

ALTERAÇÕES EM PARÂMETROS FÍSICOS E EM CONCENTRAÇÕES DE CÁTIOS E ÂNIOS EM UMA MICRO-BACIA HIDROGRÁFICA DE MANAUS DEVIDO A EXPANSÃO URBANA .

Clive Reis Nascimento
clive.reis@gmail.com

Maria do Rocha Socorro Silva
ssilva@inpa.gov.br

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar as alterações nos parâmetros físicos e nas concentrações de cátions e ânions da micro-bacia hidrográfica do igarapé Bolívia em ambiente natural, e em área urbanizada. Realizou-se amostragem de água em oito pontos dessa micro-bacia hidrográfica. O pH variou de 4,4 a 6,7, a condutividade elétrica de 25,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 214,7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Dentre os ânions, houve predominância de sulfato, que variou de 2,42 mg/L a 7,96 mg/L, e dentre os cátions, predominou o magnésio, variando de 4,25 mg/L a 101,1 mg/L. Certifica-se que a área de ambiente urbano dessa micro-bacia hidrográfica com os parâmetros físico-químicos alterados quando comparados com os resultados obtidos da área preservada. Em condições naturais, essa micro-bacia hidrográfica, possui pH ácido, como outros da Amazônia central pertencentes à bacia hidrográfica do rio negro. Tais alterações estão ocorrendo devido avanço desordenado do perímetro urbano na zona norte de Manaus.

Palavras-Chave: igarapé; micro-bacia hidrográfica; Amazônia Central.

ALTERATIONS ON PHYSICS PARAMETERS AND CATIONS AND ANIONS CONCENTRATIONS IN A HYDROGRAFIC MICRO-BASIN OF MANAUS DUE URBANE EXPANSION.

ABSTRACT

This work has objective to evaluate physics parameter alterations and the concentrations of cations and anions on Bolivia stream water hydrographic micro-basin in nature and urban area. Was taken collects in eight points of this micro-basin for chemistry and physic-chemistry analysis. The pH varied from 4.4 to 6.7, the electric conductivity from 25.4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ to 214.7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Among the anions, there was predomination of sulfate, which varied from 2.42 mg/L to 7.96 mg/L, and among the cations there was predomination of magnesium, which varied from 4.25 mg/L to 101.1 mg/L. On urban area of this micro-basin stream water, had verified that all the parameters are altered when are compared with the results obtained in nature area. In nature conditions, this basin stream water has acid pH, like others stream waters from Black river hydrographic basin. This altercations are been happening due disarrayed growing of urban perimeter on the north zone from Manaus.

Key-Words: stream water, hydrographic basin, Central Amazonia.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional do município de Manaus assim como a expansão urbana é decorrente da implantação da zona franca (MIRANDA *et al*, 2001). Hoje, Manaus é um dos maiores centros econômicos e culturais da Amazônia, possuindo vários igarapés que poderiam ser utilizados para a prática do turismo ecológico urbano e recreação aquática se os mesmos não enfrentassem problemas de poluição.

Recebido em 28/10/2009

Aprovado para publicação em 08/02/2010

Logo após o estabelecimento da zona franca de Manaus, teve início um processo migratório de força de trabalho do interior do estado do Amazonas para a capital, atraída pela oferta de emprego gerada pela zona franca. Esta migração fez com que a área urbana de Manaus se expandisse de forma desordenada por falta de planejamento urbano.

Com isso, áreas de risco, como as margens de igarapés, foram rapidamente ocupadas por palafitas. Aliada a isso, a falta de infra-estrutura de coleta e tratamento de esgoto, fez com que os igarapés da área urbana de Manaus se tornassem verdadeiras valas a céu aberto, que passaram a receber efluentes residenciais, industriais e resíduos, comprometendo a qualidade ambiental desses ecossistemas, os quais, muitos eram utilizados como balneários na década de 70 do século passado.

Como o processo migratório ainda é um fato corrente, não só do interior do Amazonas, mas também de outros estados da Federação, a cidade continua se expandindo desordenadamente, e devido à presença de duas barreiras naturais, o crescimento horizontal só tem se dado na direção norte. Estas barreiras são o rio Puraquequara e, até certo ponto, o rio Amazonas no lado leste; do lado oeste a barreira natural é igarapé Tarumã-açu, sendo que ao sul está o rio Negro.

