

**ALCALINIDADE, CLORETOS, SULFATOS E FOSFATOS EM ÁGUAS
SUPERFICIAIS DO RIO UNIÃO, LITORAL SUL DO ESTADO DE PERNAMBUCO:
UM DIAGNÓSTICO DE BACIA HIDROGRÁFICA COM BAIXO IMPACTO
ANTROPOGÊNICO**

Bartolomeu R. Lira Neto ¹
Eldemar A. Menor ²
Diolande F. Gomes ³
Bethania M. Santos Pontes ⁴

DOI: 10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v26n1p135-144

1 Curso Geologia UFPE bartolomeu.rln@gmail.com

2 PRODEMA UFC – PPGMinas/UFPE menor@terra.com.br

3 DEGEO UFC dfreire68@gmail.com

4 PPGMinas UFPE bethaniapontes@gmail.com

RESUMO

Uma bacia hidrográfica costeira do Nordeste do Brasil – rio União – foi investigada em relação aos seus parâmetros de alcalinidade, fosfatos solúveis, sulfatos e cloretos. Sua escolha deveu-se à sua escassa ocupação urbana e pouca extensão de cultivos de cana-de-açúcar, visando-se o estabelecimento de modelo hidroquímico tropical costeiro para águas fluviais superficiais (profundidade: 25 cm), sob regime de baixa vazão ($< 3 \text{ m}^3/\text{seg}$). O monitoramento envolveu seis estações de amostragem, durante período de estiagem (fevereiro 2013) e de chuvas (junho 2013), desde o alto curso até zona estuarina (12 km de extensão). Os resultados mostraram contaminação pontual em sulfatos ($> 250 \text{ mg/L}$) a partir de planta de tratamento de águas para consumo público (COMPESA), estendendo-se até o compartimento estuarino em período de estiagem, e de tipo disseminada em fosfatos ($< 0,025 \text{ mg/L}$), desde a área agrícola de cana-de-açúcar, estendendo-se até a foz do rio União. Durante o período chuvoso, aumentos na vazão ($> 3 \text{ m}^3/\text{seg}$) provocam diluição da contaminação sulfática até padrões normais ($\leq 250 \text{ mg/L}$). A contaminação em fosfatos ($0,031\text{-}0,102 \text{ mg/L}$) praticamente atinge todo o canal fluvial em ambas as épocas sazonais amostradas, transcendendo o limite considerado pelo CONAMA ($0,025 \text{ mg/L}$) sendo, porém, bem menos acentuada que as constatadas em bacias hidrográficas vicinais: $0,05\text{-}0,39 \text{ mg/L}$.

Palavras chave: Bacia hidrográfica costeira tropical, Hidroquímica fluvial, contaminação antrópica, rio União, Nordeste do Brasil

ABSTRACT

A small coastal watershed at the Northeastern Brazil – União river – was studied regarding some hydrochemical parameters: alkalinity, soluble phosphates, sulfates and chlorides. The sparse human density and few domains occupied by agricultural activities (sugar cane) defined his choice for building a hydrochemical pattern for fluvial surface waters (depth: 25 cm) under low flows ($< 3 \text{ m}^3/\text{sec}$) and little anthropogenic interventions, available for coastal tropical rivers. Monitoring encompassed waters from six sampling stations collected both during rainy and dry season, beginning at the high water course to the estuarine area (12 km). The results showed point contamination in sulfates ($> 250 \text{ mg/L}$), due a water treatment plant, and disseminated contamination in phosphates, from area of sugar cane cultivation. During low flow ($< 1 \text{ m}^3/\text{sec}$), the sulfate contamination affects several hundred

meters downstream reaching the estuarine zone. During rainy season, the increasing of the flow ($>3 \text{ m}^3/\text{sec}$) can dilute this contamination to normal pattern ($\leq 250 \text{ mg/L}$). However, from the sugar cane area, almost along the downstream axis, the contamination in phosphates ($0,031\text{-}0,103 \text{ mg/L}$) is persistent surpassing the standard limit ($\leq 0,025 \text{ mg/L}$) although showing lower concentrations than those presented by vicinal watersheds: $0,05\text{-}0,39 \text{ mg/L}$ (total phosphates) during dry season.

