

## III-446 - AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VAZÃO NA EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS CARACTERÍSTICAS DOS LÍQUIDOS LIXIVIADOS GERADOS EM UM ATERRO SANITÁRIO

### **Cícero Antonio Antunes Catapreta<sup>(1)</sup>**

Eng. Civil (PUCMG), Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Professor Adjunto do Centro Universitário UNA. Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

### **Gustavo Ferreira Simões**

Eng. Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Engenharia Civil (PUC-Rio), Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG).

### **Mariana Gomes Cardoso de Abreu**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária - CEFET/MG

### **Marco Túlio Santos Guimarães**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária - CEFET/MG

### **Paulo Roberto da Silva Júnior**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária - CEFET/MG

**Endereço<sup>(1)</sup>:** 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) 3277-9808 – e-mail: [catapret@pbh.gov.br](mailto:catapret@pbh.gov.br).

### **RESUMO**

Os líquidos lixiviados gerados em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos podem gerar problemas ambientais, devido ao seu alto potencial poluidor, caso sejam descartados sem tratamento. Logo, é fundamental que se conheça qualitativamente e quantitativamente as características desses líquidos que apresentam grande variabilidade em sua composição e quantidade gerada. O presente trabalho objetiva analisar e discutir a evolução da concentração de alguns parâmetros físico-químicos presentes nos líquidos lixiviados do aterro sanitário de Belo Horizonte (MG), assim como a influência da variação da vazão desses líquidos ao longo do tempo, principalmente, após o encerramento das atividades de disposição de RSU nesse aterro. Os resultados apresentados no trabalho se referem a um período de aproximadamente 12 anos de monitoramento e fornecem uma visão geral da evolução temporal das concentrações de alguns parâmetros físico-químicos nos líquidos lixiviados gerados no aterro de Belo Horizonte (MG), os quais vêm apresentando características de lixiviados de aterros mais velhos. A quantidade de líquidos lixiviados gerados vem reduzindo ao longo do tempo, como era esperado, e apresentando relação direta com as precipitações pluviométricas. Em relação aos parâmetros físico-químicos dos líquidos lixiviados, não foi observada uma relação direta entre a vazão de líquidos lixiviados e a concentração destes, assim como a análise de alguns parâmetros foi prejudicada pela limitação dos equipamentos utilizados na obtenção dos dados (limite de detecção).

**PALAVRA-CHAVES:** Aterro Sanitário, Chorume, Líquidos Lixiviados, Resíduos Sólidos.

### **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente, uma das grandes preocupações ambientais está relacionada ao manejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados pelas populações e indústrias, principalmente, em relação ao seu tratamento e disposição final, que representa um dos principais problemas na maioria das cidades, intensificando-se nos grandes centros urbanos, devido ao grande volume de resíduos gerados e à escassez de áreas para implantação de novos sistemas de manejo, tratamento e disposição final (Catapreta, 2015).

No Brasil, a solução mais utilizada para a disposição final dos RSU são os aterros sanitários, considerados como a alternativa mais viável economicamente.

Para que esses se configurem como uma solução de fato para a minimização dos danos ao meio ambiente e à saúde pública, esses aterros precisam ser projetados, implantados, operados e encerrados segundo critérios de

engenharia, bem como possuir o acompanhamento e monitoramento adequado à luz das tecnologias e normas existentes.

Desta forma, a disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários requer uma série de critérios operacionais, ambientais e geotécnicos bastante complexos, devido aos mecanismos físicos, químicos e biológicos envolvidos e que influenciam diretamente o comportamento geral dos aterros (Catapreta, 2008).

Após a disposição dos RSU em aterros sanitários, a matéria orgânica existente começa a se degradar, principalmente, através dos processos de digestão anaeróbia. Um dos derivados deste processo de degradação é a formação de líquidos lixiviados, que apresentam, ao longo do tempo, grande variação em suas características. Essa variação ocorre em função de diversos fatores que, segundo Celerei *et. al.* (2007), vão desde as condições pluviométricas locais até o tempo de disposição e características dos próprios resíduos. Além disso, esses líquidos podem conter altas concentrações de metais pesados, sólidos suspensos e compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que são metabolizadas, como carboidratos, proteínas e gorduras.

