

ESTUDO PRELIMINAR DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO SANITÁRIO DE CAUCAIA

Gemmelle Oliveira Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará (IFCE) campus de Fortaleza
gemmelle@ifce.edu.br

Priscila de Alencar Medeiros

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará (IFCE) campus de Fortaleza
priscila@gmail.com

RESUMO

Os aterros sanitários são empreendimentos potencialmente poluidores e como tal podem alcançar os recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, através do escoamento e da infiltração dos líquidos provenientes da digestão dos resíduos sólidos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar os níveis d'água e analisar sua qualidade físico-química em dois pontos definidos no aterro sanitário de Caucaia-CE. Para tanto, realizou-se duas sondagens SPT à montante e dentro do aterro sanitário. O nível da água no Ponto 1 (coordenadas UTM 0536698 e 9579860) foi encontrado a 3,0 m de profundidade e no Ponto 2 (UTM 0536499 e 9579852) a 4,0 m. Do ponto de vista físico-químico, a qualidade da água no Ponto 2 está comprometida (condutividade elétrica: 8,3 mS/cm; alcalinidade: 1.146 mg/L; amônia: 57,1 mg/L; ortofosfato: 4,590 mg/L; cor verdadeira: 165,0 Pt-Co; turbidez: 607 uT; sulfato: 193,6 mg/L; OD: 3,3 mg/L; DQO: 3.678 mg/L e cloretos: 3.080 mg/L), indicando a poluição pelos resíduos sólidos. Esses dados, além de primários, comprovam o grau de poluição, permitem uma alerta quanto aos riscos de saúde pública e anunciam a necessidade de monitoramento ambiental na área com relação às águas subterrâneas.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Aterro sanitário. Contaminação de água subterrânea.

ABSTRACT

Landfills are potentially polluting ventures and, as so, they can reach both surface and underground water resources through the runoff and infiltration of fluids from solid waste

digestion. The objective of this study was to determine the water levels and assay their physical-chemical quality of two specific points in the landfill of Caucaia-CE. In order to do so, two standard penetration test (SPT) were carried out upstream and inside the landfill. The water level at Point 1 (UTM coordinates 0536698 and 9579860) was found at 3.0 m in depth and at Point 2 (UTM 0536499 and 9579852) 4.0 m. From a physical-chemical standpoint, the water quality at Point 2 is compromised (electrical conductivity: 8.3 mS/cm, alkalinity: 1146 mg/L, ammonia: 57.1 mg/L; orthophosphate: 4.590 mg/L; color: 165.0 Pt-Co; turbidity: 607 uT; sulfate: 193.6 mg/L, OD: 3.3 mg/L, COD: 3678 mg/L and chloride: 3080 mg/L), indicating pollution by solid waste. These data, besides being primary, show the degree of pollution, allow a warning for public health risks and announce the need for groundwater environmental monitoring in the area.

Keywords: Dye. Ethanol. Glucose. Kinetics.

1 INTRODUÇÃO

Há vasta literatura que aponta a influência negativa de algumas atividades antrópicas na quantidade e qualidade dos recursos hídricos (SÃO PAULO, 1997; CETESB, 1997; LEAL, 1999; SILVA *et al.*, 2002; MORAES e JORDÃO, 2002; BRITO *et al.*, 2005).

Questões relacionadas à poluição e/ou contaminação das águas por agrotóxicos (RESENDE, 2002; PESSOA *et al.*, 2003; PRIMEL *et al.*, 2005), aos óleos e graxas (CORSEUIL e MARINS, 1997; OLIVEIRA e LOUREIRO, 1998), aos metais pesados (YABE e OLIVEIRA, 1998; RAMALHO *et al.*, 2000), aos esgotos domésticos (MAYER *et al.*, 1998) e industriais (Marins *et al.* 2004) são apenas exemplos e consequências do crescimento desordenado das cidades, da ausência de saneamento básico e da precária gestão ambiental do desenvolvimento vigente.

Conferem, também, riscos às águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, os precários sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos existentes nas cidades brasileiras; já que a maioria delas apenas realiza a coleta e disposição dos resíduos no solo, que segundo a ABRELPE (2008) acontece em aterros sanitários em 55% das

idades brasileiras e em aterros controlados e lixões (45%).

