

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental

Análise de Níveis de Líquidos em um Aterro Sanitário do Semiárido

Renan Ítalo Leite Gurjão¹ (renan.ilg@gmail.com), Cláudio Luis de Araújo Neto¹ (claudioluisneto@gmail.com), Jefferson Honório Gomes da Silva¹ (Jefferson389@hotmail.com), João Keverson Lima de Oliveira² (joaokeverson@gmail.com), William de Paiva³ (wili123@ig.com.br)

1 Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

2 Centro Universitário Maurício de Nassau - UNINASSAU

3 Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

RESUMO

O monitoramento geotécnico realizado por meio de instrumentação adequada auxilia na segurança e controle da estabilidade e do impacto ambiental durante e após a implantação de aterros sanitários. Dentre as diversas formas de monitoramento em aterros sanitários, a medição dos níveis de líquidos no interior do maciço fornece respostas práticas no que se refere ao desempenho do aterro, indicando possíveis problemas do sistema de drenagem e de estabilidade dos taludes, sendo o piezômetro um dos instrumentos mais utilizado para esse monitoramento. Esse estudo teve como objetivo analisar os níveis de líquidos no Aterro Sanitário em Campina Grande –PB, por meio de medições nos piezômetros realizadas com auxílio de sensor elétrico. Constatou-se que os níveis de líquidos encontrados foram superiores aos níveis mínimos recomendados por norma, o que pode estar associado a fatores como a recirculação de lixiviado na célula, a disposição recente de resíduos no entorno dos piezômetros, a falta de sistema de drenagem superficial em função da célula ainda estar em operação e erros de leitura provocados pela elevação do nível de líquidos no interior do piezômetro acima do real em decorrência da presença de bolhas (gases) e de bolsões no de lixiviado no maciço. Diante do que foi verificado, recomenda-se a inspeção da massa de resíduos do aterro por meio de escavação ou sondagem para melhor avaliar o perfil do maciço sanitário.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos; aterro sanitário; lixiviado.

Assessment of Liquid Levels in a Semi-Arid Landfill

ABSTRACT

The adequate instrumentation of Geotechnical monitoring assists safety and control of stability and environmental impact during and after the construction of landfills. Among the various forms of monitoring in landfills, the liquid level measurement provides practical answers regarding the performance of the embankment, indicating possibility of drainage system and slope stability problems, as the piezometer being one of the available instrumentation. The objective of this study was to analyze the liquid levels in a Landfill located in Campina Grande, Brazil, by means of measurements on the piezometers performed with the aid of an electric sensor. It was found that the liquid levels presented in the landfill were higher than the minimum levels recommended by standards, which may be associated to factors such as leachate recirculation in the cell, disposal of residues around the piezometers and the lack of surface drainage system due to landfill's operation in progress. Considering what was verified, it is recommended to inspect the landfill waste mass by means of an excavation or SPT survey to better evaluate the profile of the sanitary landfill.

Keywords: municipal solid waste; landfill; leachate.

1. INTRODUÇÃO

Toda obra de geotecnia ambiental lida com incertezas promovidas pela utilização de materiais que são oriundos da natureza, como os solos, ou que resultam de processos dos quais tornam difícil a padronização de suas propriedades, como é o caso dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Apesar dessas incertezas, o monitoramento geotécnico realizado por meio de instrumentação adequada auxilia na segurança e controle da estabilidade e do impacto ambiental durante e após a implantação de obras geoambientais, como é o caso dos aterros sanitários.

O monitoramento de aterros sanitários geralmente compreende a inspeção da integridade física, na medição dos movimentos de massa, na análise física, química e microbiológica de águas coletadas em poços de monitoramento e dos subprodutos gerados no interior do maciço sanitário (lixiviado e biogás). Dentre as formas de monitoramento, a medição dos níveis de líquidos no interior do aterro fornece respostas práticas no que se refere ao desempenho do aterro, indicando possíveis problemas do sistema de drenagem e de estabilidade dos taludes, sendo o piezômetro um dos instrumentos mais utilizado para o monitoramento dos níveis de líquidos.