Ainda segundo Celerei *et. al.* (2007), por apresentarem substâncias altamente solúveis, esses líquidos lixiviados podem escoar e alcançar as coleções hídricas superficiais ou até mesmo infiltrar-se no solo e atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e potenciais usos.

Baseando-se no risco de uma disposição inadequada dos RSU, destaca-se a necessidade de conduzir estudos e monitoramentos que visem aferir a presença e a concentração de algumas substâncias nocivas ao meio ambiente nos líquidos lixiviados e avaliar como estas se alteram ao longo do tempo, conforme a variabilidade da vazão desses líquidos.

Deve-se considerar ainda, que os líquidos lixiviados apresentam grande variabilidade quantitativa e qualitativa em suas características, já que depende de fatores como as condições do ambiente local, o tempo de disposição dos resíduos, a forma de operação do aterro sanitário e até as características dos resíduos descartados (p.ex. quantidade de matéria orgânica). Geralmente, os líquidos lixiviados são compostos de substâncias orgânicas e inorgânicas. Logo, é necessário que se conheçam as suas características físico-químicas para que seja realizado o seu correto gerenciamento.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar e discutir a evolução da concentração de alguns parâmetros físico-químicos presentes nos líquidos lixiviados do aterro sanitário de Belo Horizonte (MG), assim como a influência da variação da vazão destes líquidos ao longo do tempo, principalmente, após o encerramento das atividades de disposição de RSU nesse aterro.

## 2. METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDO

O aterro sanitário de Belo Horizonte (MG) faz parte da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 (CTRS BR 040), que se encontra localizada às margens da Rodovia BR 040, na região Noroeste de Belo Horizonte (Figura 1). Iniciou sua operação em 1975 e teve o encerramento de suas atividades, e seu consequente descomissionamento, em 2007, concluindo 32 anos de funcionamento. A CTRS BR 040 ocupa uma área de 144 hectares, sendo que 65 hectares consistem no aterro sanitário. Aproximadamente 23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos – RSU foram dispostos nesse aterro durante os anos de operação.



Figura 1 - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte. Fonte: Google Maps

## CARACTERÍSTICAS DOS RSU

A composição gravimétrica média (em base úmida) dos RSU dispostos no aterro consistia de: matéria orgânica (62%); papel e papelão (10%); plásticos (11%); metais (2%); vidros (3%); resíduos de construção e demolição - RCD (3%); borracha, espuma e materiais cerâmicos (1%); madeira, tecidos e couro (4%) e outros (5%) (SMLU, 2004). Observa-se que, mesmo dentro dos resíduos sólidos domésticos, há presença de resíduos de construção civil em proporções reduzidas. Os outros constituintes estão dentro das faixas normalmente observadas para cidades semelhantes à Belo Horizonte. Pode-se destacar o alto teor de matéria orgânica presente (62%), o qual contribuiu para o elevado teor de umidade inicial, em torno de 60% (base úmida).

## AMOSTRAGEM E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A caracterização dos líquidos lixiviados gerados foi realizada por meio da avaliação da evolução temporal dos seguintes parâmetros: pH, DBO, DQO, DBO/DQO e dos seguintes metais pesados: alumínio total, cromo total, ferro solúvel e mercúrio total. As coletas e análises físico-químicas das amostras de líquidos lixiviados seguiram os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 1998). Os resultados discutidos neste trabalho foram obtidos em, aproximadamente, 12 (doze) anos de monitoramento (2004 a 2016). As amostragens e análises ocorreram com frequência mensal, tendo sido realizadas 146 campanhas de amostragem.

