

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
**(ORGANIZADOR)**

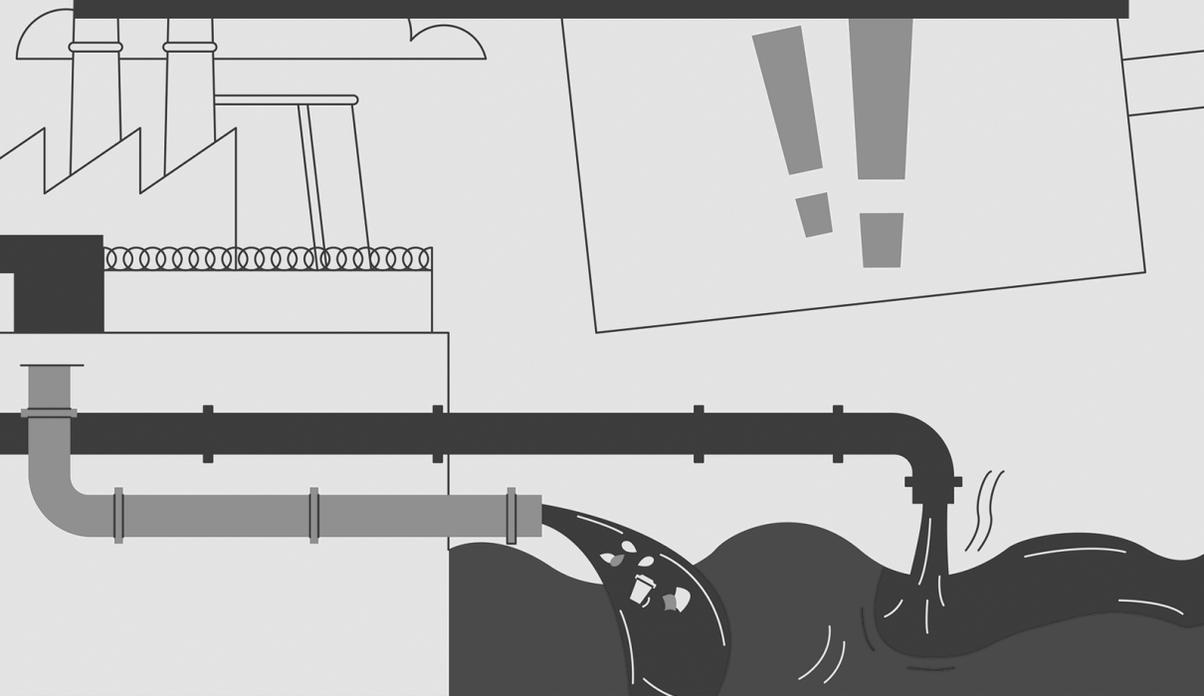


# **ENGENHARIA SANITÁRIA E**

# **AMBIENTAL**

**SUSTENTABILIDADE EM AÇÃO 2**

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
**(ORGANIZADOR)**



# **ENGENHARIA SANITÁRIA E**

# **AMBIENTAL**

**SUSTENTABILIDADE EM AÇÃO 2**

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à

Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Colégio Militar Dr. José Aluisio da Silva Luz / Colégio Santa Cruz de Araguaia/TO

Profª Drª Cristina Aledi Felseburgh – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Diogo Peixoto Cordova – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Hauster Maximiler Campos de Paula – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento – Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª Drª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Leonardo França da Silva – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – Universidade Federal do Espírito Santo

Profª Drª Maria Iaponeide Fernandes Macêdo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Profª Drª Mariana Natale Fiorelli Fabiche – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profª Drª Priscila Natasha Kinas – Universidade do Estado de Santa Catarina

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Rafael Pacheco dos Santos – Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Engenharia sanitária e ambiental: sustentabilidade em ação 2

**Diagramação:** Ellen Andressa Kubisty  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
E57	<p>Engenharia sanitária e ambiental: sustentabilidade em ação                      2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua.                      – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Formato: PDF                      Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader                      Modo de acesso: World Wide Web                      Inclui bibliografia                      ISBN 978-65-258-2873-2                      DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.732240509">https://doi.org/10.22533/at.ed.732240509</a></p> <p>1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Paniagua,                      Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.                      CDD 628</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
 Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book: “Engenharia sanitária e ambiental: sustentabilidade em ação 2” é constituído por cinco capítulos de livros que buscaram avaliar e investigar a qualidade de águas destinadas ao lazer e entretenimento, impactos ambientais provenientes de aterro sanitário, melhoria e percepção do processo de gestão de resíduos sólidos em municípios e o impacto ambiental proveniente de cemitério em perímetros urbanos.

O primeiro capítulo analisou a qualidade de águas para fins recreativos, provenientes do reservatório da Villa Mercedes e do balneário público nas imediações da Ponte Monseñor Miranda em San Luis na Argentina. Amostras coletadas em diferentes pontos confirmam que a água utilizada se encontra dentro dos padrões de qualidade de água proposto pela Fundação Nacional de Saneamento (NSF).

O capítulo 2 reconheceu e estimou os diferentes tipos de impactos ambientais e sociais provenientes da implantação de aterro sanitário, sendo demonstrado a predominância de impactos positivos, entre os quais: a geração de emprego e renda por meio da coleta de materiais recicláveis e o encerramento de lixões na cidade e no entorno da Região Metropolitana de Recife/PE.

Os capítulos 3 e 4 investigaram a melhoria e a percepção da gestão de resíduos sólidos. O primeiro foi realizado no bairro Caixa da Água na cidade de Olinda/PE com o objetivo de contribuir para uma gestão mais adequada dentro dos limites do bairro, estimulando a geração de renda a partir da reciclagem e reaproveitamento de resíduos por meio do mapeamento da região e melhorias no processo de gerenciamento dos mesmos, possibilitando uma melhor qualidade de vida para o ambiente e toda a comunidade que vive na região. Já o segundo, realizado no município de Patos/PB, objetivou verificar a percepção da população em relação a gestão de resíduos sólidos. Os pesquisadores realizaram uma análise técnica durante 6 meses, por meio de entrevistas e redes sociais, sendo verificado que materiais com potencial de serem reaproveitados e/ou reciclados não são levados em consideração antes da destinação final ao lixão da cidade, gerando inúmeros problemas sociais e impactos ambientais no município.

Por fim, o capítulo 5 analisou um cemitério publicado localizado na cidade de Recife/PE levando-se em consideração o contexto histórico e as exigências estabelecidas pelo CONAMA. Os pesquisadores realizaram análises tátil-visual em diferentes pontos no cemitério em amostras do solo, sendo observado: característica arenosa, presença de silte, cor branca a acinzentada e condutividade hidráulica fora dos padrões estabelecidos pelo Resolução CONAMA 335/03.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países, a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

**CAPÍTULO 1 ..... 1****VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DOS BALNEARIOS PÚBLICOS**

Ivana Silvia Maero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7322405091>**CAPÍTULO 2 ..... 8****AValiaÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE UM ATERRO SANITÁRIO**

Eduardo Antonio Maia Lins

José Ivan dos Santos Júnior

Adriane Mendes Vieira Mota

Andréa Cristina Baltar Barros

Keli Starck

Daniele de Castro Pessoa de Melo

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Cecília Maria Mota Lins

Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha

Francisco das Chagas da Costa Filho

Fábio Correia de Oliveira

Fabio Machado Cavalcanti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7322405092>**CAPÍTULO 3 ..... 19****SUGESTÕES PARA A MELHORIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BAIRRO DE CAIXA DA ÁGUA, CIDADE DE OLINDA, PERNAMBUCO, BRASIL**

Eduardo Antonio Maia Lins

José Ivan dos Santos Júnior

Adriane Mendes Vieira Mota

Andréa Cristina Baltar Barros

Keli Starck

Daniele de Castro Pessoa de Melo

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Cecília Maria Mota Lins

Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha

Francisco das Chagas da Costa Filho

Fábio Correia de Oliveira

Fabio Machado Cavalcanti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7322405093>**CAPÍTULO 4 ..... 30****UMA PERCEPÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PATOS, ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL**

Eduardo Antonio Maia Lins

José Ivan dos Santos Júnior

Adriane Mendes Vieira Mota

Andréa Cristina Baltar Barros

Keli Starck

Daniele de Castro Pessoa de Melo  
 Diogo Henrique Fernandes da Paz  
 Cecília Maria Mota Lins  
 Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
 Francisco das Chagas da Costa Filho  
 Fábio Correia de Oliveira  
 Fabio Machado Cavalcanti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7322405094>

**CAPÍTULO 5 .....39**

**ANÁLISE AMBIENTAL DO CEMITÉRIO DE CASA AMARELA, RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL**

Eduardo Antonio Maia Lins  
 José Ivan dos Santos Júnior  
 Adriane Mendes Vieira Mota  
 Andréa Cristina Baltar Barros  
 Keli Starck  
 Daniele de Castro Pessoa de Melo  
 Diogo Henrique Fernandes da Paz  
 Cecília Maria Mota Lins  
 Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
 Francisco das Chagas da Costa Filho  
 Fábio Correia de Oliveira  
 Fabio Machado Cavalcanti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7322405095>

**SOBRE O ORGANIZADOR .....47**

**ÍNDICE REMISSIVO .....48**

## VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DOS BALNEARIOS PÚBLICOS

*Data de aceite: 02/09/2024*

**Ivana Silvia Maero**

Facultad de Ingeniería y Ciencias  
Agropecuarias Universidad Nacional de  
San Luis, Campus universitario  
San Luis, Argentina

**RESUMEN:** El deterioro de las aguas de uso recreativo incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento que se necesita para mitigar los efectos. En el presente trabajo se trata de caracterizar de forma general la calidad del agua para fines recreativos, realizando un análisis comparativo de indicadores de calidad del agua entre el Embalse de Villa Mercedes que está ubicado en la zona adyacente al tramo del Río Quinto de coordenadas geográficas 33°41'53.0"S 65°28'26.8"W y el balneario público que se ubica en las inmediaciones del Puente Monseñor Miranda, aproximadamente a 2 kilómetros aguas arriba del embalse con coordenadas geográficas 33°41'02.6" S 65°29'19.2"W. Se emplea el índice de calidad del agua,  $WQI_{NSF}$ , que propone la National Sanitation Foundation (NSF), evaluados con resultados de análisis realizados in situ y en laboratorios físico-

químico y microbiológico, siguiendo la metodología de cálculo que proponen la Universidad de Pamplona (2016) y Patricia Torres et al. (2009). Los valores obtenidos para el primer balneario son:  $WQI_{NSF}$  (diciembre 2016) = 50.47,  $WQI_{NSF}$  (enero 2017) = 57.14,  $WQI_{NSF}$  (febrero 2017) = 52.29 y para el segundo:  $WQI_{NSF}$  (diciembre 2016) = 56.2,  $WQI_{NSF}$  (enero 2017) = 54.5,  $WQI_{NSF}$  (febrero 2017) = 55.5. De acuerdo con ellos se pueden clasificar a los dos balnearios de mediana calidad para los tres meses que están habilitados, no se aconsejan las actividades que implican inmersión en ninguno de los dos balnearios.

**PALABRAS CLAVE:** Agua de uso recreativo, Indicadores de Calidad, Río Quinto

### INTRODUCCIÓN

El río Quinto es también conocido como río Popopis, tiene su nacimiento en dos puntos diferentes, según el criterio que se utilice: con el de la vertiente más caudalosa, nace de los manantiales ubicados en los faldeos meridionales del cerro Retama, montaña de 2214 metros de altura sobre el nivel del mar, ubicado en la Sierras de San

Luis, en la provincia homónima. En cambio si se considera como su curso alto a aquel que discurre por la principal línea de falla, su nacimiento es en el faldeo meridional del Cerro Tomolasta, de 2020 metros sobre el nivel del mar, en la provincia de San Luis. El ancho de su cauce al atravesar la ciudad de Villa Mercedes es de 45 metros, pasa a orillas de Villa Reynolds y Justo Daract y a unos 10 km de esta última, ingresa en el sur de la provincia de Córdoba y prosigue hasta alcanzar los Bañados de la Amarga. En períodos de escasa pluviosidad, este río se subsume, desapareciendo superficialmente; no obstante, durante los períodos húmedos sobrepasa ampliamente los Bañados de la Amarga y a través de un cauce poco preciso toma dos direcciones, una hacia el Noreste que aporta sus aguas al Bañado del Destino en los límites de las provincias de Córdoba y Santa Fe. La otra dirección, más importante es el brazo que toma la dirección Sur hasta confluir con el río Salado bonaerense, que es un afluente de la Cuenca del Río de la Plata. Por carácter transitivo el río Quinto también lo es. Agencia de Noticias San Luis (2019).

Este río ofrece muchos beneficios, como la disponibilidad de agua para consumo humano, para riego y para bebida del ganado, permite la realización de actividades turísticas y recreativas y también es el cauce receptor de efluentes industriales, cloacales y desagües pluviales. Los problemas de la contaminación natural y de origen antrópico limitan su uso, no solo para consumo humano sino también para las actividades de recreación y turismo.

El área de estudio está comprendida entre el Embalse de Villa Mercedes que se ubica en la zona adyacente al tramo del Río Quinto de coordenadas geográficas 33°41'53.0" S 65°28'26.8"W y el balneario público que se extiende en las inmediaciones del Puente Monseñor Miranda, aproximadamente a 2 kilómetros aguas arriba del embalse con coordenadas geográficas 33°41'02.6" S 65°29'19.2"W. En este trabajo se realiza una comparación entre los valores de los índices de calidad del agua ( $WQI_{NSF}$ ) que se obtuvieron para cada uno de los dos balnearios, en los meses de diciembre de 2016, enero de 2017 y febrero de 2017, siendo éstos, los meses que representan la época estival de mayor afluencia de visitantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplea el índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI) que se desarrolló en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, siguiendo la metodología de cálculo que proponen la Universidad de Pamplona (2016) y Patricia Torres *et al.* (2009).

Se presentan los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos completos, correspondientes a los meses de diciembre de 2016, enero de 2017 y febrero de 2017.

Los parámetros determinados in situ con equipo de laboratorio portátil son oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (T) y turbidez. Los análisis de

demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales o termotolerantes, se realizan en los laboratorios físico-químico y microbiológico de un organismo estatal. Se utiliza una correlación empírica para establecer el valor actual de DBO, a partir de los datos obtenidos en muestreos anteriores en siete puntos diferentes del río Quinto donde se analizaron los valores de DBO y DQO en cada uno de ellos.

