

III-1192 - EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO DE BELO HORIZONTE

Cícero Antonio Antunes Catapreta ⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista (PUC-MINAS), Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). Engenheiro Sanitarista e gerente de monitoramento e disposição final de resíduos da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SLU-BH). Professor da PUC-Minas.

Gustavo Ferreira Simões

Engenheiro Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Engenharia Civil (PUC-RIO). Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG.

Endereço ⁽¹⁾: - Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH. Departamento de Tratamento e Disposição Final de Resíduos. Rodovia BR 040 – Km 531 – Jardim Filadélfia - Belo Horizonte – MG. Brasil - Tel: (31) 3277-8303 – e-mail: catapret@pbh.gov.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a qualidade das águas superficiais na área do aterro sanitário da BR-040 em Belo Horizonte, MG, no período de 2000 a 2022, considerando o período de operação (até 2007) e após o encerramento da disposição de resíduos (após 2007), a partir da análise da evolução histórica dos parâmetros físico-químicos obtidos no monitoramento. O período total de monitoramento avaliado foi de 24 anos. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, DBO, DQO, OD, cloretos, sulfato e sulfetos, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , STD, cor, turbidez e metais (Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni e Zn). Os resultados, apresentados na forma de estatística descritiva simples, indicam, de uma forma geral, que após o encerramento da operação, com a implantação da camada de cobertura final e do sistema de drenagem superficial definitivo, associado à uma rotina de manutenção criteriosa, houve uma melhoria da qualidade geral das águas superficiais da área.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Águas Superficiais, Monitoramento, Resíduos Sólidos.

INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização nas grandes cidades, muitas vezes não acompanhado pela implantação de equipamentos de infraestrutura urbana adequados, tem gerado uma série de impactos ambientais no meio urbano. Dentre estes impactos, podem ser destacados: enchentes, poluição atmosférica, descarte inadequado de águas residuárias sem tratamento em corpos d'água e a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos – RSU, que comprometem diretamente os recursos naturais e a qualidade de vida da população.

A geração excessiva de RSU pode ser apontada como um dos principais problemas ambientais da atualidade, pois quando não são devidamente gerenciados e dispostos de forma adequada, apresentam um grande potencial de gerar impactos ambientais negativos no meio físico, tais como contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, poluição atmosférica, dentre outros.

Mesmo os aterros sanitários de RSU, que em princípio são considerados a técnica de engenharia adequada para a disposição final dos resíduos, minimizando os impactos ambientais, quando não são implantados, operados, monitorados e não apresentam rotinas de manutenção adequadas, podem causar diversos impactos, mesmo após o encerramento das atividades de disposição.

No caso da cidade de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, o aterro sanitário, que se encontra encerrado, está inserido na área urbana do município, o que configura um risco potencial para as populações adjacentes e para o ambiente urbano. Com o objetivo de controlar os possíveis impactos causados por esse aterro sanitário e reduzir os riscos para a população, desde 1995 um extenso programa de monitoramento foi implantado e vem sendo realizado, envolvendo os aspectos ambientais, geotécnicos, operacionais e de manutenção.

Dentre os monitoramentos executados, encontra-se o de mananciais superficiais, os quais podem vir a ser impactados pelo fluxo natural de águas de chuvas que incidem sobre o maciço de resíduos do aterro sanitário ou pelas migrações descontroladas de lixiviados, se estas ocorrerem.

Este trabalho tem como objetivo analisar a qualidade das águas superficiais na área do aterro sanitário da BR-040 em Belo Horizonte, MG, considerando o período de operação (até 2007) e após o encerramento da disposição de resíduos (após 2007), a partir da análise da evolução histórica dos parâmetros físico-químicos obtidos no monitoramento, que é realizado nos cursos d'água existentes na área do aterro.

MATERIAIS E MÉTODOS

O aterro sanitário de Belo Horizonte está localizado na Bacia hidrográfica do Ribeirão Onça, na região Noroeste da cidade (Figura 1), possui uma área de 114,50 ha e esteve em operação por 32 anos, entre 1975 e 2007. Os RSU gerados em Belo Horizonte foram dispostos em diversas regiões da área, ocupando cerca de 70 ha. O aterro possui camadas de resíduos sobrepostas e possuía, na época de seu encerramento, cerca de 65 m de altura máxima, tendo sido dispostos, aproximadamente, 23 Mt de RSU durante sua operação.

