

Caracterização da contaminação por chorume nos recursos hídricos superficiais no entorno do aterro de resíduos sólidos de Manaus/AM

Characterization of contamination in the surface water for slurry of the Manaus solid waste landfill

Luciana de Jesus Penha Pamplona Miyagawa
Pesquisadora em Geociências - CPRM Serviço Geológico do Brasil-
Manaus/Mestre em Ciências PPGG-UFPA
luciana.miyagawa@cprm.gov.br

Túlio Amós de Araújo Mendes
Pesquisador em Geociências - CPRM Serviço Geológico do Brasil/Manaus
tulio.mendes@cprm.gov.br

José Luiz Marmos
Pesquisador em Geociências - CPRM Serviço Geológico do Brasil/Manaus
Mestre em Geociências PPGG-UFAM
jose.marmos@cprm.gov.br

RESUMO: O Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (ARSM) está situado próximo a importantes cursos d'água em uma zona de expansão urbana crescente e desordenada. Por essa razão, verificou-se a importância da realização de um programa de monitoramento ambiental para caracterização da contaminação por chorume nos recursos hídricos superficiais no entorno do ARSM. Os resultados correspondem ao monitoramento realizado no ano de 2015, o qual consistiu em campanhas de amostragem de água superficiais realizadas em intervalos trimestrais, a fim de melhor abranger um ciclo hidrológico. Diagnósticos ambientais caracterizaram a hidroquímica da Bacia Matrinxã-Acará, a mais afetada pela contaminação por chorume, e da Bacia Aracu, com alteração hidroquímica também relacionada a outros fatores antrópicos. A intensificação ou redução das concentrações da carga geral de contaminantes nas águas superficiais mostrou forte correlação com a sazonalidade, haja vista as variações de volume e vazão dos igarapés objetos desse estudo. A recuperação da qualidade desses recursos hídricos é imprescindível, tendo em vista se tratar de uma área com flora e fauna que são patrimônio, não só dos moradores que ocupam suas margens, como da população de Manaus que usufrui no passado de áreas de banho e pesca nos igarapés atualmente afetados pelo chorume produzido no aterro.

Palavras chave: Monitoramento ambiental; Águas Superficiais; Chorume.

ABSTRACT: The Waste Landfill Solid Manaus (WLSM) is situated near important waterways in an area of growing and uncontrolled urban sprawl. For

this reason, it was the importance of conducting an environmental monitoring program to characterize the contamination by slurry in surface water resources in the surrounding WLSM. The results correspond to the monitoring carried out in 2015, which consisted of surface water sampling campaigns at quarterly intervals in order to better cover a hydrological cycle. Environmental diagnostics characterized the hydrochemistry of Matrinxã-Acara Basin, the most affected by contamination by slurry, and Aracu Basin, change hydrochemical also related to other anthropogenic factors. The increase or decrease in concentrations of general cargo contaminants in surface water showed a strong correlation with seasonality, given the changes in volume and flow of streams objects of this study. The recovery of the quality of water resources is essential in order to treat an area with flora and fauna that are the heritage not only of the residents who occupy its banks, as the population of Manaus that enjoys in the past bathing areas and fishing in streams currently affected by the slurry produced in the landfill.

Keywords: Environmental Monitoring; Surface Water; Slurry.

INTRODUÇÃO

O conhecimento detalhado sobre os danos que podem ser provocados nos recursos hídricos nas imediações de áreas de deposição de resíduos sólidos urbanos (lixões ou aterros) é fundamental para o planejamento de ações preventivas e corretivas. Tendo em vista o crescimento da área urbana em direção à área do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (ARSM) e a importância das águas superficiais (Brasil 2002), sobretudo em comunidades e bairros presentes nas imediações e que não usufruem de abastecimento público (Barroncas 1999), a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil) realiza desde 2006 o monitoramento da contaminação dos recursos hídricos no entorno do ARSM.