Para la toma de muestras, para los análisis físico-químicos, se utilizaron envases de tereftalato de polietileno (PET) de tamaños diferentes, unos de 2 litros de capacidad para enviar al laboratorio a analizar y otros de 0.5 litros para las mediciones in situ; para las muestras destinadas a los análisis microbiológicos se emplearon envases de polietileno de alta densidad (PAD) estériles de 120 ml. Se siguió el protocolo para toma de muestra, rotulación y conservación de las mismas (INTA 2017).

Los equipos portátiles usados son un adquisidor de datos, Xplorer GLX Pasco Scientific PS-2002 Pasport PS-2169 sensor de calidad del agua Pasco Scientific, Turbidímetro PS-2122 Pasco Scientific, Conductímetro DD9-699-06621 Pasco Scientific 10X, Sensor de temperatura Pasco Scientific, Medidor de pH, Pasco Scientific electrode FF9-699-195, Oxígeno disuelto Pasco Scientific FF9-213, 699-06320, medidor de la velocidad de la corriente de agua Pasco Scientific PS-2130, GPS marca Garmin modelo e Trex 10 que incluye un medidor de temperatura ambiente.

La metodología empleada para la determinación de coliformes fecales o termotolerantes siguió la norma ISO 9308-2, Calidad del agua. Recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes. Parte 2: Método del número más probable.

Para la determinación de DQO el método usado es Oxidación a reflujo con dicromato; para los Sólidos Totales se emplea el método Gravimétrico mientras que para la valoración de Nitratos el método es SM 4500 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - B. Ultravioleta selectivo, Edición 20<sup>a</sup>. El método AOAC 22042:1980, límite de cuantificación 0.02 mg/l se emplea para la cuantificación de los Fosfatos.

## RESULTADOS

Para calcular el índice de calidad del agua se usa un promedio aritmético ponderado, según la ecuación (1):

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i \quad (1)$$

Siendo:

$WQI$ : Índice de calidad del agua.

$W_i$ : Factor de ponderación para el subíndice  $i$ .

$SI_i$ : Subíndice del parámetro  $i$ .

Los valores correspondientes a los meses de diciembre de 2016, enero de 2017 y febrero de 2017 para el balneario en las inmediaciones del Puente Monseñor Miranda (PMM), se muestran en las tablas 1, tabla 2 y tabla 3:

Parámetro medido	Resultado	Q-valor (S <sub>i</sub> )	Factor de ponderación (W <sub>j</sub> )	Sub total
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.0	46	0.17	7.82
Cambio de Temperatura (°C)	6.4	68	0.10	6.8
pH	8.86	48	0.11	5.28
Sólidos Totales (mg/l)	620	20	0.07	1.4
Turbidez (NTU)	2.1	94	0.08	7.52
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	70.92	2	0.11	0.22
Coliformes fecales (NMP/100ml)	9.3 x 10 <sup>1</sup>	46	0.16	7.36
Nitratos (mg/l)	1.8	97	0.10	9.8
Fosfatos (mg/l)	<0.02	100	0.10	10

**WQI = 56.2**

Tabla 1. Valores de diciembre 2016 (PMM)

Parámetro medido	Resultado	Q-valor (S <sub>i</sub> )	Factor de ponderación (W <sub>j</sub> )	Sub total
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.2	47	0.17	7.99
Cambio de Temperatura (°C)	8.8	47	0.10	4.7
pH	9.21	41	0.11	4.51
Sólidos Totales (mg/l)	608	20	0.07	1.4
Turbidez (NTU)	0.6	84	0.08	6.72
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	27.3	5	0.11	0.55
Coliformes fecales (NMP/100ml)	4.3 x 10 <sup>1</sup>	55	0.16	8.8
Nitratos (mg/l)	1.8	98	0.10	9.8
Fosfatos (mg/l)	<0.02	100	0.10	10

**WQI = 54.5**

Tabla 2. Valores de enero 2017 (PMM)

<b>Parámetro medido</b>	<b>Resultado</b>	<b>Q-valor (S<sub>i</sub>)</b>	<b>Factor de ponderación (W<sub>j</sub>)</b>	<b>Sub total</b>
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.1	47	0.17	7.99
Cambio de Temperatura (°C)	4.9	74	0.10	7.4
pH	9.32	40	0.11	4.4
Sólidos Totales (mg/l)	629	20	0.07	1.4
Turbidez (NTU)	7.7	82	0.08	6.56
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	123	2	0.11	0.22
Coliformes fecales (NMP/100ml)	7.5 x 10 <sup>1</sup>	48	0.16	7.68
Nitratos (mg/l)	1.8	98	0.10	9.8
Fosfatos (mg/l)	<0.02	100	0.10	10

**WQI = 55.5**

Tabla 3. Valores de febrero 2017 (PMM)

Los valores correspondientes al Embalse de Villa Mercedes (EVM), se encuentran en la tabla 4, la tabla 5 y la tabla 6.

<b>Parámetro medido</b>	<b>Resultado</b>	<b>Q-valor (S<sub>i</sub>)</b>	<b>Factor de ponderación (W<sub>j</sub>)</b>	<b>Sub total</b>
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.7	40	0.17	6.8
Cambio de Temperatura (°C)	27.8	62	0.10	6.2
pH	9.88	23	0.11	2.53
Sólidos Totales (mg/l)	625	20	0.07	1.4
Turbidez (NTU)	1.3	95	0.08	7.6
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	74.16	2	0.11	0.22
Coliformes fecales (NMP/100ml)	2.1 x 10 <sup>2</sup>	37	0.16	5.92
Nitratos (mg/l)	1.4	98	0.10	9.8
Fosfatos (mg/l)	<0.02	100	0.10	10

**WQI = 50.47**

Tabla 4. Valores de diciembre 2016 (EVM)

<b>Parâmetro medido</b>	<b>Resultado</b>	<b>Q-valor (S<sub>i</sub>)</b>	<b>Fator de ponderação (W<sub>j</sub>)</b>	<b>Sub total</b>
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.2	48	0.17	8.16
Cambio de Temperatura (°C)	26	73	0.10	7.3
pH	9.5	32	0.11	3.52
Sólidos Totales (mg/l)	636	20	0.07	1.4
Turbidez (NTU)	9.8	78	0.08	6.24
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	35.5	2	0.11	0.22
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1.5 x 10 <sup>1</sup>	65	0.16	10.4
Nitratos (mg/l)	1.5	99	0.10	9.9
Fosfatos (mg/l)	<0.02	100	0.10	10

**WQI = 57.14**

Tabla 5. valores de enero 2017 (EVM)

<b>Parâmetro medido</b>	<b>Resultado</b>	<b>Q-valor (S<sub>i</sub>)</b>	<b>Fator de ponderação (W<sub>j</sub>)</b>	<b>Sub total</b>
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.7	40	0.17	6.8
Cambio de Temperatura (°C)	27.8	62	0.10	6.2
pH	9.88	23	0.11	2.53
Sólidos Totales (mg/l)	625	20	0.07	1.4
Turbidez (NTU)	1.3	95	0.08	7.6
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	74.16	2	0.11	0.22
Coliformes fecales (NMP/100ml)	2.1 x 10 <sup>2</sup>	37	0.16	5.92
Nitratos (mg/l)	1.4	98	0.10	9.8
Fosfatos (mg/l)	<0.02	100	0.10	10

**WQI = 52.29**

Tabla 6. valores de febrero 2017 (EVM)

## CONCLUSIONES

- Los valores de los índices de calidad del agua obtenidos superan el valor de 50; lo que se interpreta como una calidad media del recurso y siendo no aconsejable las actividades recreativas que implican inmersión en el agua.
- Los valores promedios obtenidos para el Embalse de Villa Mercedes son en promedio levemente mejores que los obtenidos para el balneario en las inmediaciones del Puente Monseñor Miranda.
- Para completar la información de la calidad del recurso se pueden identificar y cuantificar los contaminantes que la afectan, mediante la estimación de los índices de contaminación como una herramienta posible.

## REFERENCIAS

Agencia de Noticias San Luis. (2019). Turismo y Parques. Comienzan a desarrollar turísticamente el Embalse de Villa Mercedes. [agenciasanluis.com/.../embellecen-y-comienzan-a-desarrollar-turisticamente-el-embals...](http://agenciasanluis.com/.../embellecen-y-comienzan-a-desarrollar-turisticamente-el-embals...)

ClimateData.Org. (2017). Tabla climática/ Datos históricos del tiempo en Villa Mercedes. <https://es.climate-data.org> > América del Sur > Argentina > San Luis > Villa Mercedes.

Hidalgo, M., Meoni G., Barrionuevo M., Navarro G., Paz R. (2003). Variabilidad de la relación DBO/ DQO en ríos de Tucumán Argentina. 13º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente PP. 1-11.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2017). Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego).

Río Quinto (2019). [https://es.wikipedia.org/wiki/Río\\_Quinto](https://es.wikipedia.org/wiki/Río_Quinto).

Torres, P., Cruz, C., y Patiño, P. (2009). Índices de Calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Revista Ingenierías - Universidad de Medellín. Una revisión crítica, vol. 8, No. 15 especial, pp. 79-94 - ISSN 1692-3324 - 150 p. Medellín, Colombia.

Universidad de Pamplona. (2016). Capítulo III. Índices de Calidad y de Contaminación para el agua de importancia mundial. [www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home.../icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home.../icatest_capitulo3.pdf).

## CAPÍTULO 2

# AValiação de Impactos Ambientais de um Aterro Sanitário

---

*Data de aceite: 02/09/2024*

**Eduardo Antonio Maia Lins**

Universidade Católica de Pernambuco /  
Instituto Federal de Pernambuco  
Recife - PE

**José Ivan dos Santos Júnior**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Adriane Mendes Vieira Mota**

Centro Universitário Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

**Andréa Cristina Baltar Barros**

Instituto Tecnológico de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Keli Starck**

Centro Universitário de Pato Branco  
Pato Branco – Paraná

**Daniele de Castro Pessoa de Melo**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Diogo Henrique Fernandes da Paz**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Cecília Maria Mota Lins**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife-Pernambuco

**Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Francisco das Chagas da Costa Filho**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Fábio Correia de Oliveira**

Centro Universitário Estácio de Sá  
Recife-PE

**Fabio Machado Cavalcanti**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** O processo de urbanização conduziu a sociedade para uma realidade de industrialização e consumo acelerados. Ainda há lugares em que se faz presente um cenário crítico quanto à disposição destes resíduos gerados. A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), como instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, exerce um papel fundamental no processo de gestão dos resíduos urbanos, identificando danos nas fases de implantação e operação do empreendimento. O objetivo principal deste trabalho foi reconhecer e estimar os

impactos ambientais de um aterro sanitário por meio de uma análise qualitativa e quantitativa, simulando parcialmente um Estudo de Impactos Ambientais (EIA). A metodologia abordada baseou-se numa análise qualitativa e quantitativa de impactos ambientais. Como resultado, notou-se, em termos qualitativo, uma predominância de impactos positivos como a geração de emprego e renda, e, do encerramento dos lixões nas cidades do entorno. Contudo, ainda se faz necessário a realização de ações mitigadoras para os impactos negativos causados na implantação e operação da central de tratamento em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** EIA, Resíduos, Análise, Matriz, Meio Ambiente.

## ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF A SANITARY LANDFILL

**ABSTRACT:** The urbanization process led society towards a reality of accelerated industrialization and consumption. There are still places where a critical scenario is present regarding the disposal of this generated waste. The Environmental Impact Assessment (EIA), as an instrument of the National Environmental Policy, plays a fundamental role in the urban waste management process, identifying damage in the implementation and operation phases of the project. The main objective of this work was to recognize and estimate the environmental impacts of a landfill through a qualitative and quantitative analysis, partially simulating an Environmental Impact Study (EIA). The methodology addressed was based on a qualitative and quantitative analysis of environmental impacts. As a result, it was noted, in qualitative terms, a predominance of positive impacts such as the generation of employment and income, and the closure of landfills in the surrounding cities. However, it is still necessary to carry out mitigating actions for the negative impacts caused in the implementation and operation of the treatment center under study.

**KEYWORDS:** EIA, Waste, Analysis, Matrix, Environment.

## INTRODUÇÃO

Na perspectiva de Silva (2020) o Brasil teve um processo de urbanização e industrialização “caótico e explosivo”, que menosprezou a construção paralela de políticas sociais e saneamento básico, incluindo a gestão de resíduos sólidos. Segundo dados levantados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE), em 2022, do total de resíduos sólidos urbanos gerados no ano, 93% foram efetivamente coletados, onde desses 61% tiveram uma disposição adequada em aterros sanitários, e 39% foram destinados a lixões ou aterros controlados. Atualmente, o estado de Pernambuco possui 100% dos habitantes com acesso a aterros sanitários licenciados, diferentemente de 3 anos atrás (PORTAL DA SUSTENTABILIDADE, 2023).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, atualizada pelo Decreto 10936/2022 (BRASIL, 2022), foi uma das leis elaboradas com o intuito de mudar a realidade brasileira, ao ineficiente gerenciamento sanitário do país. A lei define a gestão de resíduos como um conjunto de ações sustentáveis que visem a destinação e tratamento adequado dos resíduos, e encerramento dos lixões e aterros controlados (BRASIL, 2010). Os lixões são locais em área aberta para deposição de resíduos diretamente no solo de

forma irregular, acarretando a contaminação dos recursos naturais, através do chorume e outros poluentes (SOUZA e TEIXEIRA, 2012). Em oposição, os aterros sanitários possuem a atuação das engenharias na construção e monitoramento da impermeabilização do espaço, a fim de minimizar os impactos ambientais, além de possuir normas técnicas regulamentadoras, como a NBR 8419 (ABNT, 1992) e NBR 13896 (ABNT, 1997).

O rápido e tardio crescimento urbanístico brasileiro é muito característico de países chamados de subdesenvolvidos que, para Meira (2011), tendem a crescer sem um plano de desenvolvimento urbano, acarretando principalmente em impactos ambientais. De acordo com o Art. 1º da Resolução 001/86 do CONAMA (BRASIL, 1986), considera-se impacto ambiental qualquer alteração antrópica das propriedades do meio ambiente, ou seja, que possa alterar as características dos recursos naturais ou prejudicar a qualidade de vida da população. Efetivamente, para mensurar e controlar o impacto socioambiental causado pela implantação de indústrias e outros empreendimentos, como aterros sanitários, a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981), em seu artigo 9º, previu a instrumentalização da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).