Os valores observados para cada elemento foram comparados aos padrões da Resolução CONAMA Nº 430 (CONAMA, 2011) e da Norma Técnica T.187/5 da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA (COPASA, 2005), uma vez que esses líquidos são descartados na rede pública coletora de esgotos, sendo conduzidos às estações de tratamento de esgotos do município de Belo Horizonte.

## DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS E CONTROLE PLUVIOMÉTRICO

A determinação da vazão dos líquidos lixiviados foi realizada de forma sistemática, por meio de medições diárias a partir do encerramento das atividades de enchimento do aterro, utilizando o método da descarga livre.

O registro das precipitações foi realizado diariamente em um pluviômetro e um pluviógrafo instalados na área da CTRS BR-040, além de dados climatológicos da estação meteorológica do 5º Distrito de Meteorologia (Estação 83587), que se localiza na região centro sul de Belo Horizonte e é operada pelo INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

### 3. RESULTADOS

Os dados avaliados nesse artigo se referem aos dois pontos de descarte de líquidos lixiviados existentes e localizados à jusante do aterro sanitário, denominados PLQ8 e PLQ9, que são direcionados para a rede pública coletora de esgotos.

#### Vazão dos líquidos lixiviados

As vazões médias mensais dos líquidos lixiviados dos dois pontos analisados e a precipitação mensal do período de 2000 a 2017 são apresentadas na Figura 2. Observa-se uma relação entre os picos de vazão com os picos de chuva nos respectivos períodos. Como era esperado, após o encerramento das atividades de aterragem e a consequente implantação da camada de cobertura final do aterro, observa-se que ocorre redução da quantidade de líquidos lixiviados gerada ao longo do tempo. Ainda assim, em menores proporções, observa-se uma relação entre alguns picos de vazão e de precipitações pluviométricas.

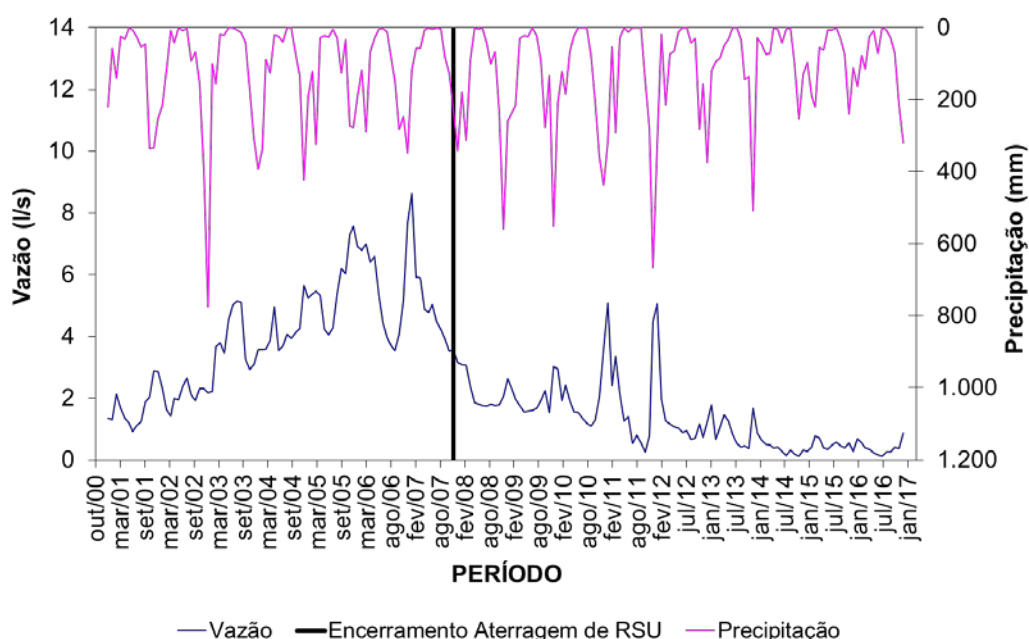


Figura 2 – Vazão média mensal dos líquidos lixiviados vs precipitação média mensal (2000 a 2017)

