

QUALIDADE AMBIENTAL DA MICROBACIA DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SÃO BORJA ANTERIOR A OPERAÇÃO



<https://doi.org/10.22533/at.ed.200112515044>

Data de submissão: 05/05/2025

Data de aceite: 14/05/2025

José Rodrigo Fernandez Caresani

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Uergs (Unidade São Borja).
<http://lattes.cnpq.br/0357301530256963>

Joyce Cristina Gonçalves Roth

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Uergs (Unidade Porto Alegre).
<http://lattes.cnpq.br/5161270146704130>

Luise Mariane Ferraz da Rosa

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Uergs (Unidade São Borja).
<http://lattes.cnpq.br/4344575618385294>

Rosenara Lafuente Moreira

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Uergs (Unidade São Borja).
<http://lattes.cnpq.br/3338439003936534>

Samara dos Santos Spies

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Uergs (Unidade São Borja).
<http://lattes.cnpq.br/7863907691768076>

RESUMO: Os monitoramentos ambientais possuem uma capacidade de gerar registros históricos para uma região ou microbacia, ou município, e por vezes é o motivador do estudo científico anterior a instalação de algum empreendimento. Neste trabalho,

o estudo de monitoramento possui por finalidade reconhecer os recursos hídricos da área de estudo, bem como o uso e ocupação do solo e a qualidade das águas superficiais da microbacia na qual se implantou o primeiro aterro sanitário em São Borja, RS. A metodologia incluiu a montagem de um banco de dados geográfico usando imagens multiespectrais dos satélites Landsat 8 e 9 além de cartas topográficas. Foram importados também os modelos SRTM obtidos do Earth Explorer para compreender a topografia da região. A delimitação da microbacia do aterro sanitário foi realizada, a área delimitada está contida entre a BR 287 e uma estrada municipal pela qual passava a linha férrea. A qualidade da água dos canais foi avaliada através de coletas, alguns parâmetros foram medidos em campo (*“in situ”*) e outros foram determinados em laboratório (*“ex situ”*). Alguns parâmetros apresentaram valores que geram preocupação, o oxigênio dissolvido é o que mais chamou a atenção dos pesquisadores, um gás essencial para a vida aquática dos seres vivos. O fato de o estudo ter sido realizado no período que antecede a operação do aterro sanitário, garante a ele a relevância ambiental no histórico de estudos realizados no

município. O trabalho de campo e a montagem do banco de dados geográficos, pelo emprego das técnicas de sensoriamento remoto, permitiram concluir que a microbacia possui uma atividade agrícola elevada.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento ambiental. Hidrodinâmica. Águas superficiais.

ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE MICROBASIN OF THE SANITARY LANDFILL OF THE MUNICIPALITY OF SÃO BORJA BEFORE THE OPERATION

ABSTRACT: Environmental monitoring has the capacity to generate historical records for a region or micro-basin, or municipality, and it is sometimes the motivator for scientific study prior to the installation of a project. In this work, the monitoring study aims to consider the water resources of the study area, as well as the use and occupation of the soil and the quality of the surface water of the microbasin in which the first sanitary landfill was implemented in São Borja, RS. The methodology included the assembly of a geographic database using multispectral images from Landsat 8 and 9 satellites as well as topographic maps. SRTM models obtained from Earth Explorer were also imported to understand the topography of the region. The delimitation of the sanitary landfill micro-basin was carried out, the delimited area is contained between BR 287 and a municipal road through which the railway line passed. The quality of the water in the canals was evaluated through collections, some parameters were measured in the field (“in situ”) and others were determined in the laboratory (“ex situ”). Some parameters presented values that generate concern, the dissolved oxygen is what most caught the attention of the researchers, an essential gas for the aquatic life of living beings. The fact that the study was carried out in the period preceding the operation of the landfill guarantees its environmental relevance in the history of studies carried out in the municipality. The fieldwork and the assembly of the geographic database, using remote sensing techniques, allowed us to conclude that the microbasin has a high level of agricultural activity.

KEYWORDS: Environmental monitoring. Hydrodynamics. Surface waters.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA) há dois tipos de monitoramento: o ambiental e o geotécnico. O monitoramento ambiental tem por objetivo verificar se as obras de drenagem e impermeabilização cumprem com a função de isolar o entorno do aterro dos resíduos e efluentes com potencial poluidor. O veículo da dispersão dos poluentes por excelência é a água. Portanto, excluir a possibilidade do contato das águas de superfície e do lençol freático com resíduos sólidos, lixiviados e biogás é a função primordial dos trabalhos de engenharia. Já o monitoramento geotécnico de aterros sanitários é uma importante ferramenta que permite a contínua avaliação das condições de segurança deles, além de possibilitar a contínua estimativa da vida útil dos aterros sanitários, já que os Resíduos Sólidos Urbanos são materiais altamente deformáveis (ReCESA, 2008).