A decomposição/degradação dos resíduos orgânicos presentes nos lixões e aterros sanitários produz o chorume, que contém elevados teores de compostos orgânicos e inorgânicos nas formas dissolvida e coloidal. A composição físico-química do chorume é complexa e muito variável, dependendo de vários fatores como: tipo de resíduos depositado, tempo de disposição do resíduo, forma de operação do aterro, pluviosidade, condições geológicas locais, entre outros. Além disso, os recursos hídricos podem apresentar contaminação relacionada às ocupações antrópicas desprovidas de

sistema de esgotamento sanitário, fato que contribui sobremaneira para degradação desse recurso (Barroncas 1999).

Com base no exposto, o presente estudo caracteriza a contaminação nos recursos hídricos superficiais no entorno do ARSM, através da avaliação da intensidade e extensão da pluma de contaminação. O monitoramento ambiental foi realizado em quatro etapas de monitoramento (E1, E2, E3 e E4) em intervalos trimestrais nos meses de março, junho, setembro e dezembro, correspondendo a um ciclo hidrológico. O entendimento da evolução da contaminação e de sua projeção em termos espaciais nos recursos hídricos locais poderá guiar não somente a gestão do ARSM, como também melhorar o planejamento do uso e ocupação urbana nos terrenos adjacentes ao aterro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os diagnósticos geoquímicos realizados caracterizaram as bacias dos igarapés Matrinxã-Acará e Aracu (Figuras 1 e 2). Cabe ressaltar que o igarapé Matrinxã é afluente do igarapé Acará, que formam o igarapé Bolívia. As bacias dos igarapés Matrinxã-Acará e Aracu estão situadas nos setores leste-sudeste e oeste do ARSM, como afetadas diretamente pela contaminação por chorume do aterro.

No igarapé Matrinxã foi selecionado um ponto à montante do aterro (**IM-01**), para ser utilizado como referência de águas não contaminadas (*background*), e quatro à jusante (**IM-02, IM-03, IM-04 e IM-05**). Foi incluído também no monitoramento um ponto no igarapé Acará (**IA-01**), situado à jusante do encontro deste com as águas contaminadas do Matrinxã, a fim de se comparar o impacto da contaminação por chorume nos dois cursos d'água. Para verificar a influência da contaminação por chorume na jusante oeste, também se fez a coleta no ponto de amostragem IU-02, situado em um ponto da Bacia Aracu de fácil acesso e próximo ao ARSM.

Deve-se ter em mente que, por se tratar de uma área de expansão urbana, certos pontos também podem apresentar contaminação ligada a outros fatores antrópicos (fossas sépticas, lançamento de água servida, etc.), o que será discutido no desenvolvimento do artigo.

Precedendo as atividades de amostragem das águas superficiais foram realizadas as medições *in loco* de quatro parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica (CE), potencial de oxi-redução (Eh) e oxigênio dissolvido (OD), feitas através de um kit de aparelhos digitais da marca WTW. Estes parâmetros servem para revelar, de forma preliminar, indícios de eventuais contaminações químicas nos corpos d'água amostrados.

O procedimento de coleta de amostragem das águas superficiais e a destinação de cada alíquota são:

- alíquota de 600 mL coletada em garrafa PET, para determinação de cor, turbidez, alcalinidade, nitrito, nitrato, amônia, cloreto e sulfato. Essa alíquota foi encaminhada ao Laboratório de Análises Minerais (LAMIN) da Superintendência da CPRM/Manaus, para análise por métodos específicos de cada parâmetro;

- alíquotas de 50 mL, filtradas a 0,45 µm e acidificadas em campo foram armazenadas em tubos de polipropileno para análises de 24 cátions via ICP-OES (Espectrometria de Emissão Ótica com Fonte Plasma), também no LAMIN-MA;

- alíquotas de 50 mL, filtradas a 0,45 µm e não acidificadas foram armazenadas em tubos de propileno para análise de nitrito, nitrato e amônia, também no LAMIN-MA;

- alíquotas de 1.000 mL foram coletadas em garrafas de vidro âmbar e encaminhadas para empresa Microlab - Laboratório de Análises Ltda., situada em Manaus, para determinações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO);

- alíquotas de 250 mL e 1 litro para análises microbiológica (coliformes totais, coliformes fecais, enterococos, pseudomônas aeruginosa, clostrídeos perfringens e número de unidades formadoras de colônias) foram coletadas nos pontos IA-01, IM-01, IM-02 e IM-03 e analisadas no LAMIN-MA.

