



## OBSTRUÇÃO DE DRENOS DE LIXIVIADO: O CASO DO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA

### **Eraldo Henriques de Carvalho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, com mestrado e doutorado em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professor titular da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

### **Simone Costa Pfeiffer<sup>(2)</sup>**

Engenheira Geóloga, com mestrado e doutorado em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora associada da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Universitária, n.º. 1488 - Setor Universitário - Goiânia - Goiás. CEP: 74.605-220 - Brasil - Tel: +55 (62) 3209-6093 - e-mail: [eraldohc@ufg.br](mailto:eraldohc@ufg.br)

### **RESUMO**

A manutenção da integridade do sistema de drenagem de lixiviado é fundamental para a operação de um aterro sanitário. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar as causas do entupimento observado no sistema de drenagem de lixiviado do aterro sanitário de Brasília. Para tanto, foram realizadas inspeções in loco; amplo levantamento bibliográfico; analisados os aspectos quali-quantitativos dos resíduos, do solo de cobertura e do próprio material de entupimento. Os resultados indicaram que a formação de grande quantidade de precipitados de cálcio foi o fator determinante para o entupimento do sistema. O uso de pedras calcárias não lavadas e com elevado teor de carbonato de cálcio (cerca de 50%) resultou na liberação de quantidades significativas de cátions de cálcio no lixiviado, durante a fase acidogênica da digestão da fração orgânica dos resíduos. Posteriormente, na fase metanogênica, esses cátions precipitaram devido ao aumento do pH do lixiviado decorrente da fermentação dos ácidos graxos voláteis. Essa reação foi de tal magnitude que resultou inclusive em incrustações nas tubulações de recalque do lixiviado. Por esse motivo, o uso de pedras calcárias não lavadas para o preenchimento do sistema de drenagem de lixiviado não é recomendado por algumas agências reguladoras internacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro sanitário, Dreno de lixiviado, Pedra calcária, Entupimento.

### **INTRODUÇÃO**

Nos aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos (RSU) a construção do sistema de drenagem de lixiviado sobre a camada de impermeabilização inferior do aterro é uma exigência. Esse sistema tão importante tem por finalidade coletar e transportar o lixiviado para o seu tratamento e disposição final, além de reduzir a pressão do líquido na base do maciço de resíduos e o potencial de migração deste para o solo, minimizando, desta forma, o escape de contaminantes para o meio ambiente.

Segundo Rowe e Yu (2010), embora os sistemas de drenagem tenham evoluído de forma muito positiva em termos de desempenho, estudos de campo conduzidos por diferentes pesquisadores demonstraram que, para todas as concepções, o entupimento do sistema pode ocorrer devido à combinação de mecanismos físicos, biológicos e químicos (isto é, deposição de sólidos suspensos, crescimento de biomassa e precipitação de minerais). De acordo com os autores citados, caso o sistema de drenagem não seja adequado, o nível do lixiviado pode subir consideravelmente no aterro e ter várias consequências como, por exemplo, a redução da resistência ao cisalhamento dos resíduos que, por sua vez, pode induzir o colapso do maciço.

Embora relatos de problemas de entupimento em sistemas de drenagem de lixiviados não tenham sido encontrados na literatura técnica nacional, fenômenos semelhantes foram descritos em aterros de diversos países, com destaque para estudos realizados em 10 aterros sanitários da Alemanha, no final dos anos 80. De acordo com Ramke (2008), a maioria desses aterros apresentava incrustações em grandes extensões de seus sistemas de drenagem de lixiviados. As causas de tais incrustações, até então desconhecidas, foram

investigadas por pesquisadores da Universidade Técnica de Braunschweig que obtiveram a seguinte composição química média para o material de entupimento (massa seca) desses aterros: 21% de cálcio, 34% de carbonato, 16% de sílica, 8% de ferro e 1% de magnésio.

