PARTE II

A água

Fabricio Augusto Hansel
Rachel Bardy Prado

Introdução

A água nas bacias hidrográficas em que se localiza o Comperj

A área abrangida pelo Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) se distribui nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu, que constituem cerca de metade da área de captação da bacia da baía de Guanabara. Com áreas de drenagem aproximadas de respectivamente 1 640 e 850 km^2, essas bacias são responsáveis pelo abastecimento de água de quase dois milhões de pessoas, principalmente dos municípios de São Gonçalo e Niterói (PEDREIRA et al., 2009). A água é captada e distribuída a esses dois últimos municípios por meio do sistema Imunana-Laranjal, embora existam outros pontos de captação nessas bacias, inclusive para comercialização como água mineral.

As bacias Guapi-Macacu e Caceribu podem ser consideradas provedoras de água pelo fato de apresentarem superávit na produção em relação à demanda pela população nelas presente, o que permite que também abasteçam a população de outras bacias. Ainda assim, o abastecimento aos próprios municípios das bacias Guapi-Macacu e Caceribu não é homogêneo em termos de eficiência, obrigando a captações suplementares em nascentes e poços, principalmente nas comunidades rurais.

Ambas as bacias se beneficiam da presença de fragmentos de mata ainda preservados, principalmente nas áreas mais elevadas, que protegem muitas nascentes. No entanto, o relatório Observatório das Metrópoles (2005) ressalta que em determinadas áreas, sobretudo em São Gonçalo e Itaboraí, parte da população permanece sem abastecimento de água adequado.

Fatores como o desmatamento e o tipo de ocupação e uso das terras ao longo dos diferentes ciclos econômicos, realizados sem preocupação conservacionista, incrementam os processos erosivos e de assoreamento dos rios dessas bacias, assim como a poluição aquática resultante do lançamento de esgotos sem tratamento.

Tais problemas são mais evidentes nas áreas de baixada, em que os fragmentos de matas são menores e menos frequentes e nos quais as matas ciliares estão ausentes. É nas águas dessa porção do território que se concentram os poluentes provindos da captação efetuada ao longo dos rios principais – Guapiaçu, Macacu e Caceribu – e de seus afluentes. A principal fonte de contaminação (poluição pontual) é a carga lançada pelas sedes dos municípios de Cachoeiras de Macacu, Tanguá, Guapimirim, Itaboraí e Rio Bonito, embora as comunidades rurais e indústrias instaladas na região contribuam em menor escala. As indústrias, ademais, são grandes consumidoras de água, provocando aumento da demanda. Além disso, a retificação dos rios Guapiaçu, Macacu e Caceribu na porção mais baixa de seus canais, pelo antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), alterou a dinâmica natural de alagamento das várzeas, assim como a deposição de sedimentos.

O aumento populacional observado nas duas bacias, principalmente ao longo das rodovias, também é preocupante em termos da degradação dos recursos hídricos. Os censos demográficos do IBGE de 2000 e 2010 revelaram que a população total dos sete municípios (Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, Rio Bonito, São Gonçalo, Tanguá e Niterói) cujo abastecimento de água depende das bacias do Guapi-Macacu e do Caceribu cresceu 14,9% na década (1,3% ao ano) – um aumento absoluto de 237 524 habitantes –, com decorrente aumento da demanda por água (PEDREIRA et al., 2009).

Wasserman et al. (2010), avaliando a qualidade da água das

bacias Guapi-Macacu e Caceribu, concluíram que, de modo geral, a água do rio Caceribu encontra-se mais degradada que a do Guapi-Macacu, ainda mais ao se considerar que na bacia deste último a vazão disponível para diluir a poluição é maior. Os parâmetros mais significativos foram os relacionados à entrada de esgoto, como sugerem as altas concentrações de coliformes fecais que, em ambos os rios, superaram os limites estabelecidos pela legislação ambiental.

