

Análise do Monitoramento e Cuidados no Período Pós-Fechamento de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado do Rio de Janeiro

Edlaine Feital Barbosa Motta
Engenheira Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil,
edlaine.motta@engenharia.ufjf.br

Amanda dos Santos Carvalho
Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil,
amanda.carvalho@engenharia.ufjf.br

Jessica Laine Mendes Bersan
Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil,
jessica.laine@engenharia.ufjf.br

Marcela Luz Coutinho
Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil,
marcela.luz@engenharia.ufjf.br

Júlia Righi de Almeida
Professora, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, julia.righi@ufjf.edu.br

RESUMO: Mesmo após o encerramento de suas atividades, os aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU) e seu entorno devem ser monitorados. No entanto, no Brasil, esses empreendimentos são majoritariamente abandonados nessa fase, o que provoca a contaminação do meio ambiente e coloca em risco a saúde pública. Este trabalho tem como objetivo apresentar um panorama dos depósitos de RSU desativados no estado do Rio de Janeiro através da análise de cinco áreas. Em Três Rios, o lixão não foi remediado após seu encerramento e os resíduos continuam expostos. O lixão de Paracambi teve remediação ineficiente, a área não foi devidamente isolada e a população ainda sofre impactos negativos. O lixão de Cachoeiras de Macacu não foi remediado, mas apresentou boa qualidade das águas adjacentes. O aterro de Santa Cruz foi devidamente encerrado com isolamento, cobertura e drenagem. O lixão de Niterói foi remediado, apresentando melhoria na qualidade ambiental do entorno, o que evidencia a importância do monitoramento no período pós-fechamento.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro de Resíduos, monitoramento, pós-fechamento.

ABSTRACT: Even after the end of its activities, landfills of solid urban waste (MSW) and its surroundings must be monitored. However, in Brazil, these ventures are mostly abandoned at this stage, which causes contamination of the environment and puts public health at risk. This work aims to present an overview of the MSW deposits deactivated in the state of Rio de Janeiro through the analysis of five areas. In Três Rios, the landfill was not remedied after its closure and the waste remains exposed. The Paracambi dump had inefficient remediation, the area was not properly isolated and the population still suffers negative impacts. The Cachoeiras de Macacu landfill was not remedied, but it presented good quality in the adjacent waters. The Santa Cruz landfill was duly closed with insulation, cover and drainage. The Niterói dump was remedied, showing improvement in the environmental quality of the surroundings, which shows the importance of monitoring in the post-closure period.

KEYWORDS: Landfill, monitoring, post-closure.

1 Introdução

O advento da Revolução Industrial e Científica trouxe benefícios para a qualidade de vida da população, proporcionando o aumento do consumo. Por conseguinte, houve também o crescimento da geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU), que quando descartados de forma inadequada podem causar a contaminação do ambiente e problemas de saúde pública. Segundo ABRELPE (2017), há no Brasil 3352 municípios que descartam seus resíduos de maneira inadequada em lixões, sendo estes lançados diretamente no solo sem cobertura, permitindo a proliferação de vetores de doenças e maus odores (CEMPRE, 2018).

Além dos lixões em atividade, o número de áreas desativadas de disposição de resíduos sem remediação é ainda maior. O lixiviado gerado em aterros fechados pode ter igual ou maior potencial de contaminação que os ativos, mas o período de monitoramento pós-encerramento é sumariamente ignorado no Brasil, e a maioria das áreas são abandonadas ao final da operação. O maior agravante é que a degradação dos resíduos é um processo lento, que se dá ao longo de décadas após seu fechamento, e a principal preocupação é a contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais, colocando em risco a saúde pública. Os locais escolhidos para tal atividade, que muitas vezes não possuem infraestrutura adequada e localizam-se nas proximidades de núcleos populacionais, ficarão comprometidos por muito tempo e servirão como fonte de exportação de contaminantes (RIGHI, 2017).

A forma correta de disposição desses resíduos são os aterros sanitários, que apresentam técnicas de impermeabilização do solo, compactação dos resíduos, drenagem de gases e do percolado, evitando a contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas. No entanto, estes precisam ser constantemente monitorados para que a estabilidade geotécnica e ambiental seja garantida, inclusive no período de pós-encerramento. Além disso, para que se cumpra esse período de cuidados, os custos com monitoramento deveriam ser computados ainda na fase de construção e operação do aterro sanitário. As atividades dessa fase podem ser determinadas com base em uma avaliação específica do local e dos níveis exigidos de proteção à saúde e meio ambiente. Ocorre que a duração desse período constitui ainda, uma incerteza para os operadores de aterros sanitários e as normas brasileiras não determinam como deve ser feito o monitoramento e os critérios a serem adotados (RIGHI, 2017).