De uma forma geral, as áreas receptoras desses resíduos não são o ponto final para muitas das substâncias existentes nos materiais depositados e para as que ainda irão se formar por meio das reações químicas e biológicas. Prova disso, é que áreas muitas vezes distantes dos aterros sanitários, aterros controlados ou lixões são negativamente impactados, tendo seus usos comprometidos.

O risco de degradação ambiental dessas áreas decorre do material orgânico existente nos resíduos sólidos, que produzem gases e líquidos de alto potencial poluidor ao sofrerem degradação. Os líquidos (chamados de chorume, percolado ou lixiviado) podem infiltrar e contaminar o solo e as águas subterrâneas, trazendo risco à saúde pública e reduzindo as potencialidades das fontes de água.

Conforme a literatura, os recursos hídricos, o ar e os solos são os compartimentos ambientais mais afetados pelo descaso com a questão dos resíduos sólidos (HELLER, 1998; IBAM, 2001; CASTILHOS JÚNIOR *et al.*, 2003), sendo significativa também a literatura que aponta o forte potencial poluidor dos líquidos gerados em áreas de disposição de resíduos (SISINNO, 2002; SILVA, 2002; MUÑOZ, 2002; CELERE *et al.*, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2008).

Um estudo feito por Mattos (2006) verificou níveis altos de metais, como por exemplo, mercúrio (0,77 mg/L) em ecossistemas aquáticos próximos a um aterro, em Rio Branco - AC. Já Porto *et al.* (2004) constataram a contaminação das águas da Baía de Guanabara - RJ pelos resíduos sólidos dispostos no aterro de Jardim Gramacho.

Um estudo feito por Sisinno e Moreira (1996) comprovou o impacto do Aterro Morro do Céu em Niterói - RJ nas águas subterrâneas próximas. Conforme os autores, todas as amostras dessas águas se encontraram contaminadas por microorganismos do grupo coliformes, podendo chegar a valores de até mais de 1.600 Unidades Formadoras de Colônia/100mL.

O Município de Fortaleza-Ceará, não sendo uma exceção na situação geral encontrada no Brasil, dispõe seus resíduos sólidos urbanos (RSU) em um aterro sanitário existente a aproximadamente

30km do centro da cidade, no município vizinho: Caucaia. O aterro recebe cerca de 3.400 - 3.600 toneladas por dia de RSU e possui uma área de 123,00 hectares (ha) da qual 78,00ha é destinada a disposição de resíduos.

Por não ter sido realizado nenhum estudo sobre o comportamento da qualidade das águas subterrâneas existentes na área de influência direta do aterro sanitário metropolitano oeste de Caucaia até o momento, é que se pensou na realização deste trabalho. O objetivo geral é trazer dados primários sobre os níveis d'água na área do aterro e sua qualidade físico-química, considerando dois pontos diferentes do empreendimento: um, à montante da área atual de disposição de resíduos; e, outro entre duas células já encerradas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) é um dos grandes aterros do Estado do Ceará, e vem operando desde 1991 com os resíduos daquele município e 1998 com os resíduos de Fortaleza-Ceará.

O acesso ao aterro pode ser efetuado pelas rodovias federais BR-020 e BR-222, limitado pelos paralelos 3° 45' e 3° 47' de longitude Sul e pelos meridianos 38° 43' e 38° 45' de longitude Oeste, conforme a ASTEF (1989) e foi projetado para receber aproximadamente 16 mil toneladas de resíduos por mês e vida útil em torno de 15 anos.

A área licenciada junto ao órgão de controle ambiental equivale a 123,20 hectares, sendo 78,47 destinados à disposição de resíduos e distribuídos em 17 setores subdivididos em 67 trincheiras com 71m de largura e 101 de comprimento cada. A ocupação das células se processa pelo método da trincheira combinado com o método da área.

Todos os resíduos que chegam ao aterro sanitário são pesados em balanças rodoviárias de capacidade máxima de 80 toneladas e as informações arquivadas na cabine de controle do aterro. Após essa fase, os resíduos são levados às trincheiras previamente escavadas com declividade mínima de 2% para permitir o fluxo dos líquidos até o sistema de lagoas de estabilização (duas anaeróbias e uma facultativa).