No entanto, para o norte não existem barreiras naturais e com o incentivo de vários programas habitacionais subsidiados pelo poder público, sem mencionar as invasões, é a parte do município para onde a área urbana mais se expandiu nos últimos vinte anos.

Assim, de acordo com Nascimento *et al* (2007) e Barros *et al* (2007), observa-se que os igarapés da zona norte de Manaus, como por exemplo, o igarapé Bolívia, o qual também era utilizado como balneário até o final de década de 80, estão começando a sofrer o mesmo processo de degradação que ocorreram nos demais igarapés que cortam a área urbana do município.

A Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos (CPCR) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) vem, desde o ano de 2004 realizando estudos em micro-bacias de vários igarapés situados na zona norte de Manaus, os quais fazem parte da bacia hidrográfica do igarapé Tarumã-açu, pela necessidade de acompanhar a evolução dos impactos ambientais que estão sendo causados na hidroquímica desses igarapés devido à ocupação antrópica desordenada nessas micro-bacias, consolidando desta forma um amplo referencial da hidroquímica destes igarapés, tanto em área natural, como acontece no interior da reserva Adolpho Ducke, como em área urbanizada.

O processo de urbanização acarreta sensíveis alterações no ambiente, portanto, escolher uma micro-bacia hidrográfica para acompanhar o processo de urbanização pode revelar como vem ocorrendo a apropriação dessa modalidade espacial e como o poder público vem atuando para regulamentar, planejar e gerir os recursos nela presentes.

Como as nascentes do igarapé Bolívia encontram-se preservadas no interior da reserva Adolpho Ducke e nele há afluentes que nascem na área urbana, mas deságuam no igarapé Bolívia dentro da reserva Adolpho Ducke, este estudo teve o objetivo de avaliar as alterações em parâmetro físico e químicos do igarapé Bolívia, que estão ocorrendo junto com o processo de urbanização, através de análise das variáveis: pH, condutividade elétrica, turbidez, os cátions: cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+) e potássio (K^+); e os ânions: cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4) e bicarbonato (HCO_3^-); comparando os resultados obtidos em ambiente natural com os da área urbanizada, assim como os parâmetros encontrados na literatura sobre a hidroquímica de outros igarapés de terra firme em ambiente natural da Amazônia Central e também do rio negro.

METODOLOGIA

Para tanto, foram estabelecidos oito pontos de coleta na micro-bacia do igarapé Bolívia os quais foram escolhidos de acordo com o ambiente do entorno, sua posição geográfica dentro da micro-bacia hidrográfica em estudo e a facilidade de acesso (figura 1):

- Ponto 1 (P1): coordenadas 3° 0' 41,8" S e 59° 57' 10,3" W. Este ponto é no igarapé Bolívia, dentro da reserva florestal Adolfo Ducke. O local possui características naturais, típicas de mata primária de terra firme da Amazônia Central.

- Ponto 2 (P2): coordenadas 3° 0' 31"S e 59° 56' 47,1" W. É um afluente do igarapé Bolívia que nasce dentro da reserva Adolfo Ducke. Este local também possui características naturais, típicas de mata primária de terra firme da Amazônia Central.

- Ponto 3 (P3): coordenadas 3° 0' 31,5" S e 59° 56' 47,2" W. É um afluente do igarapé Bolívia, no limite sul da reserva Adolfo Ducke. Esse afluente nasce em área urbana no bairro Cidade de Deus, área da qual recebe carga de esgoto, e entra na reserva. Local com forte odor e muito material em suspensão no leito do igarapé.

- Ponto 4 (P4): coordenadas 3° 0' 47,1" S e 59° 57' 41,3" W. É o igarapé Bolívia próximo ao limite oeste da reserva Adolfo Ducke. Este ponto fica à jusante do encontro do igarapé Bolívia com um afluente poluído que nasce fora da reserva, do P3. Apesar de estar no interior da reserva Ducke, neste ponto o igarapé Bolívia já não apresenta suas características de um igarapé de ambiente natural, como se observa no P1 e P2.

- Ponto 5 (P5): coordenadas 3° 0' 42" S e 59° 57' 46,6" W. Afluente do igarapé Bolívia, na fronteira dos bairros Vale do Sol, Aliança com Deus, Francisca Mendes e Alfredo Nascimento. Neste local observa-se muito material em suspensão na água, além de forte odor. Como esse afluente nasce em área urbanizada, recebe carga de esgoto dos bairros à montante do ponto de coleta.