Dentro desse contexto, torna-se relevante a análise de aterros de resíduos encerrados, a fim de verificar se o monitoramento e o projeto de remediação dessas áreas estão sendo realizados. Para tanto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um panorama das áreas de disposição de resíduos encerradas no Estado do Rio de Janeiro, abordando os procedimentos utilizados em seu encerramento e discutindo as dificuldades de implementação destas medidas. Para isso, foram analisados os lixões dos municípios de Três Rios, Paracambi, Cachoeiras de Macacu, Santa Cruz e Niterói.

2 Metodologia

2.1 Áreas de Estudo

O lixão de Três Rios operou até a inauguração do aterro sanitário público do município em agosto de 2017 pela empresa União Norte Engenharia. O depósito irregular tem aproximadamente 37 mil m², está localizado próximo à Rodovia BR-040 e no entorno há algumas indústrias. Após seu fechamento, a área foi cercada, os resíduos permanecem expostos e o aterro não está sendo monitorado.

O aterro de Paracambi operou de 1969 até 2010. A área de aproximadamente 25 mil m² não recebeu nenhum tipo de proteção ou impermeabilização ao longo dos anos. No entorno do local está o Rio Macacos e uma população reside muito próxima do lixão. No período pós-fechamento não foram implantadas medidas de remediação eficazes e a área encontra-se abandonada.

O lixão de Cachoeiras de Macacu operou durante 25 anos com encerramento no ano de 2011 e apresenta uma área de aproximadamente 60 mil m². A área encontra-se em um vale e o entorno é composto por montanhas e vegetação rasteira e não há comunidades próximas. Ao longo dos anos, o aterro recebeu cerca de 164 mil toneladas de resíduos de diversos tipos. O aterro foi isolado, mas não possui sistemas de drenagem e os resíduos não foram completamente cobertos.

O aterro de resíduos de Santa Cruz localiza-se em uma área de aproximadamente 115 mil m² e recebeu resíduos de 1986 até 1997. O entorno é composto predominantemente por áreas que realizam atividades de agricultura. Após seu encerramento, a área de descarte foi devidamente remediada. O local dispõe de sistema de drenagem para o lixiviado e uma lagoa para seu armazenamento.

O aterro Morro do Céu está localizado no município de Niterói e começou a operar em 1983 de forma inadequada. No contexto, o aterro não foi contruído adequadamente, o que culminou na operação de um lixão. A área de descarte possui aproximadamente 200 mil m² e apresenta corpos hídricos e a nascente do rio Mata-Paca no entorno. Apenas em 2005 o lixão passou por obras de remediação que o transformaram em aterro controlado. O projeto de encerramento implantado promoveu a instalação de drenagem superficial, drenagem de gases e cobertura final. A localização das áreas citadas anteriormente é apresentada na Figura 1.

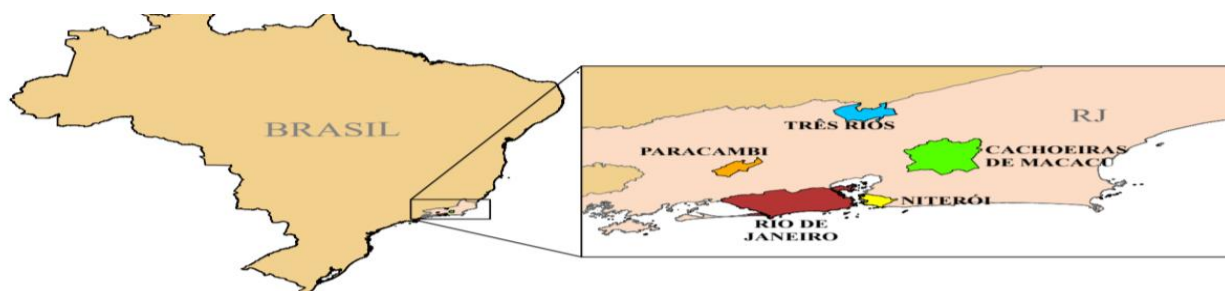


Figura 1. Localização dos municípios de Três Rios, Paracambi, Cachoeiras de Macacu, Santa Cruz e Niterói.