Caracterização da contaminação por chorume nos recursos hídricos superficiais no entorno do aterro de resíduos sólidos de Manaus/AM

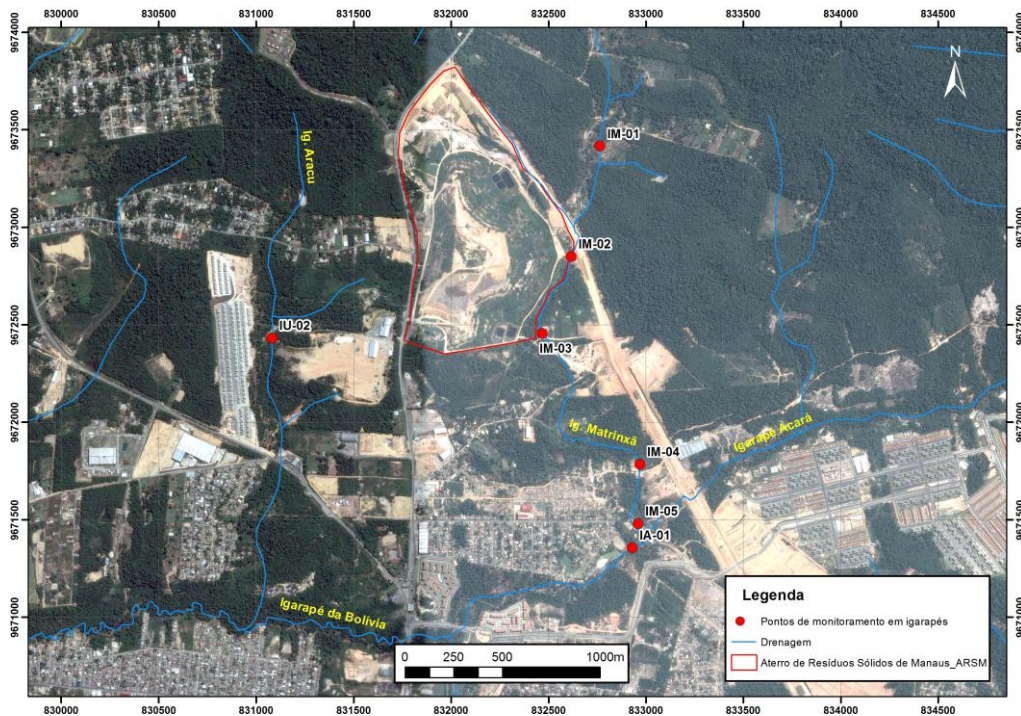
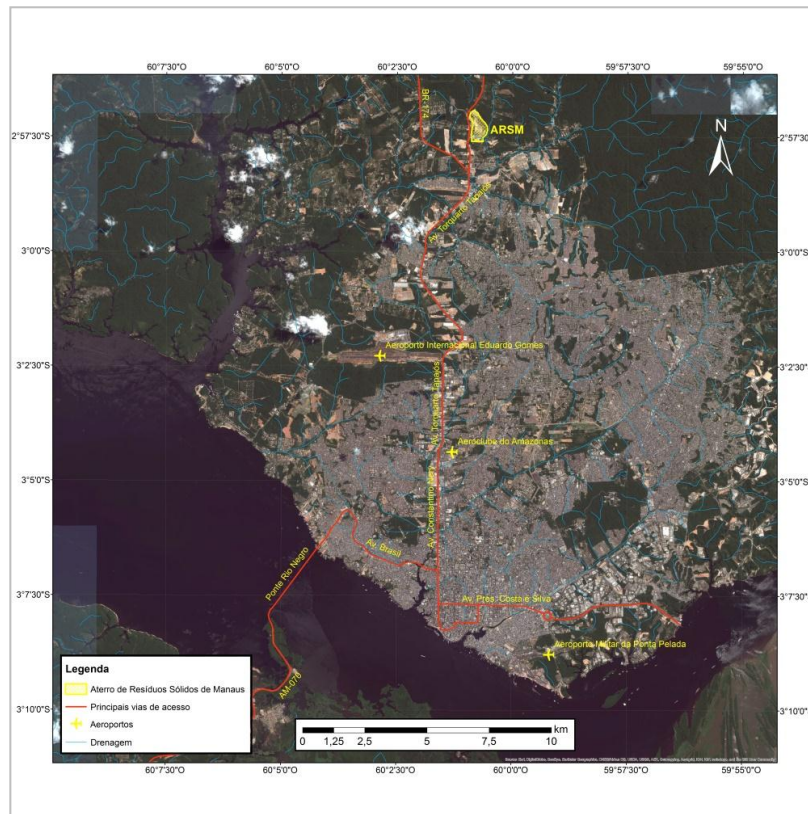