A AIA é um dos elementos centrais da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), surgindo como um instrumento fundamental para identificar e avaliar os possíveis danos socioambientais causados por atividades e empreendimento. A AIA envolve a análise minuciosa de estudos prévios para embasar decisões governamentais sobre projetos com potencial de impacto significativo, ou seja, ela examina as consequências futuras de ações presentes (IBAMA, 2016). Para isso, tem-se como principais elementos desse processo avaliativo o EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental). O EIA se trata de uma análise detalhada realizada por especialistas de áreas diversificadas que combinam a pesquisa científica com dados técnicos, para diagnosticar os impactos ambientais, sociais e econômicos, propor medidas mitigadoras e estabelecer monitoramento. Já o RIMA resume as conclusões do EIA, apresentando um caráter mais objetivo e compreensível, de forma a oferecer à população um melhor entendimento, ou seja, o RIMA atua como um canal de comunicação entre a equipe do projeto e a comunidade, simplificando as questões ambientais relacionadas ao projeto (TELES, 2020).

O objetivo principal deste trabalho, foi reconhecer e estimar os impactos ambientais gerados por um aterro sanitário usando uma metodologia de análise qualitativa e quantitativa, conforme critérios do EIA/RIMA. Essa avaliação foi realizada com base em visitas técnicas ao aterro sanitário, situado na região metropolitana do Recife (RMR). Os objetivos específicos englobam a descrição da localização, infraestrutura e capacidade do aterro, abrangendo seus aspectos técnicos, legais e ambientais. Além disso, buscou-se analisar as principais características dos resíduos depositados no aterro, bem como as práticas de seleção e separação de materiais recicláveis. A avaliação das condições operacionais incluíram aspectos como a gestão de resíduos, controle de odores e prevenção de impactos ambientais. Este estudo também visou identificar os desafios enfrentados na gestão e propor soluções para superá-los.

## METODOLOGIA

### Região de Estudo

A área de estudo foi uma central de tratamento de resíduos sólidos (CTR) localizada na Região Metropolitana do Recife. O aterro recebe diariamente cerca de 1800 toneladas de resíduos advindos de 9 dos 15 municípios da RMR. O local possui uma completa e segura plataforma para tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos, bem como no tratamento de resíduos considerados perigosos. A infraestrutura do local conta com uma planta mecanizada, aonde todo resíduo que chega através dos caminhões compactadores perpassam por uma triagem inicial, sendo realizada a separação dos rejeitos. A CTR também possui uma Estação de Tratamento de Chorume (ETC) utilizando-se de sistemas físico-químicos e biológicos.

### Característica dos resíduos sólidos depositados no aterro

O Aterro industrial (classe I) recebe resíduos cujas propriedades químicas indicam que estes são inflamáveis, corrosivos e reativos, o que os torna potencialmente perigosos. A impermeabilização existente atende as especificações e todo monitoramento da disposição do resíduo é registrado em planilha.

O Aterro de Resíduos Sólidos Urbano (classe II) recebe resíduos sólidos urbanos. Toda a área que recebe este resíduo é devidamente impermeabilizada, monitorada e todo efluente gerado na área é captado e enviado para a Estação de Tratamento de Chorume.

### Materiais e Métodos

A fim de determinar os impactos ambientais presentes no aterro sanitário em operação, e, definir se a permanência desse empreendimento no local é favorável para a sociedade, realizou-se a análise de impactos ambientais, tanto os impactos positivos e negativos, utilizando-se um viés de estudo tanto qualitativo (relativo às qualidades do impacto) quanto quantitativo (relativo à quantificação do impacto), baseado em Valdetaro *et al.* (2015). As visitas ao local proporcionaram a observação de impactos socioambientais e econômicos.

A análise qualitativa indicou os critérios do impacto (Quadro 1), podendo ser nas grandezas de valor (impacto positivo ou negativo); de ordem (direto ou indireto); de espaço (local, regional ou estratégico); de tempo (curto médio ou longo prazo); de dinâmica (temporário, cíclico ou permanente) e de reversibilidade (reversível ou irreversível).

Para fins desta análise, foi definido que: **P** é todo impacto positivo que traz benefícios ao meio físico, biótico ou socioeconômico, e **N** o impacto negativo. **ID** são impactos diretos, de causa e efeito, e **II** são os impactos indiretos, resultantes de reações secundárias em cadeia. **IL** afeta o empreendimento localmente; **IR** afeta de modo regional e **IG** afeta de

um modo mais global. A sigla **IC** se refere a um curto prazo de impacto (1 a 2 anos); **IM** de médio prazo (3 a 9 anos), e **IL** de longo prazo (acima de 10 anos). Já a sigla **IT** é quando o efeito cessa imediatamente após a ação de impacto; **IC** é quando os efeitos aparecem em intervalos de tempo periódicos, e **IP** quando o efeito permanece mesmo após o fim da ação. **IR** é aquele que permite que o ambiente volte à sua forma original, e **II** é aquele que não retorna mesmo após as medidas de recuperação.

<b>CRITÉRIO</b>	<b>TIPO DE IMPACTOS</b>		
Critério de Valor (CV)	Impacto Positivo (P)		Impacto Negativo (N)
Critério de Ordem (CO)	Impacto Direto (ID)		Impacto Indireto (II)
Critério de Espaço (CE)	Impacto Local (IL)	Impacto Regional (IR)	Impacto Global (IG)
Critério de Tempo (CT)	Impacto de Curto Prazo (IC)	Impacto de Médio Prazo (IM)	Impacto de Longo Prazo (ILP)
Critério de Dinâmica (CD)	• Impacto Temporário (IT)	Impacto Cíclico (IC)	• Impacto Permanente (IP)
Critério de Reversibilidade (CR)	Impacto Reversível (IR)		Impacto Irreversível (II)

Quadro 1: Critérios de Impactos Qualitativos.

Fonte: Os autores (2024).

A análise quantitativa analisará todos os aspectos negativos e positivos do empreendimento, através da média ponderada entre o peso e a nota dos impactos existentes. O peso é avaliado com base na significância das ações previstas nos aspectos qualitativos, podendo variar de 0 a 10 para cada impacto, sendo a soma de todos os pesos igual a 116. Já a nota é avaliada com base nas consequências destes impactos sob o aterro, sendo as notas entre -5 à -1 de aspecto negativa, 0 neutra e de +1 à +5 positiva. O cálculo determinará se o negócio será viável ou não, basta que a média final seja positiva ou neutra. Este resultado será nomeado índice de impacto, e pode ser demonstrado pela Equação I.

$$\text{Índice de impacto} = \Sigma (\text{peso das ações} \times \text{nota das consequências}) / \Sigma \text{ pesos (Eq. I)}$$

Tal método quantitativo é baseado no modelo de listagem de controle (*checklist*), do tipo ponderal. Embora esta seja uma técnica simples e de fácil visualização, o *checklist* não permite a caracterização e discussão detalhada de cada impacto, o que é compensado pela análise qualitativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação Qualitativa

De um modo geral, conforme Quadro 2, a análise qualitativa destaca impactos negativos principalmente no ambiente físico, de forma direta, local, permanente e irreversível no curto prazo, enquanto os impactos positivos afetaram principalmente o ambiente humano, de maneira regional, temporária e irreversível no médio prazo.

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: APLICAÇÃO QUALITATIVA								
	Impactos Ambientais	Meio Atingido	CRITÉRIO DO IMPACTO					
			CV	CO	CE	CT	CD	CR
1	Aumento dos processos erosivos	Físico	N	ID	ILo	ICp	IP	II
2	Compactação do solo	Físico	N	ID	ILo	ICp	IC	II
3	Emissão de gases de efeito estufa	Físico	N	ID	IRe	ICp	IP	II
4	Contaminação do solo	Físico	N	ID	ILo	ICp	IT	IR
5	Depreciação do lençol freático	Físico	N	II	IR	IC	IP	II
6	Estresse da fauna local	Biótico	N	II	IL	IC	IP	II
7	Redução da biodiversidade nativa	Biótico	N	ID	IL	IC	IT	IR
8	Redução da capacidade de sustentação da flora	Biótico	N	ID	IL	IC	IP	IR
9	Redução da biota do solo	Biótico	N	ID	IL	IC	IP	II
10	Poluição visual e Sonora	Físico	N	ID	IL	IC	IP	II
11	Proliferação de doenças	Antrópico	N	II	IL	IC	IT	IR
12	Poeira	Físico	N	ID	IL	IM	IT	IR
13	Geração de Empregos e renda	Antrópico	P	ID	IR	IL	IP	IR
14	Destinação legal de resíduos sólidos urbanos	Antrópico	P	ID	IR	IM	IT	II
15	Produção de Biogás	Antrópico	P	II	IL	IM	IT	II
16	Reciclagem	Físico	P	ID	IR	IM	IT	II
17	Qualidade de vida da população/Saúde pública	Antrópico	P	II	IR	IM	IT	IR
18	Compostagem	Físico	P	ID	IR	IM	IT	II
19	Educação ambiental	Antrópico	P	II	IR	IL	IP	II
20	Elaboração de Estudos Ambientais	Antrópico	P	II	IL	IL	IP	II

Tabela 2 - Avaliação de Impactos Qualitativos na CTR em estudo.

Fonte: Os Autores (2023).

## Avaliação Quantitativa

De acordo com a Tabela 1, a análise quantitativa revelou que, embora mais aspectos negativos tenham sido identificados no aterro, eles foram ponderados com menos significância em comparação aos aspectos positivos. Com um índice de impacto total de 78, a soma demonstra a predominância de benefícios para a região com a continuidade do empreendimento.

CONSEQUÊNCIAS	PESO	NOTA	PESO X NOTA
Aumento dos processos erosivos	6	-2	-16
Compactação do solo	6	-2	-16
Emissão de gases de efeito estufa	6	-1	-6
Possível contaminação do solo	2	-3	-6
Possível depreciação do lençol freático	8	-4	-32
Estresse da fauna local	2	-1	-2
Redução da biodiversidade nativa	4	-2	-8
Redução da capacidade de sustentação da flora	4	-2	-8
Redução da biota do solo	2	-2	-4
Poluição visual e Sonora	2	-1	-2
Proliferação de doenças	8	-3	-24
Levantamento de Poeira	2	-1	-2
Geração de Empregos e renda	10	+5	50
Destinação legal de resíduos sólidos urbanos	10	+4	40
Produção de Biogás	4	+4	16
Reciclagem	8	+2	16
Qualidade de vida da população/Saúde pública	10	+4	40
Compostagem	8	+1	8
Educação ambiental	8	+2	16
Elaboração de Estudos Ambientais	6	+3	18
	116		78

Tabela 1 - Avaliação de Impactos Quantitativos da CTR em estudo.

Fonte: Os Autores (2024).

A partir de uma análise conjunta da Avaliação de Impactos Qualitativos e Quantitativos pode-se destacar alguns impactos negativos e positivos com maior relevância quanto às consequências causadas ao meio ambiente e sociedade. O principal benefício notado pela permanência do empreendimento se dá pela geração de empregos e renda, uma consequência importante pois contribui para a economia local e para a inclusão social, especialmente em áreas com escassez de oportunidades de trabalho. Entre os destaques negativos, a possível depreciação do lençol freático é a mais ameaçadora, mas também

a proliferação de doenças é uma preocupação pela atração de vetores e exposição a substâncias perigosas, por último, os processos erosivos e a compactação do solo também são agravados pela falta de cobertura vegetal do local. A seguir, destacam-se os impactos mais ameaçadores, explanando a definição de cada um, como afetam o meio e como podem ser minimizados (negativos) ou maximizados (positivos).

- Depreciação do lençol freático: refere-se à diminuição do nível das águas subterrâneas, pode ter vários impactos negativos no meio ambiente e nas comunidades que dependem dessas águas. Alguns dos principais impactos causados pela possível depreciação do lençol freático incluem: Escassez de água; Esgotamento de poços; Subsidência do solo; Intrusão de água salgada; Ecossistemas afetados (ANA, 2022). Monitorar e gerenciar adequadamente os recursos hídricos é fundamental para minimizar os efeitos negativos da depreciação do lençol freático e garantir a sustentabilidade a longo prazo.
- Proliferação de doenças: Embora os aterros sanitários modernos sejam projetados para minimizar os riscos à saúde pública, ainda existem desafios que podem levar à disseminação de doenças. Alguns dos principais fatores que contribuem para a proliferação de doenças em aterros sanitários incluem: Vetores de doenças (atrai uma variedade de vetores de doenças, como moscas, ratos e mosquitos, devido à presença de resíduos orgânicos.); Contaminação da água; Liberação de gases tóxicos; Exposição a materiais perigosos; Condições insalubres para os trabalhadores (RIBEIRO, 2008). É importante ressaltar que a proliferação de doenças em aterros sanitários pode ser mitigada por meio da implementação de boas práticas de gestão de resíduos, como a separação adequada dos resíduos, a cobertura diária dos resíduos com terra para reduzir o odor e a atratividade para vetores, o monitoramento e controle do chorume, e o treinamento adequado dos trabalhadores para lidar com os resíduos de forma segura. Além disso, a implementação de sistemas de tratamento de água e de captura e queima de gases pode reduzir os riscos à saúde associados aos aterros sanitários.
- Aumento dos processos erosivos: Podem ocorrer devido a vários fatores. Os aterros sanitários são projetados para minimizar a erosão do solo e a exposição dos resíduos, mas certas circunstâncias podem levar a um aumento desses processos. Alguns dos principais fatores que podem contribuir para o aumento da erosão em um aterro: Precipitação intensa; Declividade inadequada; Falta de cobertura vegetal; Falta de cobertura de solo; Falta de manutenção (MEIRA *et al.*, 2011). É fundamental que os aterros sejam projetados e construídos levando em consideração medidas de prevenção da erosão desde o início. Além disso, a monitorização contínua e a manutenção adequada são essenciais para garantir a estabilidade do aterro ao longo do tempo.
- Compactação do solo: Os impactos devido a compactação podem ser positivos ou negativos. Alguns dos impactos negativos são: Redução da capacidade de absorção de resíduos; Dificuldade na drenagem de água; Redução da capaci-

dade de decomposição; Riscos de subsidência do solo; Emissão de odores e poluentes. Para minimizar esses impactos negativos, é importante adotar práticas adequadas de manejo e compactação do solo nos aterros sanitários (MEIRA *et al.*, 2011). Isso inclui a utilização de equipamentos e técnicas apropriadas, monitoramento da qualidade do solo, controle da drenagem de água e adoção de medidas para reduzir a formação de camadas impermeáveis.