- Ponto 6 (P6): coordenadas 2° 59'10,5" S e 59° 59' 11,5" W. Igarapé Bolívia, na ponte que dá acesso ao conjunto João Paulo. Este local possui margens características de áreas inundáveis, porém a parte de terra firme está completamente desmatada e sofreu processos erosivos devido a construção da ponte e da implantação do conjunto João Paulo. O P6 recebe toda a carga da micro-bacia hidrográfica à montante, onde estão localizados os pontos de coleta anteriores.

- Ponto 7 (P7): coordenadas 2° 58' 7,3"S e 60° 0' 20,3" W, Igarapé Acará, um afluente do igarapé Bolívia, à jusante do igarapé Matrinxã, o qual recebe carga de chorume do aterro de controlado de Manaus. É uma área que está numa fase de transição de área de balneários e sítios para área urbanizada.

- Ponto 8 (P8): coordenadas 2° 58'24,4" e 60° 0' 57,1" W. Igarapé Bolívia, na ponte da avenida Torquato Tapajós, próximo a barreira policial. Este ponto, o qual era utilizado como balneário até a década de 80, recebe toda a carga à montante da micro-bacia, sendo observado bastante material em suspensão.

Para a obtenção dos dados das variáveis, foi realizada uma excursão para coleta de amostras nos referidos pontos no mês de julho de 2008. As amostras foram coletadas com garrafa de Van Dorn e acondicionadas em frascos de polietileno, com capacidade de um litro. Os procedimentos de análises no laboratório foram realizados de acordo com Golterman & Clymo (1971), Golterman *et al.* (1978), APHA (1985) e Strickland & Parsons (1968)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho, as amostras da micro-bacia do igarapé Bolívia apresentaram pH, que nos pontos de ambiente natural, variaram de 4,4 a 4,6. Nos pontos de ambiente urbano, ou que recebem influência de afluentes que nascem em ambiente urbano, a variação foi de 5,8 a 6,7 (figura 2). Em igarapés da Amazônia Central, Campos (1994), Schmidt (1972a; 1972b), Cleto Filho (1998) e Pascoaloto, (2001), encontraram os valores de pH variam de 3,3 a 5,8. Conforme Furch *et al* (1982), Sioli, (1968), Sioli *et al* (1969), Simões (2000), Lopes (1987) e Leenheer & Santos (1980), esse parâmetro ainda pode ser encontrado com valores que variam de 3,7 a 6,2 nos rios de água preta da

Amazônia. Estudando os tributários da margem esquerda do igarapé Puraquequara, Lima (2000) encontrou valores de pH que variaram de 3,3 a 4,0. De acordo com Nascimento *et al* (2005a; 2005b; 2007) em estudos de hidroquímica no igarapé Bolívia, em pontos próximos à nascente, o pH varia de 4,5 a 5,0 durante todo o período de maior e menor precipitação pluviométrica.