Figura 1 – Imagem de satélite indicando a localização do Aterro de Resíduos Sólidos na cidade de Manaus/AM (Google Earth 2013).

Figura 2 – Imagem de satélite com a localização do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus, dos principais sistemas de drenagem (bacias dos igarapés Matrinã/Acará e Aracu) e dos pontos de amostragem de águas superficiais. Fonte: Google Earth, imagem de Agosto de 2014.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação dos resultados dos parâmetros físico-químicos das águas superficiais da Bacia Matrinxã-Acará foi realizada comparando os valores obtidos em cada etapa, bem como utilizando valores de referência existentes para as classes 2 e 3 da classificação de corpos de água da Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005a), aliado ao conhecimento prévio das características da qualidade das águas da região amazônica, especificamente no entorno do ARSM.

Com base nos resultados laboratoriais das quatro etapas de monitoramento, no ponto **IM-01**, único ponto a montante do ARSM (Figuras 3.1 e 3.2) não há evidências de contaminação por chorume proveniente do ARSM, (Figuras 5 e 6). Porém, notou-se na quarta etapa que houve uma leve alteração hidroquímica, possivelmente relacionada com a ocupação antrópica às margens deste trecho do igarapé.

O ponto **IM-02**, que está na margem leste da área do aterro, é o local que desde a primeira etapa de monitoramento apresentou indicativos de contaminação por chorume. Destacam-se os valores anômalos dos principais parâmetros físico-químicos, como pH e condutividade (CE), e o aumento considerável das concentrações de Cl^- , NO_3^- e N-NH_3 (Clement 1995), bastantes elevados com relação aos valores de referência para classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005 (Figuras 5 e 6). Durante as quatro etapas de monitoramento, poucos metros à jusante do ponto **IM-02**, foi observado lançamento de chorume diretamente no leito do igarapé Matrinxã, advindo das tubulações de drenagem subterrâneas do aterro (Figura 3.4).

A situação acima citada também está diretamente associada à intensa contaminação verificada a partir do ponto **IM-03**, o primeiro à jusante do citado despejo de chorume. Por essa razão, notou-se que os pontos **IM-03**, **IM-04** e **IM-05** (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3) estão fortemente contaminados por chorume, confirmado pelos valores anômalos de pH variando de 6,9 a 7,5 e CE variando entre 300 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 5). Além de elevadas concentrações de Cl^- , Na, Ca, K e N-NH_3 , que são indícios de contaminação por chorume (Figura 6).

O ponto IA-01, situado logo a jusante do encontro do igarapé Acará com o Matrinxã (Figura 4.4), revelou que a contaminação por chorume persiste ao longo da bacia. Todavia, essa contaminação é atenuada devido ao fato de que o igarapé Acará apresenta maior vazão que o igarapé Matrinxã. Essa afirmação é sustentada pelos valores anômalos encontrados em todas as etapas, principalmente em relação ao pH e CE, com valores de 6,5 e 133 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Figura 5). Da mesma forma, as concentrações de Cl, Na, K e Ca mantiveram-se praticamente estáveis nas etapas de monitoramento com 11,3 mg/L; 10,60 mg/L, 5,85 mg/L e 1,77 mg/L, respectivamente, sendo estes valores sugestivos de contaminação por chorume (Figura 6).