#### Metais Pesados

A Figura 3 apresenta a evolução temporal das concentrações de metais pesados presentes nos líquidos lixiviados gerados no aterro sanitário. Destaca-se que a análise dos metais foi realizada considerando-os na forma de elemento e não na forma de compostos associados a outros elementos. Os valores máximos permitidos para cada elemento, uma vez que esses líquidos são descartados na rede pública coletora de esgotos, foram considerados segundo a Norma Técnica T.187/5 da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA (COPASA, 2005) e a Resolução CONAMA Nº 430 (CONAMA, 2011). Anteriormente, até o ano de 2011, era considerada como referência a resolução CONAMA Nº 357 (CONAMA, 2005).

Para as concentrações de metais presentes nas amostras de líquidos lixiviados coletadas no aterro, observou-se que a maioria dos valores se encontra abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira. Os parâmetros alumínio e cromo total não apresentam limites máximos permitidos pela resolução CONAMA, porém busca-se enquadrar os valores dentro da norma técnica da COPASA, uma vez que o líquido lixiviado é lançado em seu sistema de coleta de esgoto sanitário.

As concentrações de todos os parâmetros dos líquidos lixiviados se encontram abaixo do limite estabelecido pela norma técnica da COPASA, permitindo que este seja descartado em sua rede coletora de esgotos sem maiores problemas para seu sistema de tratamento.

Os parâmetros cádmio, chumbo, ferro dissolvido e mercúrio se encontram dentro do limite estabelecido pela CONAMA, o que indica que não é necessário tratamento para esses parâmetros.

A COPASA exige para o parâmetro ferro dissolvido um valor limite de lançamento em sua rede de esgoto igual ao limite determinado pela Resolução CONAMA, o que pode ser um indicativo que a concessionária não faz remoção desse poluente.

Os valores encontrados para o mercúrio estão abaixo do que é exigido pela norma, porém a precisão de seus valores não pode ser afirmada devido ao limite estabelecido pelo equipamento, ou seja, os valores disponibilizados pela empresa de coleta e análise do material indica que a concentração do parâmetro está abaixo do valor limite de detecção do aparelho. Por exemplo, a concentração de mercúrio no mês de julho de 2016 é “< 0,00008”. Outra discrepância é o valor de julho de 2012, que é significativamente superior aos valores dos meses próximos.

### **Compostos Orgânicos**

A avaliação do teor de matéria orgânica presente nos líquidos lixiviados procedeu-se por meio da determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Demanda Química de Oxigênio - DQO e da relação DBO/DQO, que indica a biodegradabilidade dos líquidos lixiviados (Figura 4). Não foi encontrada relação da variação dos parâmetros com a precipitação e observou-se pouca relação com a variação da vazão dos lixiviados, assim como série histórica demonstra uma grande variação desses parâmetros.

Essa variação, verificada desde o início da série histórica apresentada, pode ser reflexo do momento do período em que os dados são apresentados (a partir de 2004), em que o lixiviado coletado e analisado pode ser representado pela mistura de líquidos provenientes de células de diferentes idades e graus de degradação.

Como as análises de DBO só foram iniciadas em março de 2010, não há como comparar seus resultados com o período em que o aterro era ativo. Contudo, analisando o período de 2010 a 2016, os valores de DBO apresentaram comportamento atípico a partir de 2013, considerando que era esperado o seu declínio, já que o aterro não mais recebia RSU. Pode-se observar uma elevação significativa de seus valores com o tempo, a partir de 2013.

Em relação à DQO é possível observar uma tendência de redução em sua concentração logo após o encerramento das atividades de aterragem de RSU. Os valores iniciais (até 2007) da DQO apresentaram-se elevados, sendo após esse período, os valores máximos verificados foram inferiores 3687 mg/L (PLQ 8) e 4990 mg/L (PLQ 9).