Devido à sua localização, o aterro pode, eventualmente, impactar diretamente 3 (três) córregos presentes na área, sendo eles: Ipanema, Coqueiros e Taiobas. Logo, é de suma importância a realização frequente da coleta e análise de amostras de suas águas superficiais, pois são interceptores de fluxo de poluentes oriundos do aterro (SLU, 2005). Esses córregos são perenes e apresentam fluxo contínuo ao longo de todo o ano. Os pontos de monitoramento desses cursos d'água, denominados PSP1, PSP3 e PSP4, podem ser observados na Figura 1.

Há que se destacar a importância desses cursos d'água, já que na área territorial do município de Belo Horizonte, existem três bacias hidrográficas, as bacias do Ribeirão Arrudas e do Onça, ambos afluentes do Rio das Velhas e Rio São Francisco, e são as maiores do município, e uma terceira, a Bacia do Isidoro, na região Norte do município. O aterro sanitário de Belo Horizonte encontra-se inserido na sub-bacia hidrográfica do Córrego Sarandi, que pertence à bacia hidrográfica do Onça.

O monitoramento desses cursos d'água é realizado há aproximadamente 24 anos e, quando do encerramento de sua operação, foi elaborado o Plano de Encerramento e Manutenção das atividades ali desenvolvidas, onde foi prevista a continuidade do monitoramento ambiental e geotécnico da área por um período mínimo de 20 anos, conforme recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 1997). Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados referentes aos períodos de 2000 a 2022, para os pontos de amostragem PSP1 e PSP3, e para o período de 2010 a 2022, para o ponto PSP4, localizado a jusante de área onde foram dispostos resíduos de construção civil.

O monitoramento da qualidade das águas superficiais consiste na avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Neste trabalho serão apresentados e discutidos: pH, DBO, DQO, OD, cloretos, sulfato e sulfetos, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , STD, cor, turbidez e metais (Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni e Zn). Esses parâmetros, segundo Ramos *et al.* (2019), vêm sendo os mais estudados para análise de qualidade das águas superficiais, denotando que o monitoramento realizado no aterro de Belo Horizonte é adequado.

As metodologias de análise seguiram o *Standard Methods of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Embora não se trate exatamente de um efluente, para a avaliação da qualidade das águas superficiais, considerou-se como referência os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 e suas alterações (CONAMA, 2005). A título de referência o enquadramento dos cursos d'água principais da bacia onde encontra-se instalado o aterro sanitário de Belo Horizonte é Classe 2.

Foi efetuada a análise da evolução temporal dos parâmetros mencionados anteriormente e avaliada uma estatística descritiva simples desses dados ao longo do tempo (valores mínimos e máximos, média, mediana e desvio padrão), considerando o período de operação (até 2007) e após o encerramento da disposição de resíduos (após 2007).

A frequência de coleta de amostras de águas e as análises são realizadas mensalmente em cada curso d'água, desde o início do monitoramento. Entretanto, alguns parâmetros que inicialmente eram monitorados, deixaram de ser e outros, ao longo do tempo passaram a ser realizados. Essas alterações devem-se à dinâmica do monitoramento e em conformidade com as análises temporais da evolução da concentração dos parâmetros que, em determinados momentos, indicou a necessidade de alteração nos parâmetros monitorados e, quando necessário, a frequência.

As amostragens e as análises são realizadas por empresas terceirizadas contratadas pela Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte.

Outro monitoramento que é realizado e que dá suporte ao de águas superficiais, é o de líquidos lixiviados gerados no aterro. Esses líquidos lixiviados, no período de 2000 a 2008, eram acumulados em tanques e encaminhados para tratamento em Estações de Tratamento de Esgotos do município. A partir de 2009, com a implantação da rede de interceptores na região onde o aterro encontra-se instalado, os líquidos lixiviados passaram a ser lançados diretamente na rede de coleta de esgotos próxima ao aterro.