O monitoramento ambiental de águas superficiais consiste em importantes ferramentas que permitem avaliar a qualidade ambiental de uma microbacia. A hidrografia de cada microbacia possui suas peculiaridades, sendo necessário avaliar o contexto geográfico, temporal e hídrico de cada espaço geográfico para que a discussão dos dados seja coerente e não conduza a interpretações precipitadas. Muitas são as atividades que podem comprometer a qualidade ambiental de uma microbacia, entre as quais, destaca-se a deposição de resíduos sólidos nos aterros sanitários, que mesmo indicado como destino ambientalmente adequado dos resíduos, podem por falhas construtivas, representar algum tipo de risco. Os resíduos sólidos podem apresentar potencial poluidor que atinge os corpos hídricos superficiais e subterrâneos, e por tanto, o monitoramento da microbacia, pode auxiliar no entendimento e evolução da qualidade ambiental dessa área (Madeira *et al.*, 2022).

Monitoramentos em torno de aterros sanitários foram realizados em diversas localidades no Brasil e no mundo, é plausível citar a análise do Riacho Logradouro localizado na cidade de Campina Grande (PB) (Macedo *et al.*, 2020), um estudo de caso dentro da área metropolitana de Fortaleza (Braga *et al.*, 2020), a avaliação de recursos hídricos subterrâneos e superficiais realizado na área de influência direta do Aterro Sanitário de Palmas (TO) (Sousa *et al.*, 2020), e muitos outros poderiam ser citados.

A Lei Federal nº 9433/97 institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e traz diversas concepções acerca da conservação e monitoramento dos recursos hídricos. Define a água como um bem público e que sua gestão deve ser descentralizada e participativa, este importante instrumento normativo elenca os Planos de Recursos Hídricos como instrumentos necessários à manutenção da qualidade ambiental (BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA 357/2005 é proveniente da política nacional de recursos hídricos, a qual estabelece diversos parâmetros usados na classificação de corpos da água. A Tabela 1 apresenta alguns parâmetros definidos por esta legislação ambiental e podem ser associados com os resultados obtidos nas coletas e análises realizadas.

| Classes | Parâmetros | | | |
|------------|------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| | pH | Turbidez NTU | OD mgO ₂ /L | DBO mgO ₂ /L |
| Classe I | 6,0-9,0 | ≤ 40 | ≥ 6,0 | ≤ 3,0 |
| Classe II | 6,0-9,0 | ≤ 100 | ≥ 5,0 | ≤ 5,0 |
| Classe III | 6,0-9,0 | ≤ 100 | ≥ 4,0 | ≤ 10,0 |
| Classe IV | 6,0-9,0 | - | ≥ 2,0 | - |

Tabela 1. Algumas faixas de parâmetros associados com a classificação do corpo da água obtidos da resolução CONAMA 357/2005.

Fonte: Brasil, 2005.

As estratégias de monitoramento são diversas, envolvendo parâmetros físico-químicos, bioquímicos e analíticos. Cada estudo possui um leque de parâmetros monitorados diferenciados, certamente os recursos disponíveis nos laboratórios de pesquisa influenciam muito na escolha destes. A comparação entre dados de diferentes estudos precisa ser realizada com muita cautela, pois cada aterro é instalado em um contexto geológico, hídrico e uma ocupação de solo diferenciada.

MATERIAL E MÉTODOS

Montagem do banco de dados geográfico

Foi usado o sistema de informação geográfico Spring 5.5.6 6 (Câmara *et al*, 1996) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para montar um banco de dados geográfico com imagens multiespectrais de satélite, entre outros, os materiais foram obtidos no *earthexplorer*, plataforma sob domínio da *United States Geological Survey* (USGS) e no Geoportal do exército brasileiro.

Hidrografia do local de estudo

A carta topográfica da década de 1970 revelou que o local no qual foi instalado o aterro sanitário era um arrozal no passado, a atual estrada municipal de terra na qual ocorre o tráfego de caminhões destinados a coleta de lixo era antigamente a via férrea do município, a qual foi retirada e desativada.

A análise da carta topográfica já fornece uma noção sobre o formato e limites da microbacia, entretanto, para obter um mapeamento mais preciso se optou pelo uso dos modelos de elevação do terreno conhecidos como *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), consistem em grades altimétricas de 30 metros de resolução obtidas na plataforma *Earth Explorer*, estes dados altimétricos estão sob a gestão da USGS.

Uma rede de drenagem pode ser estimada a partir destes modelos de elevação, os quais através da análise topográfica do terreno permite localizar e mapear os locais com menor altimetria, nos quais a probabilidade da existência de canais é alta. A Figura 1 mostra o processo de digitalização dos limites da microbacia sendo realizado usando multicritérios para se obter mais precisão.