Foram realizadas amostragens para análises microbiológicas nos pontos **IM-01**, **IM-02**, **IM-03** e **IA-01**. Como se observa na Tabela 1, todas as amostras, mesmo a **IM-01**, isenta de contaminação química, encontram-se em desacordo com os padrões bacteriológicos para águas classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, com valores acima de 1.000/100 mL de coliformes termotolerantes (fecais). Para os demais parâmetros microbiológicos analisados, não há valores de referência na citada Resolução, porém se observa que em todas as amostras foi detectada grande quantidade de Enterococos, Pseudomonas aeruginosa, Clostrídios perfringens e unidades formadoras de colônia (Tabela 5).





Figura 4 – Amostragem da alíquota para análises de DBO e DQO no ponto IM-03 (1). Medição de parâmetros físico-químicos no ponto IM-05 (2). Amostragem no ponto IM-04 (3). Amostragem no igarapé Acará (IA-01), logo à jusante do seu encontro com as águas contaminadas do Matrinxã (4).

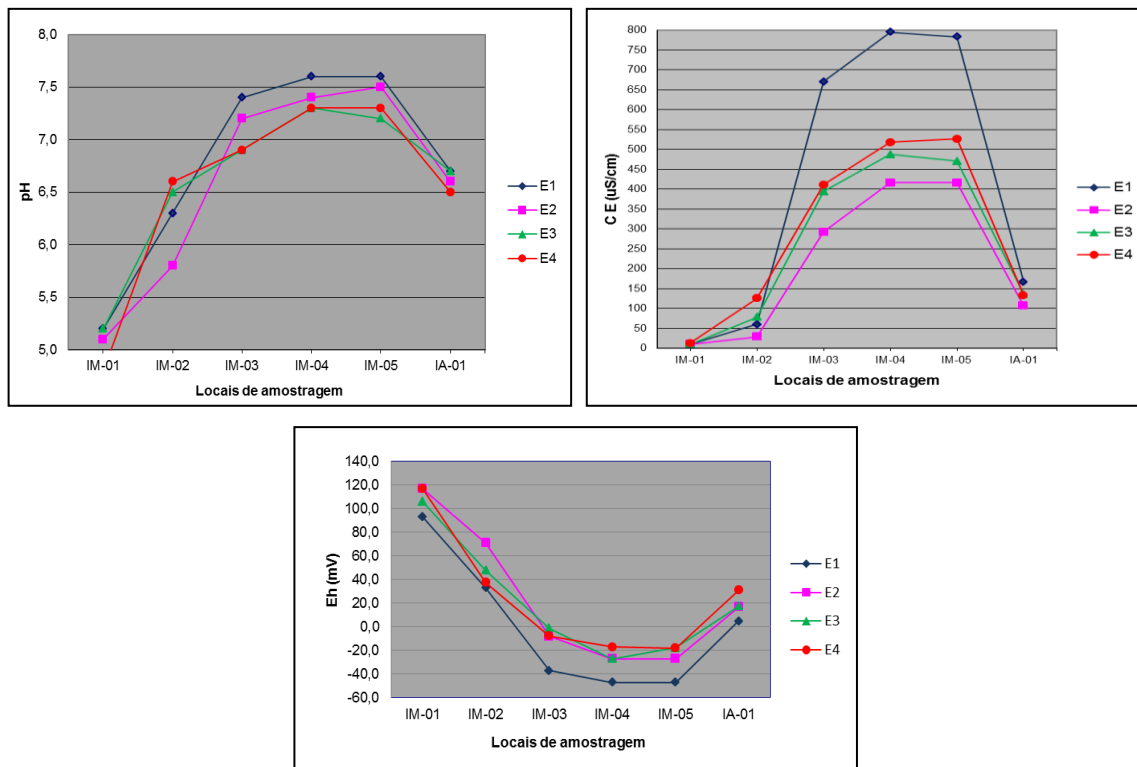


Figura 5 – Gráficos com valores de pH, condutividade elétrica (CE) e potencial de oxi-redução (Eh), medidos em campo, nas amostras coletadas na Bacia Matrinxã-Acará na primeira (E1), segunda (E2), terceira (E3) e quarta etapas (E4) desta terceira fase de monitoramento.