Considerando a área total do aterro foram realizadas e preservadas duas sondagens do tipo SPT (Standard Penetration Test) para conhecer a estratigrafia do subsolo e o nível d'água, onde também foi avaliada a qualidade físico-química

das águas subterrâneas. Um poço (P1) ficou à montante da área de disposição de resíduos e outro (P2) entre duas células já encerradas. A Figura 1 demarca o aterro e a distribuição dos poços.



Figura 1- Demarcação do aterro e localização dos poços.

A Figura 2 traz uma visão do processo de perfuração e preservação de cada local.



Figura 2 - Processo de perfuração dos poços e preservação

Em cada poço utilizou-se tubo PVC de 75 mm com comprimentos variados já que o nível d'água foi encontrado a 3,0m de profundidade no local onde se instalou o Poço 1 (à montante) e 4,0m no Poço 2 (entre as células).

Em cada tubo foram realizadas várias ranhuras distantes aproximadamente 10 cm uma da outra para permitir apenas a entrada da água a analisar. Esses poços foram perfurados na segunda quinzena de abril de 2010 e as coletas das amostras de água subterrânea aconteceram entre o dia 10 de maio e 02 de agosto do referido ano.

As amostras foram coletadas, preservadas, acondicionadas e levadas ao Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) e Laboratório de Tecnologia Química (LTQ) do Instituto Federal do Ceará (IFCE) e também para o Laboratório de Saneamento (LABOSAN) da Universidade Federal do Ceará (UFC) para análise das seguintes variáveis: pH, condutividade, alcalinidade, turbidez, cor verdadeira, amônia, nitrito, nitrato, demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), ortofosfato, cloretos e sulfato. Cada uma dessas variáveis foi analisada segundo Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 1995).

3 REVISÃO DE LITERATURA

A ocorrência de águas subterrâneas em áreas de despejo de resíduos sólidos levanta uma suspeita de contaminação. Como destaca Rebouças (1992) enquanto a contaminação de um manancial de superfície geralmente constitui-se em um problema visível, facilmente identificável por mudança da cor da água, presença de espuma, odor e aparecimento de organismos aquáticos mortos; a contaminação dos aquíferos é invisível e pode transformar-se em um problema crônico, na medida em que só venha a ser identificado por meio de seus efeitos na saúde pública.

O trabalho desenvolvido por Sisino e Moreira (1996) avaliou as concentrações de metais pesados no líquido percolado (chorume) e em compartimentos ambientais (águas superficiais e subterrâneas, solos e sedimentos) da área do aterro controlado do Morro do Céu (Niterói-RJ). Os resultados encontrados mostram que as maiores concentrações dos metais são observadas no solo do sítio limítrofe ao aterro e no sedimento da vala do aterro, indicando tendência à retenção destes elementos nesses segmentos. Da mesma forma, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas é ruim, destacando-se a presença de coliformes nas amostras analisadas, além da evidência de grande carga de compostos orgânicos expressos pelos valores de DQO (5.200 mg/l) e DBO (2.800 mg/l), e das concentrações de Fe (6,4 mg/l), Mn (2,4 mg/l), Ni (0,12 mg/l) e Zn (0,23 mg/l) acima dos limites permissíveis pela legislação ambiental.

Santaella *et al.* (1999) avaliaram as mudanças ocorridas na qualidade das águas subterrâneas nas proximidades do Lixão do Jangurussu-CE considerando quatro poços artesianos. A DQO (demanda química de oxigênio) média encontrada foi, no poço 1, 50mg/L, poço 2 (90,8mg/L), poço 3 (60mg/L) e no poço 4 (65,5mg/L). Uma das conclusões do trabalho foi que o aquífero constituído pela formação Barreiras têm sofrido modificações pela disposição inadequada de resíduos sólidos, intensificadas na época de estiagem.

Melo e Jucá (2000) em três áreas de disposição de resíduos (Muribeca, Aguazinha e Aterro Metropolitano de Salvador), entre vários objetivos, avaliaram o grau de contaminação das águas superficiais e subterrâneas da área

circunvizinha aos aterros. Os autores encontraram Demanda Química de Oxigênio (DQO) nas águas subterrâneas variando entre 40 à 159mg/L e do ponto de vista microbiológico (Coliformes Termo-tolerantes).Essas águas estavam contaminadas com 105 (Aguazinha) e 106 (Muribeca) Unidades Formadoras de Colônia de /100mL.