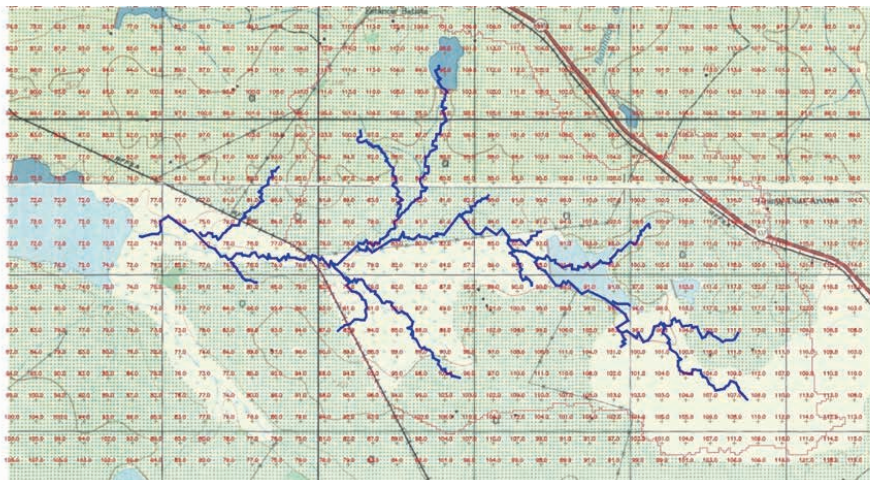


Figura 1. Sobreposição da carta topográfica com a rede de drenagem obtida a partir do SRTM e exibição da grade altimétrica deste modelo de elevação.

Fonte: Autores (2024).

Pontos monitorados (coletas)

Uma vez compreendida a rede de drenagem do microbacia analisada, foi possível definir os pontos de coleta e compreender o contexto hídrico que eles representam. Os três pontos de monitoramento definidos neste trabalho acadêmico se localizam nas coordenadas geográficas: o 55° 51' 16.90" e s 28° 45' 36.40" (P1), o 55° 51' 35.71" e s 28° 46' 4.26" (P2), o 55° 52' 32.63" e s 28° 45' 32.76" (P3), consistem nos locais onde ocorreram as coletas de águas superficiais.

Na Figura 2 estes pontos são visualizados, além dos pontos que definem o perímetro da propriedade adquirida pela empresa PGR Aterro Sanitário e Tratamento de Resíduos LTDA (obtidas do licenciamento ambiental), na referida imagem já é possível visualizar a primeira célula construída no aterro, além da estação de tratamento de chorume. Foram monitorados três locais na microbacia na qual o aterro sanitário se localiza: dois deles consistem em canais a montante do lugar onde o aterro foi concluído (P1 e P2), o terceiro ponto é a jusante, consiste no ponto exutório da microbacia analisada, onde se localiza uma ponte bem conhecida (P3), neste local os canais se conectam e formam um canal maior que parece um arroio. A análise do ponto exutório da microbacia é essencial para compreender a capacidade de autodepuração do ambiente natural da área de estudo. A Figura 2 mostra os pontos de monitoramento e o perímetro do aterro sanitário.



Figura 2. Apresentação dos pontos monitorados (coletas), o perímetro do aterro, localização da célula Ema e da estação de tratamento de chorume.

MÉTODOS E EQUIPAMENTOS PARA ANÁLISES AMBIENTAIS

PH

Utilizou-se um pHmetro portátil da marca Kasvi. A faixa de medição do pHmetro é de 0-14 e sua precisão é de $\pm 0,1$. Os dados foram obtidos em campo, sendo medido em três diferentes amostras para cada ponto de coleta (triplicata).

Oxigênio dissolvido e temperatura

Para a avaliação dos parâmetros de oxigênio dissolvido (OD) utilizou-se uma maleta multisensor do modelo AK88, calibrado sempre anterior do uso. O parâmetro foi obtido preliminarmente *in situ* através da medição de três diferentes amostras para cada ponto de coleta monitorado (P1, P2 e P3), resultando em coletas com nove fracos (3 x 3). Os valores adquiridos por este aparelho ainda em campo, eram expressos em porcentagem de saturação (%) e temperatura (°C). Portanto, a segunda etapa “*ex situ*” consistiu na conversão desses valores para mgO_2/L , realizada através de conversor online.

Turbidez

A turbidez das amostras foi medida em campo usando um turbidímetro da marca Del Lab. Esta análise foi realizada através da coleta de três diferentes amostras de água para cada ponto de monitoramento (triplicata).

Condutividade

A condutividade das amostras da água coletadas foi medida *ex situ*, imediatamente após o retorno da atividade de campo, usando condutivímetro mCA150 da marca MS TECNOPON. Cada ponto foi analisado em triplicata.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para a obtenção deste parâmetro foi utilizado o Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltado para Análises de Águas e Esgoto Sanitário e Industrial da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP, 2004), pelo emprego do método de determinação Refluxo Aberto. Tal metodologia consiste na matéria orgânica/inorgânica oxidável sendo oxidada em meio ácido (H_2SO_4) por um forte agente oxidante, dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). A reação é catalisada pelo Sulfato de Prata (Ag_2SO_4) e calor, num processo de digestão de aproximadamente 2 horas. Após a digestão, e repouso para esfriamento da solução, é feita a titulação do excesso de dicromato contra uma solução de Sulfato Ferroso Amoniacal ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2$), para então se determinar a quantidade de oxidante consumida na reação. O resultado é expresso em termos equivalentes de oxigênio. O indicador ferroína foi adicionado após o resfriamento do balão para evitar sua desativação.