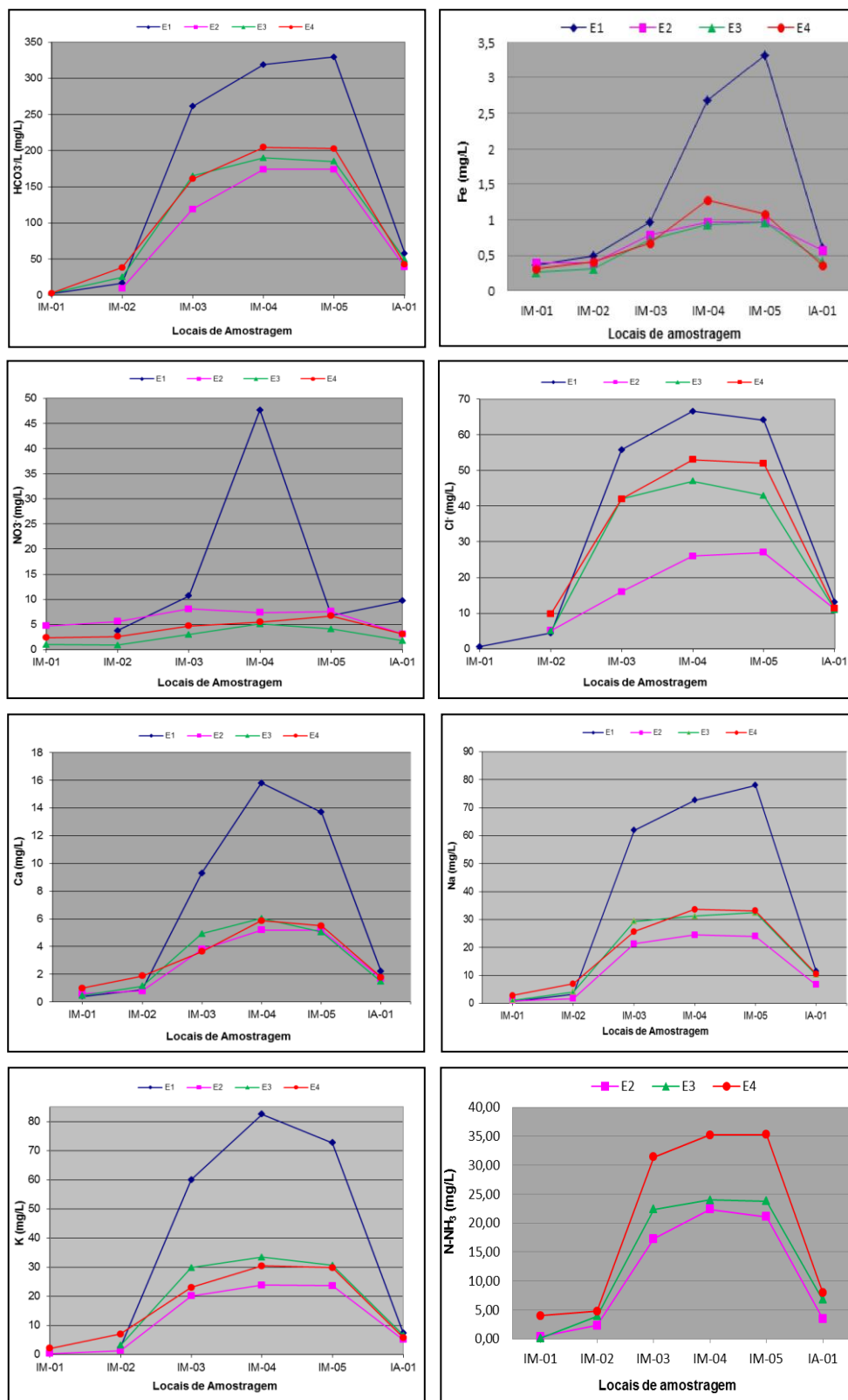


Figura 6 – Gráficos com as concentrações de bicarbonato (HCO_3^-), alumínio (Al), ferro (Fe), nitrato (NO_3^-), cloreto (Cl^-), cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), e nitrogênio amoniacal (N-NH_3) nas amostras coletadas na Bacia Matrinxã-Acará na primeira (E1), segunda (E2), terceira (E3) e quarta etapas (E4) desta terceira fase de monitoramento.

Tabela 1 – Resultados das análises microbiológicas das amostras de águas superficiais selecionadas na Bacia Matrinxã-Acará nas quatro etapas de monitoramento ambiental. UFC: Unidades formadoras de colônias.

Coliformes totais		Coliformes fecais		Enterococos		Pseudomonas aeruginosa		Clostrídios perfringens		Nº de UFC/mL		
Nº da amostra	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
IM-01	1.700/100 mL	1.430/100 mL	1.900/100mL	1.240/100 mL	32/100 mL	280/100 mL	22/100 mL	170/100 mL	44/100 mL	520/100 mL	935	1.000
IM-02	3.020/100 mL	3.720/100 mL	4.720/100mL	2.760/100 mL	105/100 mL	540/100 mL	47/100 mL	310/100 mL	54/100 mL	710/100 mL	890	6.100
IM-03	NA	3.160/100 mL	NA	2.760/100 mL	NA	2.760/100 mL	NA	380/100 mL	NA	940/100 mL	NA	7.200
IA-01	3.680/100 mL	2.700/100 mL	4.220/100mL	2.240/100 mL	38/100 mL	120/100 mL	1.900/100 mL	2.640/100 mL	17/100 mL	1.940/100 mL	800	16.500
Classe 2 da Resol. CONAMA 357/2005	-		1.000/100 mL		-		-		-		-	

Coliformes totais			Coliformes fecais		Enterococos		Pseudomonas aeruginosa		Clostrídios perfringens		Nº de UFC/mL	