Mesmo não sendo possível observar uma redução clara nos valores de DQO após o encerramento das atividades, observa-se que após esse período a maioria dos valores se situaram abaixo de 2.000 mg/l. Esses valores são característicos, segundo a literatura, de líquidos lixiviados existentes em aterros mais velhos, onde a disponibilidade de matéria orgânica facilmente degradável já não se faz presente. Dessa forma, a relação DBO/DQO tende a diminuir conforme o envelhecimento desses líquidos, pois, como dito anteriormente, a parte biodegradável já foi quebrada, restando a parte biorrefratária.

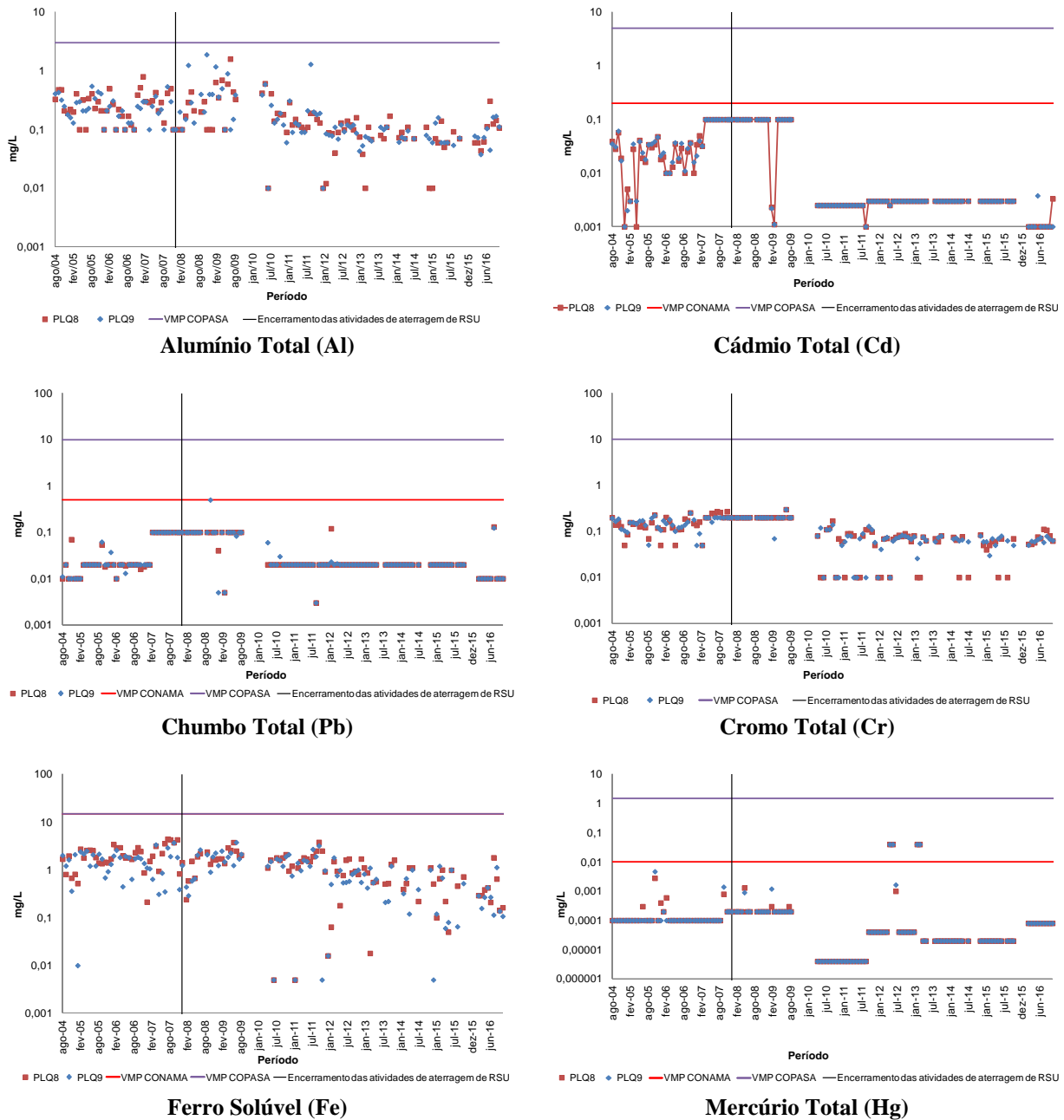
Em relação ao pH dos líquidos lixiviados também ocorreu uma evolução atípica àquela esperada no processo de digestão anaeróbia em aterros sanitários, a qual espera-se um pH com valores abaixo da neutralidade devido ao acúmulo de ácidos voláteis no interior da massa de resíduos, resultantes da fase acetogênica. Analisando os resultados, os líquidos lixiviados apresentaram, inicialmente, um pH alcalino em torno de pH= 8,0, e, após o encerramento do aterro, estes líquidos continuaram a apresentar valores acima da neutralidade.