Gonçalves Coelho *et al.* (2002) realizaram um estudo para mostrar as consequências ambientais da má disposição de resíduos sólidos, fazendo um diagnóstico ambiental do Aterro Sanitário do Município de Uberlândia-MG, com conseqüente avaliação do nível de contaminação das águas do lençol freático. Os autores detectaram DQO variando entre 1.213 a 1.924mg/L, nitrogênio amoniacal (6,9 - 8,1mg/L) e cloretos (193,0 - 329,0mg/L), além de metais pesados (Cobre = 0,4mg/L, Zn = 0,3 - 0,8mg/L).

Lima (2003) desenvolveu um trabalho cujo objetivo foi detectar os danos aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos existentes na vizinhança do Lixão de São Pedro da Aldeia-RJ. Entre os resultados alcançados, o que mais preocupou o autor foi a alta condutividade elétrica do chorume: 15.400 μ . cm⁻¹, pois esse parâmetro mantém relação com compostos e elementos químicos diversos (cloreto, sódio, manganês, magnésio, cálcio) que contribuem para as alterações na qualidade das águas subterrâneas da região.

Oliveira e Pasqual (2004) determinaram alguns parâmetros físico-químicos do efluente líquido do Aterro Sanitário Municipal de Botucatu/SP, visando a avaliação da qualidade das águas subterrâneas do aquífero existente na região. Os autores encontraram poluição por metais pesados (cádmio, chumbo, cromo, níquel e zinco) e, em alguns casos, a concentração desses esteve em desacordo com os padrões de potabilidade da água estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. A carga poluidora dos líquidos, em termos de DQO, chegou a 3000mg/L na base do aterro.

Santana e Imaña-Encinas (2004) usaram redes neurais artificiais aplicados ao sistema de informações geográficas para modelar os níveis de contaminação espacial entre o aterro sanitário do Jockey Club e o parque nacional de Brasília (DF), utilizando dados de contaminação do solo e do lençol freático. Todos os parâmetros

analisados (pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, dureza, nitrato, oxigênio consumido, sulfato, fosfato, amônio e sódio) apresentaram valores altos à medida que a aproximava do aterro.

Lago *et al.* (2006) desenvolveram um trabalho cuja finalidade foi avaliar as potencialidades da integração dos métodos geofísicos na caracterização geoambiental da área do Aterro Sanitário da cidade de Bauru-SP. De forma complementar, os autores analisaram as águas dos poços de monitoramento permanente instalados no aterro e encontraram 39,0 mg/l de DQO e 20.000 UFC/100mL, além de cádmio (0,08 mg/L), níquel (0,06 mg/L), ferro total (34,5mg/L).

Laureano e Shiraiwa (2008) mapearam a condutividade elétrica do subsolo e associaram a provável contaminação causada pelo atual aterro sanitário de Cuiabá (MT), através do método eletromagnético indutivo e do Radar de Penetração no Solo (GPR). Conforme os autores, a primeira célula de disposição de lixo e as lagoas de tratamento de chorume nunca foram impermeabilizadas, sendo fontes potenciais de

contaminação do subsolo, inclusive na área impermeabilizada. Medidas de condutividade elétrica efetuadas em área livre de resíduos nunca superaram 10 mS/m enquanto valores extremamente elevados, maiores que 100 mS/m, podem está relacionados à contaminação por chorume.

Mattos (2006) verificou níveis altos de metais, como por exemplo, mercúrio (0,77mg/L) em ecossistemas aquáticos próximos a um aterro, em Rio Branco-AC. Já Porto *et al.* (2004) constataram a contaminação das águas da Baía de Guanabara-RJ pelos resíduos sólidos dispostos no aterro de Jardim Gramacho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises das amostras de água, expressos em valores médios, são apresentados na Tabela 1, onde se observa que a qualidade da água subterrânea está mais comprometida no Ponto 2; que se encontra situado entre duas células de resíduos sólidos e recebe carga poluidora desses locais, como era esperado.

Tabela 1 - Resultados das Análises Laboratoriais das Amostras.