Biogeoquímica em cursos d'água

Em toda bacia de drenagem, a água proveniente de fontes como córregos, riachos, rios e escoamentos superficiais converge para um único ponto. Dessa maneira, os cursos d'água vão, ao longo de seu trajeto, enriquecendo-se de materiais orgânicos e inorgânicos, sejam estes gerados no leito (autóctones) ou incorporados da circunvizinhança (alóctones). Similarmente, toda atividade, seja cultural (exercida pelo homem) ou não-cultural (processos naturais), processada na área circundante afeta as características de um curso d'água. Williams e Melak (1997), por exemplo, constataram um aumento na mobilidade de solutos de solos superficiais após o corte e queima da vegetação em uma bacia de drenagem. Johnson et al. (1997), por sua vez, mostraram que a perda de nutrientes em bacias com características agrícolas é maior que naquelas que dispõem de áreas florestadas e pastagens.

Um dos mais influentes modelos na pesquisa de cadeia alimentar em rios – o Conceito do Rio Contínuo – visa descrever as alterações que ocorrem longitudinalmente em um curso d'água (VANNOTE et al., 1980). O modelo enfatiza a importância da incorporação da matéria orgânica terrestre (alóctone) na sustentação da produção secundária (qual seja, de pequenos peixes). Esse enfoque considera que todo e qualquer curso d'água em grande parte incorpora material alóctone e, portanto, reflete as alterações de seu entorno.

Dados sobre os ciclos biogeoquímicos evidenciam a interação entre os processos biológicos, químicos e geológicos das fontes e os estoques de elementos e seus respectivos fluxos ao longo de diferentes locais dentro de um ecossistema (BIANCHI, 2007). Em um sistema que

inclua cursos d'água, isso significa as interações bióticas (entre plantas, animais e microrganismos) e abióticas (físicas e químicas) que ocorrem nos compartimentos 'água', 'sedimentos' e 'áreas adjacentes'. Uma das características principais dos cursos d'água é que, devido a seu fluxo unidirecional contínuo, qualquer evento ocorrido em determinado ponto exerce uma influência biogeoquímica inevitável a jusante, sendo que a montante pouca ou nenhuma influência é observada (LEWIS, 2010).

O impacto antrópico negativo nos cursos d'água, fenômeno hoje mundial, apresenta-se como função da distância entre as áreas de utilização humana e esses cursos, assim como das formas de uso do solo e do grau de preservação das matas ciliares (GERGEL et al., 2002). A qualidade da água pode ser avaliada por diferentes parâmetros químicos, físicos e biológicos (CONAMA, 2011). A escolha desses parâmetros depende grandemente das características a investigar e exige uma avaliação crítica da área de entorno e das instalações analíticas disponíveis para as mensurações. Parâmetros simples, como pH, condutividade e sólidos totais, dissolvidos e suspensos, não necessitam de uma estrutura complexa de laboratório, e muitos podem ser medidos *in loco*. No entanto, medir parâmetros como pesticidas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e metais requer laboratórios munidos de equipamentos específicos, além de estratégias adequadas para a coleta, preservação e transporte das amostras.

Para monitorar os impactos que as ações do Projeto Corredor Ecológico Comperj exercem sobre a qualidade da água, optou-se por selecionar apenas a área de intervenção do projeto. Esse monitoramento das águas, a ser realizado no compartimento Quaternário na área experimental do Comperj, tem como objetivo geral identificar as influências positivas e negativas que alteram a dinâmica de aporte orgânico e inorgânico nos sistemas aquáticos em decorrência da intervenção humana exercida durante a recuperação da cobertura vegetal na área.

Métodos

Área de estudo e parâmetros avaliados

A área do Comperj é contornada na porção norte pelo rio Macacu (após a confluência do Guapiaçu) e na porção sul pelo rio Caceribu (Capítulo 1, Figura 1.1). A maior parte da rede de drenagem da área do Comperj escoa para o trecho de rio após a confluência do Guapiaçu com o Macacu.

A qualidade da água foi monitorada em dois córregos localizados na área de intervenção do projeto. Um deles (aqui denominado córrego 1) é inteiramente circunscrito por essa área desde sua nascente; o segundo (córrego 2) serve de divisa externa para o Comperj na porção oeste. Avaliou-se a qualidade da água em três pontos de cada córrego: P01, P02 e P03 no córrego 1 e P04, P05 e P06 no córrego 2 (Figura 5.1).

