMWW-Método 5540-C

*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 2023. Fonte: O autor, 2023.

Para apresentar os resultados, foram encontrados os valores máximos e mínimos encontrados em cada parâmetro, a média aritmética, o desvio padrão e a porcentagem de desvio padrão das quatro amostras combinadas, utilizando a composição de lixiviado fresco dos municípios com base em sua população urbana. Para o parâmetro de pH, a média aritmética não foi aplicada; em vez disso, foi utilizada a média logarítmica com base nos valores encontrados nas análises realizadas.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados do estudo são apresentados na Tabela 2, que foi distribuída entre as análises físico-químicas e análises inorgânicas. Foram utilizadas as amostragens compostas realizadas dentro o período de janeiro de 2022 à agosto de 2022, totalizando 4 amostras compostas das dezesseis (16) alíquotas de municípios.

Tabela 2: Caracterização do lixiviado fresco das coletas de RSU dos municípios participantes do estudo.

PARÂMETROS	MÁX.	MIN.	MÉDIA	DP	% DP
Alcalinidade em Bicarbonatos (mg/L)	< 3,50	< 3,50	-	-	-
Alcalinidade Total (mg/L)	< 3,50	< 3,50	-	-	-
Cloreto (mg/L)	3.688	2.184	2.982	549,13	18,4
Cromo Total (mg/L)	3,36	1,14	2,08	0,84	40,3
DBO ⁽⁵⁾ (mg/L)	82.000	69.267	75.534	4.739	6,3
DBO ⁽⁵⁾ Solúvel (mg/L)	58.800	25.217	43.637	12.235	28
DQO (mg/L)	177.408	135.608	157.425	15.093	9,6
DQO Solúvel (mg/L)	90.720	75.710	81.805	5.697	7
Ferro Total (mg/L)	736	659	692	32,11	4,6
Fósforo Total (mg/L)	271	102	161	65,53	40,8
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	410	278	343	50,59	14,7
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	1.730	869	1.212	320,98	26,5
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	2.101	1.279	1.555	322,84	20,8
Óleos e Graxas Totais (mg/L)	6.968	6.829	6.887	55,88	0,8
pH	4,43	4,21	4,34	-	-
Sódio (mg/L)	7.135	2.156	4.631	1.863	40,2
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	8.050	7.745	7.917	113,77	1,4
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	31.760	31.475	31.598	108,08	0,3
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	39.740	39.220	39.515	188,34	0,5
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	600	200	400	158,11	39,5
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	18.500	17.320	17.941	428,72	2,4
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	67.720	60.110	63.430	2.793	4,4
Sólidos Totais (mg/L)	86.220	77.430	81.371	3.210	3,9
Sulfatos (mg/L)	16.010	2.366	7.592	5.158	67,9
Sulfetos (mg/L)	16,38	2,86	7,79	5,23	67,2
Surfactantes Aniônicos (mg/L)	3,86	3,48	3,69	0,14	3,8

* DP = Desvio Padrão, % DP = Porcentagem Desvio Padrão.

Fonte: O autor, 2023.

Todas as alíquotas dos municípios participantes do estudo e as amostras compostas realizadas para caracterizar o lixiviado fresco das coletas de RSU, foram acondicionadas em frascos específicos e com as preservações necessárias com base nos parâmetros analisados, conforme a metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Esses materiais foram armazenados em um local adequado em temperatura controlada (6°C), com o objetivo de obter confiabilidade nos resultados obtidos, mantendo

armazenadas as amostras para repetições e confirmações, seguindo a mesma metodologia de análise e coleta de amostras ambientais conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Apha, 2022).

Os resultados revelam que o parâmetro da demanda química de oxigênio (DQO) obteve valores médios de 157.425 mg/L, destacando a carga substancial de matéria orgânica presente no efluente estudado. Em referências internacionais, como o de Mohseni *et al.* (2016), utilizando lixiviado fresco proveniente das coletas de resíduos sólidos urbanos na cidade de Karaj, no Irã, com uma população de 1.592.492 habitantes, a DQO apresentou um valor médio de 21.531 mg/L, contrastando fortemente com os valores elevados valores de carga orgânica encontrado no presente estudo dos municípios brasileiros.

Em relação ao estudo de Moujanni *et al.* (2018), na cidade de Beni Mellal, no Marrocos, foi encontrado um resultado médio de DQO de lixiviado fresco de RSU, proveniente das coletas, de 42.600 mg/L, valor inferior ao encontrado no presente estudo. Beni Mellal possui uma população de 192.676 habitantes, número de habitantes próximo ao do conjunto de municípios brasileiros avaliados no presente estudo.

A DQO do lixiviado fresco de RSU apresentou valores elevados, em relação aos outros estudos, sugere a potencial utilização do lixiviado fresco proveniente das coletas de RSU em tratamento em reator de digestão anaeróbia, principalmente pela alta concentração de matéria orgânica presente nas amostras, com potencial de produção de produtos oriundos da digestão anaeróbia, como o metano (CH₄).