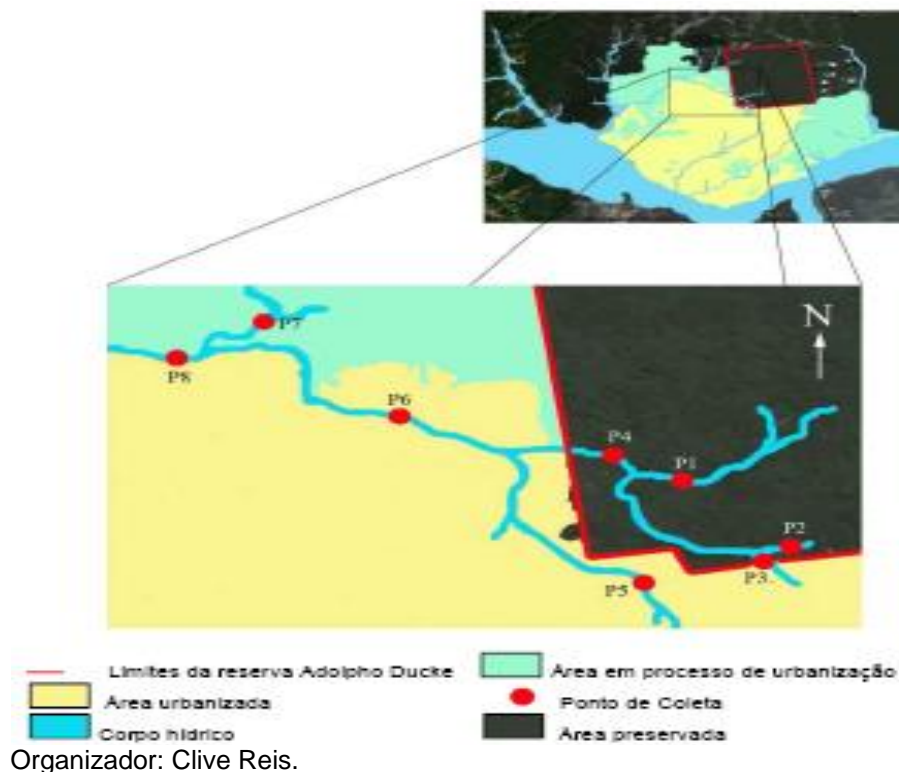


Figura 1: Mapa da área de estudo, micro-bacia hidrográfica do igarapé Bolívia, zona norte da cidade de Manaus/AM.

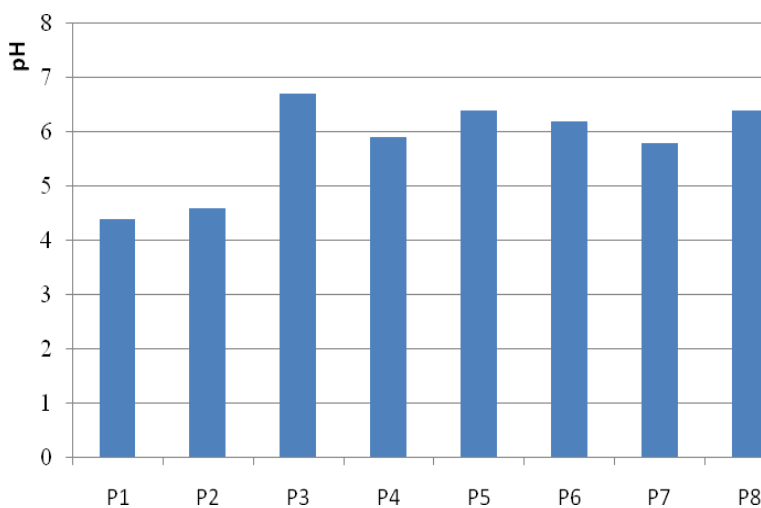


FIGURA 2: Valores de pH obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008.

Os dados mostram que há uma elevação significativa nos valores do pH nos pontos que sofrem influência direta das áreas urbanizadas, indicando que existe entrada substâncias que elevam o pH da água e que também está ocorrendo vários processos de reações químicas e metabólicas dentro da micro-bacia hidrográfica que retiram de circulação substâncias e compostos de caráter ácido. Em condições naturais, afere-se que o pH da micro-bacia do Igarapé Bolívia tem pH ácido, com valores abaixo de 5,0.

Devido à geologia, os igarapés de terra firme da região amazônica central, quando em estado natural, apresentam baixo pH. Valores acima de 6,0 apontam alguma alteração no ambiente (SIOLI, 1968). Nos pontos no interior da reserva Ducke e sem influência antrópica direta, os valores de turbidez encontrados na micro-bacia hidrográfica praticamente não sofrem variação, permanecendo entre 14 e 15 FTU. Porém, nos pontos fora da reserva Ducke, ou que recebem influência antrópica direta, os valores de turbidez dão um salto, e passam a variar de 72 a 143 FTU (figura 3).