Além disso, deve-se considerar que a população total residente no entorno desse aterro, e que pode ser impactada, é de aproximadamente 70.000 habitantes (IBGE, 2010), a qual é considerada de vulnerabilidade social elevada.

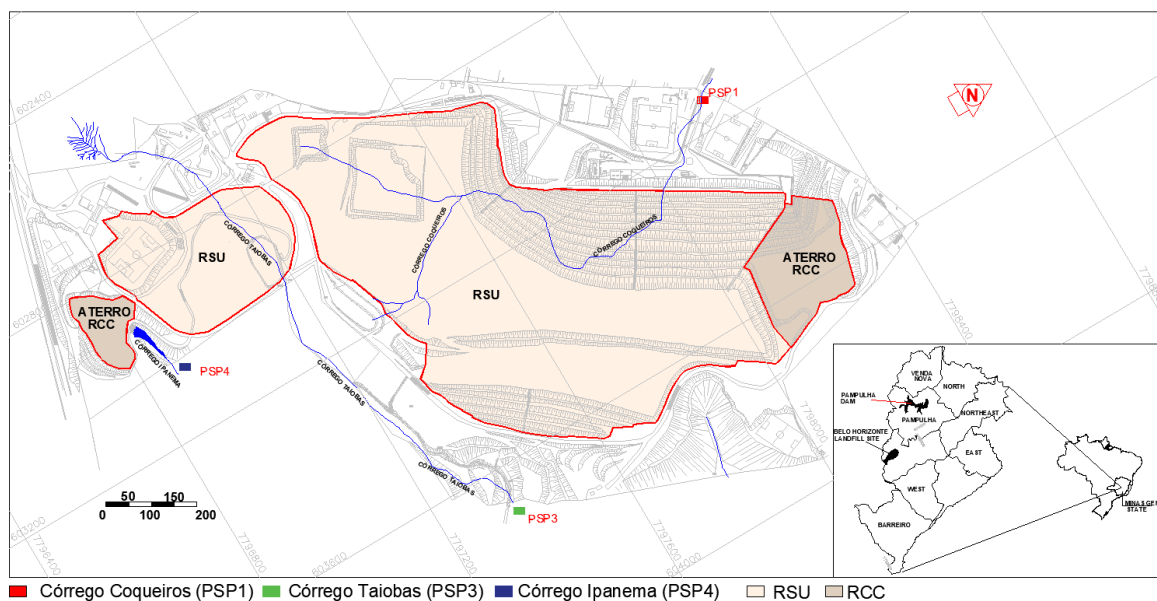


Figura 1: Layout da CTRS-040 e região circunvizinha

RESULTADOS

Os resultados das análises foram sistematizados e organizados em um banco de dados, consolidado em 24 parâmetros físico-químicos. Nas Tabelas 1 a 5 são apresentados os resultados do monitoramento de desses parâmetros para os pontos de amostragem PSP1, PSP3 e PSP4, comparando-os com valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº. 357 (CONAMA, 2005)

A análise dos resultados se baseou na análise estatística descritiva simples, com a organização, sumarização e descrição de dados, por meio de cálculos de médias, valores máximos e mínimos, medianas e desvios padrão.

Tabela 1 – Monitoramento de águas superficiais – Córrego Coqueiros (PSP1) – Período 2000 a 2007 (Operação).