Variável	Ponto 1					Ponto 2				
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	Média	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	Média
pH	7,5	7,1	7,6	7,8	7,5	6,5	6,7	6,4	6,5	6,5
Condutividade (mS/cm)	3,9	4,1	5,2	4,0	4,3	7,9	9,7	7,5	8,0	8,3
Alcalinidade (mg de CaCO ₃ /L)	302,0	375,0	325,0	303,0	326,3	1056,0	1298,0	1124,0	1105,0	1145,8
Turbidez (uT)	366,0	371,0	353,0	383,0	368,3	503,0	546,0	676,0	701,0	606,5
Cor verdadeira (Pt-Co)	48,8	50,4	57,0	59,7	54,0	163,0	166,0	171,0	160,0	165,0
Amônia	1,1	1,7	1,1	2,2	1,5	55,9	53,9	60,1	58,6	57,1
Nitrito	0,110	0,100	0,150	0,180	0,135	0,020	0,050	0,080	0,060	0,053
Nitrato	1,830	1,200	1,650	1,780	1,615	0,760	0,610	0,520	0,680	0,643
DQO	980,0	1021,0	991,0	1009,0	1000,3	3971,0	3911,0	3629,0	3200,0	3677,8
OD	7,3	7,0	6,8	7,0	7,0	3,3	3,1	4,0	3,2	3,4
Ortofosfato	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	4,2	3,9	5,7	4,5	4,6
Cloretos	1009,0	1099,0	1123,0	1429,0	1165,0	2756,0	3367,0	2981,0	3214,0	3079,5
Sulfato	171,6	201,5	183,1	218,0	193,6	64,3	89,0	78,1	70,9	75,6

* as unidades são mg/L, exceto pH e as identificadas.

No Ponto 2, o parâmetro da condutividade elétrica que variou entre 7,5 e 9,7 mS/cm (média 8,3 mS/cm) indica que os líquidos (chamados de chorume, percolado ou lixiviado) estão em contato com a água subterrânea, reduzindo sua qualidade. No Ponto 1, a condutividade elétrica média foi aproximadamente duas vezes menor

(4,3 mS/cm) indicando menor poluição e esse parâmetro variou entre 3,9 e 5,2 mS/cm.

Os valores de condutividade no Ponto 2 mostram também que os resíduos, em termos de digestão, estão na fase ácida, que é caracterizada, segundo Tchobanoglous *et al.* (1994) pelo aumento desse parâmetro devido à dissolução de ácidos

orgânicos. Com essa dissolução, reduz-se o pH do meio, observado no Ponto 2 (média de 6,5).

A concentração da alcalinidade no Ponto 2 caracteriza ainda mais a fase ácida de digestão dos resíduos, pois quanto mais alta maior a transformação da matéria orgânica em CO₂ e conseqüentemente em bicarbonatos (Giordano, 2003). Tchobanoglous *et al.* (1994) vão nesse mesmo sentido afirmando que nessa fase predomina o CO₂. Nas amostras analisadas, a alcalinidade variou entre 1.056,0 e 1.298,0 mg/L (média de 1.145,8 mg/L) no Ponto 2, enquanto no Ponto 1 variou de 302,0 e 375,0 mg/L (média de 326,3 mg/L).

A alta concentração de amônia no Ponto 2 (média de 57,1 mg/L) mostra que as bactérias estão utilizando os nitratos - que apresentaram baixa concentração (média de 0,6 mg/L) - alternativamente ao oxigênio como forma de respiração, constatando que os líquidos das células encerradas possuem grande quantidade de proteínas. Isso também pode ser observado pela baixa concentração relativa de oxigênio dissolvido no Ponto 2 (3,4 mg/L).

O ortofosfato - forma de fósforo mais prontamente assimilável por organismos aquáticos e plantas (Sawyer *et al.*, 1994) - também apresentou alta concentração no Ponto 2 (média de 4,6 mg/L) em relação ao Ponto 1 (média de 0,9 mg/L). Conforme Piveli e Kato (2006) duas importantes fontes de descarga de ortofosfato são os detergentes empregados em larga escala nos domicílios e a própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Tanto recipientes de detergentes quanto papéis higiênicos e fraldas compõem a tipologia dos resíduos que são encontrados no aterro.

No Ponto 2, também foram encontrados os maiores valores de cor verdadeira (média 165,0 Pt-Co) e turbidez (média 606,5 uT), indicando ao mesmo tempo grande quantidade de materiais dissolvidos devido à dissolução de ácidos orgânicos e substâncias resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos e suspensos (partículas inorgânicas e detritos orgânicos) nas amostras coletadas.