O termo piezômetro é utilizado para indicar um dispositivo que é firmado ao terreno e que apenas responde à pressão de fluidos em seu entorno. Dentre os inúmeros tipos de piezômetros, o de tubo aberto ou piezômetro de Casagrande possui um histórico de desempenho bem-sucedido, podendo ser considerado como um dispositivo de implantação simples e de baixo custo (DUNNICLIFF, 2012; DUNNICLIFF, 1982).

Os dados da instrumentação devem ser analisados em função do tempo, para identificar mudanças de tendências, e dentro do contexto do comportamento esperado em relação ao projeto (CASTRO, 2008). O acompanhamento dos níveis de líquidos em aterros sanitários fundamenta-se na percepção de que esses níveis promovem um diagnóstico da célula e da sua operação, podendo servir, conforme Zhan et al. (2015), como um parâmetro balizador do potencial de coleta de biogás ou até mesmo como um parâmetro de alerta, conforme abordado por Campi (2017).

2. OBJETIVO

Analisar os níveis de líquidos no Aterro Sanitário em Campina Grande - PB.

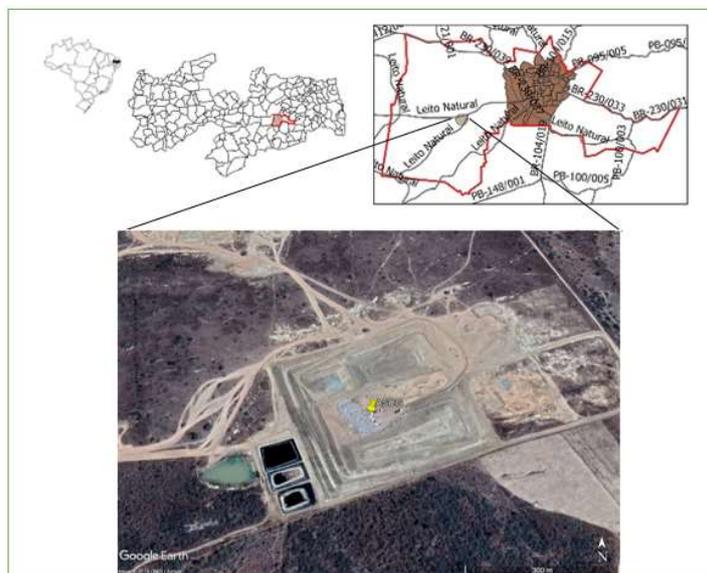
3. METODOLOGIA

Para esse estudo, foi realizada a caracterização dos resíduos, a determinação dos níveis de líquidos no interior do maciço sanitário e a análise pluviométrica da área de estudo a partir de dados da AESA (2019).

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo para o desenvolvimento desta pesquisa foi o Aterro Sanitário em Campina Grande (ASCG), Paraíba, Brasil. Situado nas coordenadas UTM 829172 e 9194834, em uma região semiárida, possui uma extensão territorial de 64 ha, dos quais 40 ha correspondem a área destinada à construção de células para a disposição de RSU. O ASCG teve sua operação iniciada em julho de 2015, com uma projeção de 25 anos de vida útil, sendo operacionalizado pela empresa ECOSOLO GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS LTDA e recebe 500 t/dia de resíduos, sendo 95% desses resíduos oriundos do município de Campina Grande e 5% dos Municípios de Boa Vista, Barra de Santana, Puxinanã, Montadas, Lagoa Seca, Areia, Gado Bravo, Itatuba, Santa Cecília, Alcantil e Queimadas, todas localizadas no estado da Paraíba, conforme ilustra Figura 1.