Parâmetro	Unidade	VMP	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
pH (a 25°C)	-	6 a 9	71	6.08	8.71	7.13	7.13	0.40
DBO	mg/l	5,00	71	0.1	1682.00	122.10	8.00	313.52
DQO	mg/l		72	5	2285.69	228.21	52.16	451.72
OD	mgO ₂ /L	>5	73	0.1	8.80	4.84	4.70	1.73
Cloreto	mg/l	250,00	73	1.5	2026.80	243.62	189.70	329.86
SO ₄ ⁻	mgSO ₄ ²⁻ /L	250,00	41	0.3	2000.00	107.87	10.60	338.75
Sulfetos	mgS/L	0,002	73	0.001	11.000	0.721	0.002	1.630
NO ₃ ⁻	mg/l		41	0.05	12.00	1.40	0.69	2.37
NO ₂ ⁻	mg/l		44	0.005	1.80	0.15	0.06	0.31
NH ₄	mg/l	3,70	17	0.7	72.20	20.68	15.90	21.78
STD	mg/l	500,00	72	181	2668.00	742.31	615.50	494.68
Cor	CU	75,00	70	5	1000.00	204.57	141.00	208.13
Turbidez	UNT	100,00	39	1.1	1200.00	137.77	53.00	223.35
Al	mgAl/L	0,10	56	0.04	134.000	5.499	0.190	23.720
Cd	mgCd/L	0,001	74	0.0005	0.063	0.006	0.002	0.010
Pb	mgPb/L	0,01	74	0.005	0.88	0.04	0.01	0.11
Cu	mgCu/L	0,02	38	0.001	0.37	0.03	0.01	0.06
Cr Total	mgCr/L	0,05	17	0.005	0.34	0.04	0.01	0.08
Cr Hexavalente	mgCr/L		56	0.01	0.49	0.04	0.02	0.07
Cr Trivalente	mgCr/L		57	0.01	0.50	0.04	0.03	0.07
Ferro Solúvel	mgFe/L	0,30	44	0.01	42.66	1.52	0.05	6.63
Hg	mgHg/L	0,0002	74	0.0001	0.0059	0.0004	0.0002	0.0009
Ni	mgNi/L	0,025	41	0.004	0.370	0.044	0.020	0.064
Zn	mgZn/L	0,18	74	0.01	2.10	0.15	0.06	0.29

N – Número de amostras; VMP – Valor Máximo Permitido; DP – Desvio Padrão.

Tabela 2 – Monitoramento de águas superficiais – Córrego Coqueiros (PSP1) – Período 2007 a 2022 (Após encerramento).

Parâmetro	Unidade	VMP	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
pH (a 25°C)	-	6 a 9	154	5.26	10.30	7.14	7.07	0.59
DBO	mg/l	5,00	156	0.2	60.00	6.32	3.00	7.99
DQO	mg/l		156	2.08	147.00	27.79	21.90	25.15
OD	mgO ₂ /L	>5	157	0.7	10.70	4.90	4.70	1.51
Cloreto	mg/l	250,00	156	1	329.00	161.79	176.50	62.52
SO ₄ ⁻	mgSO ₄ ²⁻ /L	250,00	33	0.15	16.00	4.19	2.50	4.46
Sulfetos	mgS/L	0,002	157	0.001	0.180	0.021	0.002	0.028
NO ₃ ⁻	mg/l		139	0.1	16.00	1.66	0.75	2.65
NO ₂ ⁻	mg/l		157	0.008	3.50	0.20	0.06	0.46
NH ₄	mg/l	3,70	103	0.02	85.60	12.04	11.70	10.25
STD	mg/l	500,00	154	0	11026.00	698.71	660.50	871.01
Cor	CU	75,00	157	3	1000.00	93.54	14.50	160.02
Turbidez	UNT	100,00	33	1.4	617.00	99.45	87.70	105.03
Al	mgAl/L	0,10	138	0.001	60.400	0.655	0.019	5.325
Cd	mgCd/L	0,001	156	0.0005	1.000	0.007	0.001	0.080
Pb	mgPb/L	0,01	156	0.0005	10.00	0.07	0.01	0.80
Cu	mgCu/L	0,02	30	0.001	0.01	0.01	0.01	0.00
Cr Total	mgCr/L	0,05	155	0.001	10.00	0.07	0.01	0.80
Cr Hexavalente	mgCr/L		137	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01
Cr Trivalente	mgCr/L		137	0.01	0.10	0.02	0.01	0.02
Ferro Solúvel	mgFe/L	0,30	157	0.005	13.00	2.80	0.79	3.36
Hg	mgHg/L	0,0002	157	0.000004	0.0750	0.0024	0.0001	0.0101
Ni	mgNi/L	0,025	32	0.0036	0.116	0.010	0.005	0.020
Zn	mgZn/L	0,18	157	0.001	13.40	0.12	0.02	1.07

N – Número de amostras; VMP – Valor Máximo Permitido; DP – Desvio Padrão.

Tabela 3 – Monitoramento de águas superficiais – Córrego Taiobas (PSP3) – Período 2000 a 2007 (Operação).