Keywords: Tropical coastal watershed, fluvial hydrochemistry, anthropogenic contamination, River União, Northeastern Brazil

INTRODUÇÃO

A hidroquímica de águas fluviais é influenciada por fatores ambientais interconectados com o clima, vegetação, relevo, litologia, solo, ciclos hidrodinâmicos (Gore 2006), além da atividade antropogênica no âmbito da bacia hidrográfica. Normas protecionistas de instituições federais brasileiras, como o CONAMA (2005), e inclusive estaduais como a CPRH (2012), vêm tentando avaliar e monitorar sistemas hidrográficos passíveis de represamento, para fins de utilização de suas águas, ou a necessidade destas para provimento público. Habitualmente, este monitoramento, bimensal, utiliza parâmetros como: temperatura da água, pH, Oxigênio Dissolvido (OD), condutividade elétrica, alcalinidade, turbidez, além das concentrações de fosfatos, sulfatos, amônia, nitratos, entre outras. Poucas análises ambientais incluem sistematicamente espécies químicas de alto potencial patogênico, tais como: Pb e Cr. De uma forma geral, estas concentrações são comparadas a valores críticos admitidos dentro de um contexto de boa qualidade ambiental, conforme padrões internacionalmente aceitos como os da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) e da OMS (Organização Mundial da Saúde).

Os processos que influenciam a hidroquímica das águas fluviais são significativamente dinâmicos em escalas espaciais e temporais (Holloway & Dahlgren 2001; Figueiredo *et al.* 2012). A perenidade destes sistemas hídricos é

caracterizada por um fluxo de base (*baseflow*) permanente (Freeze 1972), variando em conformidade com os eventos de recarga (Gore 2006), cujas fontes de superfície e de subsuperfície exercem distintas influências físicas e químicas sobre as características hidroquímicas do fluxo total.

Os critérios estabelecidos nas últimas décadas do século XX estão sendo sobrepostos pela aceleração dos processos industriais, desde a transição dos séculos XIX–XX. Frequentemente, inclusive no Brasil, condições ambientais antes adequadas vêm sendo ambientalmente degradadas, face à ocupação urbana acelerada e desordenada (Figueiredo *et al.* 2007). Suas consequências vêm afetando severamente as disponibilidades de proteínas comestíveis, sobretudo nos sistemas estuarinos, tanto em seus valores quantitativos quanto qualitativos. Inclusive, muitos destes estuários, notadamente aqueles que incluem manguezais, vêm sendo degradados expressivamente em todo o mundo (French 1997). Além de berçários naturais, estes sistemas são, potencialmente, os maiores reservatórios de proteínas comestíveis, quando considerados seus estoques por metro cúbico (Chester 2003).

A importância de identificar componentes de fluxos hidrológicos, ou de não permitir que as interpretações sejam influenciadas por superposições não previstas nestes fluxos, é fundamental para a compreensão das interveniências dos fatores naturais em relação aos fatores antrópicos (Figueiredo *et al.* 2012). Uma vez respeitadas estas considerações, torna-

se possível estabelecer um modelo para o comportamento físico-químico de cada caso como, por exemplo, o de águas fluviais de um sistema tropical costeiro, primariamente considerado como praticamente sem influência antrópica. Neste específico contexto se enquadra o caso da pequena bacia hidrográfica costeira do rio União (~36 km²), no litoral sul do estado de Pernambuco.