O Aterro Sanitário de Brasília teve sua operação iniciada em 17 de janeiro de 2017. Em 28 de janeiro de 2019 um vazamento de lixiviado nos talules do primeiro maciço levantou a suspeita, por parte dos técnicos da empresa responsável, de problemas no sistema de drenagem de base. Escavações em um trecho do sistema para inspeção visual do mesmo indicaram a presença de quantidade significativa de incrustações no interior da tubulação perfurada do sistema de drenagem, o que dificultava, em muito, a drenagem do lixiviado, fazendo com que o nível desse líquido se elevasse ao longo da altura do maciço. Inspeções posteriores, feitas com o auxílio de câmeras, indicaram que o entupimento estava presente em toda a extensão alcançada pelo equipamento.

Diante da magnitude e da extensão das obstruções observadas, foi necessário identificar as causas do problema para que soluções corretivas fossem tomadas.

## **OBJETIVO**

O presente trabalho teve por objetivo identificar as causas do entupimento do sistema de drenagem de lixiviado do Aterro Sanitário de Brasília.

## **METODOLOGIA**

O trabalho foi realizado no Aterro Sanitário de Brasília. Localizado na Rodovia DF 180, km 16, Bairro Samambaia Norte, o aterro está licenciado para receber os resíduos Classe II A gerados em todo o Distrito Federal.

Em fevereiro de 2019 o trabalho teve início com a realização da primeira inspeção local para a obtenção de informações relativas à magnitude e extensão do entupimento no sistema de drenagem do lixiviado.

De posse dos dados preliminares, foi realizada ampla revisão bibliográfica por meio de consultas às bases de dados disponíveis em *sites* de interesse tais como o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de palavras-chave. Foram procurados trabalhos técnicos nacionais e internacionais, além de normativas de órgãos ambientais de diferentes continentes.

Para identificar o mecanismo de entupimento preponderante no sistema de drenagem de lixiviado e também auxiliar no estabelecimento da provável fonte do material de entupimentos, foram avaliados os tipos e as quantidades de todos os resíduos recebidos no local, conforme disponibilizado pelo Consórcio Samambaia Ambiental (CSA); além das análises químicas de amostras da pedra utilizada para preenchimento do sistema de drenagem de lixiviado, do solo de cobertura diária dos resíduos e também do material de incrustação coletado em diferentes pontos. As análises foram realizadas por laboratório competente e os parâmetros foram os seguintes: cálcio, carbonato de cálcio, sílica, ferro e magnésio.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A avaliação visual do sistema de drenagem se deu em um trecho cuja obstrução já havia sido detectada pela equipe técnica do aterro, situado em área externa ao maciço de resíduos. Por meio de uma abertura foi possível observar a grande magnitude do processo de obstrução que preenchia praticamente toda a seção transversal da tubulação perfurada (Figura 1). Segundo os técnicos do aterro, o fenômeno apresentava maior magnitude nos trechos do sistema mais distantes da base do aterro, onde a presença de oxigênio era maior.



**Figura 1: (a) Tubulação perfurada do dreno de lixiviado do Aterro Sanitário de Brasília obstruída; (b) Detalhe do material incrustado**

O material não possuía odor significativo e apresentou resistência à maceração com pá. Tais características indicaram uma maior probabilidade de se tratar de material inorgânico. Além disso, fisicamente, o material incrustado parecia ser composto por pequenos grãos com diâmetros compatíveis às aberturas das tubulações perfuradas utilizadas no sistema de drenagem, reforçando a hipótese de o entupimento estar relacionado à precipitação de cátions inorgânicos.

Foram observados, também, pontos de vazamento de lixiviado nos taludes do aterro indicando provável problema no sistema de drenagem desses líquidos. Como ação emergencial, a empresa estava realizando o bombeamento do lixiviado na base do aterro a fim de minimizar os vazamentos laterais e, principalmente, garantir a estabilidade do talude.

Um aspecto muito importante observado durante as inspeções de campo foi a formação de incrustações no interior dos mangotes utilizados para o bombeamento do lixiviado, o que fortaleceu a hipótese da precipitação química ser o mecanismo determinante no entupimento. Esse fenômeno continuava a se propagar ao longo do sistema de coleta e transporte de lixiviados alcançando, inclusive, o medidor Parschall e formando depósito nas lagoas de armazenamento de lixiviado (Figura 2).