Parâmetro	Unidade	VMP	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
pH (a 25°C)	-	6 a 9	69	6.28	8.03	7.35	7.35	0.30
DBO	mg/l	5,00	71	0.1	75.22	10.51	3.50	17.10
DQO	mg/l		74	4	650.24	56.93	33.66	86.57
OD	mgO ₂ /L	>5	73	0.2	9.40	5.70	5.80	1.86
Cloreto	mg/l	250,00	74	0.5	719.70	63.19	43.70	93.68
SO ₄ ⁻	mgSO ₄ ²⁻ /L	250,00	40	0.6	88.00	16.37	10.50	17.70
Sulfetos	mgS/L	0,002	74	0.0002	5.440	0.411	0.003	1.116
NO ₃ ⁻	mg/l		40	0.01	11.00	1.70	0.77	2.41
NO ₂ ⁻	mg/l		44	0.005	3.00	0.25	0.14	0.46
NH ₄	mg/l	3,70	47	0.01	48.00	7.55	4.32	9.12
STD	mg/l	500,00	74	108	775.00	317.58	310.00	103.35
Cor	CU	75,00	73	5	1090.00	111.70	70.00	152.63
Turbidez	UNT	100,00	40	5	1270.00	70.45	27.50	201.56
Al	mgAl/L	0,10	57	0.01	15.600	0.814	0.160	2.196
Cd	mgCd/L	0,001	74	0.0005	0.056	0.003	0.002	0.008
Pb	mgPb/L	0,01	74	0.005	0.12	0.02	0.01	0.02
Cu	mgCu/L	0,02	37	0.001	0.04	0.01	0.01	0.01
Cr Total	mgCr/L	0,05	17	0.005	0.06	0.02	0.01	0.02
Cr Hexavalente	mgCr/L		56	0.01	0.05	0.03	0.01	0.02
Cr Trivalente	mgCr/L		57	0.01	0.50	0.04	0.02	0.07
Ferro Solúvel	mgFe/L	0,30	44	0.01	1.22	0.14	0.05	0.25
Hg	mgHg/L	0,0002	74	0.0001	0.0073	0.0004	0.0002	0.0010
Ni	mgNi/L	0,025	40	0.004	18.000	0.465	0.012	2.844
Zn	mgZn/L	0,18	74	0.01	0.67	0.08	0.05	0.11

N – Número de amostras; VMP – Valor Máximo Permitido; DP – Desvio Padrão.

Tabela 4 – Monitoramento de águas superficiais – Córrego Taiobas (PSP3) – Período 2007 a 2022 (Após encerramento).

Parâmetro	Unidade	VMP	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
pH (a 25°C)	-	6 a 9	156	4.77	8.90	7.44	7.47	0.52
DBO	mg/l	5,00	155	0.5	211.00	8.49	3.02	21.56
DQO	mg/l		156	2.8	496.00	35.13	20.00	55.81
OD	mgO ₂ /L	>5	156	1.4	10.90	5.36	5.37	1.41
Cloreto	mg/l	250,00	156	0.8	641.00	45.82	37.70	58.81
SO ₄ ⁻	mgSO ₄ ²⁻ /L	250,00	33	0.0005	61.90	11.20	5.10	15.48
Sulfetos	mgS/L	0,002	155	0.001	0.120	0.020	0.002	0.025
NO ₃ ⁻	mg/l		138	0.01	137.00	3.98	2.19	12.11
NO ₂ ⁻	mg/l		155	0.008	16.00	0.61	0.24	1.67
NH ₄	mg/l	3,70	155	0.02	42.00	4.93	4.29	4.66
STD	mg/l	500,00	156	62	1174.00	323.97	300.50	129.53
Cor	CU	75,00	156	3	802.00	45.54	18.60	92.03
Turbidez	UNT	100,00	32	0.001	459.00	46.45	21.80	100.97
Al	mgAl/L	0,10	137	0	9.310	0.410	0.065	1.282
Cd	mgCd/L	0,001	156	0.0005	0.001	0.001	0.001	0.000
Pb	mgPb/L	0,01	156	0.001	0.23	0.01	0.01	0.02
Cu	mgCu/L	0,02	27	0.001	841.00	68.41	0.01	175.06
Cr Total	mgCr/L	0,05	156	0.001	0.37	0.01	0.01	0.03
Cr Hexavalente	mgCr/L		136	0.01	0.20	0.02	0.01	0.02
Cr Trivalente	mgCr/L		136	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01
Ferro Solúvel	mgFe/L	0,30	156	0.001	9.33	0.60	0.17	1.24
Hg	mgHg/L	0,0002	156	0.000004	0.0400	0.0019	0.0001	0.0083
Ni	mgNi/L	0,025	32	0.001	1.000	0.288	0.007	0.453
Zn	mgZn/L	0,18	156	0.001	2.40	0.06	0.02	0.22