A concentração de sulfato, ao contrário da maioria dos parâmetros, foi maior no Ponto 1 (mínimo: 171,6 mg/L - máximo: 218,0 mg/L - média: 193,6 mg/L) em relação ao Ponto 2

(mínimo: 64,3 mg/L - máximo: 89,0 mg/L - média: 75,6 mg/L) provavelmente em função dos seguintes fatores: (i) há uma maior concentração de OD (oxigênio dissolvido) no Ponto 1 e isso pode ter oxidado os sulfetos, o enxofre elementar e/ou sulfito que existiam a sulfato; e, (ii) uma parte dos sulfatos do Ponto 1 vieram da dissolução de solos e rochas.

Em condições praticamente opostas às encontradas no Ponto 2, observa-se que a qualidade da água subterrânea no Ponto 1 é melhor, já que este se encontra longe da área de disposição de resíduos sólidos e de suas influências negativas em termos de carga poluidora. Assim, o Ponto 1 serviu de referência para mostrar os impactos do aterro sanitário na qualidade das águas subterrâneas.

No Ponto 1, a concentração mais alta do OD (média de 7,0 mg/L) e baixa da amônia (1,5 mg/L), condutividade (4,3 mS/cm) e turbidez (368,3 uT), em relação ao Ponto 2, mostram uma menor influência dos líquidos provenientes da digestão dos resíduos sólidos na qualidade das águas ou apontam para a ausência de contatos entre os mesmos.

Os valores da DQO (demanda química de oxigênio) confirmam uma água de qualidade melhor no Ponto 1 e negativamente impactada no Ponto 2, já que naquele local o parâmetro variou entre 980,0 e 1.021,0 mg/L (média de 1003,0 mg/L) e neste (Ponto 2) variou entre 3.200,0 e 3.971,0 mg/L (média de 3.677,8 mg/L).

Outro aspecto relevante é que as concentrações de nitrito (0,135 mg/L) e nitrato (1,615 mg/L) no Ponto 1 são mais elevadas que as do Ponto 2 (nitrito: 0,053 mg/L e nitrato: 0,643 mg/L), mostrando que a poluição ainda é baixa e está migrando de um processo recente (indicado pelos nitritos) para um processo antigo (indicado pelos nitratos), mas é um ambiente aeróbio (pela concentração de OD - mínimo: 6,8 mg/L e máximo: 7,3mg/L).

As águas analisadas também mostram grandes concentrações de íons cloretos. Os valores do parâmetro confirmam a carga poluidora na água do Ponto 2 (mínimo: 2.756,0 /máximo: 3.367,0 /média: 3.079,5 mg/L) em relação ao Ponto 1, apesar deste também ter valores que podem ser considerados altos (mínimo: 1.009,0 /máximo: 1.429,0 /média: 1.165,0 mg/L). Conforme Segato

e Silva (2000) os resíduos de tubos de PVC, negativos de filmes e raios-X contribuem para um aumento na carga de cloretos encontrados no chorume. A concentração de ferro também foi alta no Ponto 2 (média de 57,1 mg/L).

Correlacionando variáveis, tem-se na Figura 3 a condição oposta entre DQO e OD nos pontos

estudados. Observa-se que nas coletas do Ponto 1 (1, 2, 3 e 4) a quantidade de OD é elevada porque a DQO é relativamente baixa. A situação se inverte para o Ponto 2 (coletas 5, 6, 7 e 8) onde a DQO sobe e a concentração de OD decresce, atestando a poluição.