- Geração de emprego e renda: O impacto positivo da geração de empregos e renda, é um dos aspectos relevantes relacionados à atividade do aterro sanitário. A criação de empregos diretos e indiretos decorrentes do funcionamento do aterro sanitário contribui para a dinamização da economia local. A contratação de trabalhadores e a oferta de oportunidades de emprego são importantes para a geração de renda e o sustento das famílias que residem nas proximidades do aterro. É um impacto relevante, principalmente em áreas onde há escassez de oportunidades de trabalho, como é o caso de algumas regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos. A geração de empregos no setor de gestão de resíduos sólidos pode oferecer uma alternativa econômica viável, reduzindo a dependência de atividades econômicas limitadas e promovendo a inclusão social.

De acordo com Vasconcelos Júnior (2017) a questão do destino dado a esses resíduos sólidos urbanos e o tratamento passou a ser questão desafiante, no sentido de buscar alternativas para a diminuição da geração de lixo, uma vez que o consumo de produtos, especialmente os de origem industrial que possui uma característica da sociedade moderna.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os impactos quantitativos indicam que os principais efeitos negativos identificados foram o aumento dos processos erosivos, a compactação do solo, a possível depreciação do lençol freático e a proliferação de doenças. Esses impactos receberam pesos altos e notas negativas, resultando em uma multiplicação peso x nota de valor muito baixo, ou seja, muito efeito danoso. Por outro lado, foram observados efeitos positivos, como a geração de empregos e renda, a destinação legal de resíduos sólidos urbanos, a produção de biogás, a reciclagem, a qualidade de vida da população/saúde pública, a compostagem, a educação ambiental e a elaboração de estudos ambientais, obtendo, dessa forma, notas positivas e pesos altos, refletindo uma contribuição favorável para o meio ambiente e a sociedade;

- Diante desses resultados, apesar dos impactos positivos, é essencial adotar medidas de gestão ambiental efetiva para minimizar os impactos negativos identificados. Isso inclui a implementação de técnicas de controle de erosão, monitoramento e controle da qualidade do solo e do lençol freático, medidas de mitigação da poluição visual e sonora. Além disso, é fundamental continuar trabalhando os impactos positivos, investindo em programas de reciclagem, compostagem e produção de biogás. Também é necessário considerar a importância da educação ambiental e da participação da comunidade local nesse processo, promovendo a sustentabilidade e a redução do impacto ambiental do aterro sanitário.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Governança das Águas Subterrâneas: Desafios e Caminhos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília: ANA, 2022, 202 p. ISBN: 978-65-88101-27-8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8419/1992**. Dispõe sobre as normas técnicas para implantação de Aterro Sanitário.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13896/1997**. Dispõe sobre as normas técnicas para Aterro Sanitário.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 1981**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1981.

BRASIL, **Lei Nº 12.305 de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Diário Oficial da União, Brasília, 2010.

BRASIL. **Decreto Nº 11.043 de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, 23 de janeiro de 1986** Ministério do Meio Ambiente. 1986; CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, 13 de maio de 2011 Ministério do Meio Ambiente. 1986

DE MORAES, C. D.; D AQUINO, A. **Avaliação de Impacto Ambiental: Uma Revisão da Literatura sobre as Principais Metodologias**. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, 2016.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Avaliação de impacto ambiental: caminhos para o fortalecimento do Licenciamento Ambiental Federal: Sumário Executivo/Diretoria de Licenciamento Ambiental** – Brasília: Ibama, 2016.

MEIRA, C, S. et al. **O aumento de Resíduos Sólidos a Partir do Crescimento Urbano e suas Implicações no Aquecimento Global: Um Estudo de Caso em Vitória da Conquista - BA**. Vitória da Conquista: IX Colóquio do Museu Pedagógico, 2011.

Portal da Sustentabilidade. **Pernambuco zera número de lixões em todos os municípios** Disponível em: <https://portalsustentabilidade.com/2023/03/21/pernambuco-zera-numero-de-lixoes-em-todos-os-municipios/>. Acesso: 08/07/23

PERNAMBUCO. SEMAS. **Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://semas.pe.gov.br/residuos-solidos-2/>. Acesso em: 05/06/2023.

RIBEIRO, C. S. **Análise das tecnologias de tratamento de resíduos biológicos de serviço de saúde em hospitais públicos no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro: s.n., 2008, 128 p.

SILVA, M. M. N. et al. Análise da gestão de resíduos sólidos na região Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. 37, 2020.

SOUZA, S.S.; TEIXEIRA, G. F. Aterro Sanitário: Um problema de Cruz das Almas. **Revista NAU Social**. 2012 Mai; 3(4):29-37.

TELES, F. **O Licenciamento Ambiental e a Avaliação de Impactos Ambientais**. Conteúdo Jurídico, 2020.

VALDETARO, E. B. et al. Conjugação dos Métodos da Matriz de Interação do Check-List na Avaliação Quali-quantitativa de Impactos Ambientais de um Programa de Fomento Florestal. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 611–622, ago. 2015.

VASCONCELOS JUNIOR, M. R.; CORRÊA, R. S. S. **Impactos Socioambientais Causados pelo Aterro Sanitário no Município de MARITUBA-PA**, 2 Seminário Nacional de Serviço Social, Trabalho e Políticas Sociais, Santa Catarina, 23 a 25 de outubro de 2017.

## CAPÍTULO 3

# SUGESTÕES PARA A MELHORIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BAIRRO DE CAIXA DA ÁGUA, CIDADE DE OLINDA, PERNAMBUCO, BRASIL

---

*Data de aceite: 02/09/2024*

**Eduardo Antonio Maia Lins**

Universidade Católica de Pernambuco /  
Instituto Federal de Pernambuco  
Recife - PE

**José Ivan dos Santos Júnior**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Adriane Mendes Vieira Mota**

Centro Universitário Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

**Andréa Cristina Baltar Barros**

Instituto Tecnológico de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Keli Starck**

Centro Universitário de Pato Branco  
Pato Branco – Paraná

**Daniele de Castro Pessoa de Melo**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Diogo Henrique Fernandes da Paz**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Cecília Maria Mota Lins**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife-Pernambuco

**Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Francisco das Chagas da Costa Filho**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Fábio Correia de Oliveira**

Centro Universitário Estácio de Sá  
Recife-PE

**Fabio Machado Cavalcanti**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** A gestão de resíduos é um dos principais desafios enfrentados por muitas cidades no mundo inteiro. No Brasil, a problemática é ainda mais acentuada, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. O bairro de Caixa da Água, por exemplo, está localizado na cidade de Olinda em Pernambuco, é uma região que enfrenta graves problemas socioeconômicos e ambientais, sendo a gestão de resíduos sólidos um dos problemas mais graves. O presente trabalho visa contribuir na adequada gestão

dos resíduos sólidos urbanos no bairro, com o objetivo de minimizar possíveis impactos ambientais gerados na comunidade e na minimização geração de gases responsáveis pelo efeito estufa, bem como na oportunização da geração de renda para a população local através da reciclagem e reaproveitamento de resíduos. Realizou-se um diagnóstico do roteiro itinerário de coleta domiciliar do bairro seguido de um mapeamento da região em estudo para tratar de possíveis melhorias na gestão dos resíduos local. A heterogeneidade do bairro e seus conflitos espaciais impõem a necessidade de incorporar nos processos de urbanização as redes de produção e as novas tecnologias como aspectos fundamentais na definição de metas que garantam a sustentabilidade como um dos requisitos para melhor qualidade de vida no ambiente construído.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão, Resíduos, Propostas, Tecnologias, Impactos.

## SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE IN THE NEIGHBORHOOD OF CAIXA DA ÁGUA, CITY OF OLINDA, PERNAMBUCO, BRAZIL

**ABSTRACT:** Waste management is one of the main challenges faced by many cities around the world. In Brazil, the problem is even more pronounced, especially in densely populated urban areas. The Caixa da Água neighborhood, for example, is located in the city of Olinda in Pernambuco, it is a region that faces serious socioeconomic and environmental problems, with solid waste management being one of the most serious problems. This work aims to contribute to the adequate management of urban solid waste in the neighborhood, with the aim of minimizing possible environmental impacts generated in the community and minimizing the generation of gases responsible for the greenhouse effect, as well as providing opportunities to generate income for the local population through recycling and reusing waste. A diagnosis of the neighborhood's household collection itinerary was carried out, followed by a mapping of the region under study to address possible improvements in local waste management. The heterogeneity of the neighborhood and its spatial conflicts impose the need to incorporate production networks and new technologies into urbanization processes as fundamental aspects in defining goals that guarantee sustainability as one of the requirements for a better quality of life in the built environment.

**KEYWORDS:** Management, Waste, Proposals, Technologies, Impacts.

## INTRODUÇÃO

A busca de soluções para uma gestão adequada dos resíduos sólidos é um desafio para os setores públicos e privados, sobretudo no que concerne à poluição dos recursos do solo, ar e água, na compreensão dos mecanismos de biodegradação da massa de resíduos e sua influência nas mudanças climáticas bem como na vida das pessoas (IWA, 2012). A decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos resulta na formação de um líquido de cor escura, o lixiviado, que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas, além de formar gases tóxicos como o gás amoníaco e sulfídrico. Os locais de armazenamento e de disposição inadequados tornam-se ambientes propícios para a proliferação de vetores e de outros agentes transmissores de doenças, afetando toda a população.

Segundo Waste and Climate Change: Global trends and strategy framework (UNEP, 2010), o setor de gestão de resíduos está em uma posição única para deixar de ser uma fonte relativamente menor de emissões de gases de efeito estufa (GEE) global para se tornar um dos principais contribuintes para a redução das emissões destes gases. Embora os níveis menores de emissões sejam liberados através de tratamento e disposição de resíduos, a prevenção e reciclagem de resíduos evita emissões em outros setores da economia.

Com a exigência da Economia Circular não há descarte: tudo o que sobra pode e deve ser reutilizado, criando um fluxo de materiais que se transformam e são reincorporados aos processos produtivos e de consumo. De acordo com Costa (2022), o conceito “Do berço ao berço” pode parecer simples e óbvio, mas os desafios para se mudar os meios de produção atual para padrões sustentáveis são enormes. Não se trata simplesmente de reciclar os materiais, mas de mudar a forma como produzimos, consumimos, descartamos. Isto implica no uso de fontes alternativas de energia – menos emissoras e impactantes – na escolha do tipo de material utilizado nas linhas de produção, no aproveitamento dos resíduos e no tratamento da água que retorna ao ambiente após o processo de produção. Assim, é possível conciliar produção, saúde e qualidade ambiental.

O presente trabalho visa contribuir na adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos no bairro de Caixa da Água com o objetivo de minimizar possíveis impactos ambientais gerados na comunidade e na minimização geração de gases responsáveis pelo efeito estufa, bem como na oportunidade da geração de renda para a população local através da reciclagem e reaproveitamento de resíduos.

## **METODOLOGIA**

### **Região de Estudo**

O bairro de Caixa da Água é considerado como zona de risco pela Prefeitura de Olinda, estando nas proximidades da Reserva Ecológica de Dois Unidos que fica na cidade do Recife. O Bairro de Dois Unidos está no outro lado do rio Beberibe que cortam os bairros e, praticamente, divide as cidades de Olinda (Figura 1).

Quanto a parte de Olinda, situada na RPA 02, o território objeto desse estudo situa-se no bairro de Caixa da Água, um lugar que se caracteriza, prioritariamente, por se uma região de morros e com uma predominância de 90% de uso residencial. está, predominantemente, em área de morro e outra parte está situada em planície, com trecho alagável. Essa região é caracterizada pela concentração de habitações de baixo padrão construtivo, abastecimento de água irregular, esgotamento sanitário precário e acessibilidade também precária. Serviços básicos como a coleta de lixo não atende toda comunidade, apenas cerca de 79,0% dos domicílios da RPA.

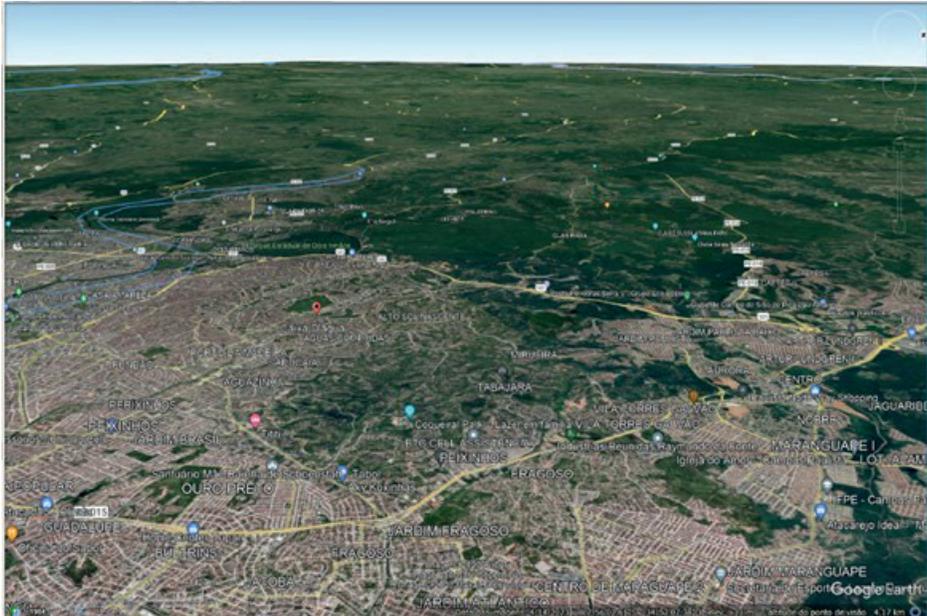


Figura 1: Mapa do Bairro de Caixa da Água – Olinda, Pernambuco, Brasil.

Fonte: Google Earth (2024).