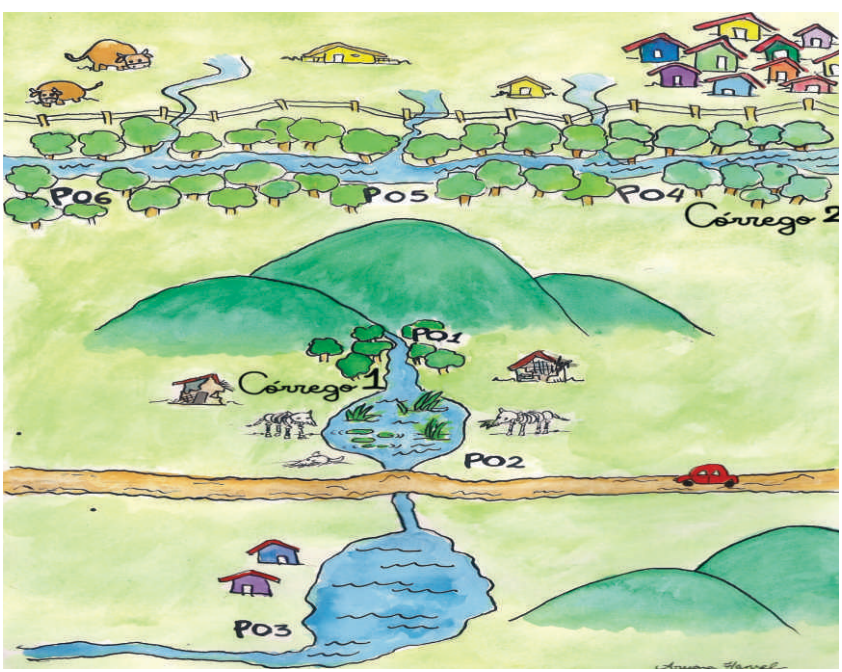

Figura 5.1. Cursos d'água investigados e seus ambientes de entorno responsáveis pelas principais contribuições para os parâmetros inorgânicos e orgânicos avaliados, destacando-se o caráter antigo das moradias e dos animais próximos ao córrego 1.

Com base em estudos prévios da área e no levantamento das classes de uso e cobertura do solo (Capítulo 3), foram selecionados para análise os seguintes parâmetros químicos inorgânicos: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), nitrogênio (N) e fósforo (P). Os lipídios foram o parâmetro orgânico escolhido.

Os compostos químicos inorgânicos, não baseados em estruturas carbônicas, têm origem essencialmente mineral (rochas). O número de elementos inorgânicos em um curso d'água é grande e a seleção de quais devem ser monitorados depende dos possíveis contaminantes e das condições dos laboratórios a serem utilizados para as análises. Selecionaram-se elementos inorgânicos que podem ser medidos simultaneamente (Ca, Mg, K, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb, Hg) e que influenciam de maneira significativa a qualidade da água (por exemplo, N e P). Para a seleção dos metais, consideraram-se os que são essenciais ao crescimento da vida aquática (os macronutrientes Ca, Mg e K e os micronutrientes Fe, Zn, Mn, Cu), além de alguns metais pesados de origem antropogênica (produtos de processos industriais) que são tóxicos (Cr, Cd, Pb e Hg).

A matéria orgânica dos cursos d'água foi investigada por meio dos lipídios, que embora insolúveis em água são extraíveis com auxílio de solventes. Certos lipídios podem ser utilizados como biomarcadores (substâncias químicas que podem ser usadas como indicadores de um estado biológico) e sua identificação em um curso d'água permite rastrear fontes específicas (MEYERS, 2003), inclusive aportes de esgoto doméstico. As principais classes de biomarcadores lipídicos habitualmente identificados em cursos d'água são ácidos carboxílicos, hidrocarbonetos, alcoóis e esteróis (exemplos na Figura 5.2).