Figura 1. Localização do Aterro Sanitário em Campina Grande, PB



3.2 Composição gravimétrica dos RSU

A composição gravimétrica dos resíduos foi realizada a partir do material coletado em 6 pontos, correspondente a locais de disposição recente dos resíduos nas células do ASCG. Esses resíduos coletados, que totalizavam aproximadamente 6 t (seis toneladas), foram transportados para um galpão onde foram homogeneizados e quarteados até obter uma amostra de 731 kg para a realização da composição gravimétrica.

Figura 2. (A) Coleta dos resíduos recém aterrados na célula; (B) Disposição dos resíduos coletados em galpão



Após o quarteamento da amostra (Figura 3A), os materiais foram segregados (Figuras 3B e 3C) seguindo a classificação da norma GDA Empfehlungen E1-7 (DGGT, 1994), com adaptações, nos seguintes componentes: plástico; vidro; papel; papelão; metais; têxteis sanitários; têxteis e couro; madeira; matéria orgânica; compósitos e outros.

Figura 3. (A) Amostra quarteada; (B) Segregação dos resíduos; (C) Resíduos segregados



Com auxílio de uma balança com capacidade de carga de 150 kg e com dois recipientes de 62 l (Figura 4)., determinou-se, utilizando a Equação 1, o percentual de cada componente dos RSU.

$$CG = \frac{P_c}{P_t} \times 100 \quad (1)$$

Sendo: CG – composição gravimétrica (%);

P_c – massa de cada fração segregada (kg);

P_t – massa total dos resíduos destinados a composição gravimétrica (kg).

Figura 4. Pesagem de resíduos em balança



3.3 Monitoramento dos níveis de líquidos

O monitoramento dos níveis de líquidos foi realizado semanalmente em Piezômetros de Casagrande, confeccionados em manilha de concreto, com um filtro de 1 m de altura, diâmetro interno de 0,28 m e diâmetro externo de 0,37 m (Figura 5A), instalados nas Células do Aterro Sanitário. As medições foram realizadas com o auxílio de um equipamento (Figura 2B) que possui um sensor que ao entrar em contato com o líquido emite um sinal luminoso e sonoro.

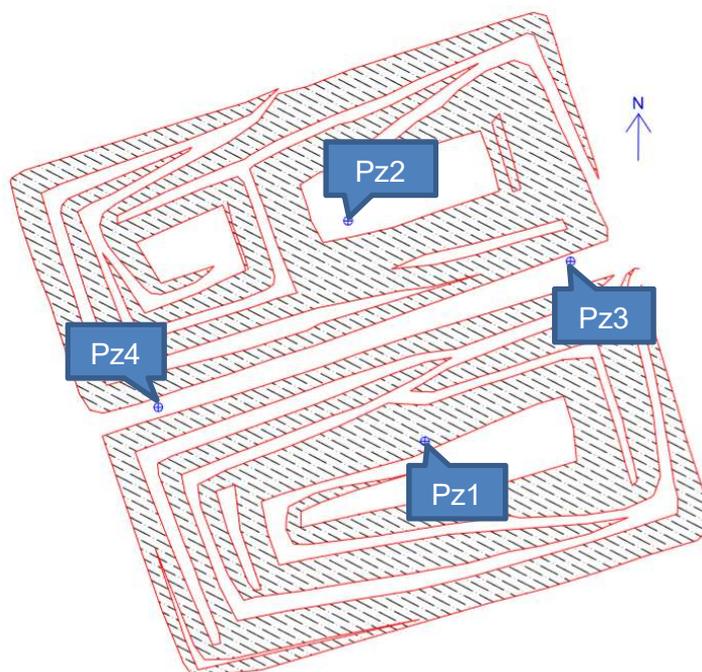
Figura 5. (A) Processo de medição de líquidos no piezômetro de Casagrande; (B) Instrumento utilizado na medição de líquidos



Fonte: GGA/UFCCG (2018)

A medição do nível de líquidos foi realizada em 4 piezômetros, denominados de Pz1, Pz2, Pz3 e Pz4, que estão distribuídos no maciço sanitário, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6. Localização dos piezômetros no aterro sanitário



Todos os piezômetros foram instalados no início da operação, ou seja, seus filtros estão no primeiro metro de altura dos resíduos dispostos no aterro. À medida que a operação avança os piezômetros são alteados. A Tabela 1 apresenta os períodos de início do monitoramento dos níveis de líquidos em cada piezômetro.