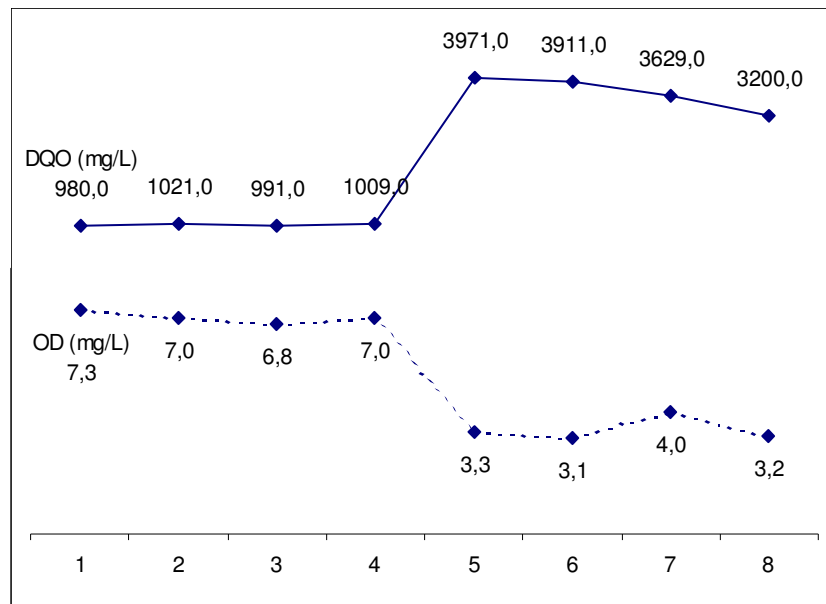


Figura 3 - Comportamento da DQO e OD nas amostras.

5 CONCLUSÃO

Os dados indicam que o potencial poluidor dos líquidos provenientes da digestão anaeróbia dos resíduos está alterando a qualidade das águas subterrâneas existentes na área do aterro e isso pode representar um risco à saúde pública à medida que o fluxo da água tenha direção no sentido das comunidades que moram nas proximidades do aterro sanitário, especialmente, daquelas que fazem uso dessas águas.

Somando-se aos diversos trabalhos existentes na literatura nacional, este comprova a ocorrência da poluição das águas subterrâneas causada pelo aterro sanitário em função das marcantes diferenças entre os valores medidos das diversas variáveis físico-químicas entre os pontos escolhidos (Ponto 1 - à montante; Ponto 2 - dentro do aterro).

Com o conhecimento dos dados primários sobre os níveis d'água e a determinação da qualidade físico-química da água subterrânea, o aterro sanitário tem condições de dar continuidade ao

monitoramento ambiental através do uso dos piezômetros instalados, já que o Ponto 1 serve de referência, por ter melhor qualidade, para o Ponto 2; onde as águas estão poluídas.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) e Laboratório de Tecnologia Química (LTQ) do Instituto Federal do Ceará (IFCE) e também ao Laboratório de Saneamento (LABOSAN) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

REFERÊNCIAS

- [1] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standart methods for the examination of water end wastewater**. 19 ed. Washington: APHA, 1995.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2008**. São Paulo: ABRELPE, 2008.

- [3] ASSOCIAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHEIRO PAULO DE FROTTIN. **Relatório de impacto ambiental do aterro sanitário metropolitano oeste de Caucaia - Ceará**. Fortaleza: ASTEF/UFC, 1989. v.13
- [4] BRITO, L. T. L. *et al.* Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol. 9, n.4, p.596-602. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n4/v9n4a25>>.pdf. Acesso em: 10 mar. 2010.
- [5] CASTILHOS JÚNIOR, A. B. *et al.* **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. 294 p.
- [6] CELERE, M. S. *et al.* Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.4, p. 939-947, abr. 2007.
- [7] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 1997. 106 p.
- [8] CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. Contaminação de água subterrânea por derramamento de gasolina - O problema é grave? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.2, n.2, p. 50-54, 1997.
- [9] GIORDANO, G. **Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos**. 2003. 257 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Materiais e Metalurgia) - PUC, Rio de Janeiro, 2003.
- [10] GONÇALVES COELHO, M. *et al.* Contaminação das águas do lençol freático por disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos em Uberlândia-MG/Brasil. In: **CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**, 25., 2002, Cancún. Cancun: AIDIS, 2002. p. 1-8.
- [11] HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.3, n.2, p.73-84, 1998.
- [12] INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.
- [13] LAGO, A. L.; ELIS, V. R.; GIACHETI, H. L. Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 357-374, 2006.
- [14] LAUREANO, A. T.; SHIRAIWA, S. Ensaio geofísicos no aterro sanitário de Cuiabá-MT. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 173-180, 2008.
- [15] LEAL, A. S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p.139-164.
- [16] LIMA, J. S. **Avaliação da contaminação do lençol freático do lixão do Município de São Pedro da Aldeia-RJ**. 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- [17] MARINS, R. V. *et al.* Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 763-770, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000500016>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- [18] MATTOS, J. C. P. **Poluição ambiental por resíduos sólidos em ecossistemas urbanos: estudo de caso do aterro controlado de Rio Branco-AC**. 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2006.
- [19] MAYER, M. G. R. *et al.* Variação espaço-temporal da qualidade das águas de um rio poluído por esgotos domésticos (PB, Brasil). In: **CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL**, 26., 1998, Lima. Lima: AIDIS, 1998. 14 p.
- [20] MEDEIROS, G. A. *et al.* Diagnóstico da qualidade da água e do solo no lixão de

Engenheiro Coelho, no Estado de São Paulo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.5, n. 2, p.169-186, mai./ago. 2008.