Sobre as edificações de uso habitacional o uso e a forma de ocupação atribuem a área elevada densidade. A maioria dessas possui até dois pavimentos, sem afastamentos, laterais e frontais. São caracterizados como aglomerados subnormais que são as ocupações em locais de extrema vulnerabilidade formada pela população que habita às margens do Rio Beberibe e nas encostas dos morros. Na primeira destaca-se o risco de inundação, condições precárias devido a falta do tratamento mínimo do esgoto havendo risco de contaminação de doenças através de lixo e animais. Nas encostas, há o risco de desabamento de barreiras, especialmente no período chuvoso, o que coloca a vida dos ocupantes em condições vulneráveis.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### A Análise do Itinerário de coleta domiciliar

O aumento ou diminuição da população, as mudanças de características de bairros e a existência do recolhimento irregular dos resíduos são alguns fatores que podem indicar a necessidade de redimensionamento dos roteiros de coleta. Vários elementos foram considerados:

### *Guarnições de coleta*

Foram observadas as guarnições de coleta que variam de dois a cinco trabalhadores por veículo. A tendência das municipalidades é adotar guarnições de três a quatro trabalhadores, sendo que as empresas prestadoras de serviços empregam em geral três trabalhadores por veículo.

### *Equilíbrio dos roteiros*

Cada guarnição de coleta deve receber como tarefa uma mesma quantidade de trabalho, que resulte em um esforço físico equivalente. Em áreas com lixo concentrado, os garis carregam muito peso e percorrem pequena extensão de ruas. Inversamente, em áreas com pequena concentração de lixo, os garis carregam pouco peso e percorrem grande extensão. Em ambas as hipóteses, o desperdício de tempo e o custo para empresa são elevados.

### *Local de início da coleta*

Os roteiros devem ser planejados de tal forma que as guarnições comecem os serviços no ponto mais distante do local de destino do lixo e, com a progressão do trabalho, se movessem na direção daquele local, reduzindo as distâncias (e o tempo) de percurso.

### *Verificação da geração do lixo domiciliar*

Verificou-se a geração de resíduos sólidos nos domicílios, estabelecimentos públicos e no pequeno comércio, pois esses dados foram utilizados no dimensionamento dos roteiros necessários à coleta regular de lixo. A pesquisa foi realizada em um bairro de classe econômica baixa, tendo como base a projeção baseada em dados do último censo disponível, calculando a quantidade média do lixo gerado por uma pessoa por dia.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Diagnóstico**

Observou-se nessa área uma das maiores concentrações de assentamentos de baixa renda da Região Metropolitana do Recife, espalhada em áreas de risco, morros e alagados que, por sua vez, apresenta os menores índices de atendimento em infraestrutura, além de uma integração urbana restrita, fruto de uma baixa acessibilidade viária, conforme observado pelo CONDEPE (2022).

Com relação a topografia do local (Figura 2), observou-se um bairro íngreme, com cotas variando entre 11m a 75 m, proporcionando dificuldades de transporte do resíduo tanto manual (bicicletas, carro de mão ou carroça), proporcionando maior desgaste físico, quanto em veículos movidos a combustão, aumentando o gasto com combustíveis.

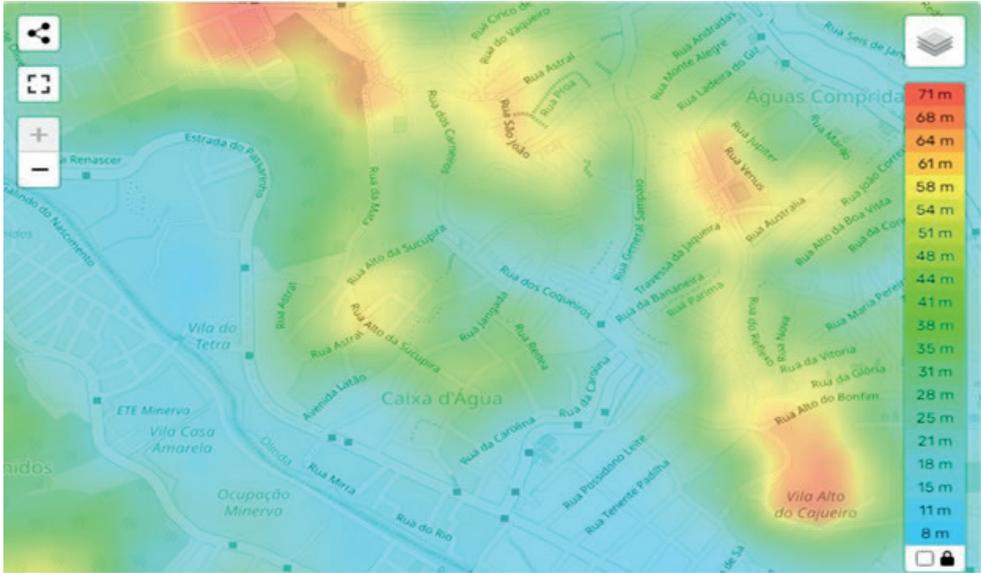


Figura 2: Mapa Topográfico do Bairro de Caixa da Água – Olinda, Pernambuco, Brasil.

Fonte: Topographic Map (2024).

Ressalta-se também que muitos dos resíduos não estão sendo corretamente acondicionados pela população, colocando-os em sacolas inapropriadas e de baixa resistência, além de destinadas inadequadamente em canais e rios, bem como nos taludes dos morros.

Para além das dificuldades topográficas, o fato do bairro ser densamente povoado com as ruas de sua grande maioria estreitas, faz com que veículos de transporte como caminhões compactadores de grade porte não se tornem viáveis. De acordo com o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2017), a cidade de Olinda gera em média 60% de matéria orgânica, 16% de rejeito, 12% de papel/papelão, 8% de plástico, 2% de vidros e 2% de metais. Dentre os rejeitos incluem-se os têxteis, que possuem a problemática do tempo de decomposição lenta e a produção de lixiviados, que pode contaminar a superfície e as fontes de água. No caso dos tecidos sintéticos, a decomposição pode levar centenas de anos (MACHADO; LEONEL, 2014).

Diante do exposto, realizou-se o cálculo do volume de resíduos médios gerados no bairro de Caixa da Água, tendo como base a geração per capita da Região Metropolitana do Recife e a média populacional do bairro fornecida pelo IBGE (BRASIL, 2010), obteve-se uma média de 13,9 toneladas de resíduos diários gerados, onde o maior percentual de resíduos está associado a matéria orgânica.

## RECOMENDAÇÕES

### Quanto ao Armazenamento e Coleta dos Resíduos

A definição de novos pontos de coleta do bairro de Caixa da Água foi baseada na rota estabelecida para o caminhão compactador (Figura 3). Os pontos foram subdivididos de acordo com o tipo de artéria em que estão inseridos, artéria principal ou artéria secundária, e o tipo de material armazenado, recicláveis ou não recicláveis. As artérias principais, sendo elas a Avenida Leopoldino Canuto de Melo, Rua Francisco Gomes e a Estrada de águas compridas receberão pontos de coleta, em que o caminhão compactador terá acesso direto. Já as artérias secundárias receberão pontos que serão acessados por transportes de pequeno porte como o motolixo, que por sua vez irá redirecionar o lixo para os pontos de coleta principais. Em cada ponto de coleta constarão duas caçambas de 1.000 L cada, uma para os resíduos úmidos e outra para os resíduos secos. O primeiro passo para garantir um sistema de coleta eficaz se dá através da separação dos resíduos na fonte, contudo, a falta de comunicação e informação ainda atinge a maioria da população, prejudicando o desempenho dos serviços.

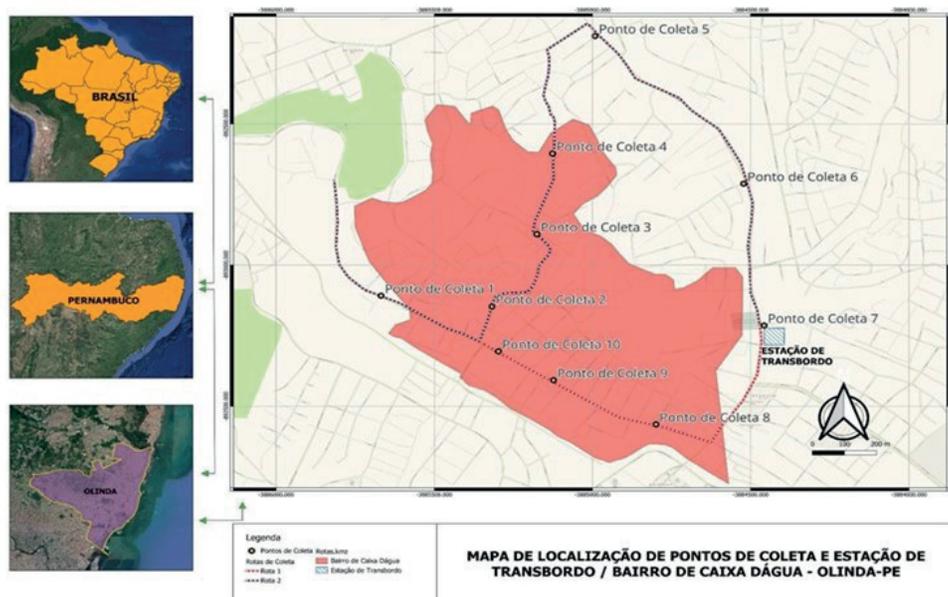


Figura 3: Mapa de Localização dos Pontos de Coleta e Estação de Transbordo.

Fonte: Os Autores (2024).

## Quanto ao Transporte dos Resíduos nas vias secundárias:

O bairro Caixa da Água, é constituído por ruas estreitas e pontos de grande altitude, onde nem sempre veículos de grande porte conseguem ter acesso. Dessa forma, sugere-se o uso de meios não convencionais, mas que se tornam adaptáveis para a região. Estes meios, sugere-se:

Moto lixo: As motos (Figura 4), com capacidade de aproximadamente 250 kg, recolhem os resíduos de ruas estreitas por onde os caminhões de coletas comuns não conseguem circular, além de possuírem uma manutenção barata e peças acessíveis.



Figura 4: Motolixo.

Fonte: Google Imagens (2024).

Coleta manual: A coleta manual se caracteriza pelo acesso dos garis até as regiões de difícil acesso, utilizando carros de mão para realizarem coletas e transportarem até os caminhões basculantes, que auxiliam nesse tipo de coleta.

Bicicletas coletoras: As bicicletas coletoras (Figura 5), também chamadas de “ecobikes”, podem suportar um total de carga de 300 kg, e como diferencial não necessita de abastecimento e possui uma manutenção extremamente barata.



Figura 5: Bike coletora.

Fonte: Google Imagens (2024).

## Quanto ao Transporte dos Resíduos nas vias Principais

**Caminhão Compactador:** Faz-se necessário o uso do caminhão compactador que servirá para diminuir a superfície de contato dos resíduos até uma estação de transbordo. Trata-se de um veículo especializado projetado para compactar e transportar resíduos sólidos. Sugere-se o uso de um caminhão de 15 m<sup>3</sup>.

**Caminhão Gaiola:** Terá a função de encaminhar os resíduos secos passíveis de reciclagem. A carroceria do caminhão gaiola por possuírem portas de acesso traseiras, facilitam o carregamento e descarregamento da carga. Alguns modelos também podem ter portas laterais para acesso adicional. Sugere-se um caminhão de comprimento interno de 4 metros, com largura interna de 2,2 metros e altura de 2 metros em função.

## Quanto à implantação de uma Estação de Transbordo

A estação de transbordo servirá como um ponto de acúmulo adequado dos resíduos, onde depois serão encaminhados ao Aterro Sanitário local. A principal finalidade será a preservação dos caminhões compactadores (não precisando ir ao aterro), bem como da separação dos resíduos passíveis de reciclagem ou não. Sugere-se o encaminhamento dos rejeitos da estação de transbordo através de caminhões basculantes. Quanto à localização da estação de transbordo foi adotado um terreno baldio que pertence a prefeitura na latitude: 7°59'52.96"S e longitude: 34° 53' 40.67"O, conforme Figura 6. Esse ponto foi escolhido por apresentar inúmeras vantagens, conforme orientação do artigo 120 da Portaria IAP no 187/2013, do Estado do Paraná, possui distanciamento seguro mínimo de 200 metros de residências, além de isoladas.

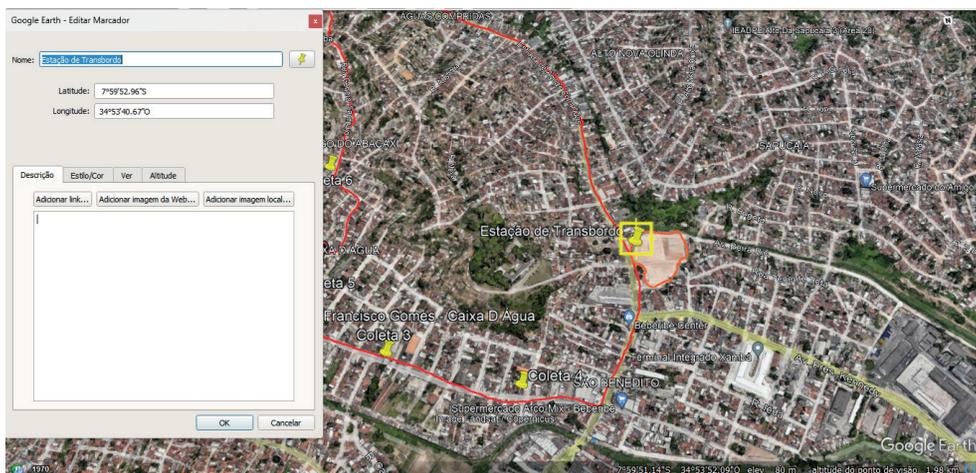


Figura 6: Localização da estação de Transbordo.

Fonte: Google Earth (2024).

## Quanto as Rotas de Transporte:

Com relação às rotas de transporte, Figura 7, adotou-se duas rotas nas vias principais. Uma vermelha e a outra verde. A vermelha será responsável por coletar os pontos de coleta 1, 7, 8, 9 e 10, enquanto a verde os pontos 2, 3, 4, 5 e 6. Todo o bairro no entorno com suas vias secundárias devem priorizar transportar os resíduos para os pontos de uma artéria principal mais próxima, através de transportes alternativos ora apresentados.