Tabela 1. Início do monitoramento dos piezômetros

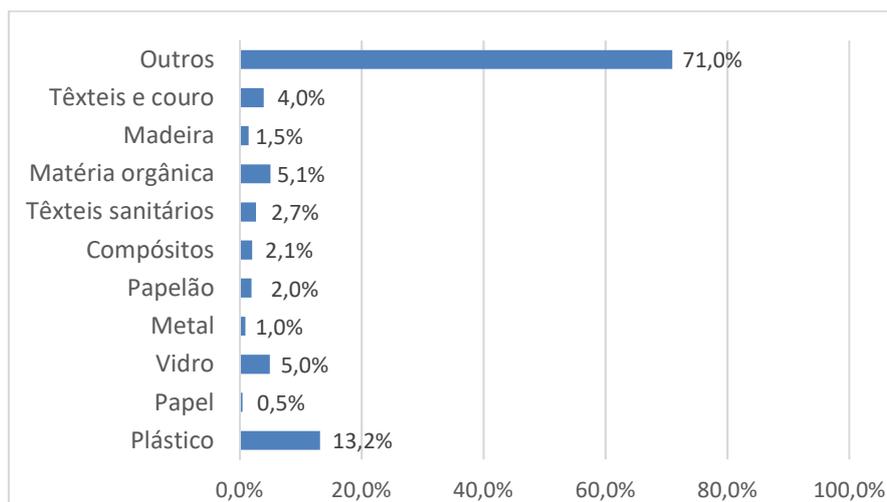
PIEZÔMETROS	DATA DE INÍCIO DO MONITORAMENTO NOS PIEZÔMETROS
1	28/03/2018
2	23/05/2018
3	02/05/2018
4	23/05/2018

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição gravimétrica dos RSU

A composição gravimétrica foi obtida com adaptações da norma alemã GDA E1-7 (DGGT, 1994), no qual os elementos foram subdivididos em 11 (onze) categorias, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7. Composição gravimétrica do ASCG