**Figura 2: Formação de incrustações no canal de derivação de lixiviados para o medidor Parschall**



Conforme a Australian Environment Protection Authority (EPA/AUS, 2016) e a Ireland Environment Protection Agency (EPA/IRL, 2000), o entupimento do sistema de drenagem de lixiviado deve-se a um ou mais dos seguintes mecanismos:

- deposição de sólidos (entupimento físico);
- crescimento de biomassa (entupimento biológico);
- formação de precipitados inorgânicos (entupimento químico);
- precipitação bioquímica (entupimento bioquímico).

Segundo a EPA/IRL (2000), o entupimento físico é o mecanismo mais comum e deve-se ao acúmulo de material nas tubulações perfuradas, na camada de pedra ou na manta geotêxtil. Nas tubulações, a sedimentação de sólidos pode ser causada por baixa declividade, por juntas mal instaladas ou pela presença de cotovelos, curvas e cruzetas.

O entupimento biológico é causado pelo crescimento de microrganismos decompositores da fração orgânica dos resíduos, na forma de biofilme aderido às pedras da camada drenante e, até mesmo, à superfície interna das tubulações perfuradas. Este fenômeno é influenciado principalmente pela relação carbono/nitrogênio, presença de nutrientes e pela temperatura (EPA/IRL, 2000). De acordo com Nikolova-Kuscu, Powrie e Smallman (2013), os biofilmes são macios e relativamente permeáveis permitindo que os nutrientes presentes no lixiviado sejam conduzidos para a população bacteriana mais interna. No entanto, a espessura dos biofilmes é limitada pela disponibilidade de nutrientes a esta população.

A precipitação química, segundo EPA/IRL (2000), pode ocorrer quando o pH excede 7 (embora em menor grau acima de 5), mas também depende da dureza e da alcalinidade do lixiviado. O precipitado mais comum é o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), embora também possam ser encontrados carbonato de manganês, sulfeto de manganês e silicatos. Conforme Nikolova-Kuscu, Powrie e Smallman (2013), os depósitos inorgânicos de carbonato de cálcio são duros e ocorrem quando a concentração de cátions de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no lixiviado exceder o limite de solubilidade. Além disso, esse tipo de entupimento une as pedras da camada drenante, impermeabilizando-a e, ao contrário de um entupimento biológico, seu crescimento não é limitado.

VanGulck *et al.* (2003) ressaltam que a precipitação pode ser, ainda, bioquímica quando a mesma é causada pela fermentação anaeróbia de ácidos graxos voláteis, que forma carbonatos e aumenta o pH do lixiviado, precipitando os cátions disponíveis. Segundo EPA/IRL (2000), os principais precipitados bioquímicos são  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  e  $\text{FeS}$ , embora compostos de manganato também possam estar envolvidos. Esses precipitados estão geralmente misturados ao biofilme e apresentam forma e estrutura muito diferentes daqueles resultantes apenas de processos químicos, formando-se em grande magnitude inclusive nas tubulações perfuradas.

### **Avaliação dos resíduos aterrados**

O Aterro Sanitário Brasília recebe os resíduos sólidos urbanos coletados em todo Distrito Federal pelo SLU. Antes de serem enviados ao aterro, os resíduos passam por triagem nas Usinas de Triagem e Compostagem da Asa Sul e de Ceilândia. Além desses resíduos, são recebidos, também, alguns resíduos particulares autorizados e os provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da CAESB (resíduos da limpeza de grades, desarenadores e as gorduras dos decantadores e dos sistemas de recebimento de lodo de limpa fossa) e o rejeito do peneiramento do composto da Usina de Triagem e Compostagem de Ceilândia.

Do total recebido no aterro até a época de realização deste trabalho, o percentual médio de resíduos da CAESB acrescidos dos rejeitos do pátio de compostagem foi inferior a 6% (Tabela 1). Consequentemente, pode-se dizer que os resíduos depositados no aterro eram compostos basicamente por RSU.

Não foram observadas quaisquer anormalidades quanto à composição dos resíduos recebidos no aterro quando comparados aos resíduos recebidos convencionalmente em outros aterros sanitários do país, inclusive, no tocante à presença de cálcio. Além disso, não foram relatados recebimentos de cargas atípicas.