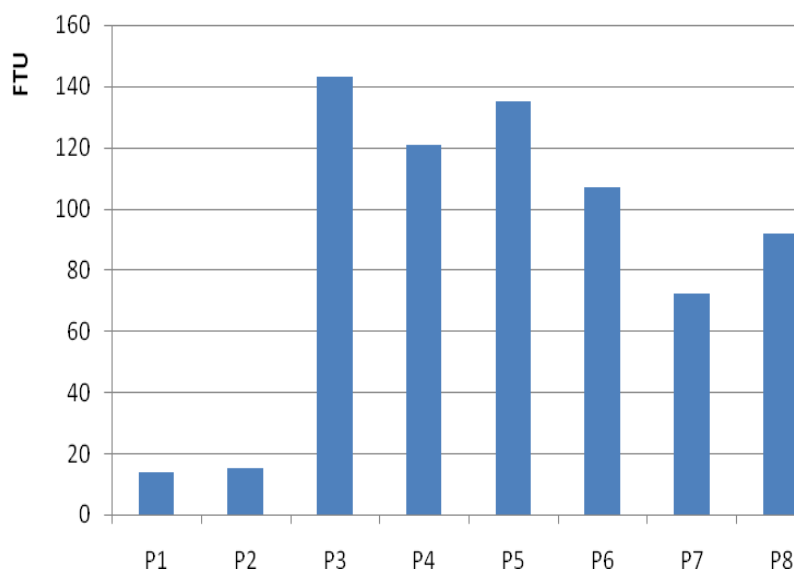


FIGURA 3: Valores de turbidez obtidos na micro-bacia do Igarapé Bolívia em julho de 2008.

Pascoaloto (2001) encontrou valores que variaram de 4,2 a 4,9 FTU em sete pequenos igarapés de terra firme da Amazônia Central. Silva *et al* (2006), em estudos sobre as propriedades físico-químicas das águas do Igarapé Bolívia, encontrou no interior da reserva Ducke, valores que variaram de 13 a 19 FTU. Estudando parâmetros físico-químicos dos tributários da margem esquerda do Igarapé Puraquequara, Lima (2000) encontrou turbidez que variaram de 4,2 a 9,0 FTU.

Apesar dos valores de turbidez encontrados neste estudo terem sido equiparáveis a estudos anteriores realizados no Igarapé Bolívia no interior da reserva Ducke, observa-se que na área urbana há um aumento significativo da turbidez em relação aos pontos em ambiente natural, indicando uma maior presença de material em suspensão, colóides e microrganismos.

Nos pontos no interior da reserva Ducke e sem influência antrópica direta, a condutividade elétrica variou de 25,4 a 28,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. A partir do P3, o primeiro dos pontos de coleta que recebem influência antrópica, a condutividade eleva-se de forma considerável, onde se registra um valor de 204,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nos demais pontos a variação foi de 79,5 a 214,7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (figura 4).

Cleto Filho (1998) em um estudo sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos no Igarapé Barro Branco registrou condutividade elétrica de 18,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Schmidt (1972a) e Campos (1994)

estudando os igarapés ao longo da rodovia BR- 174 encontraram valores de condutividade elétrica que variaram entre 15,2 e 28,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

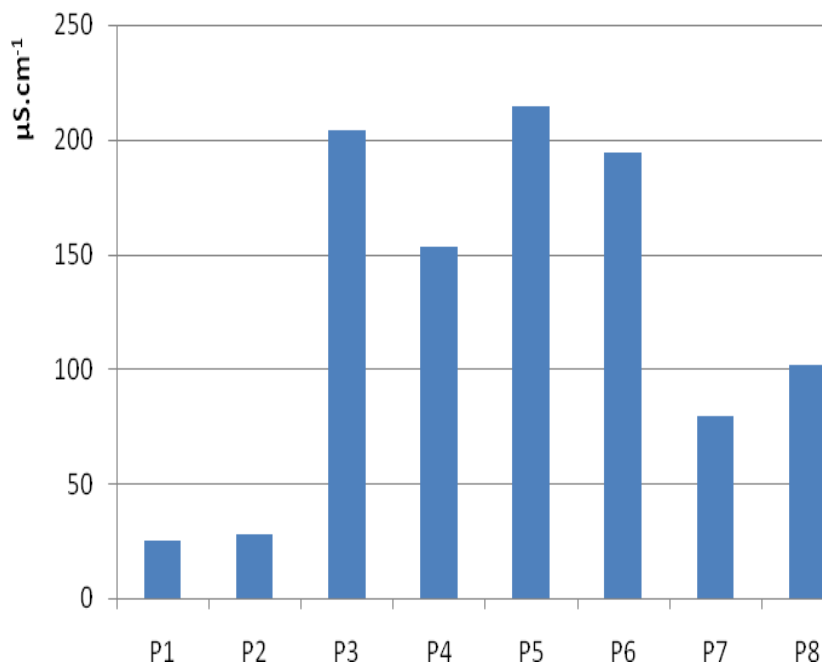


FIGURA 4: Condutividade elétrica obtida na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008.