2.2 Índices de Contaminação do Lixiviado, Águas e Solo

Para avaliação da qualidade do lixiviado, águas e solos foram aplicados os índices LPI, IAD, HPI, MI, IGEO e PI.

O LPI (Leachate Pollution Index) é um número que expressa o potencial de contaminação do chorume baseado em 18 parâmetros e seus respectivos pesos. É um índice que varia de 5 a 100 e possui escala crescente, portanto, quanto maior seu valor, maior o potencial contaminador (KUMAR; ALAPPAT, 2005).

O IAD (Índice de Avaliação de Aterros Desativados) foi proposto por Righi (2017) a partir da análise de dados da composição do lixiviado de diversos aterros de resíduos sólidos urbanos desativados no Brasil. O índice avalia o potencial poluidor do lixiviado de aterros desativados e é calculado a partir de quatro parâmetros: pH, DBO, DQO e nitrogênio amoniacal para avaliar o potencial poluidor do lixiviado de aterros desativados e também varia de 5 a 100, assim com o LPI.

O índice HPI (Heavy Pollution Index) e o MI (Metal Index) classificam a água de acordo com a concentração de metais pesados. No cálculo do HPI, para cada metal é atribuído um peso, inversamente proporcional ao padrão recomendado, sendo 100 o índice crítico de poluição pesados (MOHAN et al., 1996 *apud* RIGHI, 2017). O MI indica que quanto maior a concentração de um metal em comparação com o valor máximo permitido pela legislação, pior a qualidade da água (RIGHI, 2017).

O IGEO (Geoaccumulation Index) e o PI (Pollution Index) são índices que indicam o nível de contaminação do solo em relação à existência e concentração de metais pesados. Esses índices são calculados a partir da comparação da concentração de determinado metal em uma amostra de solo com um valor de referência do local (RIGHI, 2017).

3 Resultados e Discussões

3.1 Área de Estudo 1 : Lixão de Três Rios

Um estudo realizado por Miranda e Freitas (2016) avaliou a qualidade do solo na área adjacente ao lixão de Três Rios a partir dos parâmetros cobre (Cu), zinco (Zn), níquel (Ni), chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr) e pH. Foram coletadas amostras de sete pontos (A1, A2, A3, A4, A5, AE1, AE2) e um controle

(Ct) e considerados os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 420 de 2009, que dispõe sobre qualidade do solo e apresenta diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas. Os resultados apontaram contaminação local pelo lixão, uma vez que a concentração de Cd foi superior ao limite de 3mg/kg nos pontos exutório (AE1e AE2) e no A2; além de outros metais fora do padrão como Cu, Zn e Ni no ponto A1 e Cu e Pb em A2. Os demais valores obtidos atendiam à legislação. Utilizando os dados de concentração de metais no solo do lixão de Três Rios foram calculados os índices IGEO e PI. Os valores são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Cálculo dos índices IGEO e PI no solo do lixão de Três Rios.

Metal	A1		A2		A3		A4		A5		Ct		AE1		AE2	
	IGEO	PI	IGEO	PI	IGEO	PI	IGEO	PI	IGEO	PI	IGEO	PI	IGEO	PI	IGEO	PI
Arsênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,281	0,154	-	-
Cádmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,363	1,167	0,066	1,433
Chumbo	1,002	0,749	0,583	1,001	2,863	0,206	2,867	0,206	4,132	0,086	3,931	0,098	3,704	0,115	3,972	0,096
Cromo	0,674	0,940	2,805	0,215	2,506	0,264	3,217	0,161	3,761	0,111	4,080	0,89	2,592	0,249	2,332	0,298
Cobre	0,235	1,765	0,243	1,775	2,501	0,265	3,275	0,155	4,141	0,085	4,322	0,075	-	-	-	-
Níquel	0,391	1,144	1,520	0,523	-2,14	0,337	2,560	0,254	2,627	0,243	3,268	0,156	-	-	-	-
Zinco	0,349	1,178	1,462	0,544	1,280	0,618	2,322	0,300	3,755	0,111	4,875	0,051	-	-	-	-

De acordo com a classificação do indicador IGEO o solo não está poluído para a maior parte dos metais analisados. Apenas para o metal cobre nos pontos A1 e A2 o solo foi considerado não poluído para moderadamente poluído. Pela análise do índice PI o ponto A1 possui nível médio de poluição para os metais cobre, níquel e zinco; o ponto A2 para o elemento cobre e os pontos AE1 e AE2 para o cádmio. Para todos os outros metais nos pontos de coleta restantes o nível de poluição foi classificado como baixo.