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica do Rio União possui uma extensão de 12 km em seu eixo de drenagem, desde suas nascentes até à embocadura no complexo do sistema estuarino do Rio Formoso, situado no Município de Tamandaré, a 65 Km ao sul da cidade do Recife (Fig. 1). O clima regional é tropical úmido, caracterizado por uma amplitude térmica de 22°C a 36°C, com estação de chuvas concentrada entre os meses de maio a agosto. A pluviometria é destacadamente diferenciada em relação ao restante das zonas litorâneas do estado, alcançando uma média de 3.000 mm/ano. O conjunto dos dados fisiográficos e de ocupação humana, quando analisado por imagens-satélite, sugere uma bacia com baixa influência antropogênica. Assim sendo, seria uma referência comparativa de um modelo hidroquímico regional de águas fluviais de superfície, em domínio geológico predominantemente proterozoico, com baixa influência antropogênica, ainda que sua área esteja parcialmente ocupada por cultura de cana-de-açúcar, atividade que se considera como potencialmente geradora de contaminações ambientais.

AMOSTRAGEM E MÉTODOS

O monitoramento da bacia hidrográfica investigada foi realizado a partir da coleta de amostras de águas fluviais superficiais (profundidade de 25

cm) em seis estações (Fig. 1), nos períodos seco (Fevereiro/2013) e chuvoso (Junho/2013). As amostras foram acondicionadas em recipientes de poliestireno e enviadas para análises laboratoriais, até duas semanas após a coleta. A locação das estações foi realizada conforme observações de campo, seguindo espaçamentos mais ou menos regulares (em torno de 2 km) ao longo de 12 km para montante da “embocadura” do rio Una, quando a profundidade do leito fluvial torna-se inferior a 30cm. A localização de algumas das estações deste monitoramento foi projetada a jusante de pressupostas situações potenciais de contaminação, tais como: uma pequena área de aglomeração urbana, domínio de cultivo de cana-de-açúcar e a planta de tratamento d’água da COMPESA (Fig. 1).

Os recipientes em poliestireno utilizados para coleta de amostragem foram inicialmente lavados internamente com HNO₃ 5% por três vezes, e em seguida três vezes com água deionizada, seguindo-se fechamento hermético para evitar contaminações. Nas estações de amostragem estes recipientes foram abertos e, por três vezes, ambientalizados com água *in natura*. O envasamento foi feito com seu mergulho a 20-30 cm abaixo do espelho d’água, até máximo preenchimento. Em seguida procedeu-se a vedação dos recipientes, para reduzir ao máximo o contato do meio líquido amostrado com o ar atmosférico. Apenas no compartimento estuarino (alcança aproximadamente 2,5km a partir da foz), em função de suas particularidades ambientais, a amostragem foi produzida um pouco antes do nível mínimo de maré vazante.

Todas as amostras foram conservadas em temperaturas em torno de 4° C a partir da coleta, até a entrega em laboratório, no prazo de duas semanas.