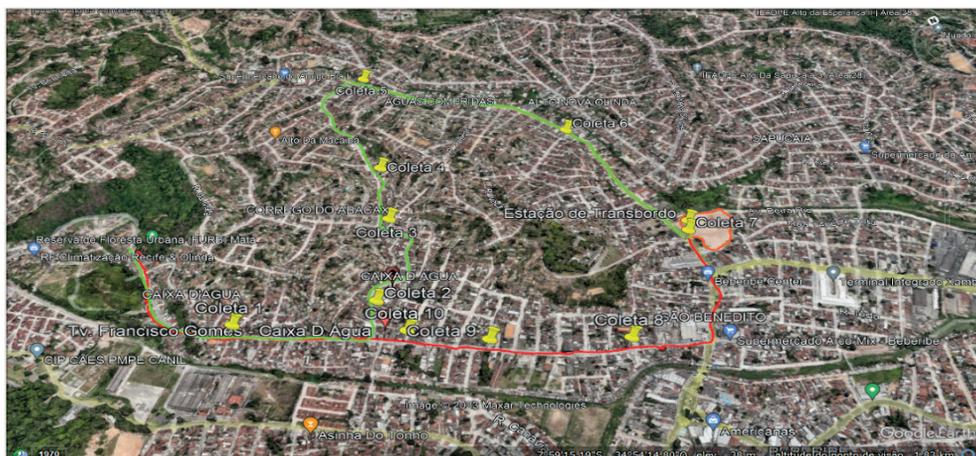


Figura 7: Rotas sugeridas para o bairro.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2024).

Dentro da área estudada, verificando as vias e o fluxo constante dos horários diurno e vespertino, o único horário adequado para coleta deve ser o noturno, onde diminui significativamente o trânsito viário, principalmente os horários de pico, garantindo a retirada de forma mais eficiente dos resíduos sólidos. Quanto aos dias para recolhimento, sugerem-se as segundas, quartas e sextas, onde nas segundas poderá ter um aumento da frota de coleta considerando que aos domingos tende a ocorrer a maior presença dos moradores nas residências, gerando uma quantidade maior de resíduos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A produção de RSU representa um dos principais desafios a serem enfrentados em decorrência da dinâmica plural da cidade contemporânea e sua relação com o consumo de bens geradores de resíduos;
- A heterogeneidade do bairro e seus conflitos espaciais impõem a necessidade de incorporar nos processos de urbanização as redes de produção e as novas tecnologias como aspectos fundamentais na definição de metas que garantam a sustentabilidade como um dos requisitos para melhor qualidade de vida no ambiente construído;

- Tendo como base a geração per capita da Região Metropolitana do Recife e a média populacional fornecida pelo IBGE, obteve-se uma média de 13,9 toneladas de resíduos diários gerados no bairro, onde o maior percentual de resíduos está associado a tecidos, seguidos de papelão, papel e plásticos;
- A importância de um trabalho de conscientização da população quanto a um PGRSU é de suma importância para a eficácia do programa, devendo ser realizado em parceria com as associações, igrejas e ONGs locais.

## REFERÊNCIAS

1. COSTA, J. J.; **Materiais Sustentáveis para a Indústria da Moda através do processo de Downcycling**, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Design e Marketing de Produto Têxtil, Vestuário, Minho, 2022.
2. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasília, DF, 2010.
3. IWAI, C. K.; **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e do solo em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: aterro sanitário em valas**, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 270 f.
4. MACHADO, P. G. S.; LEONEL, J. N; Práticas de Reciclagem de Resíduos Têxteis: uma contribuição para a gestão ambiental no Brasil. **Revista Competência**, Porto Alegre, RS, v.7, n.1, p. 129-145, jan./jun. 2014.
5. PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná - IAP. **Portaria n. 187/2013**. Estabelece condições e critérios e dá outras providências, para o licenciamento ambiental de Unidades de Transbordo de Resíduos Sólidos Urbanos Não Perigosos. 2013.
6. PERNAMBUCO. **Plano de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana do Estado de Pernambuco (Produto 4)**, 2017.
7. PERNAMBUCO. **Agência Estadual de Pesquisas e Planejamento do Estado de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM)**, 2022.
8. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Waste and climate change: global trends and strategy framework**. Shiga, Osaka: UNEP, 2010..

## CAPÍTULO 4

# UMA PERCEPÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PATOS, ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL

---

*Data de aceite: 02/09/2024*

**Eduardo Antonio Maia Lins**

Universidade Católica de Pernambuco /  
Instituto Federal de Pernambuco  
Recife - PE

**José Ivan dos Santos Júnior**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Adriane Mendes Vieira Mota**

Centro Universitário Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

**Andréa Cristina Baltar Barros**

Instituto Tecnológico de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Keli Starck**

Centro Universitário de Pato Branco  
Pato Branco – Paraná

**Daniele de Castro Pessoa de Melo**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Diogo Henrique Fernandes da Paz**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Cecília Maria Mota Lins**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife-Pernambuco

**Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Francisco das Chagas da Costa Filho**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Fábio Correia de Oliveira**

Centro Universitário Estácio de Sá  
Recife-PE

**Fabio Machado Cavalcanti**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** Este estudo analisou os impactos da gestão dos resíduos no município de Patos-PB baseado na percepção da população local e através de uma análise técnica durante o período de 6 meses na cidade, onde foram utilizados formulários eletrônicos para entrevistas junto a população bem como através de envios pelas redes sociais, tendo como objetivo atingir maior parte da população da cidade. Analisando-se os resultados pôde-se constatar que os resíduos domiciliares na cidade de Patos/PB têm sido coletados, em

sua maioria, pelos caminhões basculantes, não levando em consideração o reaproveitamento dos materiais recicláveis, tendo como destinação o Lixão da cidade, onde existem queimadas que podem gerar substâncias tóxicas nocivas à população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Observação, Técnica, Gerenciamento, Impactos, População.

## AN PERCEPTION OF WASTE MANAGEMENT IN THE MUNICIPALITY OF PATOS, STATE OF PARAÍBA, BRAZIL

**ABSTRACT:** This study analyzed the impacts of waste management in the municipality of Patos-PB based on the perception of the local population and through a technical analysis during the period of 6 months in the city, where electronic forms were used for interviews with the population as well as through submissions through social networks, aiming to reach most of the city's population. Analyzing the results, it could be seen that household waste in the city of Patos/PB has been collected, for the most part, by dump trucks, having as destination the city dump, where there are fires that can generate toxic substances harmful to the population.

**KEYWORDS:** Observation, Technique, Management, Impacts, Population.

### INTRODUÇÃO

O aumento populacional e a urbanização levaram a geração de uma ampla quantidade de resíduos sólidos industriais e urbanos em todo o mundo (SILVA et al., 2018; GUSMÃO et al., 2019; BANDEIRA et al., 2020; SANTOS JÚNIOR et al., 2020). Com isso, as dificuldades para o gerenciamento adequado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) vêm se intensificando pelo aumento de sua geração e por estes constituírem-se de propriedades diversas compostas por substâncias nocivas, com a capacidade de gerar prejuízos destoantes e danos a sociedade e ao meio ambiente (GOMES, 2017; BARROS, 2018; JANAS; ZAWADZKA, 2018).

A massa de resíduos produzidos no mundo vem crescendo consideravelmente por muitas décadas, especialmente em países ricos, mostrando uma ligação entre o produto interno bruto (PIB) e a geração de resíduos per capita, além do aumento populacional e da urbanização que vem levando a um aumento da geração na quantidade de resíduos sólidos urbanos como se pode observar através dos dados da ABRELPE (2022). As dificuldades para gerenciar os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) se intensificaram principalmente no período da pandemia da COVID-19 uma vez que muitos resíduos que seriam passíveis de reaproveitamento e/ou reciclagem passaram a estar contaminados com o vírus, gerando prejuízos econômicos e ao meio ambiente.

Em 2022, o Brasil gerou 81,8 milhões de toneladas de RSU, o que equivale a 224.000 toneladas diariamente, o que significa que cada brasileiro gerou, em média, 1,043 kg de resíduo por dia. A retomada da geração de resíduos com o fim da pandemia e o menor uso dos serviços de entrega fizeram com que o volume de resíduos fossem menores que o ano anterior (ABRELPE, 2022).

No Brasil, 61% dos resíduos coletados vem sendo encaminhados para aterros sanitários (cerca de 46,4 milhões de toneladas), enquanto outros 39% ainda são encaminhados para lixões e/ou aterros controlados, (cerca de 29,7 milhões de toneladas) (ABRELPE, 2022).

É importante destacar que o gerenciamento adequado dos RSU e a redução da sua geração são fundamentais para promover a sustentabilidade urbana (ECHEGARAY; HANSSTEIN, 2017), uma vez que contribuem para a aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 12, auxiliando na construção de cidades sustentáveis e no consumo e produção responsáveis, minorando os danos causados pela disposição inadequadas de resíduos. Diante do exposto, este trabalho objetivou, baseado na percepção da população local, e, através de uma análise técnica, analisar a qualidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Patos/PB.

Em 2022, o Brasil gerou 81,8 milhões de toneladas de RSU, o que equivale a 224.000 toneladas diariamente, o que significa que cada brasileiro gerou, em média, 1,043 kg de resíduo por dia. A retomada da geração de resíduos com o fim da pandemia e o menor uso dos serviços de entrega fizeram com que o volume de resíduos fossem menores que o ano anterior (ABRELPE, 2022).

No Brasil, 61% dos resíduos coletados vem sendo encaminhados para aterros sanitários (cerca de 46,4 milhões de toneladas), enquanto outros 39% ainda são encaminhados para lixões e/ou aterros controlados, (cerca de 29,7 milhões de toneladas) (ABRELPE, 2022).

É importante destacar que o gerenciamento adequado dos RSU e a redução da sua geração são fundamentais para promover a sustentabilidade urbana (ECHEGARAY; HANSSTEIN, 2017), uma vez que contribuem para a aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 12, auxiliando na construção de cidades sustentáveis e no consumo e produção responsáveis, minorando os danos causados pela disposição inadequadas de resíduos. Diante do exposto, este trabalho objetivou, baseado na percepção da população local, e, através de uma análise técnica, analisar a qualidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Patos/PB.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O município de Patos possui 473.056 km<sup>2</sup> e uma população média de 100 mil pessoas de acordo com o IBGE (2010), e, está a 315 km da capital do estado da Paraíba (Figura 1).

Baseando-se na percepção da população local e através de uma análise técnica durante o período de 6 meses na cidade, onde foram utilizados formulários eletrônicos para entrevistas junto a população bem como através de envios pelas redes sociais, tendo como objetivo atingir maior parte da população da cidade. Assim sendo, a metodologia foi dividida em seis fases.

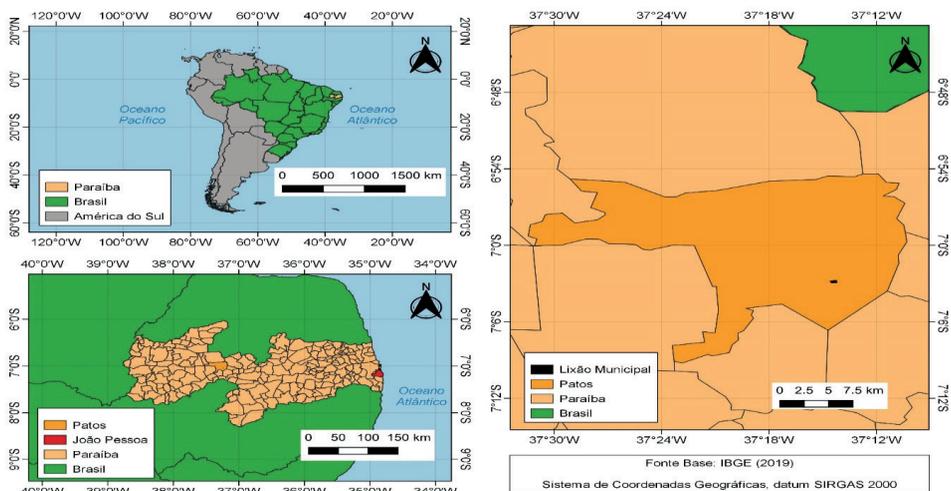


Figura 1. Localização da cidade de Patos, Paraíba, Brasil.

Fonte: Os Autores (2024).

A primeira fase foi elaborada a partir da leitura de artigos científicos. Para isso, estabeleceu-se um direcionamento voltado para a problemática das queimadas nos lixões no Brasil, buscando compreender os impactos ambientais causados à população. A partir dessas diretrizes, foram levantados dados nas bases de dados da Scielo e do Google Acadêmico. A segunda fase da pesquisa foi compreendida pela elaboração de um formulário, por meio da ferramenta Google Forms, com questões sobre a Geração de Resíduos nas residências, coleta dos RSU na cidade, destinação dos RSU, separação de resíduos recicláveis, se a população já teve algum desconforto ou patologia ocasionado pelas queimadas do lixão, e quais atitudes foram tomadas pela população e pelas autoridades frente essa problemática, aplicando perguntas objetivas para analisar a partir das informações do conhecimento e da prática do dia a dia das pessoas que responderam o questionário que tinha a finalidade de compreender a situação do município diante dessa realidade (Figura 2). Coletou-se também dados das ocorrências de queimadas no Lixão de Patos-PB no Corpo de Bombeiros Militar.



Figura 2. Etapas do estudo

Fonte: Os Autores (2024).

A terceira fase foi a realização de um pré-teste, visando sanar eventuais problemas que poderiam atrapalhar ou mesmo inviabilizar a aplicação do formulário para a população. Assim, o formulário foi disponibilizado para cinco pesquisadores. Após as correções oriundas do pré-teste, deu-se prosseguimento com o envio do formulário.

A quarta fase compreendeu o envio do formulário para aquisição das respostas da população. Foram adotadas duas formas de envio. A primeira foi por meio da rede social WhatsApp, a partir dos contatos presentes nas listas telefônicas dos autores, tanto de maneira individual como também em grupos. Além disso, nessa rede também foi solicitado que os entrevistados encaminhassem o formulário para suas listas de contatos. A outra forma de alcance foi através das redes sociais Facebook e Instagram, com intuito de alcançar uma maior quantidade de entrevistados.

Ademais, nessa fase foi determinada o  $n$  amostral mínimo, conforme Gil (2019), tendo como dados de entrada para o cálculo: uma população infinita, pois a pesquisa abrange o município de Patos-PB; o número de desvios-padrão igual a dois, garantindo um nível de confiança da amostra correspondente a aproximadamente 95,5% do total; o erro máximo permitido adotado foi de 7%; e, admitiu-se que 90% da população analisada já teve problema com as queimadas ocorridas no lixão. Assim, foi determinado que o tamanho mínimo da amostra deveria ser igual a 73.

A quinta fase buscou-se construir, a partir dos dados coletados, gráficos para auxiliarem na compreensão das informações que foram obtidas. Assim, a elaboração foi realizada no software Microsoft Excel, aplicando estatística descritiva, tendo como premissa a escolha de tipos de gráficos mais adequados para expressar as informações.