Nº da amostra	E3	E4	E3	E4	E3	E4	E3	E4	E3	E4	E3	E4
IM-01	5.160/100 mL	5.280/100 mL	4.240/100 mL	4.440/100 mL	380/100 mL	540/100 mL	520/100 mL	2.200/100 mL	930/100 mL	1.800/100 mL	9.300	6.500
IM-02	4.800/100 mL	4.880/100 mL	4.440/100 mL	4.460/100 mL	3.360/100 mL	3.220/100 mL	190/100 mL	1.600/100 mL	920/100 mL	1.920/100 mL	8.600	7.700
IM-03	4.680/100 mL	4.840/100 mL	4.400/100 mL	4.080/100 mL	3.480/100 mL	3.240/100 mL	2.480/100 mL	2.760/100 mL	1.030/100 mL	900/100 mL	10.300	8.600
IA-01	4.760/100 mL	4.880/100 mL	4.320/100 mL	4.680/100 mL	2.520/100 mL	2.800/100 mL	540/100 mL	2.240/100 mL	700/100 mL	2.240/100 mL	10.400	15.200
Classe 2 da Resol. CONAMA 357/2005	-		1.000/100 mL		-		-		-		-	

No ponto IU-02, único local de controle no igarapé Aracu, avaliou-se o avanço ou não da contaminação na jusante oeste do ARSM (Figura 7). Com base nos resultados obtidos das quatro etapas de monitoramento, o fluxo de chorume, seja superficial ou subterrâneo, ainda não atingiu a bacia do Aracu. O pH mostrou-se praticamente estável em todas as etapas, a CE seguiu o padrão semelhante ao pH, porém teve um decréscimo na terceira etapa de monitoramento e o Eh teve aumento considerável e contínuo ao longo das quatro etapas, caracterizando ambiente cada vez mais oxidante (Figura 8). Portanto, de acordo com os resultados obtidos, as águas do Aracu neste ponto continuam não apresentando nenhum indício de contaminação por chorume proveniente do ARSM.