Nitrogênio amoniacal natural

Método de determinação utilizado para este parâmetro foi o de destilação preliminar/titulométrico conforme POLI-USP (2004). A amostra foi tamponada em pH de 9,5 utilizando o tampão de borato para evitar a hidrólise de tiocianatos e outros compostos orgânicos. Em seguida, a solução foi destilada por cerca de 30 minutos e o conteúdo destilado coletado numa solução absorvente de ácido Bórico. O pH da solução de boro foi aferida em balão volumétrica, medido e comparado com uma solução de referência (branco). Em caso de diferença relevante de pH (), a solução foi submetida a titulação potenciométrica usando ácido sulfúrico.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para a determinação da DBO foi utilizado o método de incubação (20 °C, cinco dias) conforme a NBR 12614/1992. O processo consistiu em diluir três amostras de cada ponto monitorado. Após os cinco dias de incubação foi realizada novamente a medição. Os resultados são avaliados e passam por uma análise crítica, na maioria dos casos a estimativa obtida consiste na média aritmética calculada a partir das três diluições realizadas.

Dureza

A dureza da água foi estimada usando a metodologia descrita em POLI-USP (2004), em que o quelante Etilenodiaminotetracético sal dissódico (EDTA) forma um complexo quando em contato com certos metais. Se uma pequena quantidade de indicador Preto de Eriocromo T é adicionado à solução aquosa contendo íons cálcio e magnésio, numa faixa de pH de 10 +/-0,1, a solução fica com uma cor rósea. Com a adição de EDTA, os íons cálcio e magnésio são, por ele, complexados, e a solução fica com uma coloração azul, indicando o ponto final da titulação.

Os dados das nove coletas ocorreram entre os meses de maio do ano de 2023 e fevereiro de 2024. Apesar do aterro ter entrado em atividade no mês de janeiro de 2024, sabe-se de antemão, que a geração de chorume no início da atividade de um aterro é praticamente nula, portanto todas as análises podem ser consideradas isentas de qualquer efeito gerado pelo lixiviado gerado pela decomposição do lixo presente na primeira célula construída, a célula Ema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Localização do aterro na microbacia

A microbacia no qual o aterro sanitário está inserido está contida em uma área entre a BR-287 (comunica São Borja com Santiago) e a estrada municipal de terra na qual os caminhões de resíduos sólidos acessam o aterro sanitário, a estimativa de área superficial da microbacia obtida é de 2453 ha.

A sobreposição da poligonal que representa o terreno adquirido pela empresa PGR Aterro Sanitário e Tratamento de Resíduos LTDA com a finalidade de implantar suas operações, com os limites da microbacia obtida via mapeamento, leva a conclusão que o aterro sanitário se encontra nos limites da hidrografia da qual faz parte. O terreno possui uma divisão interna que separa uma área agrícola (com as áreas de preservação) do local onde foi instalada a célula Ema e demais estruturas relacionadas com as operações de deposição e tratamento de resíduos. A Figura 3 apresenta a sobreposição do limite obtido da microbacia com imagens Landsat 9 de 30 de janeiro de 2024, o polígono que representa a propriedade adquirida com a finalidade de construir o aterro sanitário também está representado.

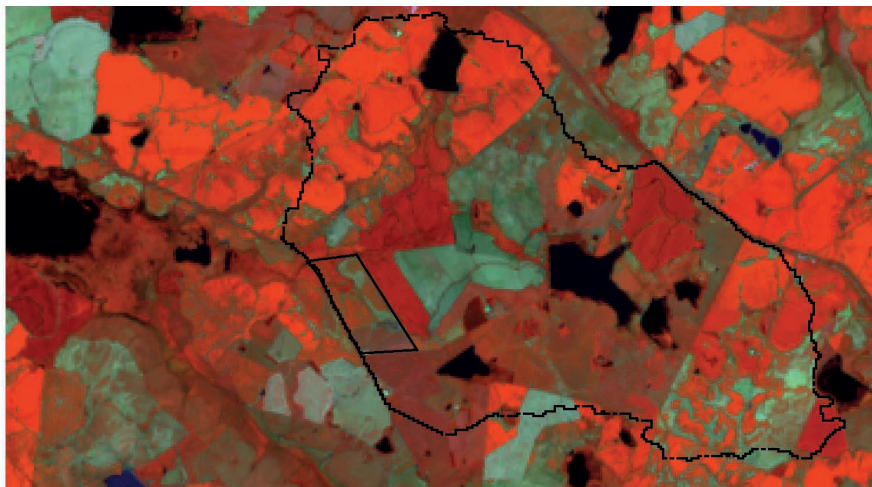


Figura 3. Localização do aterro e limite da microbacia.

Fonte: Dos Autores (2025)

HIDROGRAFIA

Dentro da microbacia encontram-se três grandes barragens as quais moldam a hidrografia do local, os canais que emanam destas barragens são usados para irrigação de lavouras (soja e arroz), existem alguns corpos d'água de menor porte presentes também.