A última fase, sexta, foi a realização de discussões dos resultados encontrados, a partir dos cruzamentos de dados para evidenciar possíveis evidências em relação à qualificação dos entrevistados, como também a relação entre as perguntas realizadas no questionário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na aplicação do formulário foram obtidas 129 respostas, resultando em n amostral igual a 129. Já em relação à qualificação dos entrevistados, 60,50% foram do gênero feminino e 38,8% do gênero masculino. Quanto à faixa etária, 6% com 0 a 21 anos, 71,3% com 22 a 31 anos, 10,1% com 32 a 41 anos e 7,0% com mais de 41 anos. No que diz respeito ao grau de instrução, 0,8% têm ensino fundamental, 3,9% têm ensino técnico, 26,4% têm ensino médio, 48,1% têm ensino superior, 21% têm ensino em nível de pós-graduação.

Conforme a respostas dos questionários, para a população há uma maior geração de orgânicos (51,2%), oriundos da soma de restos de alimentos e resíduos de jardim, seguido de plásticos (34,1%), papel (11,6%) e metal (1,6%) (Figura 3). Percebe-se que maior parte dos resíduos são provenientes de matéria orgânica e a BRASIL (2010) prevê a Compostagem como uma prática de destinação final ambientalmente adequada.

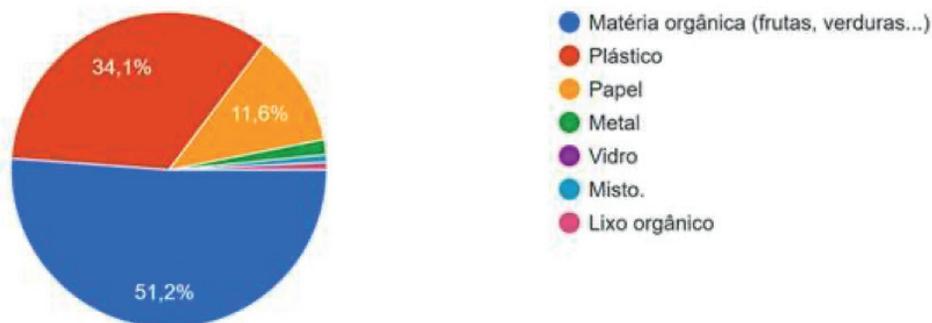


Figura 3. Percepção da População Quanto a Maior Geração de Resíduos na Cidade.

Fonte: Os Autores (2024).

A maior parte dos entrevistados não fazem a separação dos resíduos recicláveis. Muitas vezes por ausência de conhecimento e por ausência de políticas públicas de Educação Ambiental que incentivam essa prática (Figura 4).

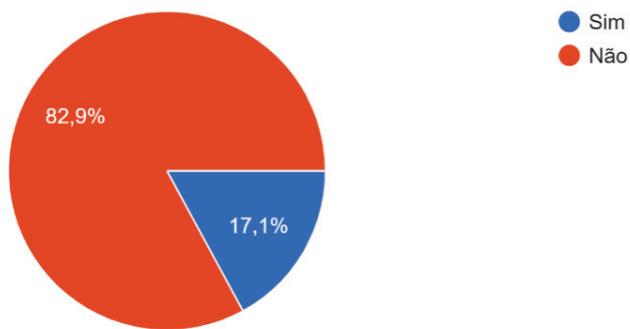


Figura 4. Separação dos resíduos.

Fonte: Os Autores (2024).

A cidade de Patos possui desde 2006 apenas uma Associação de Catadores de Materiais Recicláveis, a triagem correta dos resíduos colabora para eficiência da associação, já que uma das principais dificuldades enfrentadas por estes trabalhadores é o descarte de resíduos orgânicos e/ou resíduos de serviços de saúde misturados com os resíduos com potencial de reciclagem. No ano de 2021, a quantidade de municípios que tiveram ações de coleta seletiva foi de 4.183, que equivale a 75,1% do total de cidades do país. Vale ressaltar que em várias localidades as práticas de coleta seletiva ainda não contemplam o público em geral tendo como destaque as regiões Sul e Sudeste que tem os maiores percentuais de municípios com iniciativas de coleta seletiva (ABRELPE, 2022).

A criação e ampliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos e de fomento às organizações de catadores é de suma importância para a redução da emissão de gases do efeito estufa. A diminuição da geração de  $CO_2$  equivalente ( $CO_2e$ ), proveniente da reciclagem de materiais, ocorre tanto de forma direta por meio da mitigação de gases naturalmente emitidos no processo de decomposição dos materiais nos locais de descarte dos resíduos sólidos, como de forma indireta minorando a produção de materiais virgens a qual é intensiva em energia (ANUÁRIO DE RECICLAGEM, 2021; RIBEIRO et al., 2014).

A maior parte dos entrevistados também tem conhecimento que os RSU são destinados e dispostos no lixão da cidade. No Brasil pouco mais de 40% dos resíduos gerados são dispostos em lixões ou aterros controlados, fator esse que se agrava ainda mais no Nordeste Brasileiro onde cerca de 63,7% dos resíduos são dispostos de forma inadequada (ABRELPE, 2022). Estas formas de destinações inadequadas do ponto de vista sanitário são consideradas como práticas condenáveis, uma vez que os resíduos sólidos são dispostos diretamente ao solo sem nenhum tratamento, causando vários problemas como a contaminação do lençol freático, poluição do ar, contaminação do solo. Entretanto, essa ainda é uma problemática em parte do país.

O aterro sanitário é uma alternativa de destinação final ambientalmente adequada prevista na PNRS, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba (PARAÍBA, 2014) relata que a aplicação de soluções regionalizadas para o destino dos RSU deverá ser feito por meio da implantação de CTR's e de Aterros Sanitários consorciados em todo Estado da Paraíba, dando ênfase a minimização dos impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Destaca-se que todos os cidadãos que responderam os questionários têm conhecimento sobre as queimadas que ocorrem no lixão de Patos. Fato esse que pode ser explicado pela localização do lixão próximo ao território urbano e a depender das condições meteorológicas os ventos fortes colaboram para a propagação da fumaça das queimadas que muitas vezes atingem vários bairros da cidade. A Legislação Estadual do Plano de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) em seu Art. 235 destaca que: “É vedada, no território estadual, a prática de queimadas danosas ao meio ambiente, bem como a construção em áreas de riscos geológicos”. Nos questionários os patoenses destacaram os principais problemas de saúde ocasionados pelas queimadas no lixão (Figura 5).

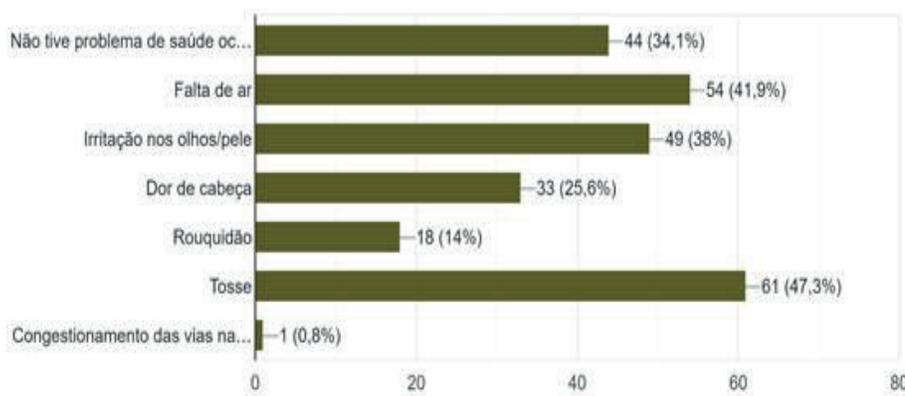


Figura 5. Percepção da População Quanto aos Problemas de saúde.

Fonte: Autores (2024).

Os problemas mais recorrentes são a Irritação dos olhos / pele e a tosse. Por isso é importante destacar que a poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis se encontram inferiores ao que determina o CONAMA 436/2011. As faixas etárias mais afetadas são as crianças e os idosos, grupos bastante suscetíveis aos efeitos nocivos da poluição aumentando as estatísticas que descrevem uma relação entre a mortalidade e a morbidade em virtude de problemas respiratórios em crianças (BAKONYI et al., 2004).

## CONCLUSÕES

A cidade de Patos, assim como o nordeste brasileiro, ainda permanece com um sistema linear de gestão de resíduos sólidos urbanos e mesmo com implementação da uma Política Nacional de Resíduos Sólidos pouco se avançou nesse quesito;

Observou-se que os resíduos domiciliares têm sido destinados quase que em sua totalidade para a coleta convencional, não levando em consideração o reaproveitamento dos materiais recicláveis, sendo esses resíduos coletados destinados em sua maioria para o Lixão;

O estudo em questão é de suma importância pois pode auxiliar em práticas de educação ambiental, conscientizando a população e as autoridades públicas no âmbito da gestão e destinação final dos resíduos, bem como destacando a importância da reciclagem e contribuindo assim para desenvolvimento sustentável do município, estando em conformidade com as (ODS) 11 e 12.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. ABRELPE, São Paulo/SP. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2022>>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

ANUÁRIO DA RECICLAGEM. Anuário da Reciclagem 2021. Brasília. Disponível em: [https://uploadssl.webflow.com/605512e6bb034aa16bac5b64/61c0df8ef4e32e41f3ef9943\\_Anuario%CC%81rio%20da%20Reciclagem%202021%20\(1\).pdf](https://uploadssl.webflow.com/605512e6bb034aa16bac5b64/61c0df8ef4e32e41f3ef9943_Anuario%CC%81rio%20da%20Reciclagem%202021%20(1).pdf)

BAKONYI, S. M. C.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MARTINS, L. C.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba- PR. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 695- 700, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 14 julho de 2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 436. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, de 29 dez. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>>. Acesso em: 14 julho de 2022.

ECHEGARAY, F.; HANSSTEIN, F. V. Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: the case of Brazil. Journal of Cleaner Production, v.142, p.180-190, 2017.

PARAÍBA. Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia - SERHMACT. 2014. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-dos-recursos-hidricos-e-do-meio-ambiente/arquivos/pers-pb-plano-estadual-residuos-solidos-pb-2014.pdf/@@download/file/PERS%20PB%20-%20PLANO%20ESTADUAL%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20PB%202014.pdf>. Acesso em: 26/10/2021.

RIBEIRO, L. C. D. S.; FREITAS, L. F. D. S.; CARVALHO, J. T. A.; OLIVEIRA FILHO, J. D. D. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. Nova Economia, v. 24, n. 1, p. 191-214, 2014.

# ANÁLISE AMBIENTAL DO CEMITÉRIO DE CASA AMARELA, RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL

---

*Data de aceite: 02/09/2024*

**Eduardo Antonio Maia Lins**

Universidade Católica de Pernambuco /  
Instituto Federal de Pernambuco  
Recife - PE

**José Ivan dos Santos Júnior**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Adriane Mendes Vieira Mota**

Centro Universitário Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

**Andréa Cristina Baltar Barros**

Instituto Tecnológico de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Keli Starck**

Centro Universitário de Pato Branco  
Pato Branco – Paraná

**Daniele de Castro Pessoa de Melo**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Diogo Henrique Fernandes da Paz**

Instituto Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Cecília Maria Mota Lins**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife-Pernambuco

**Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Francisco das Chagas da Costa Filho**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**Fábio Correia de Oliveira**

Centro Universitário Estácio de Sá  
Recife-PE

**Fabio Machado Cavalcanti**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** Os cemitérios deveriam ter a função de minimizar os impactos ambientais para a população e estarem em locais distantes da comunidade, contudo, observa-se que passa a ser um grande reduto de problema sanitário para as cidades. Este trabalho teve como objetivo analisar um cemitério público localizado na cidade do Recife tendo como base a influência do contexto histórico de implantação e as atuais exigências do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Foram realizados ensaios tátil-visual em alguns pontos do cemitério

para caracterizar o tipo de solo. Pelas análises tátil-visual realizadas observou-se um solo com característica arenosa e com a presença de siltes, de cor branca a acinzentada, tendo uma permeabilidade aproximada de  $10^{-4}$ cm/s estando com uma condutividade hidráulica fora dos padrões exigidos pelo CONAMA 335/03.

**PALAVRAS-CHAVE:** Observação, Técnica, Gestão, Impactos, Meio Ambiente.

## ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE CASA AMARELA CEMETERY, RECIFE, PERNAMBUCO, BRAZIL

**ABSTRACT:** The function of cemeteries should be to minimize the environmental impacts on the population and to be in places far from the community, however, it is observed that it becomes a great stronghold of sanitary problems for cities. This work aimed to analyze a public cemetery located in the city of Recife based on the influence of the historical context of implantation and according to the requirements of the National Council of the Environment. Tactile-visual tests were carried out at some points in the cemetery to characterize the type of soil. The tactile-visual analyzes observed showed a soil with sandy characteristics and the presence of silts, white to grayish in color, with an approximate permeability of  $10^{-4}$ cm/s, with hydraulic conductivity outside the standards required by CONAMA 335/ 03.

**KEYWORDS:** Observation, Technique, Management, Impacts, Environment.

## INTRODUÇÃO

O ato de enterrar ou colocar em caverna os mortos sempre foi realizado pelo ser humano como uma forma de minimizar o mau odor, além de tentar evitar a presença de insetos e doenças nas proximidades de suas moradias. No decorrer do tempo, com os estudos e avanços tecnológicos, notou-se que o aumento populacional aliado as doenças geraram a necessidade ao ser humano de implantarem locais mais distantes e isolados que recebessem os mortos, os chamados cemitérios (Casimiro; Gomes; Gomes, 2015).

Inúmeros são os problemas dos cemitérios conforme observado por Lins et al. (2023): muitos deles são antigos, e não se enquadraram as legislações; liberam gases tóxicos e responsáveis pelo efeito estufa; liberam necrochorume para o solo e lençol freático; local de alta concentração de doenças contagiosas, dentre outros.

Baseado em dados do IBGE (BRASIL, 2023) com levantamentos iniciais realizados desde 1939, no Brasil existem cerca de 6.799 cemitérios; em Pernambuco, são cerca de 341 cemitérios espalhados pelo estado sem contar com os clandestinos. Já na capital, Recife, existem 7 cemitérios, onde 5 são públicos e os demais são privados.