N – Número de amostras; VMP – Valor Máximo Permitido; DP – Desvio Padrão.

Tabela 5 – Monitoramento de águas superficiais – Córrego Ipanema (PSP4) – Período 2010 a 2022 (Após encerramento).

Parâmetro	Unidade	VMP	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
pH (a 25°C)	-	6 a 9	136	3.69	9.40	7.30	7.40	0.72
DBO	mg/l	5,00	135	0.5	146.00	3.88	3.00	12.64
DQO	mg/l		134	5	324.00	15.80	10.00	28.24
OD	mgO ₂ /L	>5	136	0.01	47.00	5.40	5.00	3.95
Cloreto	mg/l	250,00	136	3	348.00	26.75	16.80	37.65
SO ₄ ²⁻	mgSO ₄ ²⁻ /L	250,00	30	0.02	658.00	180.43	92.95	192.26
Sulfetos	mgS/L	0,002	135	0.001	0.050	0.022	0.002	0.024
NO ₃ ⁻	mg/l		136	0.2	147.00	12.47	5.10	20.75
NO ₂ ⁻	mg/l		136	0.008	1.40	0.06	0.02	0.18
NH ₄	mg/l	3,70	79	0.02	9.00	0.36	0.03	1.34
STD	mg/l	500,00	78	176	3130.00	812.78	712.00	579.92
Cor	CU	75,00	136	2	160.00	11.98	5.00	18.41
Turbidez	UNT	100,00	30	0.41	109.00	20.12	6.44	30.21
Al	mgAl/L	0,10	136	0.001	6.740	0.515	0.118	1.194
Cd	mgCd/L	0,001	136	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Pb	mgPb/L	0,01	136	0.001	0.07	0.01	0.01	0.01
Cu	mgCu/L	0,02	30	0.001	0.01	0.01	0.01	0.00
Cr Total	mgCr/L	0,05	136	0.001	0.05	0.01	0.01	0.01
Cr Hexavalente	mgCr/L		136	0.003	0.05	0.02	0.01	0.01
Cr Trivalente	mgCr/L		136	0.003	0.05	0.02	0.01	0.01
Ferro Solúvel	mgFe/L	0,30	127	0.001	19.40	0.35	0.02	2.23
Hg	mgHg/L	0,0002	135	0.000004	0.0400	0.0016	0.0001	0.0076
Ni	mgNi/L	0,025	30	0.001	0.010	0.005	0.005	0.003
Zn	mgZn/L	0,18	136	0.001	0.41	0.03	0.02	0.05

N – Número de amostras; VMP – Valor Máximo Permitido; DP – Desvio Padrão.

Em relação aos valores de DBO e DQO na fase pós fechamento, embora inferiores aos valores observados durante a operação, os valores observados, possivelmente, podem estar associados ao arraste, pela águas de chuvas, de matéria orgânica natural em decomposição (vegetação) e sedimentos e nutrientes sobre o solo, provavelmente, oriundos de fezes de animais, que se fazem presentes na área, e ao fato de que a CTRS BR040 possui uma grande área verde. Contudo, os valores e medianos se situaram abaixo do VMP estabelecido, principalmente após o encerramento, apesar da distribuição dos dados não ser uniforme, apresentando alguns valores discrepantes.