Tal consideração foi estendida aos demais resíduos recebidos no local – resíduos da CAESB e o rejeito do peneiramento do composto. Os baixos valores de cálcio obtidos nas amostras analisadas pelas empresas geradoras não foram significantes para resultar em problemas de entupimento na magnitude observada no local.

**Tabela 1: Quantitativos dos resíduos recebidos no Aterro Sanitário de Brasília no período de janeiro de 2017 a abril de 2019**

Ano	Resíduos sólidos urbanos (t)	Resíduos da CAESB (t)	Rejeito da Usina de Triagem e Compostagem de Ceilândia (t)	Total recebido (t)
2017	241.962,68	6.101,70	15.639,16	263.703,54
2018	722.311,75	8.929,46	18.367,40	749.608,61
2019 (jan./abr.)	255.540,83	3.189,74	6.245,74	264.976,31

Fonte: Consórcio Samambaia Ambiental, 2019.

**Análise química do material de enchimento do sistema de drenagem, do solo de cobertura dos resíduos e do material incrustado nas tubulações**

Estudo realizado por Rowe e Yu (2012) indicou que dentre os fatores que interferem no entupimento do sistema de drenagem, o uso de pedras não uniformes de pequeno diâmetro, lixiviados com elevada carga orgânica e concentração de cálcio são determinantes.

O Aterro de Brasília utilizou pedras calcárias não lavadas (portanto, contendo finos) e de granulometria não uniforme tanto para o preenchimento do sistema de drenagem de lixiviado (de base e intermediário) quanto nos acessos internos do aterro. Os resultados obtidos nas análises químicas realizadas para esses materiais e para os solos locais utilizados na cobertura diária dos resíduos depositados no aterro encontram-se apresentados na Tabela 2. Os mesmos parâmetros foram utilizados nas análises realizadas com 10 amostras do material de incrustação coletadas em diferentes pontos (Tabela 3).

**Tabela 2: Composição química da pedra utilizada no sistema de drenagem de lixiviado e dos solos utilizados para recobrimento dos resíduos no Aterro Sanitário de Brasília**

Amostra	Parâmetros				
	Cálcio (% p/p)	Carbonato de cálcio (% p/p)	Sílica + insolúveis (% p/p)	Ferro (% p/p)	Magnésio (% p/p)
Pedra utilizada no sistema de drenagem	38,90	0,14	56,00	0,0125	0,12
Solo 1 (silte amarelo)	0,0133	< 0,05	89,5	6,84	0,0126
Solo 2 (argila vermelha)	0,00926	< 0,05	79,9	10,9	0,0281

**Tabela 3: Composição química de amostras do material de entupimento retiradas do Aterro Sanitário de Brasília**

Ponto de amostragem	Parâmetros				
	Cálcio (% p/p)	Carbonato de cálcio (% p/p)	Sílica + insolúveis (% p/p)	Ferro (% p/p)	Magnésio (% p/p)
Rede obstruída (amostra 1)	26,50	0,08	66,3	6,52	0,421
Rede obstruída (amostra 2)	25,50	0,19	61,40	7,94	0,519
Calha Parshall	24,20	0,41	65,60	5,50	0,488
Último PV emissário	27,30	0,22	58,20	4,55	0,879
Emissário após último PV	29,60	0,17	59,80	3,46	0,523
Emissário	28,30	0,06	58,60	4,92	0,563
Tubulação de recalque	30,90	< 0,05	57,20	2,50	0,547
Tubulação emissário chorume (amostra 1)	17,20	0,54	90,90	5,91	0,572

Tubulação emissário chorume (amostra 2)	16,90	0,34	93,30	5,34	0,534
Calha Parshall	16,50	0,47	72,40	5,41	0,528
Média	24,29	-	68,37	5,21	0,557

Os resultados obtidos nas análises químicas dos solos utilizados para recobrimento dos resíduos não apresentaram cálcio em concentrações significativas; portanto, não constituem fonte de cálcio para o material de entupimento. No entanto, o cálcio foi o elemento presente em maior concentração nas amostras da pedra de enchimento e do material de entupimento. A pedra utilizada no sistema de drenagem apresenta composição bastante próxima às obtidas para as amostras do material de entupimento. Tal fato reforça a contribuição desta pedra para os problemas de entupimento observados no aterro.