Os canais presentes no local de estudo se conectam no ponto exutório da microbacia no qual existe uma ponte, escolhida como o terceiro ponto (P3) do monitoramento superficial de águas. Portanto, conhecer as características químicas e bioquímicas das amostras de água, representa avaliar a capacidade de depuração destes cursos d'água que se originam das barragens, uma característica marcante das microbacias localizadas na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul onde a presença de barragens e grandes cultivos de arroz e soja são comuns no verão.

USO DO SOLO

O mapeamento do uso do solo foi realizado a partir de imagens Landsat 8 e 9 as quais possuem uma resolução espacial de 30 m, considerada compatível com os objetivos deste estudo, imagens de alta resolução disponíveis no Google Earth foram consultadas para melhorar a interpretação destas informações espectrais. A Figura 4 apresenta o resultado deste mapeamento.

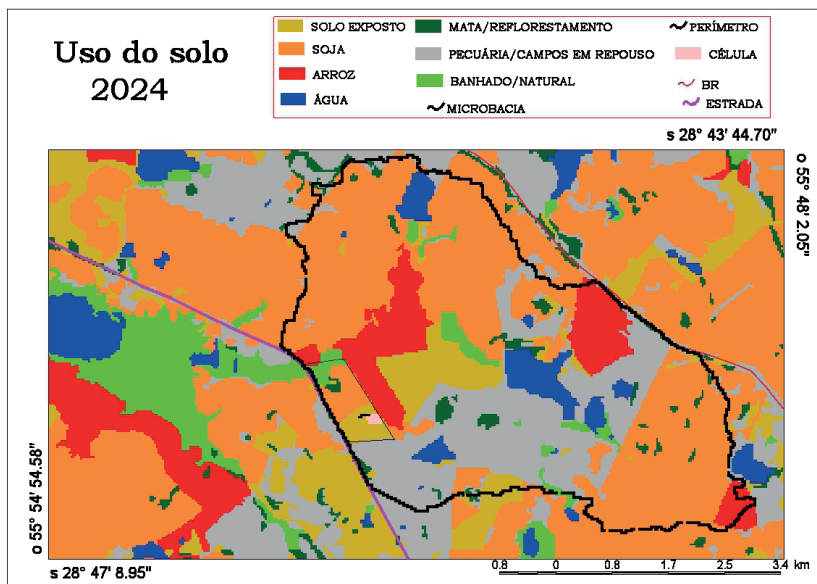


Figura 4. Uso do solo da área analisada obtida a partir de métodos de classificação de imagens.

Fonte: Dos autores (2025).

A análise visual da Figura 4 nos leva à conclusão que se trata de uma região com elevada atividade agrícola, na safra mapeada, a qual corresponde ao contexto produtivo no qual o aterro sanitário iniciou as operações (janeiro de 2024), a cultura da soja e arroz ocupam 1130 e 271 ha respectivamente, somados representam 57% das 2453 ha que corresponde a área total da microbacia delimitada.

Com uma atividade tão elevada, é natural que a qualidade da água esteja fortemente associada com o manejo agrícola, a esse contexto produtivo se soma a atividade do empreendimento monitorado, além disso se somam fatores de natureza climática e hídrica que precisam ser levadas em conta, em especial a reserva de água contida nas barragens que originam os canais de irrigação que permitem que se desenvolva a atividade agrícola estimada, 128 ha é a área ocupada por corpos da água.

As matas, florestamento e banhados somam 123 ha, o que corresponde a 5% da área, e os campos destinados à pecuária ou em repouso 604 ha, representam 25% da área da microbacia. Estas fitofisionomias estão diretamente associadas com a capacidade de resiliência ambiental da microbacia, em especial os banhados, os quais representam uma reserva hídrica natural, além de representar um refúgio para fauna e flora.

O amplo banhado que se localiza à jusante do ponto exutório da microbacia analisada representa uma fitofisionomia de preservação estratégica. A capacidade depuradora de banhados é uma característica bem conhecida destes ambientes naturais que fazem parte do bioma pampa, ele poderia restabelecer o equilíbrio de parâmetros ambientais que eventualmente poderiam sofrer alguma perturbação pela atividade agrícola ou pelas atividades do aterro sanitário.