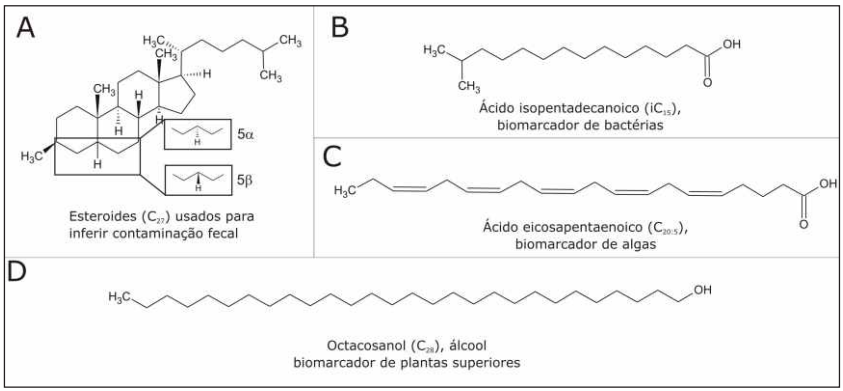

Figura 5.2. Exemplos de biomarcadores lipídicos presentes em cursos d'água. A: esteróis com 27 átomos de carbono, em duas formas isoméricas: 5α (colestanol) e 5β (coprostanol); B: ácido carboxílico saturado; C: ácido carboxílico poli-insaturado; D: álcool saturado.

Coleta, transporte e armazenamento

As amostras foram coletadas em fevereiro de 2011. A coleta atendeu às exigências específicas de obtenção, transporte e armazenamento, dependendo do tipo de parâmetro a avaliar:

- *Inorgânicos:* Empregaram-se frascos de polietileno (500 mL) previamente limpos e intensivamente enxaguados com água ultrapura. Foram utilizados três frascos por ponto: (1) metais totais, (2) nitrogênio total e (3) fósforo total. As mostras foram preservadas em caixas térmicas com gelo (4 °C) até o momento da análise. Na chegada ao laboratório, que ocorreu em até 48 h, adicionou-se ácido nítrico (3 mL L^{-1}, HNO_3 50% em água, pH < 2) às amostras destinadas à análise de metais. Para as análises de nitrogênio total e fósforo total não se adicionaram agentes de preservação (EPA, 1994; EPA, 1997).
- *Orgânicos:* Utilizaram-se frascos de vidro (1 L) previamente limpos e enxaguados com água ultrapura, seguida de acetona (grau HPLC). As amostras foram transportadas em até 48 h em caixas térmicas com gelo (4 °C) ao laboratório, onde foram filtradas a 40 µm com filtros de vidro, os quais foram congelados em seguida. Os lipídios foram extraídos do material retido nesses filtros (JAFFÉ et al., 1995).

Análises

Para as análises de metais totais, as amostras foram refluxadas em HNO_3 e submetidas a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Para as quantificações, construíram-se curvas de calibração.

Para determinação de fósforo total, a amostra foi digerida a quente com mistura sulfonítrica. As mensurações foram feitas com espectroscopia UV/vis, utilizando o método do ácido ascórbico. Para a quantificação, construiu-se uma curva de calibração.

Para determinação de nitrogênio total, a amostra foi homogeneizada e submetida a oxidação catalítica com detecção por quimioluminescência (TN-CLD).

Os lipídios totais foram extraídos submetendo-se os filtros secos a 60 °C a uma mistura de solventes orgânicos (clorofórmio : acetona, 9:1, 10 mL) sob ultrassom (15 min). Os extratos secos foram transesterificados (2 000 µL, metanol : cloreto de acetila, 9:1, 12 h, 70 °C) e em seguida silanizados (40 µL, BSTFA, 1 h, 70 °C). A seguir, estes foram avolumados com hexano (100 µL) e analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS). Para quantificação, adicionaram 10 µg de androstanol antes da extração.

Resultados e discussão

As distribuições dos cátions Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+} enquadraram-se nos valores encontrados para água doce em todo o mundo, com exceção dos teores de potássio no córrego 2, limítrofe à área do Comperj, que superam o máximo habitual para água doce (cerca de 3,3 mg L^{-1}) (CRONAN, 2010). De fato, os valores de cálcio e potássio encontrados nesse córrego excederam também os do córrego 1, que nasce no interior dessa área. O mesmo padrão foi observado para os nutrientes nitrogênio e fósforo, com maiores teores no córrego 2 (Tabela 5.1). Uma das fontes naturais desses nutrientes é a dissolução do solo adjacente associada ao escoamento superficial. Os altos teores de cálcio, potássio, nitrogênio e fósforo detectados no córrego 2 podem indicar influência

antrópica (aporte de esgoto doméstico), pois esse curso d'água recebe contribuições de áreas urbanizadas e atividades agropecuárias externas ao empreendimento. Em termos de nitrogênio e fósforo, o córrego 1 se assemelha a cursos d'água mesotróficos (parcialmente ricos em nutrientes); o córrego 2, por sua vez, enquadra-se na categoria dos eutróficos (ricos em nutrientes) (DODDS et al., 1998).