No igarapé Bolívia, no interior da reserva Ducke Nascimento *et al* (2005a) encontrou condutividade elétrica de 12,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e na área urbanizada do mesmo igarapé, chegou a encontrar o valor de 197,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Valores entre 5,65 e 16,20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ foram observados por Pascoaloto (2001) em igarapés de terra firme da Amazônia Central. Lima (2000) encontrou, nos tributários da margem esquerda do rio Puraquequara condutividade elétrica que variou de 5,3 a 8,08 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A elevada condutividade encontrada na área urbana, em relação ao ambiente natural da reserva Ducke, evidencia a entrada de altas concentrações de poluentes na micro-bacia hidrográfica. Ao comparar o resultados deste estudo com o realizado por Nascimento *et al* (2005a) verifica-se que houve aumento na condutividade elétrica na área urbanizada dessa micro-bacia no período daquele estudo para este. Isso pode ser um indicativo de que a entrada de poluentes na micro-bacia hidrográfica aumentou de um período para o outro.

Neste estudo, nos pontos que coleta no interior da reserva Ducke, os teores de cálcio não ultrapassaram o limite de detecção do método, porém na área urbanizada a variação foi de 0,33 a 4,12 mg/L (figura 5).

Nortcliff & Thornes (1978), encontraram no igarapé Barro Branco, uma concentração média de Cálcio de 0,01 mg/L. Campos (1994) estudando igarapés ao longo da BR-174, encontrou valores que variaram do limite de detecção do método a 2,0 mg/L. Lopes (1987), Sioli (1969), Schimdt (1972b), Furch *et al* (1982), Sioli *et al* (1968) e Leenheer & Santos (1980), encontraram valores que variaram do limite de detecção do método a 10,6 mg/L na concentração de cálcio no rio negro. Nascimento *et al* (2005b) encontrou teores de cálcio que variaram do limite de detecção do método a 0,32 mg/L em igarapés no interior da reserva Ducke. Na área urbanizada do igarapé Bolívia, os teores de cálcio chegaram a serem registrados em concentrações de 18,0 mg/L.

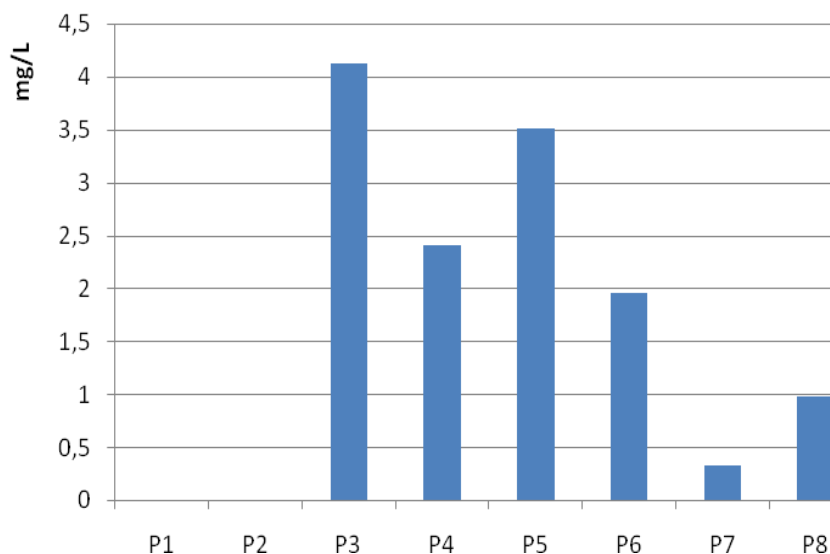


FIGURA 5: Teores de cálcio obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008.

Nortcliff & Thornes (1978), encontraram no igarapé Barro Branco, uma concentração média de Cálcio de 0,01 mg/L. Campos (1994) estudando igarapés ao longo da BR-174, encontrou valores que variaram do limite de detecção do método a 2,0 mg/L. Lopes (1987), Sioli (1969), Schimdt (1972b), Furch *et al* (1982), Sioli *et al* (1968) e Leenheer & Santos (1980), encontraram valores que variaram do limite de detecção do método a 10,6 mg/L na concentração de cálcio no rio negro. Nascimento *et al* (2005b) encontrou teores de cálcio que variaram do limite de detecção do método a 0,32 mg/L em igarapés no interior da reserva Ducke. Na área urbanizada do igarapé Bolívia, os teores de cálcio chegaram a serem registrados em concentrações de 18,0 mg/L.

Neste estudo, os teores de magnésio variam entre 4,25 e 5,43 mg/L nos pontos em ambiente natural, porém na área urbanizada, a variação foi de 36,7 a 101,1 mg/L (figura 6).