DISCUSSÃO DADOS MONITORAMENTO ATERRO

A resolução que mais influência no planejamento e análise do monitoramento de águas superficiais no Brasil é a Resolução CONAMA 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

PERÍODO DAS COLETAS E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS/HÍDRICAS

As nove coletas podem ser associadas às condições climáticas e hídricas vivenciadas durante este período de análise, no qual ocorreu a transição de “*La Niña*” para “*El Niño*”, os meses de maio, junho e julho representam um período de estiagem, as coletas de setembro e outubro representam uma transição hídrica, devido às precipitações ocorridas nestes meses, no mês de novembro o município de São Borja e todo o baixo Uruguai estava sofrendo com um quadro de enchente, apesar da microbacia analisada não sofrer com inundações, é importante conhecer este cenário desenvolvido na macrobacia do Rio Uruguai. As precipitações nos meses de janeiro, fevereiro e março podem ser consideradas “normais”, a microbacia havia se recuperado hidricamente e a produção agrícola ocorreu de forma mais promissora quando comparada com a safra anterior, a qual tinha sofrido severas perdas devido à estiagem. A Tabela 2 apresenta os dados obtidos do trabalho em campo e das atividades laboratoriais executadas durante a pesquisa.

| Data Coleta | 21/05/2023 | | | 25/06/2023 | | | 30/07/2023 | | | 03/09/2023 | | | 01/10/2023 | | | 05/11/2023 | | | 21/01/2024 | | | 18/02/2024 | | | 10/03/2024 | | |
|----------------------------------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| Parâmetros por Pontos | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |
| pH | 7,3 | 7,5 | 7 | 7,6 | 7,4 | 7 | 6,7 | 7,3 | 6,8 | 6,8 | 7,1 | 6,8 | 6,6 | 7,5 | 7,3 | 7 | 6,9 | 7 | 8,9 | 8,2 | 7,9 | 7,4 | 7,1 | 6,9 | 6,5 | 7 | 6,8 |
| OD (mgO ₂ /L) | 2,3 | 5,1 | 1,4 | 5,0 | 4,3 | 1,7 | 5,4 | 5,8 | 3,1 | 3,5 | 3,6 | 2,4 | 4,9 | 3,8 | 2,9 | 2,9 | 3,9 | 3,2 | 4,5 | 3,5 | 3,0 | 2,8 | 4,4 | 2,7 | 3,3 | 3,9 | 1,4 |
| Turbidez (NTU) | 126 | 38 | 24 | 96 | 199 | 25 | 80 | 26 | 15 | 161 | 171 | 196 | 91 | 92 | 34 | 242 | 147 | 90 | 29 | 18 | 13 | 23 | 57 | 15 | 60 | 45 | 28 |
| Temperatura (°C) | 19,4 | 19,4 | 18,5 | 27,4 | 24,8 | 22 | 19,6 | 21,2 | 14,6 | 21,9 | 21,2 | 21,5 | 22,8 | 25,3 | 21,3 | 27,2 | 25,1 | 24,6 | 30 | 28,7 | 27,1 | 29,2 | 30,7 | 26,5 | 28,5 | 28,3 | 24,6 |
| Condutividade (µs/cm) | 84 | 78 | 128 | 125 | 119 | 135 | 63 | 61 | 96 | 55 | 60 | 98 | 90 | 94 | 106 | 57 | 56 | 66 | 45 | 56 | 78 | 63 | 74 | 120 | 86 | 67 | 127 |
| DQO (mgO ₂ /L) | 37,3 | 52 | 30,6 | 13 | 6,3 | 7,3 | 15,6 | 31,3 | 5,3 | 24 | 42 | 44 | 34 | 16,8 | 10 | 18,8 | 14,8 | 22,8 | 6,4 | 11 | 15,6 | 14 | 23,6 | 18 | 64 | 17,6 | 47,6 |
| Nitrogênio Amomiacal (mgN-NH3/L) | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 | ≤ 1,0 |
| DBO (mgO ₂ /L) | 4,9 | 5 | 3,9 | 4,9 | 3,8 | 3,4 | 6,1 | 5,4 | 8,3 | 5,9 | 5,1 | 4,4 | 4,8 | 4,2 | 4 | 2,7 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 1,8 | 1,7 | 2,7 | 3,9 | 2,7 | 3,7 | 4,9 | 2,8 |
| Dureza (mgCaCO3/L) | 21,1 | 21 | 40,0 | 3,2 | 39,9 | 44,1 | 15,8 | 15,8 | 36,8 | 15,8 | 16,8 | 26,3 | 35,7 | 29,4 | 34,7 | 21 | 17,9 | 21 | 19,4 | 26,2 | 33 | 18,4 | 20,4 | 48,5 | 24,3 | 24,3 | 34 |

Tabela 2. Dados obtidos das análises físico-químicas e bioquímicas realizadas.

ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS EM CAMPO “*IN SITU*”

O primeiro dado exibido na Tabela 2 é o potencial hidrogeniônico (pH) medido em campo, os valores obtidos variam de 6,6 a 8,9; um intervalo considerado normal e isento de anomalias para este parâmetro.

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos parâmetros mais importantes a serem avaliados, pois está diretamente associado com a vida aquática dos peixes e demais organismos presentes nos cursos da água. De uma forma geral, as estimativas obtidas são alarmantes. As leituras obtidas no ponto exutório da microbacia (P3) estão abaixo das obtidas nos canais (P1 e P2), as médias obtidas (calculadas usando valores em diferentes datas) nos pontos à montante foram 3,8 e 4,3 mgO₂/L (P1 e P2 respectivamente). Um valor mais elevado no P2 é coerente, pois o P1 é um canal mais estagnado de acordo com o observado em campo.