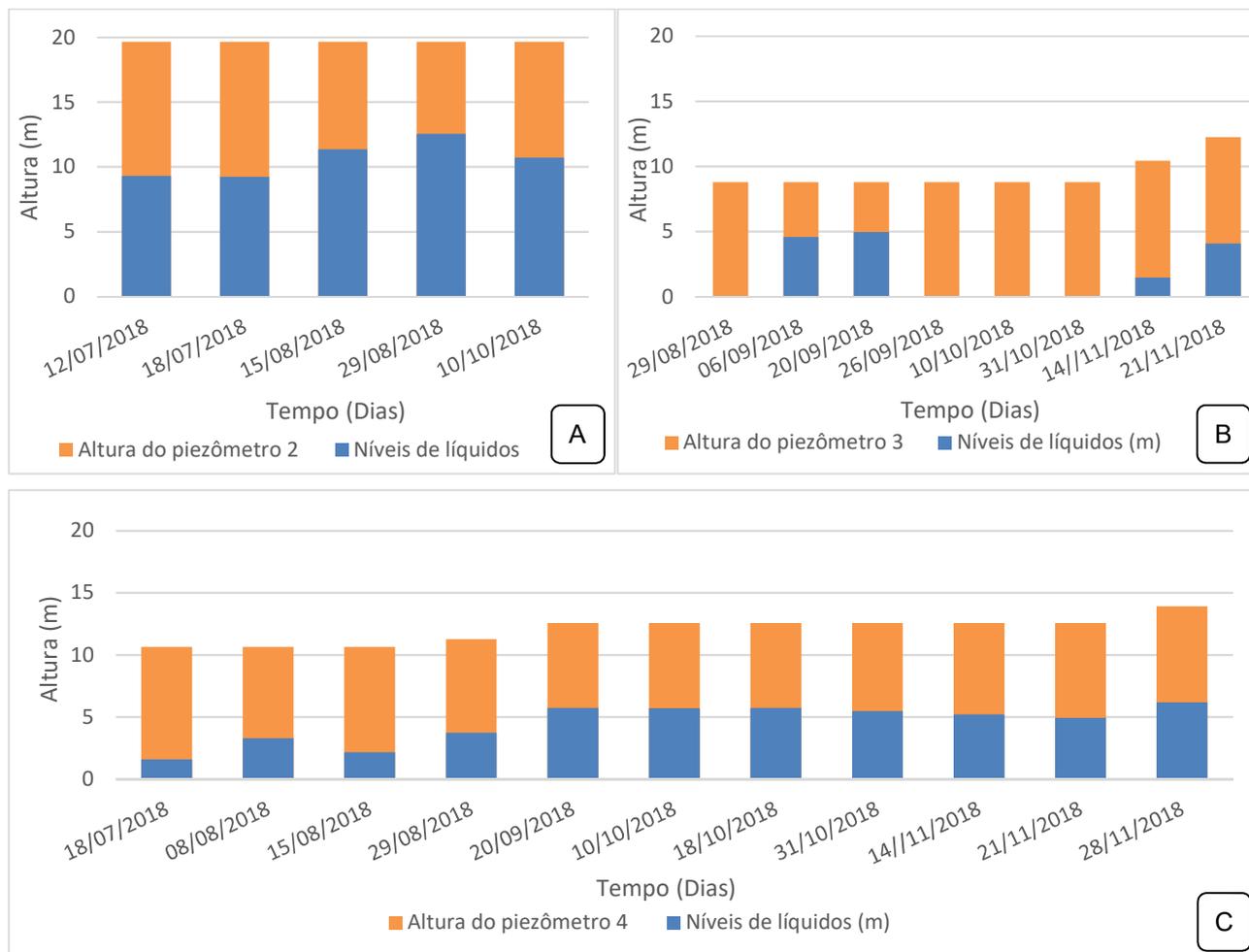
Conforme Figura 7, os resíduos aterrados apresentaram elevado percentual de material classificado como outros, que provavelmente corresponde a fração de solo de aterramento e componentes difíceis de serem identificados, como matéria orgânica em decomposição e frações de outros materiais. Apesar dos percentuais de matéria orgânica e outros divergirem dos valores encontrados por Araújo Neto (2016), ECOSAM (2013) e Farias (2014) para o município de Campina Grande, os demais componentes apresentam valores próximos em termos percentuais. Como os RSU do município de Campina Grande correspondem a 95% dos resíduos depositados no aterro, acredita-se que parte considerável do material outros, encontrado nessa composição, seja constituída por matéria orgânica, que nos trabalhos anteriormente citados apresentavam percentuais próximos a 50%.

4.2 Monitoramento dos níveis de líquidos

Segundo a NBR 13896 (ABNT, 1997) os sistemas de drenagem para a coleta e remoção dos líquidos no interior da célula devem ser dimensionados para evitar a formação de uma lâmina superior a 30 cm sobre a camada de impermeabilização da base. Durante o período monitorado de julho de 2018 a dezembro 2018, no piezômetro 1 não foi possível determinar os níveis de líquidos, pois durante os dias de monitoramento constatou-se que ele se encontrava obstruído. Já nos

piezômetros 2, 3 e 4 os níveis de líquidos ultrapassaram o limite estabelecido pela NBR 13896 (ABNT, 1997), conforme ilustra as Figuras 8A, 8B e 8C.