**Tabela 1 – Estatística básica dos parâmetros avaliados**

Parâmetro	COPASA	CONAMA	PLQ8	Maior valor	Menor Valor	Média	Desvio	Mediana	PLQ9	Maior valor	Menor Valor	Média	Desvio	Mediana
Alumínio	3 mg/l	-		1,6	0,010	0,208	0,202	0,130		1,9	0,010	0,223	0,263	0,130
Cádmio	5 mg/l	0,2 mg/l	0,100	0,001	0,028	0,039	0,003	0,100	0,001	0,029	0,039	0,003		
Chumbo	10 mg/l	0,5 mg/l	5,0	0,003	0,039	0,036	0,020	5,0	0,003	0,041	0,053	0,020		
Cromo	10 mg/l	-	0,300	0,010	0,116	0,073	0,094	0,300	0,010	0,115	0,066	0,090		
Ferro	15 mg/l	15 mg/l	4,4	0,005	1,5	1,0	1,4	3,8	0,005	1,2	0,859	1,1		
Mercurio	1,5 mg/l	0,01 mg/l	0,040	0,000004	0,001	0,007	0,0001	0,040	0,000004	0,001	0,007	0,0001		
DBO	-	-	1914,0	38,0	598,7	413,1	586,0	1756,0	36,0	619,5	388,0	646,0		
DQO	-	-	4364,8	38,4	1852,6	726,7	1824,2	4990,0	26,9	2007,7	761,0	2047,0		
pH	> 6 e < 10	> 5 e < 9	8,5	6,5	-	-	-	8,5	6,8	-	-	-		