Tabela 5.1. Componentes inorgânicos detectados nos córregos da área do Comperj.

	Córrego 1			Córrego 2		
	P01	P02	P03	P04	P05	P06
Macronutrientes (mg L^{-1})						
Cálcio (Ca)	5,06	2,89	4,50	12,6	7,08	2,22
Magnésio (Mg)	4,08	2,28	3,05	4,18	5,62	2,39
Potássio (K)	3,38	2,38	1,96	8,12	6,36	7,32
Nitrogênio (N)	1,60	1,00	1,80	2,40	1,70	3,10
Fósforo (P)	0,03	0,02	0,09	0,23	0,12	0,20
Micronutrientes (µg L^{-1})						
Ferro (Fe)	2 900	2 380	5 590	2 240	2 150	2 640
Manganês (Mn)	331	130	123	98	60	62
Cobre (Cu)	-	0,5	-	1,0	-	-
Zinco (Zn)	0,3	2,1	-	0,8	-	2,9
Outros metais (µg L^{-1})						
Alumínio (Al)	45	148	179	515	253	1 820

Com relação aos micronutrientes, ambos os córregos se assemelham nos teores de ferro, cobre, zinco e manganês, com ressalvas para os pontos P01 e P03 no córrego 1, nos quais se constatou, respectivamente, aumento de ferro, além de ligeiro aumento de manganês (Tabela 5.1). No ponto P03 (córrego 1) a água encontra-se represada, o que pode alterar significativamente as relações biogeoquímicas ali existentes. Por exemplo, uma maior incidência de raios solares facilita o crescimento de algas, com maior retenção de ferro na coluna de água.

Quanto aos componentes tóxicos, não se detectaram metais pesados tóxicos (Hg, Pb, Cd e Cr) em nenhum dos dois córregos. Os teores de micronutrientes potencialmente tóxicos (Fe, Mn, Cu, Zn) foram inferiores aos limites críticos determinados pelo Conselho

Nacional do Meio Ambiente (Conama).

O teor de alumínio é bastante variável em ambos os córregos, sendo que no ponto P06 o teor desse elemento superou os dos demais (Tabela 5.1), possivelmente indicando um processo erosivo a montante, uma vez que o alumínio é constituinte das argilas.

A matéria orgânica presente nos córregos foi estudada a partir dos lipídios. A Figura 5.2 resume as principais classes desses compostos presentes em material particulado e suas utilizações principais. A predominância de ácidos e alcoóis com mais de 20 átomos de carbono indica uma maior contribuição de plantas superiores (mata ciliar, gramíneas e macrófitas) na matéria orgânica presente nesses córregos. No ponto P02, as macrófitas constituíram a principal fonte da matéria orgânica de origem terrestre, devido à ausência de mata ciliar. Nos dois cursos d'água, essa contribuição foi mais claramente mostrada pela distribuição dos alcoóis (Figura 5.3A e B), sendo as únicas exceções os pontos P03 e P06. Em ambos, a contribuição dos microrganismos aquáticos foi pronunciada (compostos majoritariamente com menos de 20 carbonos). No ponto P03 essa diferença pode estar associada ao represamento, pois com maior espelho d'água há maior incidência de luminosidade, que favorece o crescimento de algas e eleva a proporção destas em relação às plantas. Em P06, a maior quantidade de microrganismos pode estar relacionada ao maior teor de nitrogênio, que provavelmente resulta do aporte de esgoto doméstico, o qual favorece o crescimento de microrganismos.