3.2 Área de Estudo 2 : Lixão de Paracambi

Para analisar seus impactos, adotou-se a base de dados de Righi *et al.* (2017) relativa a 7 amostras de águas superficiais em pontos próximos ao aterro, sendo cinco deles a montante da área de resíduos (1 a 5) e dois a jusante (6 e 7). Os resultados obtidos por Righi *et al.* (2017) foram comparados com os valores de DBO, pH, cloreto e nitrogênio amoniacal encontrados por Schueler (2005) nos mesmos pontos em 2004, enquanto o local ainda estava em operação. Em 2017, devido à dificuldade de acesso, não foram coletadas amostras no ponto 4. Os valores de DBO apresentaram grande diminuição do primeiro estudo para o de 2017 –7 anos após o encerramento das atividades –, saindo de concentrações maiores que a de 10 mg/L permitida pela Resolução CONAMA 357 de 2005, nos pontos 5, 6 e 7, e alcançando valores muito baixos (menores que o limite de quantificação do método empregado). Já o pH, tanto em 2004 quanto em 2017, atendeu aos limites da legislação, ficando entre 6 e 9 em todos os pontos. O cloreto também ficou dentro do estabelecido (máximo de 250 mg/L) em todos os pontos de coleta em 2004 e 2017. O nitrogênio amoniacal em 2004 estava acima do valor máximo de 13,3 mg/L nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5, e em 2017, após o fechamento, todos os valores desse parâmetro estavam abaixo do limite máximo.

Além disso, em 2017, foram realizadas coletas para analisar a concentração de metais nas águas superficiais nos mesmos sete pontos. Os metais analisados foram: prata, alumínio, bário, cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco. Apenas o alumínio, no ponto de coleta 2, apresentou concentração muito superior à máxima estabelecida pela Resolução CONAMA 357 de 2005. O valor máximo desse metal é de 0,2 mg/L e a concentração encontrada foi de 6,64 mg/L. Todos os outros metais foram encontrados em valores abaixo do referencial da norma, e muitos em concentrações extremamente baixas. A partir das informações sobre os metais nas águas superficiais do entorno do lixão de Paracambi os indicadores de contaminação MI e HPI foram calculados. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Cálculo dos índices MI e HPI nas águas superficiais do lixão de Paracambi

Ponto de Coleta	1	2	3	5	6	7
MI	0,120	33,994	0,053	0,1451	0,057	0,011
HPI	0,0205	66,6936	0,3362	0,2287	0,0799	0,003

O índice MI classificou as amostras 1, 3, 5, 6 e 7 como muito pura e a 2 como seriamente afetada. Além disso, como o valor crítico do indicador HPI é 100, apenas o ponto de coleta 2 apresentou um índice elevado de contaminação. Esses resultados evidenciam a baixa contaminação das águas superficiais por metais.

3.3 Área de Estudo 3: Lixão de Cachoeiras de Macacu

Em 2013, a empresa Weber Ambiental investigou o lixão de Cachoeiras de Macacu e produziu um relatório de avaliação ambiental preliminar e confirmatória sobre o local. Na investigação ambiental da área foram coletadas nove amostras de águas subterrâneas (PMC 01, PMC 02, PMC 03, PMC 04, PMC 05, PMC 06, ASC-07, ASC-08, ASC-09) e duas de águas superficiais (SJC- 01 e SMC-01) em um córrego próximo. Os parâmetros analisados foram cloreto total, sólidos suspensos totais, nitrogênio total, DBO, DQO, condutividade, pH e metais, que foram comparados com os limites estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 420 de 2009 e 357 de 2005.

Nas investigações das águas subterrâneas apenas os parâmetros manganês nos poços PMC-02 e PMC-05 e cloreto e ferro no poço PMC-05 estavam acima do limite estabelecido pela legislação. Quanto às coletas das águas superficiais, apenas ferro e manganês estavam acima do permitido pelas normas nas duas amostragens. A partir desses resultados a empresa elaborou um projeto de remediação para a área. No entanto, em 2017, uma visita foi realizada ao local e observou-se que o projeto de remediação e encerramento não foi devidamente executado. Além da inspeção visual, foram coletadas cinco amostras de águas subterrâneas (PMC 01, PMC 02, PMC 04, PMC 05 e PMC 06) e uma amostra de água superficial (Córrego) para verificação dos metais prata, alumínio, bário, cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco e ainda, os parâmetros físico-químicos DQO, DBO, pH e nitrogênio amoniacal.