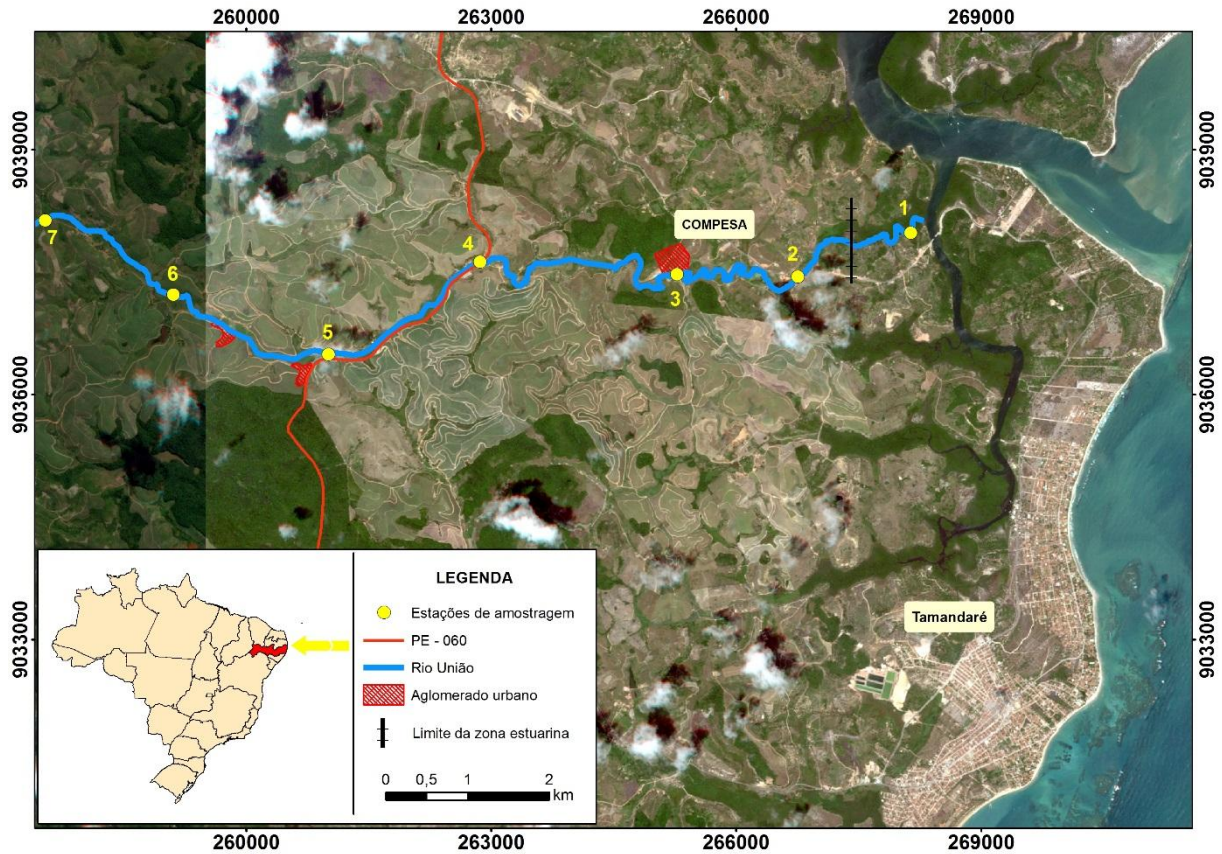


Figura 1. Localização das estações de amostragem na bacia hidrográfica do rio União, Nordeste do Brasil, incluindo a localização da planta de tratamento d'água da COMPESA, e pequeno núcleo urbano no interior da bacia

Tabela 1. Coordenadas de localização das estações de amostragem e domínios que representam na bacia hidrográfica do rio União, litoral sul do estado de Pernambuco.

Estação de amostragem	Coordenadas UTM		Domínio de Representação (Figura 01)
1	266.750	9.037.750	Domínio estuarino
2	265.184	9.034.465	Jusante da estação de tratamento COMPESA
3	262.856	9.037.627	Jusante da Rodovia PE-060
4	260.999	9.036.492	Pequeno aglomerado urbano; montante da PE-060; início do domínio de cultivos de cana-de-açúcar
5	259.063	9.034.086	Domínio de cultivo de cana-de-açúcar
6	257.530	9.038.134	Jusante da zona de cultivo de ca-de-açúcar

As análises químicas foram produzidas no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada do setor de Geoquímica Ambiental, do Departamento de Geologia UFC, em amostras de água filtradas < 0,45 µm (filtros Chromafil Xtra), seguindo-se métodos recomendados pela APHA (2005). Estas análises incluíram: alcalinidade, cloretos, sulfatos e fosfatos. Teoricamente, embora possam estar presentes particulados minerais de dimensão coloidal (< 1µm) após a filtração, admite-se que os resultados analíticos se reportem, exclusivamente às espécies químicas em estado iônico (Chester 2003).