O P3 (média 2,4 mgO₂/L) é um resultado associado com as interações presentes na microbacia, consiste em um parâmetro que gera maior preocupação, algumas destas estimativas ficaram abaixo de 2 mgO₂/L, um valor considerado crítico, se os cursos da água desta microbacia fossem avaliados a partir deste parâmetro, sua classificação seria Classe IV de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, ou seja, uma classe poluída.

A turbidez apresentou valores mais elevados nos canais à montante do aterro sanitário (P1 e P2), em vários casos o canal que aparentava possuir um ambiente mais lântico (P1) apresentou o maior valor, as coletas realizadas neste local geraram uma média de 101 NTU, já o canal mais próximo do aterro (P2) apresentou uma média de 88 NTU. A turbidez no P3 resultou em 49 NTU (média das leituras de todo o período). A elevada turbidez obtida pode ser associada com os solos argilosos dominantes no município de São Borja e atividade agrícola elevada na microbacia analisada.

O ponto exutório da microbacia monitorado (P3) apontou valores mais elevados de turbidez que os canais na coleta de setembro, no dia desta coleta estavam ocorrendo precipitações no local de estudo, um efeito curioso do escoamento da água superficial, o qual inverte a tendência natural das medidas, trata-se de um fator climático que altera fortemente este parâmetro.

As estimativas das leituras de condutividade obtidas no P1 e P2 estão próximas, médias de 74 μ S/cm em ambos. Os valores de condutividades medidos durante as coletas foram superiores no ponto de monitoramento à jusante do aterro (P3), média de 106 μ S/cm. Portanto existe uma leve preocupação deste parâmetro no ponto de convergência dos canais.

A condutividade das amostras é outro parâmetro monitorado que poderia ser mal interpretado caso este estudo que antecede a operação do aterro sanitário não tivesse ocorrido, é um parâmetro que diversas vezes superou o valor de 100 μ S/cm no ponto à jusante do aterro, o que representa nível de perturbação moderado na qualidade da água.

ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO “EX SITU”

Os resultados da Demanda Química de Oxigênio ficaram próximos ou abaixo de $50 \text{ mgO}_2/\text{L}$, concentração associada com a solução de dicromato de potássio usada durante o procedimento prático em laboratório. A análise dos dados da Tabela 2 demonstra uma variabilidade difícil de entender associada com o dia da coleta (mês) e com o ponto coletado, os resultados nos locais monitorados apresenta uma oscilação indagadora que caracteriza este parâmetro. De todas as formas, o estudo nos fornece as faixas de oscilação consideradas normais deste parâmetro, apesar de um padrão não estar claramente definido, foram obtidas as médias: $P1 = 25,2 \text{ mgO}_2/\text{L}$, $P2=23,9 \text{ mgO}_2/\text{L}$ e $P3=22,4 \text{ mgO}_2/\text{L}$.

O método usado para determinar o nitrogênio amoniacal natural nas amostras coletadas não demonstrou sensibilidade, trata-se do método de destilação no qual a amostra tamponada é submetida à uma evaporação e seu destilado interage com uma solução de ácido bórico, entretanto, pode-se afirmar que sua concentração está abaixo de $1 \text{ mgN-NH}_3/\text{L}$. É importante não confundir este parâmetro com o Nitrogênio Amoniacal Total, o qual demanda digestão de amostra prévia, não realizada neste estudo por falta de equipamento específico.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é outro fator que demonstrou ser influenciado pelo clima e condições hídricas do local de estudo, os valores obtidos a partir das coletas realizadas no período de estiagem são mais elevados quando comparado com o período caracterizado por normalidade. Foram obtidas as médias $P1 = 4,2 \text{ mgO}_2/\text{L}$, $P2=4,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$ e $P3=3,6 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Os valores obtidos deste parâmetro levam a crer que os corpos da água oscilam de níveis moderados (Classe II) para níveis contaminados (Classe III) de acordo com a resolução CONAMA 357/2005.

A dureza total da água não consta como parâmetro na resolução CONAMA 357/2005, as médias obtidas foram $P1=19,4 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$, $P2 = 23,5 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ e $P3 = 34,8 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$. Estes valores podem ser contrapostos com a recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) ao classificar água para consumo humano, onde valores inferiores a 50 mg/L de CaCO_3 classificam a água como moles ou branda (Brasil, 2006), portanto é um parâmetro que não demandou preocupação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os eventos catastróficos vivenciados pela sociedade gaúcha no ano de 2024 o discurso de reconstrução e resiliência impera na mídia, os monitoramentos de águas superficiais podem ser associados com as boas práticas relacionadas com a preservação e recuperação de Áreas de Preservação Ambiental (APPs), ações de controle no saneamento e controle da qualidade da água (foco desta pesquisa), além de controle erosivos.

O mapeamento do local de estudo demonstrou que a microbacia possui uma alta atividade agrícola, o que torna a qualidade dos cursos da água mais suscetíveis a eventos climáticos. Na área de estudo, alguns parâmetros monitorados apresentaram estimativas preocupantes ou algum tipo de correlação que precisa ser levada em conta em análises futuras, pois revelam características importantes da natureza da microbacia mapeada e monitorada.