Nas coletas das águas subterrâneas, o elemento manganês estava acima dos padrões estabelecidos pela legislação no ponto de coleta PMC 02. Ademais, nos poços PMC 02, PMC 04, PMC 05 e PMC 06 os resultados de DQO estavam abaixo da faixa de detecção do método de análise. O valor de pH manteve-se dentro da variação estabelecida nos cinco pontos analisados. Quanto ao nitrogênio amoniacal, a amostra coletada no ponto PMC 05 apresentou concentração acima do valor de referência e os nos outros quatro poços a substância não foi detectada.

Pode-se observar que nas águas superficiais todos os metais analisados estavam abaixo dos valores de referência da CONAMA 357 de 2005. Além disso, a concentração de DQO encontrada foi muito baixa o que impediu a determinação da DBO pelo método de análise. Na amostragem não foi detectado a presença de nitrogênio amoniacal, e o pH estava dentro da variação prevista pela norma. De posse das concentrações de metais nas águas superficiais e subterrâneas do aterro de Cachoeiras de Macacu, em 2017, os índices MI e HPI foram calculados. Os mesmos são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Cálculo dos índices MI e HPI nas águas superficiais e subterrâneas do lixão de Macacu.

Índice	PMC 01	PMC 02	PMC 04	PMC 05	PMC 06	Córrego
MI	2,038	5,831	2,011	3,149	2,430	1,4840
HPI	67,317	69,359	67,304	67,966	68,089	32,586

De acordo com o índice MI as águas subterrâneas estão moderadamente afetadas pela presença de metais e a amostra de água superficial está levemente afetada. O indicador HPI para as águas subterrâneas variou de 67 a 69 (abaixo do valor crítico) e, para o ponto córrego apresentou valores mais baixos.

3.4 Área de Estudo 4: Lixão de Santa Cruz

Oliveira (2017) realizou investigações no solo a montante da massa de resíduos e no chorume coletado pela cisterna do lixão encerrado em Santa Cruz. Analisaram-se as concentrações de zinco, cobre, chumbo, mercúrio, cádmio, cromo, arsênio e o pH. Verificou-se a baixa concentração dessas substâncias no solo uma vez que, todas estão abaixo do limite estabelecido pela CONAMA 420 de 2009. O pH encontrado na amostra

foi de 5,2. Além disso, o chorume captado pela cisterna do aterro foi coletado e analisado para os mesmos parâmetros investigados no solo. As concentrações de metais na amostra de chorume estão abaixo do limite estabelecido pela CONAMA 430 de 2011, que determina as condições de lançamento de efluentes em corpos hídricos. O pH encontrado foi de 8,6 e está dentro da variação permitida (5 a 9). Dessa forma, o chorume analisado poderia ser lançado diretamente no corpo d'água.

No entanto, Oliveira (2017) verificou que o chorume é tóxico por meio da realização do ensaio de ecotoxicidade aguda. Em seus estudos o autor questiona a disparidade entre os resultados técnicos e os parâmetros normativos. Com os dados das concentrações de metais no solo próximo ao lixão de Santa Cruz os indicadores IGEO e PI foram determinados. Os valores são apresentados na Tabela 4. Ambos os índices indicaram que as amostras de solo não estão poluídas para os metais analisados.

Tabela 4. Cálculo dos índices IGEO e PI no solo do lixão de Santa Cruz.

Metal	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cromo	Cobre	Mercúrio	Zinco
IGEO	-11,358	-2,492	-2,647	-2,247	-1,898	-9,229	-2,301
PI	0,001	0,267	0,239	0,316	0,403	0,003	0,304

3.5 Área de Estudo 5: Lixão de Niterói

O lixão de Niterói foi monitorado de 2004 a 2017 pelo Grupo de Estudos em Tratamento de Resíduos Sólidos (GETRES). Foram realizadas investigações no solo, águas superficiais e subterrâneas e no chorume. Righi (2017) apresentou esses dados e calculou os índices IAD, LPI, MI, HPI, IGEO e PI para o aterro.