As análises de alcalinidade, que permitem estimar as concentrações de bicarbonatos (HCO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}), foram produzidas por titulometria, utilizando-se indicadores específicos. Nas de cloretos (Cl^-) empregou-se o método de Mohr, que consiste na precipitação do íon cloreto pelo nitrato de prata, em presença de cromato de potássio. Nas de sulfatos (SO_4^{2-}) utilizou-se o método turbidimétrico, através da precipitação do íon sulfato em meio ácido com cloreto de bário, enquanto as concentrações de fosfatos [P^{3-} , (PO_4) $^{3-}$] foram obtidas através do método do ácido ascórbico. Para a obtenção das concentrações destes dois últimos analitos, a leitura da absorbância da suspensão de sulfato de bário, assim como a de fosfatos, foi lida em espectrofotômetro de absorção atômica da marca Thermo Scientific, modelo Evolution 300 UV-VIS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados produzidos podem ser considerados persistentes e representativos do comportamento hidroquímico geral desta pequena bacia, apesar de serem correspondentes a uma amostragem pontual realizada em duas condições sazonais: tempo seco e tempo chuvoso. Não obstante o rio União ter, na realidade, um *status* de “riacho” na maior parte da bacia, o sistema tem sido considerado perene ao longo dos

anos. Todavia, dados sobre sua vazão média anual ainda não foram determinados.

As águas fluviais de superfície mostraram baixas concentrações em bicarbonatos (< 250 mg/L) e em cloretos (≤ 47 mg/L), mesmo na área estuarina (Estação 1), sendo ainda mais baixas (≤ 13 mg/L, para ambos os casos) durante o período chuvoso (Tabela 2).

Contaminações em sulfatos (> 250 mg/L), segundo critérios do CONAMA (2005) foram detectadas em período seco (vazão < 1m³/seg), logo à jusante da planta de tratamento d'água da COMPESA (Estação 2) e no compartimento estuarino (Estação 1). Esta contaminação deve ser imputada como originária do emprego de sulfato de sódio (Na_2SO_4) na planta de tratamento da COMPESA, produto classicamente utilizado no tratamento d'água para consumo público (Tchobanoglous *et al.* 2003), e que chega a atingir o compartimento estuarino no período seco. É bastante provável que resíduos de Sulfato de Sódio já tenham atingido uma certa dispersão na circunvizinhança da planta de tratamento da COMPESA, capaz de assegurar influxos crônicos deste contaminante mesmo em períodos de chuvas escassas.

Mais a jusante, no compartimento estuarino (estação 1), concentrações mais elevadas em sulfato (457 mg/L) são explicáveis por acumulação residual de águas fluviais neste ambiente, com baixa dispersão para além da foz, provocando assim um maior tempo de residência e consequente aumento na concentração em águas contaminadas em sulfato, durante períodos secos.

Nas estações 6 e 5 (à montante da planta de tratamento da COMPESA) observam-se recorrências de concentrações relativamente elevadas em sulfatos, perfazendo de 2x a 3x em relação àquelas constatadas em outras estações, nas quais oscilam entre 7 e 50 mg/L (Tabela 2). As estações 5 e 6, próximas das cabeceiras da bacia hidrográfica e em pleno domínio de

cultivo de cana-de-açúcar, também sugerem práticas de fertilização com compostos sulfáticos.

Influxos de contaminação sulfática-litogênica devem ser considerados descartados, uma vez que “vestígios de sedimentação evaporítica”, mencionados no cretáceo da Bacia sedimentar Pernambuco (Maia *et al.* 2012), não afloram na bacia hidrográfica do rio Una. Com efeito, o embasamento proterozoico já é aflorante a jusante da estação 2.