O pH é um importante parâmetro de qualidade da água, que se relaciona parâmetros para quantificar as condições de qualidade do corpo hídrico. As amostras devem apresentar valores compreendidos entre de 6,0 a 9,0 para ser classificado como Classe 2 pelo Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005). Analisando os resultados, nota-se que para os cursos d'água Coqueiros (PSP1) e Taiobas (PSP3), todos os valores se apresentaram dentro desta faixa, tanto para o período em que o aterro esteve em operação quanto após o seu encerramento. Para o Córrego Ipanema (PSP4), o valor máximo esteve acima do VMP. Isto pode estar relacionado à disposição, à montante deste córrego, de RCC em um aterro de resíduos Classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307 (CONAMA, 2002), apesar da média observada estar abaixo do VMP e desvio padrão ter sido baixo.

Em relação aos compostos nitrogenados, a variação da concentração de nitrato e nitrito apresentou pouca dispersão, que pode ser inferido pelo desvio padrão observado, que é baixo, apesar dos valores máximos observados serem elevados. Considerando que o VMP deste parâmetro em corpos hídricos de Classe 2 é vinculado às condições do pH, os valores observados se justificam, já que o pH se mostrou sempre dentro da faixa estabelecida pelo CONAMA (2005). Esta análise é importante, já que a presença de compostos nitrogenados pode ser indicativo de contaminação por efluentes (lixiviados).

A análise de sulfatos e sulfetos é um importante indicativo de poluição ou contaminação por líquidos lixiviados oriundos do aterro sanitário. Os resultados indicam que a maioria dos resultados ficaram abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Com relação aos metais, observa-se que a grande maioria dos parâmetros esteve dentro dos limites estabelecidos. Cabe ressaltar que a própria composição química dos solos utilizados, por exemplo, na camada de cobertura final, pode contribuir para a presença de ferro e alumínio nas águas superficiais, assim como a composição mineralógica do solo natural da área.

Destaca-se que na estatística descritiva realizada, foram utilizados todos os resultados das análises, mesmo que pudessem ser considerados “*outliers*”, sob o ponto de vista estatístico. Isso muitas vezes faz com que valores médios, e eventualmente medianos, tenham grande influência desses valores extremos. No entanto, ressalta-se que valores extremos podem ter sofrido influência pontual de fatores ambientais diversos e que de fato podem retratar a condição no momento da coleta, e não uma falha nos procedimentos de amostragem e análise.

Quando se analisa os valores médios e medianos para todos os parâmetros, observa-se que alguns estão acima do valor máximo permitido pela legislação. Nesse sentido, depreende-se que, apesar de ser observada uma melhora na qualidade das águas superficiais após o encerramento da operação desse aterro, alguns parâmetros ainda não se enquadram dentro do VMP estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), que foi utilizada como referência.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada uma avaliação dos resultados de alguns parâmetros físico-químicos obtido ao longo do período de 24 anos de monitoramento ambiental dos cursos d’água superficiais da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (CTRS BR040).

Essa análise permitiu inferir que a qualidade das águas superficiais apresentou melhora em sua qualidade após o encerramento da operação desse aterro sanitário. Isto representa um ganho ambiental importante, já que os cursos d’água existentes nessa área fluem para outras bacias de interesse ambiental para Belo Horizonte.

Essa melhora pode estar associada tanto à implantação da camada de cobertura final e do sistema de drenagem superficial definitivo, bem como da manutenção criteriosa desses elementos, que vem sendo realizado no aterro sanitário da BR-040 em Belo Horizonte.

Por fim, destaca-se que a influência das precipitações pluviométricas não foi considerada nesse trabalho e, provavelmente, pode estar contribuindo para alterar a qualidade dessas águas superficiais. Para trabalhos futuros, sugere-se que este parâmetro seja considerado, assim como seja realizada uma análise estatística mais completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente - RESOLUÇÃO CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. 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.
2. APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, 2005. (APHA/AWWA/WEF).
3. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010 características da população e dos domicílios: resultados do universo. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2011a.
4. RAMOS, A.S.; OLIVEIRA, V. P. S; ARAÚJO, T. M. R. Qualidade da água: parâmetros e métodos mais utilizados para análise de água de recursos hídricos superficiais. I. Holos Environment (2019), 19 (2): 205-219.
5. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13896, Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12 p.
6. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente - RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96, Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.