Figura 7 – Vista geral do entorno do ponto IU-02, no igarapé Aracu (1). Amostragem da alíquota de 1.000 ml, para análises de DBO e DQO, no ponto IU-02 (2).

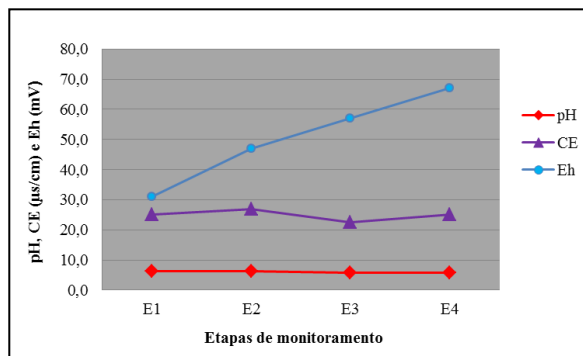


Figura 8 – Gráfico de pH, CE e Eh para o ponto IU-02, representante da Bacia do Igarapé Aracu, na primeira (E1), segunda (E2), terceira (E3) e quarta etapa (E4) de monitoramento.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dados produzidos ao longo das quatro etapas de monitoramento revelam que o chorume oriundo do ARSM compromete fortemente a qualidade das águas do igarapé Matrinxã, como se observa pela comparação entre os resultados obtidos para o ponto **IM-01** (à montante do aterro), isento de contaminação, e para os pontos **IM-02** a **IM-05** (à jusante do aterro), claramente contaminados.

O ponto **IM-02**, o primeiro à jusante da entrada do igarapé Matrinxã na área do aterro, mostra indícios de contaminação por chorume, a saber os valores anômalos de pH, condutividade elétrica, cloreto e nitrogênio amoniacal. Essa contaminação está associada com o contínuo fluxo subterrâneo de chorume, que vai do aquífero para o igarapé Matrinxã, à jusante praticamente ao lado deste ponto.

Situados à jusante do IM-02, os pontos **IM-03**, **IM-04** e **IM-05** representam o trecho mais crítico de contaminação do igarapé Matrinxã. Como agravante, em relação à etapa anterior, os resultados analíticos revelam intensificação do grau de contaminação química por chorume nesse trecho.

Os dados analíticos obtidos no ponto **IA-01** mostram que a contaminação por chorume advindo do Igarapé Matrinxã persiste, embora esteja mais diluída, haja visto o maior volume d'água dele em relação a seu afluente. Comprova que a contaminação por chorume detectada no igarapé Acará advém do seu afluente (igarapé Matrinxã). Essa afirmação é sustentada pelos valores anômalos de parâmetros diagnósticos ainda encontrados no IA-01.

Pelo exposto, para mitigar a situação relatada, recomenda-se de que se realize o mais breve possível a interrupção do lançamento de chorume no leito do igarapé Matrinxã, desviando todo o chorume gerado para as lagoas de estabilização já existentes no ARSM. Esta providência é fundamental para dar início ao processo de recuperação ambiental do vale do Matrinxã e, sem ela, não há como se pensar em atenuar a degradação aí observada há tempos.

Além disso, tendo em visto os dados referentes ao ponto **IU-02**, ressalta-se que as águas da Bacia do Aracu continuam não apresentando nenhum indicativo de contaminação por chorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRONCAS, P. S. R. 1999. **Estudo da concentração de metais pesados nos igarapés Matrinxã, Acará, Bolívia e Tarumã (Manaus – AM)**. Dissertação de Mestrado. Manaus: CCA/FUA.

BRASIL. 2002. **Carta Hidrogeológica da Cidade de Manaus**. Relatório Final. Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

BRASIL. 2005a. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: MMA.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2005. **Decisão de Diretoria nº 195/2005**, de 23 de novembro de 2005. São Paulo.

CLEMENT, B.; MERTIN, G. 1995. The contribution of ammonia and alkalinity to landfill toxicity to duckweed. **The Science of the Total Environment**. 170: 71-79.