Tabela 3: Média de valores de lixiviado de aterro e resultados do lixiviado fresco de RSU

PARÂMETROS	LIXIVIADO ATERRO RSU	LIXIVIADO FRESCO RSU
Cloreto (mg/L)	500 - 3.500	2.982
Cromo Total (mg/L)	0,005 - 0,500	2,08
DBO (mg/L)	20 - 9.000	75.534
DQO (mg/L)	200 - 25.000	157.425
Ferro Total (mg/L)	0,01 – 65,0	692
Fósforo Total (mg/L)	0,1 – 15,0	161
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,5 - 1.800	343
Óleos e Graxas Totais (mg/L)	10 - 170	6.887
pH	7,2 - 8,6	4,34
Sólidos Totais (mg/L)	3.200 - 15.000	81.371
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	630 - 5.000	17.941
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	2.100 - 8.500	63.430
Sulfato (mg/L)	0 - 1.800	7.592
Sulfeto (mg/L)	0 - 10	7,79

Fonte: Adaptado de Souto e Povinelli, 2007; O autor, 2023.

Conforme apresentado na Tabela 3, a caracterização do lixiviado fresco de RSU difere significativamente dos resultados encontrados na literatura, especialmente quando comparado a lixiviado de aterro. Conforme Souto e Povinelli (2007), a caracterização de lixiviado de aterros sanitários demonstra ainda mais essa disparidade se comparado entre eles.

Os parâmetros que mostraram a diferença mais significativa foram a demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com valores elevados em relação aos resultados médios obtidos a partir do lixiviado de aterro. Essa disparidade entre eles também é evidente nos resultados para óleos e graxas totais, que apresentam um valor 40 vezes acima da média encontrada no lixiviado de aterro.

O valor de pH também exibe uma diferença notável, com o lixiviado de aterro já apresentando um pH tendendo a um caráter básico, enquanto no lixiviado fresco ele apresenta valores de caráter mais ácido. Singh



(2023) apoia essa observação ao notar valores de pH ácidos encontrados em estudos de lixiviado fresco de RSU na cidade de Nagpur, Índia.

Os valores de pH começam em 4,32 no lixiviado fresco, aumentando para 5,19 no lixiviado de aterro com 3 meses de idade, 5,80 no lixiviado de aterro com 6 meses de idade e atingindo 8,54 no lixiviado de aterro com 3 anos de idade. Estes dados mostram como o pH no lixiviado fresco é muito ácido e se torna básico ao longo do tempo.

Os parâmetros de sólidos totais, sólidos fixos totais e sólidos voláteis totais apresentaram valores elevados em relação ao lixiviado de aterro. Isso sugere que, por ser fresco e ter um envelhecimento limitado, a matéria orgânica está muito presente e acaba deixando a amostra carregada de sólidos.

De acordo com estudos de Castilhos Junior *et al.* (2010), sobre lixiviado de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, foram encontrados valores de sólidos totais entre 9.500 mg/L e 10.900 mg/L muito diferentes dos valores médios encontrados no presente estudo com lixiviados frescos (81.371 mg/L). Os sólidos voláteis totais mostraram uma discrepância ainda maior, com um valor médio encontrado de 2.200 mg/L a 2.780 mg/L, muito diferente do valor médio do lixiviado fresco, que foi de 63.430 mg/L.

A literatura brasileira fornece amplas informações sobre o lixiviado de aterros sanitários e informações limitadas sobre o lixiviado fresco proveniente de coletas de resíduos sólidos urbanos. Consequentemente, a comparação é principalmente baseada em artigos internacionais, enfatizando a importância de expandir a pesquisa nesta área.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo de caracterização do lixiviado fresco proveniente de coletas de resíduos sólidos urbanos em municípios do nordeste do estado do Rio Grande do Sul, é possível obter uma visão geral da composição do efluente líquido encontrado em a coleta de RSU, que apresenta características distintas da literatura brasileira e principalmente quando comparada a artigos científicos internacionais que tratam do tema lixiviado de RSU fresco. O uso do tratamento anaeróbio do lixiviado fresco como substrato em testes de digestão anaeróbia em reatores bateladas é evidente, conforme Angelidaki *et al.* (2009), que indica perspectivas promissoras.

Compostos com alta carga orgânica (DQO) tendem a apresentar resultados positivos quando inoculados com lodo anaeróbio em reatores em batelada, resultando na remoção da carga orgânica do efluente. Essa abordagem aprimora a tratabilidade de efluentes altamente poluentes, apresentando uma solução ambientalmente amigável.

No horizonte, estudos futuros poderiam propor testes de digestão anaeróbia, utilizando este lixiviado fresco de RSU como substrato, para alcançar uma biodegradação bem-sucedida. A alta concentração de COD encontrada nas amostras sugere o potencial para obtenção de interesse energético e produtos renováveis, principalmente metano e hidrogênio.