Para o chorume coletado, Righi (2017) calculou os índices de LPI e IAD entre os anos de 2004 e 2017. Os valores do IAD chegaram a ser quatro vezes maior que os valores do LPI para o mesmo ano. Isso ocorre já que o IAD leva em consideração os parâmetros mais elevados nos aterros brasileiros: DBO, DQO, pH e nitrogênio amoniacal.

No que diz respeito aos metais analisados nas águas superficiais, Righi (2017) calculou os índices HPI e MI para dois pontos de coleta (Rio e Florália) nas proximidades do aterro de Niterói. A partir dos resultados apresentados pela autora é possível perceber a melhoria na condição das águas superficiais do entorno do lixão depois do seu encerramento em 2005. A autora também analisou a qualidade das águas subterrâneas a partir do cálculo dos índices HPI e MI no ponto de coleta Poço, e concluiu que houve melhoria nos indicadores de contaminação das águas por metais também a partir de 2005.

Por fim, no estudo de Righi (2017) são apresentados os resultados dos índices IGEO e PI para três amostras de sedimentos ao redor do aterro Morro do Céu. Para os sete metais analisados, apenas em um ponto de coleta o indicador referente ao elemento zinco indicou algum nível de contaminação no solo no ano de 2017. As análises realizadas mostraram melhorias nas condições ambientais do entorno a partir das medidas de remediação executadas.

3.6 Avaliação das áreas de Estudo

Com exceção do aterro controlado de Niterói, em que um grupo de estudos e pesquisas realizou o acompanhamento da área por aproximadamente 10 anos, poucos dados são conhecidos dos outros aterros aqui apresentados. Portanto, sem o conhecimento desses parâmetros, não é possível determinar a real influência do aterro na contaminação do meio, o que dificulta a escolha das medidas de remediação a serem adotadas.

Ademais, é possível perceber que em poucos casos os órgãos dos municípios realizam investigações sobre a qualidade das águas, do solo e do lixiviado dos aterros. É importante ressaltar que a ausência da definição de critérios e a falta de fiscalização contribuem para esse cenário. A Tabela 5 apresenta um panorama sobre a situação atual de cada aterro estudado. Para isso, foram selecionados critérios relacionados aos cuidados realizados no período pós-fechamento de áreas encerradas.

Tabela 5. Situação atual das áreas de estudo.

CRITÉRIOS	ATERROS DE RESÍDUOS				
	TRÊS RIOS	PARACAMBI	CACHOEIRAS DE MACACU	SANTA CRUZ	NITERÓI
Área do aterro	37 000 m ²	25 000 m ²	59 800 m ²	115 000 m ²	200 000 m ²
Tipo de resíduos recebidos	Sem informação	Diversos	Diversos	Sem informação	Diversos
Tempo de operação do aterro	Sem informação	41 anos	25 anos	11 anos	22 anos
Isolamento da área	Sim	Parcial	Sim	Sim	Sim
Presença de pessoas	Não	Não	Não	Não	Não
Presença de animais	Não	Sim	Sim	Não	Não
Cobertura dos resíduos	Não	Sim	Parcial	Sim	Sim
Análise do solo	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Análise das águas superficiais	Não	Sim	Sim	Sem informação	Sim
Análise das águas subterrâneas	Não	Não	Sim	Sem informação	Sim
Análise da produção de gases	Não	Não	Não	Sem informação	Sim
Análise de estabilidade do maciço	Não	Não	Não	Sem informação	Não
Análise do chorume	Não	Não	Não	Sim	Sim
Elaboração do projeto de remediação	Sem informação	Sim	Sim	Sim	Sim
Remediação da área	Não	Não	Não	Sim	Sim
Drenagem de chorume	Não	Ineficiente	Não	Sim	Sim
Drenagem de gás	Não	Não	Ineficiente	Sem informação	Sim
Área de acumulação de chorume	Não	Ineficiente	Inexistente	Sim	Sim
Tratamento do chorume	Não	Não	Não	Sim	Sim
Reutilização da área	Não	Não	Não	Não	Não
Monitoramento das águas superficiais	Não	Não	Não	Sem informação	Não
Monitoramento das águas subterrâneas	Não	Não	Não	Sem informação	Não
Monitoramento do chorume	Não	Não	Não	Sem informação	Não
Monitoramento do solo	Não	Não	Não	Sem informação	Não
Monitoramento da estabilidade do maciço	Não	Não	Não	Sem informação	Não

Os cinco aterros estudados foram isolados e a entrada de pessoas não é permitida. No entanto, nas visitas realizadas nos aterros de Paracambi e Cachoeiras de Macacu, foi possível avistar animais no interior dessas áreas. Alguns aterros ainda apresentam parte dos resíduos descobertos, ficando expostos a água da chuva, como acontece em Três Rios, o que aumenta a geração de chorume.