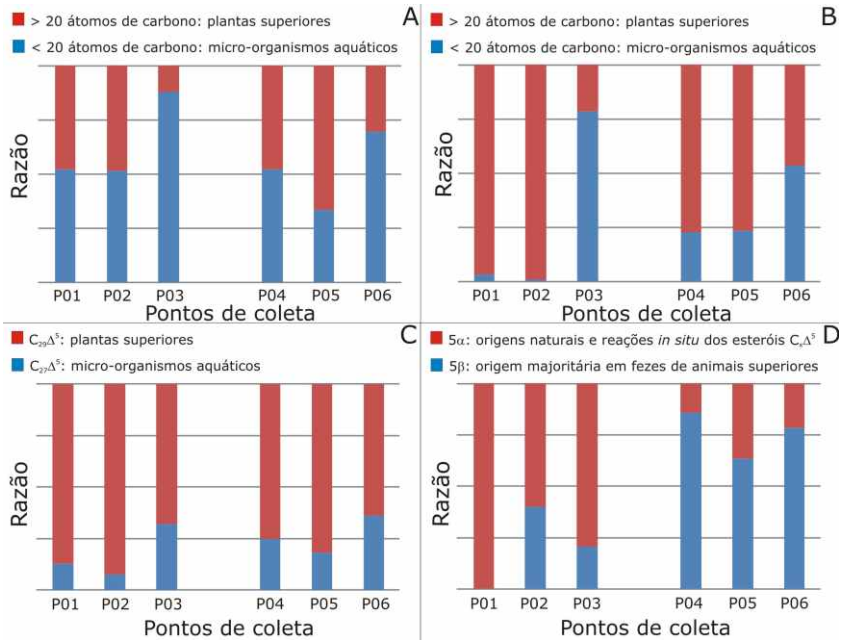

Figura 5.3. Distribuição relativa de alguns biomarcadores que apontaram as principais fontes da matéria orgânica presente nos córregos 1 (P01, P02, P03) e 2 (P04, P05, P06). A: razões entre ácidos saturados; B: razões entre alcoóis saturados; C: razões entre colesterol ($C_{27}\Delta^5$) e sitosterol ($C_{29}\Delta^5$); D: razões entre esteróis 5β (coprostanol + 24-etil-coprostanol) e 5α (colestanol + estigmastanol).

Os esteróis também podem ser usados na distinção das fontes de matéria orgânica (de microrganismos e de plantas superiores). Essa análise revela o mesmo padrão, com os pontos P03 e P06 apresentando maiores contribuições de microrganismos aquáticos em relação a outros pontos do mesmo córrego (Figura 5.3C). Entretanto, a maior presença de sitosterol ($C_{29}\Delta^5$) é indicativa de incorporação majoritária de plantas superiores em todos os pontos, em ambos os córregos (Figura 5.3C).

Alguns esteróis são indicadores fecais, ou seja, prestam-se ao diagnóstico da incorporação de material fecal nos cursos d'água, oriundo principalmente de esgoto (BULL et al., 2002). O córrego 2, limítrofe à área, mostrou-se contaminado por esgoto doméstico em todos os pontos amostrados, como evidencia a maior presença de compostos 5β em relação a 5α (Figura 5.3D). No córrego 1, detectaram-se esteróis 5β (coprostanol e 24-etil-coprostanol) nos pontos P02 e P03,

embora em baixas proporções, o que não permite afirmar ocorrência de contaminação por material fecal.

Considerações finais

Os córregos monitorados na área do Comperj possuem características bem distintas devido a suas localizações. No córrego 2, limítrofe à área, os valores alterados de nutrientes (N, P e K) e a contaminação fecal (indicada pela alta presença relativa de coprostanol e 24-etil-coprostanol) refletem atividades humanas que estão em curso no entorno do complexo. As principais fontes provavelmente estão relacionadas ao escorrimento superficial de nutrientes e dejetos das atividades agropecuárias por canais de drenagem (naturais e artificiais), além do aporte de esgotos não tratados. Embora a água desse córrego apresente-se alterada, sua principal fonte de matéria orgânica ainda é a vegetação das margens (mata ciliar) em processo de regeneração, além de espécies macrófitas.