Esses produtos poderiam servir como substitutos viáveis para fontes de energia não renováveis, adicionando ainda mais interesse à perspectiva de utilizar resíduos gerados por centros urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Apresentação de Projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Classificação. NBR 8419*. Rio de Janeiro. 1992.
2. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Resíduos sólidos – Classificação. NBR 10.004*. Rio de Janeiro. 2004.
3. ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/2021>.



4. ANGELIDAKI, I.; ALVES, M.; BOLZONELLA, D.; BORZACCONI, L.; CAMPOS, J. L.; GUWY, A. J.; KALYUZHNYI, S.; JENICEK, P.; VAN-LIER, J. B. *Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays*. *Water Science And Technology*, 59 (5), 927-934. 2009. IWA Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2009.040>.
5. APHA. American Public Health Association. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 24º ed. Washington. 2023.
6. BRITO, G. C. B.; LANGE, L. C.; SANTOS, V. L.; AMARAL, M. C. S.; MORAVIA, W. G. *Long-term evaluation of membrane bioreactor inoculated with commercial baker's yeast treating landfill leachate: pollutant removal, microorganism dynamic and membrane fouling*. *Water Science And Technology*, 79 (2), 398-410. 2019. IWA Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2019.067>.
7. CASTILHOS-JUNIOR, A. B.; DALSSASSO, R. L.; ROHERS, F. *Landfill leachate pre-treatment by upflow direct filtration and column of activated carbon*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 15 (4), 385-392. 2010. SciELO. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522010000400011>.
8. EL-FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. *Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content*. *Waste Management*, 22, 269-282. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(01\)00040-X](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(01)00040-X).
9. FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. 5.ed. Brasília. ISBN 978-85-7346-060-5, 547. 2019. Disponível em <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>.
10. GOUVEIA, N. *Solid urban waste: socio-environmental impacts and prospects for sustainable management with social inclusion*. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17 (6), 1503-1510. 2012. SciELO. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>.
11. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados*. 2023. Disponível em <https://www.ibge.gov.br>.
12. MANGIERI, V. L.; TAVARES-FILHO, J. *Evaluation of organic matter, density and porosity of Oxisol in contact with leachate from urban solid waste*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24 (6), 1251-1258. 2019. SciELO. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019100204>.
13. MASONER, J. R.; KOLPIN, D. W.; FURLONG, E. T.; COZZARELLI, I. M.; GRAY, J. L. *Landfill leachate as a mirror of today's disposable society: Pharmaceuticals and other contaminants of emerging concern in final leachate from landfills in the conterminous United States*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35 (4), 906-918. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.3219>.
14. MOHSENI, S. M.; REZAEI, S.; NAZARI, S.; FAKHRI, Y.; SAGHI, M. H.; AHMADI, E.; VOSOGUI, M.; ATAFAR, Z.; SARKHOSH, M. *Treatment of fresh leachate from municipal solid waste landfill using horizontal rouching filter*. *International Journal of Pharmacy And Technology*, 8 (2), 12629-12637. 2016. DOI: <http://irdoi.ir/589-467-569-442>.
15. MOUJANNI, A.; QARRAEY, I.; OUTMANE, A. *Anaerobic codigestion of urban solid waste fresh leachate and domestic wastewaters: Biogas production potential and kinetic*. *Environmental Engineering Research*, 24 (1), 38-44, Korean Society of Environmental Engineering. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2018.082>.
16. NAVES, L. C. *Influence of soil compaction on the production and potential pollution of leachate of urban solid*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24 (5), 949-958. 2019. SciELO. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019118989>.
17. RECESA. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. *Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos*. 2 ed, 96 p. Belo Horizonte. 2010. Disponível em https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/gestaointegradaderesiduossolidosurbanos-nivell.
18. SINGH, D.; TEMBHARE, M.; MACHHIRAKE, N.; KUMAR, S. *Impact of municipal solid waste landfill leachate on biogas production rate*. *Journal Of Environmental Management*, 336, 117643, Elsevier. 2023. DOI: [10.1016/j.jenvman.2023.117643](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117643).
19. SOUTO, G. B.; POVINELLI, J. *Características de lixiviados de aterros sanitários no Brasil*. In: *24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, Belo Horizonte, 2007.
20. TORRES, V. A.; LANGE, L. C. *Technological routes, challenges and potential for municipal solid waste energetic valorization by coprocessing in Brazil*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27 (1), 25-30, 2022. SciELO. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220210221>.



21. ZHANG, W.; ZHANG, L.; LI, A. *Anaerobic co-digestion of food waste with MSW incineration plant fresh leachate: process performance and synergistic effects*. *Chemical Engineering Journal*, 259, 795-805. 2015. Elsevier. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2014.08.039>.