É notório, que embora sejam realizadas algumas investigações no entorno dessas áreas, não há uma frequência adequada de coletas nem uma quantidade representativa de amostras que permitam análises mais detalhadas quanto ao real impacto desses aterros no solo e nas águas superficiais e subterrâneas. Em quatro das áreas estudadas, foram produzidos projetos de remediação. Porém, apenas em Niterói e Santa Cruz os projetos foram executados de forma eficiente. Além disso, as áreas encerradas não foram reutilizadas para nenhuma outra atividade.

A norma NBR 13896 de 1997 indica que aterros devam ter seus efluentes monitorados por pelo menos quatro anos após o encerramento, e as águas subterrâneas por pelo menos 20 anos. No entanto, quatro das cinco áreas encerradas não são monitoradas. Em Santa Cruz não se obteve a confirmação do monitoramento da área. Nesse contexto, é possível concluir que a maioria das áreas estudadas foi abandonada sem que fossem tomados os devidos cuidados no período pós-fechamento.

4 Conclusões

Este trabalho utilizou dados de pesquisas científicas para apresentar um panorama das áreas de aterros de RSU encerradas no Estado do Rio de Janeiro. Para isso, foram comparados os dados disponíveis sobre os lixões de Três Rios, Paracambi, Cachoeiras de Macau, Santa Cruz e Niterói. Foram analisadas as investigações realizadas no lixiviado, águas e solos avaliando as concentrações de metais, DBO, DQO, pH e nitrogênio amoniacal, e a condição atual dessas áreas. As análises de metais no solo, nas águas e no lixiviado nas cinco áreas de estudo evidenciaram baixa concentração desses elementos no entorno de aterros de RSU encerrados. No entanto, a maioria dos aterros foi implantada em áreas inadequadas e tal fato coloca em risco a qualidade ambiental e a saúde da população do entorno. Além disso, a investigação e o monitoramento das áreas após o encerramento de suas atividades em sua maioria não são realizados. Para que se cumpra o período de cuidados pós-fechamento, os custos com monitoramento deveriam ser computados ainda na fase de construção e operação do aterro sanitário. Caso isso ocorresse, os recursos financeiros poderiam ser alocados de forma mais eficiente e as medidas de remediação seriam adotadas de maneira mais assertiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2017). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). NBR 13896. *Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro.
- Kumar, D., Alappat, B. J. (2005) *Evaluating leachate contamination potential of landfill sites using leachate pollution index*. Clean Tech Environ Policy, v. 7, p. 190-197.
- Miranda, B. D., Feitas, F. C. (2016) *Avaliação da fertilidade e acúmulo de metais pesados em solos de áreas adjacentes ao aterro controlado de Três Rios, RJ*. Relatório de Iniciação Científica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / UFRRJ, 14 p.
- Mohan, S.V.; Nithila, P.; Reddy, S.J. *Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index*. Journal of environmental Science and health, v. 31, 1996, p. 283-289.
- Oliveira, M. N. P. B. V. (2017) *Reutilização de áreas de lixões encerradas: aspectos jurídicos e ensaios ecotoxicológicos em chorume do lixão de Santa Cruz – RJ*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro / PUC, 106 p.
- Righi, J. de A. (2017) *Proposta de índice de avaliação de aterros de resíduos sólidos desativados a partir do potencial poluidor do lixiviado*. Dissertação de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia Ambiental, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia / UFRJ, 190 p.
- Righi, J de A.; Meliande, A.; Moura, L.; Malher, C. (2017) *Environmental monitoring of a closed irregular landfill in Brazil: Evaluation of parameters in the qualitative research*. In: XVII International Waste management and Landfill Symposium, 17, Margherita di Pula. 7 p.
- Schueler, A. S. (2005) *Estudo de caso e proposta para classificação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos*. Dissertação de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia Ambiental, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia / UFRJ, 278 p.
- Weber Ambiental (2013). *Avaliação Ambiental preliminar e Confirmatória: Projeto Executivo de remediação da área degradada (lixão) do município de Cachoeiras de Macacu – Parte I*. Rio de Janeiro.