Os cemitérios deveriam ter a função de minimizar os impactos ambientais para a população e estarem em locais distantes da comunidade, contudo, observa-se que passa a ser um grande reduto de problema sanitário para as cidades. Este trabalho tem como objetivo analisar um cemitério público localizado na cidade do Recife tendo como base a influência do contexto histórico de implantação e as atuais exigências do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### História e Caracterização Local

O cemitério de Casa Amarela possui uma área aproximada de 11.600 m<sup>2</sup> tendo uma média de 1400 sepultamentos por ano (Figura 1). É considerado o mais antigo cemitério da cidade por se ter informações de sepultamentos desde o início do século XIX (Feitosa, 2019).



Figura 1. Cemitério de Casa Amarela, Pernambuco, Brasil.

Fonte: Google Earth (2024).

De acordo com Barthel, Ramos & Castro (2020, p. 135), o cemitério foi construído em um bairro cujo local se caracterizava como “moradias de famílias de baixo poder aquisitivo e este cemitério tem como característica a não existência de jazigos suntuosos, como os do tipo mausoléu-capela e mausoléu-monumento, sendo a categoria túmulo a mais comum, ao lado das covas”. Atualmente, as covas predominam no cemitério sendo cavadas diretamente no solo.

Geologicamente, a área possui uma transição entre a planície costeira e a superfície dos tabuleiros, onde a planície possui origem sedimentar, estando situada a aproximadamente 4 metros de altura em relação ao nível do mar (Alheiros; Medeiros, 2004).

Quanto a classificação de Koppen (1948), o clima no Recife é do tipo Ams, caracterizado por ser um clima úmido, apresentando chuvas de monções durante todo o ano, contendo uma estação seca curta mas bem definida.

## As Análises

Realizou-se um estudo acerca das legislações em vigor bem como do histórico do cemitério. Depois, durante um período de 3 meses foram realizadas análises no cemitério local. Observaram-se as conformidades ou não-conformidades baseadas nas legislações em vigor, além de realizar alguns registros fotográficos e entrevistas com responsáveis locais. Também foram realizados ensaios táctil-visual em alguns pontos do cemitério para caracterizar o tipo de solo local.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as investigações no cemitério, observou-se que, conforme Figura 2, em seu entorno existe a feira popular, onde as frutas e verduras estão expostas sem qualquer controle sanitário, e, as barracas apoiadas sobre o muro dos cemitérios.

Durante as exumações dos corpos, é comum observar inúmeros insetos disputando espaço com aves, gatos e cachorros sobre os cadáveres. Não se pôde observar cuidados éticos, morais, e nem com a saúde dos familiares (que necessitavam acompanhar a exumação) e trabalhadores pela ausência de equipamentos de proteção individual. Após a conclusão da exumação, realizou-se a lavagem dos ossos, em um local reservado, para remoção do solo e possível material orgânico presente nos ossos, seguindo diretamente para a rede de esgoto sem prévio tratamento. Após a lavagem, os ossos são transladados a um cemitério que possua um ossuário, após pagamento de taxas e registros por parte da família.



Figura 2. Localização da Feira e do Cemitério.

Fonte: Google Earth (2024) adaptado pelos Autores (2024).

Em Recife, a exumação é realizada em dois anos, e, caso os corpos não esteja totalmente decompostos, permanecem por mais seis meses (RECIFE, 2019). Em São Paulo, capital, a exumação ocorre em três anos, e em caso de uma decomposição incompleta do cadáver, deve-se permanecer por mais dois anos (SÃO PAULO, 2020).

No Cemitério de Casa Amarela, também se observou a existência de inúmeros túmulos gavetas que estão conjugados as casas vizinhas (Figura 3). De acordo com o CONAMA 335/03, sabe-se que a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério. Historicamente, o cemitério de Casa Amarela foi construído em um lugar mais isolado servindo para enterrar os soldados das batalhas entre portugueses e holandeses no Forte Real do Bom Jesus, o atual Sítio da Trindade (Feitosa, 2019). A população se aportou no local após a implantação do cemitério, contudo, o cemitério, não se adequou as exigências da legislação federal, onde deveria realizar o recuo necessário. Uma série de problemas de saúde aos moradores pode estar ocorrendo, levando-se em consideração o potencial poluidor do necrochorume e dos gases gerados pela decomposição do cadáver, tendo ainda como agravante os túmulos não serem impermeabilizados. De acordo com FUNASA (BRASIL, 2007), a cadaverina e putrecina, presentes no necrochorume são elementos muito tóxicos, além dos vírus e bactérias de doenças infectocontagiosas.

Baseado no mapa topográfico fornecido pelo Topographic Map (2023), o cemitério possui uma variação, da altitude, oeste-leste, em torno de 2m, sugerindo uma declividade de escoamento superficial para o comércio local, uma vez que não existe um sistema de drenagem de água pluvial local, que são essenciais para a minimização da erosão bem como do possível deslocamento de necrochorume diluído para a população circunvizinha. De acordo com o CONAMA 335/03, o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado.

Pelas análises táctil-visual realizadas observou-se um solo com característica arenosa e com a presença de siltes, de cor branca a acinzentada, tendo uma permeabilidade que varia entre  $10^{-3}$ cm/s a  $10^{-6}$ cm/s, conforme metodologia de Caputo (2022), podendo estar com uma condutividade hidráulica fora dos padrões exigidos pelo CONAMA 335/03.



Figura 3. Muro Conjugado para Túmulos Gaveta e Moradias da Comunidade.

Fonte: Os Autores (2024).

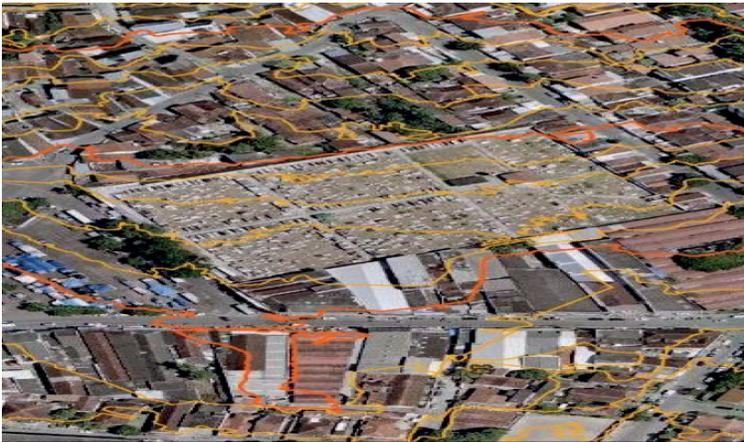


Figura 4. Topografia do Cemitério de Casa Amarela.

Fonte: Google Earth (2024) e Topographic Map (2024).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O cemitério de Casa Amarela possui algumas não conformidades de acordo com o CONAMA 335/03 que necessitam serem solucionadas a fim de que minimizem os prováveis impactos ao meio ambiente e a população circunvizinha. Contudo, para confirmação destes impactos, faz-se necessário estudos mais aprofundados incluindo análise do lençol freático e modelagem de pluma de contaminação.

A conjugação dos túmulos gaveta com as moradias da comunidade podem estar trazendo uma série de problemas de saúde aos moradores, uma vez que os túmulos não são impermeabilizados e entram em contato diretamente com o necrochorume e com os gases da decomposição humana que são nocivos ao ser humano, como no caso do gás sulfídrico e amoníaco. Sugere-se um acompanhamento da saúde da população do entorno e a remoção dos túmulos gavetas que estão conjugados com a comunidade e que se encontram em desconformidade com o CONAMA 335/03.

Em Recife, não existe uma técnica de exumação padrão ou algum tipo de preparo para os coveiros mediante a retirada dos corpos. Os atos de exumação têm se tornado um momento de explosão de contágios de doenças e insetos por falta de controle sanitário.

## REFERÊNCIAS

Alheiros, M. A.; Medeiros, G. M., 2004. Guia de ocupação dos morros – Região Metropolitana do Recife, Programa Viva o Morro. Manuais Técnicos e Cartilhas Populares. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, Órgãos de Defesa Civil nacional, estaduais e municipais. 36p.

Barthel, S.G.A.; Ramos, A.C.P.T.; Castros, V.M.C. Estilos Arquitetônicos em Espaços Cemiteriais: Contribuição aos Estudos de Arqueologia Funerária, Revista Noctua – Arqueologia e Patrimônio, 2021

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, 2003.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT – Brasília: Funasa, 2007. 118 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 402 de 17 de novembro de 2008. Dispõe sobre o licenciamento de cemitérios. Brasília, 2008.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Link: <https://seculoxx.ibge.gov.br/estatisticas-populacionais-sociais-politicas-e-culturais/busca-por-palavra-chave/habitacao-e-infra-estrutura/727-cemiterios>. Acesso: 12/05/2023.

Caputo, H. P. Mecânica dos Solos. Editora LTC, 8 Edição, 2022.

Casimiro, T. M.; Gomes, M. V.; Gomes, R. V. Portuguese faience trade and consumption across the world (16th – 18th centuries). In: GAIRRÓS, Jaume Buxed i; FERNÁNDEZ, Marisol Madrid i; IÑÁÑEZ, Javier i (Eds.). Global Pottery 1. Historical Archaeology and Archaeometric for Societies in Contact. BAR International Series 2761, p. 67-79, 2015.

Feitosa, A. L. S. A tralha doméstica no Forte Real do Bom Jesus: estudo da faiança da fortificação, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2019, 174 f.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2023.

Koepfen, W., 1948. Climatología con un estudio de los climas de la Tierra. Version de Pedro R. Hendrícles Pérez. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948.

Lins, E. A. M.; Pianowski, S. M.; Braga, M. M.; Oliveira, R. P. C. A.; Lins, A. S. B. M. Análise Ambiental de Cemitério através da Matriz de SWOT – Estudo de Caso, Revista Engenharia Urbana em Debate, USP/UFSCar, v. 3, n.1, 2022.

RECIFE. Prefeitura da Cidade. Decreto 33037/2019. Link: <https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/decreto/2019/3304/33037/decreto-n-33037-2019-regulamenta-a-lei-n-15645-de-19-de-junho-de-1992>. Acesso: 13/06/2023.

SÃO PAULO. Prefeitura da Cidade. Decreto 59196/2020. Link: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-59196-de-29-de-janeiro-de-2020#:~:text=%C2%A7%201%C2%BA%20Fica%20vedada%20%C3%A0,cemit%C3%A9rios%20p%C3%BAblicos%2C%20no%20que%20couber>. Acesso: 12/06/23.

TOPOGRAPHIC MAP. Link: <https://pt-br.topographic-map.com/map-6r951/Recife/>. Acesso: 13/06/23.

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA:** Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado (2011) e Bacharel em Química Industrial (2023) pela Universidade de Uberaba (UNIUBE), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única de Ipatinga (FUNIP). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e especialista em Química Analítica pela Faculdade Metropolitana do Estado de São Paulo (FAMEESP) em 2024. Mestre (2015) e doutor (2018) em Química Analítica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Realizou o primeiro estágio Pós-Doutoral (de maio de 2020 a abril de 2022) e cursou o segundo estágio (2022-2024) na UFU com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de Contaminantes de Preocupação Emergente (CPE) em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atuou como técnico em laboratório/Química pelo Instituto Federal de Goiás (2010-2022), químico e responsável técnico pelos laboratórios da Unicesumar/Polo Patrocínio e professor do SENAI de Minas Gerais e Goiás. Atualmente é professor de química do Colégio Militar do Tocantins em Araguaína/TO. Atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ( $H_2O_2/UV\ C$ ,  $TiO_2/UV\ A$  e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química. É membro do corpo editorial da Atena Editora desde 2021 e já organizou mais de 90 e-books e publicou 43 capítulos de livros nas diferentes áreas de Ciências da Natureza, Engenharia Química e Sanitária/Ambiental, Meio ambiente dentre outras áreas.

**A**

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE) 9, 38  
Aterros controlados 9, 32, 36  
Aterros sanitários 9, 10, 15, 16, 32, 37  
Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) 8, 10, 17

**B**

Bicicletas coletoras 26

**C**

Cadaverina 43  
Caixa da água 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26  
Calidad del agua 1, 2, 3, 7  
Cemitérios 39, 40, 42, 45  
Cidades sustentáveis 32  
Coleta domiciliar 20, 22  
Coliformes fecales 3, 4, 5, 6  
Compostagem 13, 14, 16, 35  
Condutividade hidráulica 40, 43  
Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 17, 38, 39, 40, 45  
Contaminação 10, 13, 14, 15, 22, 36, 44, 45

**D**

Demanda Química de Oxígeno (DQO) 3

**E**

Educação ambiental 13, 14, 16, 35, 38, 47  
Efeito estufa 13, 14, 20, 21, 36, 40  
Estação de transbordo 27  
Estudo de Impactos Ambientais (EIA) 9

**G**

Gases de Efeito Estufa (GEE) 13, 14, 21  
Gases tóxicos 15, 20, 40  
Gestão de resíduos 9, 10, 15, 16, 17, 19, 21, 30, 38

**I**

Impactos ambientais 8, 9, 10, 11, 13, 18, 20, 21, 33, 37, 39, 40

**L**

Lençol freático 13, 14, 15, 16, 36, 40, 44

Lixões 9, 17, 32, 33, 36

**M**

Moto lixo 26

**N**

Necrochorume 40, 43, 45

**O**

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 32

Oxígeno Dissolvido (OD) 2, 3, 4, 5, 6

**P**

Permeabilidade 40, 43

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 9, 17, 38

Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) 10, 17

Problema sanitário 39, 40

Putrecina 43

**R**

Reaproveitamento 20, 21, 31, 38

Reciclagem 13, 14, 16, 20, 21, 27, 29, 31, 36, 38

Recicláveis 10, 25, 31, 33, 35, 36, 38

Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) 10

Reserva Ecológica de Dois Unidos 21

Resíduos sólidos 9, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 31, 32, 36, 37, 38

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 9, 11, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 29, 31, 32, 38

Rio Beberibe 22

Río de la Plata 2

Río Quinto 1, 2, 7

**S**

Saneamento básico 9, 17

Siltes 40, 43

sistemas de tratamento de água 15

Sólidos Totales 3, 4, 5, 6

Sustentabilidade 9, 15, 16, 17, 20, 28, 32

## **T**

Táctil-visual 39, 40, 42, 43

Túmulos 43, 44, 45

Turbidez 2, 4, 5, 6

## **V**

Vetores de doenças 15

# ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

## SUSTENTABILIDADE EM AÇÃO 2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

## SUSTENTABILIDADE EM AÇÃO 2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)