[21] MELO, V. L. A.; JUCÁ, J. F. T. Estudos de referência para diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 21., 2000, João Pessoa. João Pessoa: ABES, 2000. 10 p.

[22] MORAES, D. S. de L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p. 370-374, mar. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/rsp/v36n3/10502.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2010.

[23] MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 131 f. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública)-Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002.

[24] OLIVEIRA, L. I.; LOUREIRO, C. O. Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em Belo Horizonte: avaliação preliminar. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 10., 1998, São Paulo. Título dos **Anais**. São Paulo: ABAS, 1998. p. 10.

[25] OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A. Avaliação de Parâmetros Indicadores de Poluição por Efluente Líquido de um Aterro Sanitário. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Botucatu (SP), v.9, n. 3 p.240-249, jul./set. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v9n3/v9n3a10.pdf>> Acesso em: 20 out. 2011.

[26] PESSOA, M. C. P. Y. *et al.* Identificação de Áreas de Exposição ao Risco de Contaminação de Águas Subterrâneas pelos Herbicidas Atrazina, Diuron e Tebutiuron. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.13, p.111-122, jan./dez. 2003.

[27] PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição**: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES - Associação Brasileira de

Engenharia Sanitária e Ambiental, v.1, 2006, 285 p.

[28] PORTO, M. F. S. *et al.* Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 6, p. 1503-1514, nov./dez. 2004. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/csp/v20n6/07.pdf>>

Acesso em: 20 ago. 2010.

[29] PRIMEL, E. G. *et al.* Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.4, p. 605-609, jul./ago. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422005000400010&script=sci_arttext> Acesso em: 14 mai. 2008.

[30] RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 35, n.7, p. 1289-1303, jul. 2000.

[31] REBOUÇAS, A. C. Impactos ambientais nas águas subterrâneas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 7., 1992, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1992. p.11-17.

[32] RESENDE, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. **Documentos 57**, Planaltina (DF), n. 57, p. 9-29, dez. 2002. Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24718/1/doc_57.pdf> Acesso em: 01 de mar de 2010.

[33] SANTANA, O. A.; IMAÑA-ENCINAS, J. M. Modelo espacial de contaminação do solo e lençol freático do aterro do Jockey Club para o Parque Nacional de Brasília (DF). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL**, 5., 2004, São Carlos. São Carlos: Suprema, 2004. p. 453-460.

[34] SANTAELLA, S. T.; PAIVA, I. O.; LEITÃO, R. C. Qualidade das águas subterrâneas da região adjacente ao lixão de Fortaleza-CE. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., Rio de Janeiro, 1999. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.1-10.

[35] SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IG/CETESB/DAEE, 1997. 144 p.

[36] SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L.; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering**. 4. ed. McGraw: Hill. 1994.

[37] SEGATO, L. M.; SILVA, C. L. Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru. In: **CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 27., 2000, Porto Alegre. Porto Alegre: ABES, 2000. p. 1-9.

[38] SILVA, A. C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxidade do efluente bruto e tratado**. 2002. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.UFRJ-COPPE, Rio de Janeiro, 2002.

[39] SILVA, R. L. B.; BARRA, C. M.; MONTEIRO, T. C. N.; BRILHANTE, O. M. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio

de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 18, n. 6, p. 1599-1607, nov./dez. 2002. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/csp/v18n6/13256.pdf>>
Acesso em: 15 jul. 2011.

[40] SISINNO, C. L. S. **Destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais no estado do Rio de Janeiro**: avaliação da toxicidade dos resíduos e suas implicações para a ambiente e para a saúde humana. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública)- Fundação Oswaldo Cruz/Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2002.

[41] SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 515-523, out./dez. 1996.

[42] YABE, M. J. S.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **QuímicaNova**,v. 21, n. 5, p. 551-556, 1998. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n5/2922.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2011.