Em contraste, entende-se como rápida e aguda a dispersão do cloro nas águas fluviais, já que se trata de um produto industrial líquido germicida, também utilizado em plantas de tratamento d'água

para fornecimento público (Tchobanoglous *et al.* 2003). Todavia, no estágio atual ainda não se pode estimar o alcance nocivo e letal de sua concentração nas águas fluviais à jusante. Neste caso, seriam consequência da utilização de corretivos com base em gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pulverizada, em gesso, ou em fosfogesso (Pavan *et al.* 1984; Van Raij 2008), uma prática que tem se tornado cada vez mais frequente em cultivos regionais. Mesmo no alto curso fluvial, quando o eixo de drenagem torna-se um regato, os volumes d'água têm aparentemente a capacidade de impedir, por diluição, que sejam alcançadas concentrações críticas de sulfatos ($> 250 \text{ mg/L}$).

Tabela 2. Concentrações (mg/L) de Alcalinidade, Cloretos, Sulfatos e Fosfatos em amostras de águas de superfície coletadas durante período seco (Fevereiro/2013) e chuvoso (Junho/2013), ao longo do curso do rio União, litoral sul do estado de Pernambuco.

Estações de amostragem	Alcalinidade		Cloretos		Sulfatos		Fosfatos	
	Estação Seca	Estação Chuvosa	Estação Seca	Estação Chuvosa	Estação Seca	Estação Chuvosa	Estação Seca	Estação Chuvosa
1	5	12	46	12	457(*)	7	0,042(*)	0,057(*)
2	242	8	37	13	260(*)	5	0,04(*)	0,065(*)
3	50	12	34	12	50	3	0,103(*)	0,062(*)
4	7	10	33	10	7	8	0,045(*)	0,102(*)
5	110	10	33	10	117	5	0,095(*)	0,023(*)
6	13	12	36	10	132	4	0,075(*)	0,031(*)
CONAMA (2005)	SD		250		250		0,025	

(*)= valores ultrapassando o limiar crítico Classe I recomendado pelo CONAMA (2005)

SD = sem definição de valores

Quanto aos fosfatos, seus valores definidamente críticos ($> 0,025$ mg/L) ocorrem ao longo de quase todo o percurso investigado da drenagem principal do rio União, desde seu alto-médio curso até, inclusive, seu compartimento estuarino. As concentrações atingem 4x o valor máximo admitido pelo CONAMA (2005). Como não há aglomerações urbanas capazes de provocar influxos significativos de resíduos domésticos ou sanitários, estas contaminações indicam uma relação bem definida com os domínios de cultivo de cana-de-açúcar, particularmente com o uso de fertilizantes fosfáticos. Como os cultivos estão concentrados no médio/alto curso fluvial, as concentrações em fosfatos no meio hídrico tendem a se estender para jusante, diminuindo em algumas circunstâncias, por diluição, no período das chuvas. (vazão $> 3\text{m}^3/\text{seg}$) ou, em outros casos, aumentando em função de influxos de água de superfície com maiores concentrações em fosfatos. Com estas características torna-se evidente a origem antropogênica destas contaminações, resultando de um efeito crônico, em razão de práticas de fertilização com produtos de alta solubilidade NPK na cultura canavieira. Ainda assim, a bacia hidrográfica do rio União exibe um *status* hidroquímico razoável, quando comparadas suas concentrações em fosfatos solúveis com aquelas encontradas em águas de bacias vicinais (ex. rios Sirinhaém e Una), onde os cultivos de cana-de-açúcar são muito mais extensos e os aglomerados urbanos são cidades com populações entre 40.000 a 70.000 habitantes.

Efetivamente, conforme dados da CPRH (2012), nos rios Sirinhaém e Una são habituais concentrações de fosfatos $>$