• Em vermelho indica que está acima do VMP



**Figura 3 – Evolução da concentração de metais nos líquidos lixiviados**

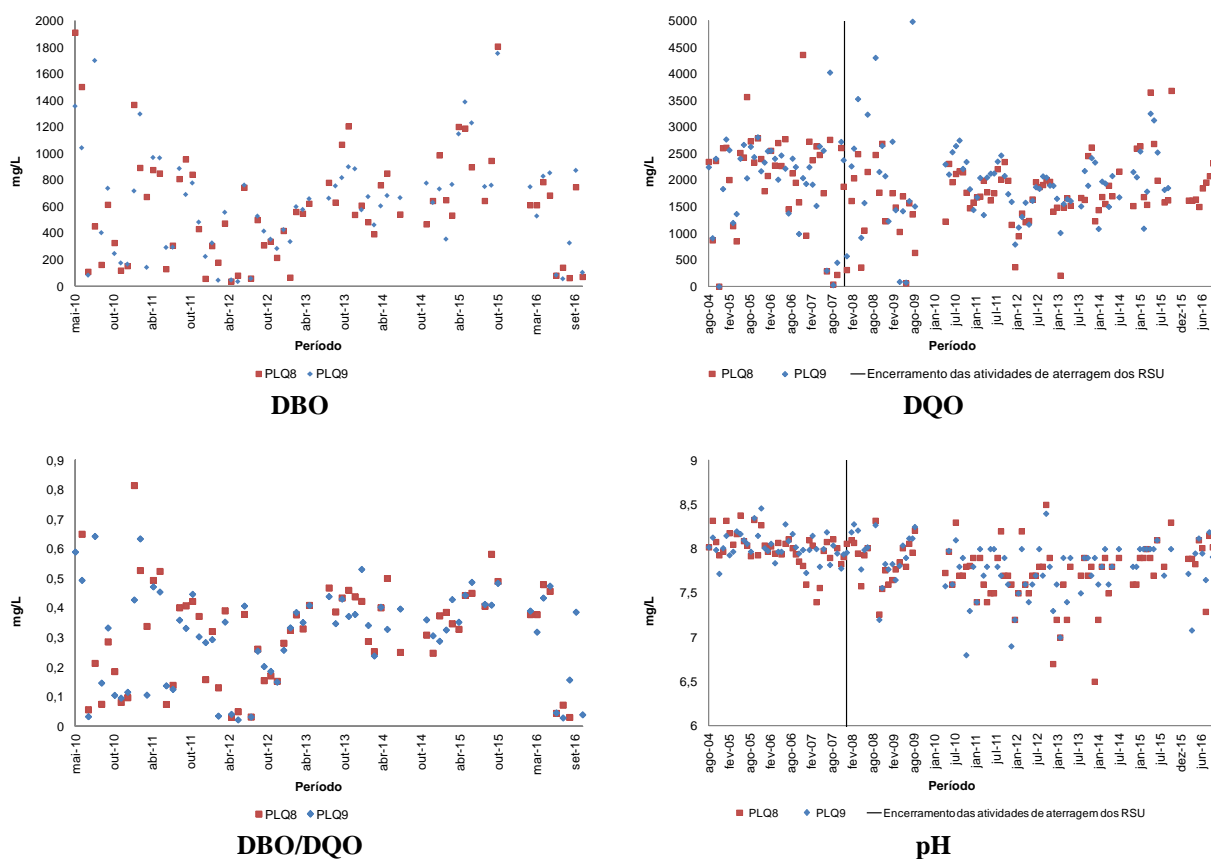


Figura 4 – Evolução de DBO, DQO, DBO/DQO e pH

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesse trabalho se referem a um período de aproximadamente 12 anos de monitoramento e fornecem uma visão geral da evolução temporal das concentrações de alguns parâmetros físico-químicos nos líquidos lixiviados gerados no aterro de Belo Horizonte (MG), os quais vêm apresentando características de lixiviados de aterros mais velhos. A quantidade de líquidos lixiviados gerados vem reduzindo ao longo do tempo, como era esperado, e apresentando relação com as precipitações pluviométricas. Em relação aos parâmetros físico-químicos dos líquidos lixiviados, não foi observada uma relação direta entre a vazão de líquidos lixiviados e a concentração destes, assim como a análise de alguns parâmetros foi prejudicada pela limitação dos equipamentos utilizados na obtenção dos dados (limite de detecção).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA /WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: APHA, 20th ed., 1998.
2. CATAPRETA, C. A. A. Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação. Belo Horizonte: EE-UFG, 2008. 337 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
3. CATAPRETA, C. A. A. SIMÕES, G. F. BORGES, T. M. R., BASTOS, J. S. Avaliação da evolução da série de sólidos nos líquidos lixiviados de um aterro sanitário experimental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2015, Campo Grande, MS. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2005
4. CELEREI, M. S.; OLIVEIRAI, A. S.; TREVILATOII, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZI, S. I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. Cadernos de Saúde Pública. Vol.23, no.4, Rio de Janeiro, Abril. 2007.

5. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357. 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. Diário Oficial da União, 2005, 17 Mar.
6. CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357. Brasília: CONAMA, 2011.
7. COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Norma Técnica - COPASA T.187/5 - Lançamento de Efluentes Líquidos não Domésticos na Rede Pública Coletora de Esgotos da COPASA. Belo Horizonte: COPASA.
8. SMLU – Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Belo Horizonte. Belo Horizonte: SMLU/PBH, 2004.