Esta investigação científica com cunho ambiental foi uma iniciativa da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, através da atuação do curso do Bacharelado em Gestão Ambiental. Mesmo que monitoramentos mais sofisticados se realizem no futuro, o fato das coletas terem sido realizadas no período que antecede a operação do aterro, garantem seu destaque no histórico ambiental da região.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento aos acadêmicos do curso de Bacharelado em Gestão Ambiental que colaboraram na execução desta pesquisa, realizada pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul no município de São Borja.

Um agradecimento à gestora de laboratórios da universidade, Victoria, sempre disposta a escutar e registrar as demandas das unidades do interior.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12614- DETERMINAÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO): MÉTODO DE INCUBAÇÃO (20°C, CINCO DIAS). RIO DE JANEIRO: ABNT, 1992.

BRAGA, ERIKA DE ALMEIDA SAMPAIO; DANTAS DE AQUINO, MARISETE; XENOFONTE, PETRÚCIO MAIA; VIEIRA DE OLIVEIRA, JEDSON; SOARES ROCHA, CARLOS MÁRCIO; ARAÚJO DOS SANTOS MENDES, LUZIA SUERLANGE; COSTA FILHO, EDILSON HOLANDA. **INFLUÊNCIA DA PROXIMIDADE DE UM ATERRO SANITÁRIO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS**. SEÇÃO ESTUDOS DE CASO E NOTAS TÉCNICAS, 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. INSTITUI A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, CRIA O SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS, REGULAMENTA O INCISO XIX DO ART. 21 DA CONSTITUIÇÃO FEDERAL, E ALTERA O ART. 1º DA LEI Nº 8.001, DE 13 DE MARÇO DE 1990, QUE MODIFICOU A LEI Nº 7.990, DE 28 DE DEZEMBRO DE 1989. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L9433.HTM](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. ACESSO EM: 5 SET. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. DISPÕE SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA E DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O SEU ENQUADRAMENTO, BEM COMO ESTABELECE AS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://CONAMA.MMA.GOV.BR/?OPTION=COM_SISCONAMA&TASK=ARQUIVO.DOWNLOAD&ID=450](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450)>. ACESSO EM: 06 SET. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. VIGILÂNCIA E CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO/** MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. – BRASÍLIA : MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006. 212 P. – (SÉRIE B. TEXTOS BÁSICOS DE SAÚDE). DISPONÍVEL EM: <[CHROME-EXTENSION://EFAIDNBMMNNIBPCAJPCCGLCLEFINDMKAJ/HTTPS://BVSMS.SAUDE.GOV.BR/BVS/PUBLICACOES/VIGILANCIA_CONTROLE_QUALIDADE_AGUA.PDF](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)> ACESSO EM: 22 DE FEV. DE 2025.

CÂMARA, G.; FREITAS, U.M.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. SPRING: *INTEGRATING REMOTE SENSING AND GIS BY OBJECT-ORIENTED DATA MODELLING*. **COMPUTERS AND GRAPHICS**, VOL. 15, N.6, JULY 1996.

MADEIRA, G. R., GONÇALVES, J. A. C.; ALMEIDA, M. S. L. A contaminação das águas subterrâneas do aterro sanitário de Itabira (MG). **Revista Brasileira De Geografia Física**, 15(4), 1902–1925, 2022.

MACEDO FURTADO GUERRA, TUILLY DE FÁTIMA; DA SILVA, ELISÂNGELA MARIA; CAMARGO DE MELO, MÁRCIO. **ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DE UM ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS (V CONAPESC). 2020.

POLI-USP. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, USP. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, POLI-USP. **MANUAL DE PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS LABORATORIAIS VOLTADO PARA ANÁLISES DE ÁGUAS E ESGOTOS SANITÁRIO E INDUSTRIAL**. 2004. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.LEB.ESALQ.USP.BR/LEB/DISCIPLINAS/FERNANDO/LEB360/MANUAL%20DE%20TECNICAS%20DE%20LABORATORIO_AGUAS%20E%20ESGOTOS%20SANITARIOS%20E%20INDUSTRIAS.PDF](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/FERNANDO/LEB360/MANUAL%20DE%20TECNICAS%20DE%20LABORATORIO_AGUAS%20E%20ESGOTOS%20SANITARIOS%20E%20INDUSTRIAS.PDF)>. ACESSO EM: 13 NOV. 2024.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. **RESÍDUOS SÓLIDOS: PROJETO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS: GUIA DO PROFISSIONAL EM TREINAMENTO: NÍVEL 2 / MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ORG.)**. – BELO HORIZONTE, 2008. 120 P.

SOUZA MARQUES, MARCEL; MENDES PEDROZA, MARCELO; PÉSSOA PICANÇO, AURÉLIO; MARQUES SOARES, JOÃO EVANGELISTA; RIBEIRO RODRIGUES, CAMILA. **AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS, TO**. REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA. V. 12, No. 4, DEC/2020.