Figura 8. Níveis de líquidos: (A) no Piezômetro 2; (B) no Piezômetro 3; (C) no Piezômetro 4

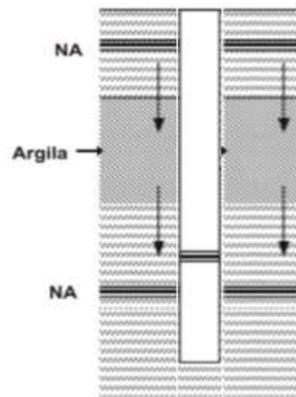


Os elevados níveis de líquidos monitorados nos piezômetros podem estar associados ao processo de recirculação de lixiviado na Célula do ASCG. Além disso, a região onde os piezômetros estão instalados encontram-se na fase de disposição de resíduos, o que favorece uma maior geração de lixiviado e conseqüentemente uma lâmina de líquidos maior.

O fato de que em algumas áreas a drenagem superficial da célula ainda não foi executada, uma vez que a região se encontra em operação pode estar contribuindo para esses níveis de líquidos. A falta de vegetação de cobertura e rede de drenagem superficial de áreas já finalizadas do aterro contribui para o acúmulo de líquidos na camada de cobertura e uma maior quantidade de líquido percolados no interior da célula. Ainda, a eventual presença de fissuras nas camadas de cobertura, ocasionadas por erosão, acabam por facilitar a percolação de líquidos no interior do aterro.

Outros fatores podem estar associados ao elevado nível de líquidos presente no aterro. Dunnicliff (1993) explica que altos níveis de líquidos detectados podem estar associados ao aumento da pressão no interior do piezômetro em decorrência da presença de bolsões de água em camadas subjacentes, isoladas por camadas de baixa permeabilidade (Figura 9). O movimento de percolação descendente desses bolsões é significativo no aumento da pressão, elevando o nível de líquido medido no piezômetro para além do nível real.

Figura 9. Diferença entre nível medido e nível real de líquidos em piezômetro



Fonte: Adaptado de Dunicliff (1993) apud Castro (2008)