0,06 mg/L (Tabela 3), sobretudo muito acima do nível de concentração máximo estabelecidos para águas de Classe I do CONAMA (2005): 0,025 mg/L. O conjunto dos resultados demonstra um avanço notório nas contaminações em fosfatos contidos nas águas dos rios União, Sirinhaém e Una, acompanhando o que se observa em águas fluviais de todo o planeta. Com efeito, Meybeck & Helmer (1989) demonstraram, com base em dados de bacias hidrográficas de todos os continentes, que a concentração média de fosfatos era 0,001 mg/L nas décadas de 70 e 80 do século XX. Atualmente, são consideradas como águas de boa qualidade aquelas com concentrações até 0,025 mg/L em fosfato (CONAMA 2005), ou seja, com aumento de 25x neste parâmetro, em apenas três décadas. Igualmente, tem sido interpretado que esta evolução da poluição é, sobretudo, função do crescimento populacional vertiginoso que vem ocorrendo em bacias hidrográficas, abrigando núcleos urbanos cujos efluentes domésticos são insuficientemente tratados (Figueiredo *et al.* 2003).

Os resultados constatados nas águas superficiais do alto curso do rio Una à montante dos principais núcleos urbanos desta bacia, assim como aqueles constatados no alto curso do rio União, este com ocupação habitacional seguramente < 50 habitantes/km² em sua bacia, chamam a atenção para a importância subestimada da contaminação derivada de cultivos agrícolas intensivos (CPRH 2012).

Tabela 3. Concentrações (mg/L) comparadas entre fosfatos de águas de superfície do rio União (este trabalho, levantamento em 2013) com bacias hidrográficas vicinais (Sirinhaém e Una; CPRH 2012), e o padrão médio prístino de rios do Planeta (*).

Bacias Hidrográficas	Meses/Ano						Compartimento Fluvial
	02/13	04/13	05/13	06/13	08/13	12/13	
Sirinhaém (+)	0,24	0,06	0,13	0,19	0,12	0,39	Estuarino
Una (+)	0,06	0,07	0,05	0,07	0,1	0,05	Estuarino
	0,11	0,13	0,07	0,15	0,06	---	Alto curso
União(+)	0,04	---	0,03	---	---	---	Estuarino
	---		0,06				
	0,08		---				
	2013		2013				
Mundial (*)			0,001				Indistinto
CONAMA(**)			0,025				Indistinto

* Valor médio mundial para as décadas de 80 e 90 do Século XX (Meybeck & Helmer 1989)

** Concentrações limites para águas de Classe I (CONAMA 2005)

+ Este trabalho

++ CPRH (2012)

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do rio União foi selecionada visualizando-se a possibilidade de se constituir em modelo de ambiente fluvial pouco ou não afetado por contaminações antropogênicas, válido para bacias costeiras do Nordeste oriental brasileiro. Esta possibilidade foi aventada após observação de imagens-satélite (Google), constatando-se uma escassa presença de habitações nesta bacia e uma área relativamente reduzida de cultivos de cana-de-açúcar.

Os resultados analíticos das águas superficiais (isentas de material particulado >45 µm) envolveram alcalinidade, cloretos, sulfatos e fosfatos. Estes dados revelaram que, mesmo nas condições de escassa ocupação urbana e pouca área de ocupação agrícola (cana-de-açúcar), o *status* ambiental da bacia investigada está afetado por contaminações em sulfatos e fosfatos.

As concentrações críticas em sulfatos (> 250 mg/L) são atribuídas ao

descarte do lodo de tanques da planta de tratamento de águas da COMPESA sendo, portanto, uma contaminação de caráter pontual (*point source*). Seu alcance em período seco se estende por centenas de metros a jusante desta fonte contaminante, atingindo o compartimento estuarino.

Por outro lado, concentrações anormais em fosfatos (>0,025 mg/L) são sugeridas como advindas das áreas de cultivo de cana-de-açúcar, correspondendo a um processo crônico de contaminação dispersa que se estendendo por mais de 6km a jusante da região-foco das contaminações. Neste caso, é de se esperar a repetição deste problema em outras bacias hidrográficas do Nordeste oriental, sobretudo onde cultivos de cana-de-açúcar sejam extensivos na ocupação dos seus respectivos espaços geográficos. Isto já tem sido observado pelos dados gerados em monitoramentos de bacias hidrográficas circunvizinhas (e.g. Sirinhaém e Una), feitas pela agência estadual de meio ambiente.