A água do córrego 1, por sua vez, é de melhor qualidade, principalmente no ponto P01, no qual a vegetação se encontra em regeneração natural, com pouca interferência humana. A identificação de esteróis 5β nos pontos P02 e P03, embora não apontando contaminação fecal, pode ser reflexo de uma incipiente influência humana recente (efluentes de residências ainda utilizadas na área) ou mesmo antiga (efeito remanescente das atividades de pequenas chácaras que compunham a área antes do período de desapropriação para o empreendimento). A grande presença da matéria orgânica originária de microrganismos aquáticos no ponto P03 está associada ao espelho d'água formado pelo represamento.

Os dados obtidos mostram claramente que o transporte e depósito de material nos cursos d'água são influenciados pelas características do ambiente circundante, incluindo mata ciliar em regeneração, macrófitas, áreas habitadas e atividades agropastoris. O monitoramento dos cursos d'água está em andamento e visa explicitar, ao final do projeto, a dinâmica dos aportes orgânicos e inorgânicos que advirão do plantio de mudas e da regeneração natural da cobertura vegetal na área do Comperj.

Referências

BIANCHI, T. S. **Biogeochemistry of Estuarie**. New York: Oxford University Press, 2007.

BULL, I D.; LOCKHEART, M. J.; ELHMMALI, M. M.; ROBERTS, D. J.; EVERSHED, R. P. The origin of faeces by means of biomarker detection. **Environment International**, v. 27, p. 647, 2002.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente [home page]**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/>. Acesso em: 11 abr. 2011.

CRONAN, C. R. Major cations (Ca, Mg, Na, K, Al). In: LIKENS, G. E (Ed.). **Biogeochemistry of Inland Waters**. [New York]: Academic Press, 2010.

DODDS, W. K.; JONES, J. R.; WELCH, E. B. Suggested criteria for stream trophic state: distribution of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen and phosphorus. **Water Research**, v. 32, p. 1455, 1998.

EPA. **Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry**: method 200.7. Washington, 1994.

EPA. **Determination of inorganic anions in drinking water by ion chromatography**: method 300.1. Washington, 1997.

GERGEL, S. E.; TURNESR, M. G.; MILLER, J. R.; MELAK, J. M.; STANLEY, E. H. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Science**, v. 64, n. 118, 2002.

JAFFÉ, R.; WOLFF, G. A.; CABRERA, A. C.; CHITTY, H. C. The biogeochemistry of lipids in river of the Orinoco basin. **Organic Geochemistry**, v. 59, p. 4507, 1995.

JOHNSON, L.; RICHARD, C.; HOST, G.; ARTHUR, J. Landscape influence on water chemistry in Midwestern stream ecosystem. **Freshwater Biology**, v. 37, p. 193-218, 1997.

LEWIS, W. M. Chemical fluxes and dynamics in river and stream ecosystems. In:LIKENS, G. E (Ed.). **Biogeochemistry of Inland Waters**. [New York]: Academic Press, 2010.

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, v. 34, p. 261, 2003.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Projeto análise das regiões metropolitanas do Brasil**: relatório final. Rio de Janeiro: IPPUR-UFRJ, 2005. Disponível em: <http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/como_anda_RM_riodejaneiro.pdf>. Acesso em: 25 out. 2008.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; CINTRÃO, R. P.; BENAVIDES, Z. C. Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu em área de Mata Atlântica – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: SBRH, 2009.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 130, 1980.

WASSERMAN, J. C.; BARCELLOS, R. G. S.; FERNANDES, A. P. P.; FILGUEIRAS, C. M.; SCARTON, J. G. E.; GIACOMINI, J.; CORTÊS, M. B. V.; AGUIAR, U. M. Qualidade da Água. In: HORA, A. F. da; HWA, C. S.; HORA, M. A. G. M. da. **Projeto Macacu**: planejamento estratégico da região hidrográfica dos rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu. Niteroí: UFF, 2010. Disponível em: <http://www.uff.br/projetomacacu/> Acesso em: 21 jun. 2011.

WILLIAMS, M. R.; MELAK J. M. Solute export from forested and deforested catchments in the central Amazon. **Biogeochemistry**, v. 38, n. 303, p. 67-102, 1997.