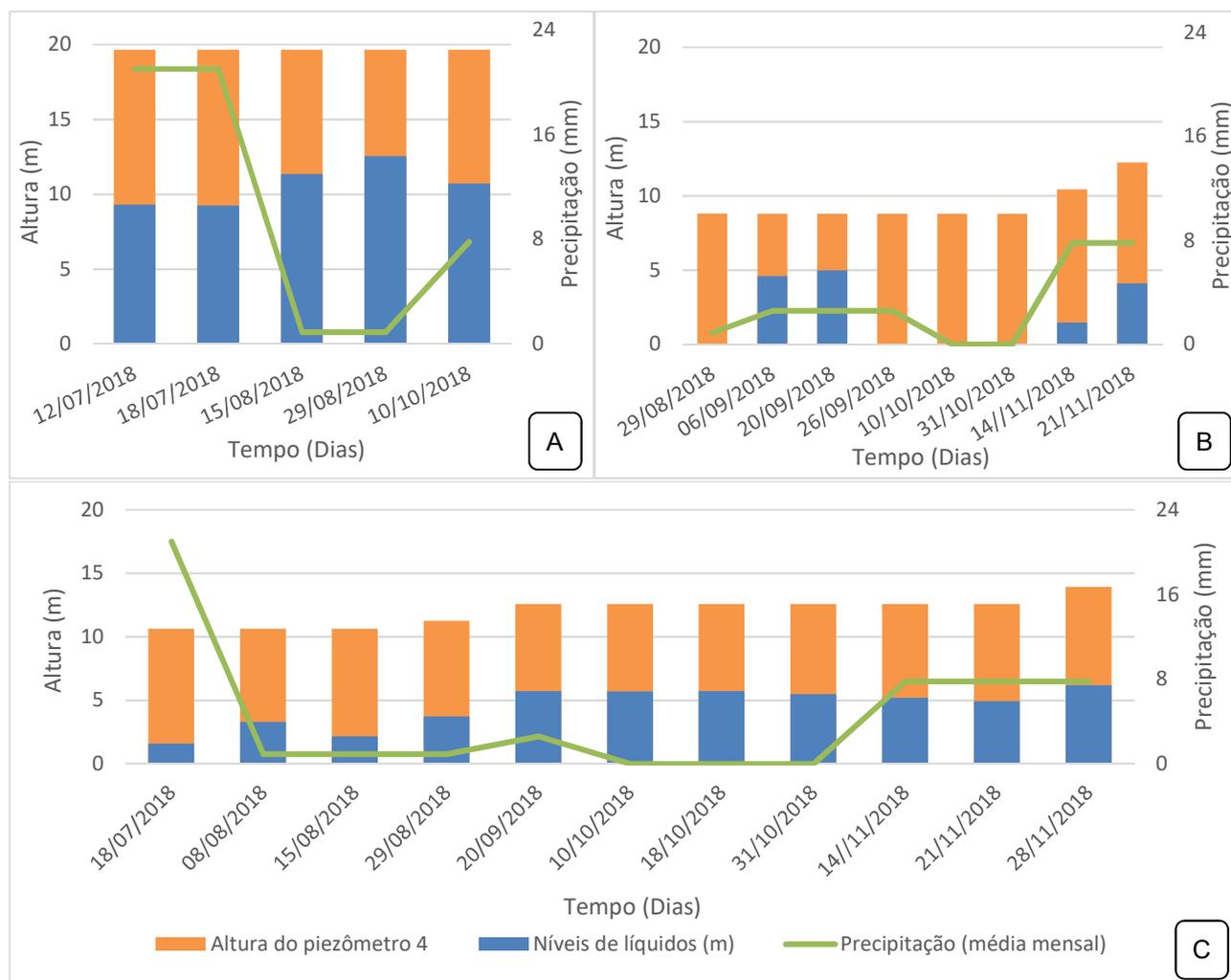
Esse tipo de ocorrência é provável em aterros sanitários, uma vez que a sua metodologia de execução envolve o emprego de camadas de solo sobrepondo as camadas de resíduos depositados. Essas camadas de solo, quando compostas por material predominantemente fino são, segundo Zhan et al. (2015), responsáveis pela formação de camadas de baixa permeabilidade no interior de aterros sanitários, promovendo o acúmulo de líquidos em níveis superiores. De acordo com Zhan et al. (2015), em aterros sanitários ocorre aumento das poropressões quando os gases formados se encontram oclusos pela presença de bolsões de lixiviado, sendo por esse motivo que o autor recomenda a manutenção dos níveis de lixiviado abaixo de 30% da altura total do aterro para que haja melhor eficiência na coleta de biogás.

Outra fonte de erro de leitura, associa os níveis de líquidos detectados com a presença de bolhas dentro do piezômetro. Para o Aterro em estudo, por meio de inspeção foi possível constatar o borbulho de gases no interior do Piezômetro 2, o que seria um indicativo da presença desses gases. Segundo Dunicliff (1993), ao ficarem retidas no interior do tubo, pela diferença de tensão provocada, as bolhas influenciam na elevação do nível d'água., corroborando com a leitura de nível de líquidos acima da real.

O elevado percentual de material "outros" na composição dos resíduos do aterro sanitário sugere, pela quantidade de solo e materiais finos presentes, que as camadas intermediárias de solo estejam atuando como barreiras, dificultando a percolação de líquidos para a base drenante e até mesmo formando acúmulos ou bolsões no interior da célula do aterro sanitário. É possível inferir que os bolsões de lixiviado formados no interior da célula do aterro e a oclusão dos gases gerados aumentam a pressão no interior do maciço sanitário, fazendo com que os níveis de líquidos medidos no interior do piezômetro sejam maiores do que realmente são.

Além do monitoramento realizado nos piezômetros, foram analisados os dados de precipitação gerados na estação experimental do INSA (Instituto Nacional do Semiárido), localizada a cerca de 8 km do aterro sanitário. Com isso foi possível analisar a variabilidade dos níveis de líquidos do aterro sanitário perante as chuvas decorridas na região, como apresentado na Figura 10.