Embora o material utilizado para estruturação dos acessos sobre o maciço de resíduos seja utilizado em quantidade relativamente baixa, ele é oriundo da mesma pedra que forneceu o material para enchimento do sistema de drenagem de lixiviados, cuja composição apresenta elevados teores de cálcio.

Para VanGulck et al. (2003) a precipitação do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) presente no lixiviado é a principal causa de entupimento de sistemas de drenagem. Segundo os autores citados, tal fato se deve à fermentação do acetato que adiciona carbonato ao meio, aumentando o pH do lixiviado, e precipitando os cátions de cálcio. Cátions não cálcicos (por exemplo, ferro e magnésio) também podem precipitar. Os microrganismos anaeróbios, aderidos na forma de biofilme na superfície do material de enchimento dos drenos, degradam (fermentam) os ácidos voláteis presentes no lixiviado, à medida que este líquido passa pelos canais intersticiais da camada drenante. Como resultado, ocorre a produção de ácido carbônico.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a principal causa do severo entupimento do sistema de coleta e transporte de lixiviado do aterro sanitário de Brasília foi o uso de pedras calcárias de granulometria não uniforme e com elevada concentração de finos (pedra não lavada). Embora não tenham sido encontrados relatos quanto a problemas similares em aterros brasileiros, a literatura técnica e científica internacional descreve amplamente casos similares.

O uso deste material disponibilizou quantidades significativas de cálcio no lixiviado, devido principalmente à influência da fase acidogênica da digestão anaeróbia da fração orgânica dos resíduos. Posteriormente, o cálcio dissolvido, na forma de cátions, sofreu precipitação química devido ao aumento do pH do lixiviado decorrente da fermentação dos ácidos graxos voláteis durante a fase metanogênica da digestão anaeróbia.

A evidência incontestável de que o mecanismo biogeoquímico foi determinante no entupimento do sistema de drenagem foi a formação de incrustações significativas nas tubulações de recalque utilizadas para bombear o lixiviado acumulado na base do aterro já que a velocidade de escoamento nessas tubulações não permitiria a sedimentação de partículas e até mesmo a formação de biofilme.

Outro fator que corrobora com essa conclusão é o fato das análises da composição química das amostras do material de entupimento coletadas no sistema de drenagem do aterro em questão terem indicado elevadas concentrações de cálcio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUSTRALIAN ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY. Environmental Guidelines Solid waste landfills. 2016.
2. FLEMING, I.R.; ROWE, R.K.; CULLIMORE, D.R. *Field observations of clogging in a landfill leachate collection system. Canadian Geotechnical Journal*, v. 36, 1999. p. 685–707.
3. IRELAND ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. Landfill Manuals - Landfill Site Design. 2000.

4. NIKOLOVA-KUSCU, R.; POWRIE, W.; SMALLMAN, D. J. *Mechanisms of clogging in granular drainage systems permeated with low organic strength leachate*. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 50, 2013. p. 632–649.
5. RAMKE, H.G. Leachate Collection Systems. In: TELEKES, G.; IMRE, E.; WITT, K J.; RAMKE, H.G. (Ed.). *Proceedings of the 1st Middle European Conference on Landfill Technology*. Szent István University, Budapest, Hungary, 2008.
6. ROWE, R.K.; YU, Y. Factors Affecting the Clogging of Leachate Collection Systems in MSW Landfills. In: *6th International Congress on Environmental Geotechnics*. New Delhi, 2010. p. 3- 23.
7. ROWE, R.K.; YU, Y. *Clogging of finger drain systems in MSW landfills*. *Waste Management*, v. 32, 2012. p. 2342–2352. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.018>
8. VANGULCK, J.F.; ROWE, R.K.; RITTMANN, B.E.; COOKE, A.J. *Predicting biogeochemical calcium precipitation in landfill leachate collection systems*. *Biodegradation*, v. 14, 2003. p. 331–346.