Observa-se que as contaminações constatadas não ultrapassaram significativamente as concentrações críticas recomendadas pelo CONAMA, o que pode indicar que estão sofrendo a diluição natural no meio hídricofluvial. Não se trata, todavia, de uma pretensa irrestrita “capacidade de regeneração” deste meio natural, porém de diluição dependente da importância da vazão.

Em razão da baixa ocupação urbana no âmbito da bacia, ficou constatado que a contaminação por fosfatos, em razão de influxos de águas provenientes de áreas de cultivo intensivo de cana-de-açúcar, não pode ser negligenciada, atingindo capacidade de contaminação não muito distante daquela de núcleos urbanos de até 70.000 habitantes. Desta forma, mesmo que áreas de cultivo de cana-de-açúcar aí sejam reduzidas, e a densidade populacional escassa, as bacias hidrográficas costeiras regionais apresentarão águas contaminadas em fosfatos, conforme padrões CONAMA (2005).

REFERÊNCIAS

- APHA 2005. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. (21thed.). American Public Health Association, 733 p.
- Chester, R. 2003. Marine Geochemistry (2nd Ed.). New York, Wiley-Blackwell, 520 p.
- CONAMA 2005. Resolução 357 de 17/03/2005. Brasília, MMA/ Conselho Nacional do Meio Ambiente, 23 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/Conama/res05/res_35705.pdf Acessado em 15/11/2014.
- CPRH 2012. Relatório das bacias hidrográficas – 2012. Recife, Comp. Pesq. Rec. Hídricos, 102 p
- Figueiredo, J.A.; Menor, E.A.; Noriega C.E.D.; Branco, E.S. 2003. Evolução físico-química de águas do estuário do rio Timbó, Pernambuco: um caso de reavaliação ambiental (1984-2003)”. *Estudos Geológicos*, 17(1) : 85-104.
- Figueiredo, J.A.; Menor, E.A.; Taboada-Castro, M.T.; Taboada-Castro, M.M.; Lacerda L.D. 2012. Hydrochemistry approach to the identification of flow components under the descending limb conditions of a hydrograph. Amsterdam, Elsevier, *Applied Geochemistry*, 27: 753-759.
- Freeze, R.A. 1972. Role of subsurface flow in generating surface runoff. 1. Baseflow contributions to channel flow. N. York, Wiley & Sons, *Water Resources*, 8: 609-623.
- French, P.W. 1997. Coastal and estuarine management. New York, *Routledge Ed.*, 243 p.
- Gore, J.A. 2006. Discharge measurements and streamflow analysis. In: Methods in Stream Ecology; F.R. Hauer & G.A. Lamberti (Eds.). Amsterdam, Elsevier, p. 51-77.
- Holloway, J., Dahlgren, R.A. 2001. Seasonal and event-scale variations in solute chemistry for four Sierra Nevada catchments. Amsterdam, Elsevier, *Jour. Hydrol.*, 250: 106-121.
- Maia, M. F. B.; Barbosa, J. A.; Lima Filho, M. F.; Mort, H. P., Santana, F. R. 2012. Características petrográficas e geoquímicas das formações siliciclásticas (Aptiano-Albiano) da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil. *Estudos Geológicos*, 22(1):55-73.
- Meybeck, M., Helmer, R. 1989. Quality of rivers from pristine stages to global pollution. *Palaeogeogr. Palaeoclim., Palaeoecol.*, 75: 283-309.
- Pavan, M.A.; Bingham, F.T.; Pratt, P.F. 1984. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Jour. Soil Sci. Soc.*, 48(1): 33-38.
- Tchobanoglous, G.; Burton, F.L.; Stencel, H.D. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (4th ed.). *Mocalf & Eddy Inc.*, 25 p.

Van Raij, B. 2008. Gesso na Agricultura. Campinas, *Informações Agronômicas*, N° 122, p. 26-27.