Figura 10. Precipitação ocorrida vs. nível de líquidos: (A) do piezômetro 2; (B) do Piezômetro 3; (C) do Piezômetro 4



Observa-se, nas Figuras 10A, 10B e 10C, que a precipitação máxima foi de 21 mm e a mínima de 0 mm para o período monitorado. Assumindo que os dados de precipitação fornecidos pela estação do INSA sejam representativos para a área do aterro, é possível sugerir que os níveis de líquidos monitorados nos piezômetros independem das precipitações que ocorrem na região, sendo assim, os níveis de líquidos monitorados não apresentaram relação direta com a precipitação registrada. Esse fenômeno evidencia que os níveis de líquidos monitorados no ASCG são mais propensos a serem influenciados por fatores como: a umidade inicial dos resíduos; o processo de biodegradação que gera como subproduto líquidos e gases; e a própria recirculação de lixiviado realizada nas células do aterro. Para verificar a influência das precipitações na variabilidade dos níveis de líquidos no interior do maciço sanitário faz-se necessário um maior período de monitoramento que contemple as estações de chuva e estiagem.

Quanto à recirculação de lixiviado, não existe uma periodicidade em sua realização nem um método estabelecido, pois o aterro a executa conforme a sua necessidade. Em geral, o lixiviado é bombeado das lagoas de evaporação e transportado ao local de disposição recente para então ser lançado sobre os RSU ainda expostos. Esse processo é executado em horários de maior insolação, para garantir que parte do lixiviado seja evaporada sobre a superfície dos resíduos. Ainda assim, não se pode deixar de especular que maior parte desse lixiviado é infiltrada e passa a contribuir para o acúmulo de líquidos no interior da célula.

5. CONCLUSÃO

- Os níveis de líquidos monitorados apresentaram valores variados, chegando a níveis elevados em relação ao estabelecido por norma.
- Foram constatadas possíveis fontes de erro que corroboram com a situação dos níveis de lixiviado presentes, porém essas áreas requerem uma avaliação da integridade dos sistemas de drenagem de lixiviado, por meio de inspeção da massa dos resíduos a partir de escavação ou sondagem SPT para melhor avaliar o perfil do maciço sanitário.
- A precipitação não influencia diretamente na variabilidade dos níveis de líquidos analisados durante o período de monitoramento;
- São necessários mais estudos para que seja realizada uma estimativa da contribuição da recirculação de lixiviado nos níveis de líquidos presentes no aterro.

REFERÊNCIAS

AESA. **Meteorologia – chuvas**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2019-05-16&produto=municipio&periodo=mensal>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.896: **Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

CASTRO, L.V.P. **Avaliação do comportamento do nível d'água em barragem de contenção de rejeito alteada a montante**. 2008. 103 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - SP.

DGGT, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (1994). **Empfehlungen der Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten"**. GDA E 1-7: Identifizierung und Beschreibung von Abfällen (Entwurf). Bautechnik 71, Helf 9, Berlin: Wilhelm Ernst e Sohn.

DUNNICLIFF, J. Chapter 95 Types of geotechnical instrumentation and their usage. In: **ICE manual of geotechnical engineering**. Thomas Telford Ltd, 2012. p. 1379-1403.

DUNNICLIFF, J. NCHRP Synthesis of Highway Practice 89: Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. **Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC (April 1982)**, 1982.

ZHAN, T.I.T.; XU, X.B.; CHEN, Y.M.; MA, X.F.; LAN, J.W. Dependence of gas collection efficiency on leachate level at wet municipal solid waste landfills and its improvement methods in China. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 141, n. 4, p. 04015002, 2015.

FARIAS, R. M. S. **Estudo dos recalques em aterros de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem experimental e estatística**. 2014. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2014.

ARAÚJO NETO, C. L. **Análise do comportamento dos resíduos sólidos urbanos e desenvolvimento de modelos estatísticos para previsão das deformações de aterros sanitários**. 2016. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016.