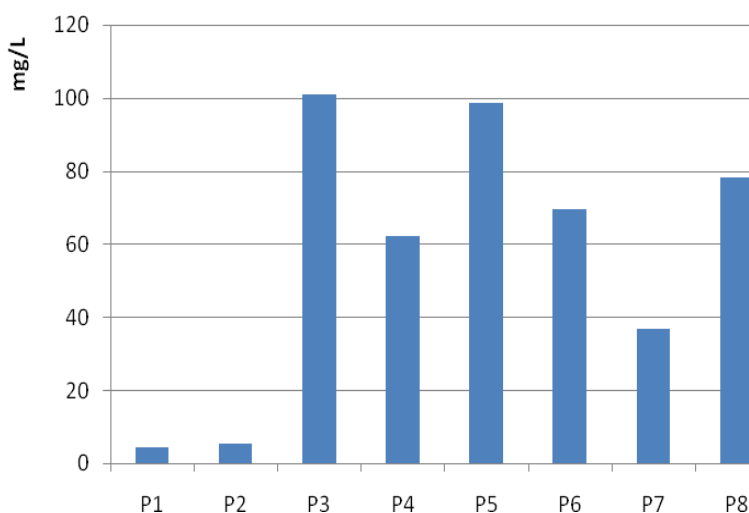


FIGURA 6: Teores de magnésio obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008.

Schmidt (1972a) e Campos (1994) estudando igarapés ao longo da BR-174, encontraram concentrações de magnésio que variaram entre 0,1 e 1,78 mg/L. Nortcliff & Thornes (1978), estudando o movimento dos cátions das águas no ambiente de floresta, encontraram no igarapé Barro Branco uma concentração média de Magnésio de 0,9 mg/L. Em estudos da hidroquímica do rio negro, Lopes (1987), Furch *et al* (1982), Sioli (1968), Leenheer & Santos (1980), encontraram magnésio em concentrações do limite de detecção do método a 2,0 mg/L. Lima (2000), estudando os tributários da margem esquerda do rio Puraquequara encontrou valores de magnésio que variaram de 0,029 a 0,282 mg/L. Neste estudo, os teores de sódio variaram em torno de 0,8 e 0,82 mg/L nos pontos em ambiente natural, sendo que na área urbanizada a variação foi de 3,7 a 19,4 mg/L (figura 7).

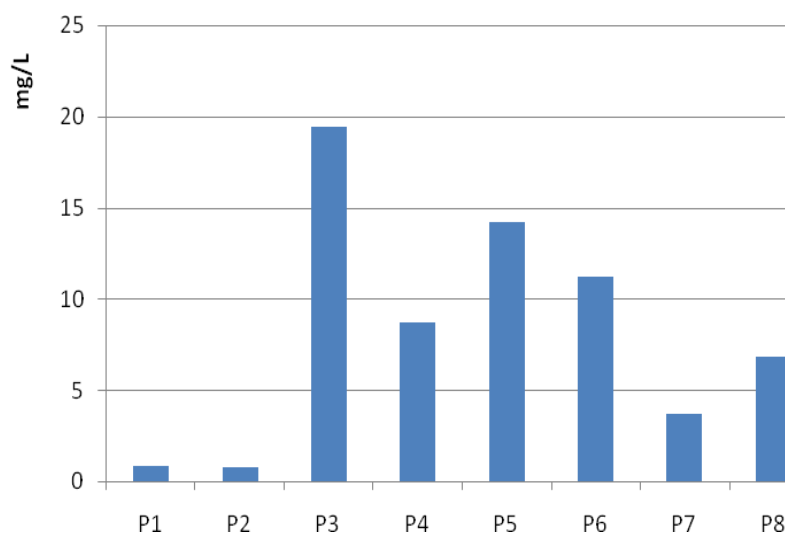


FIGURA 7: Teores de sódio obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008

Schmidt (1972a) estudando os igarapés ao longo da BR-174 encontrou concentrações de sódio que variaram entre o limite de detecção do método e 1,05 mg/L, Nortcliff & Thornes (1978) estudando o movimento dos cátions das águas no ambiente de floresta, encontraram no igarapé Barro Branco valores médios de 0,03 mg/L. Nascimento *et al* (2005b) estudando a hidroquímica do igarapé Bolívia, encontrou concentrações de sódio de 0,78 mg/L no interior da reserva Ducke e de 19,4 na área urbanizada do igarapé. Furch *et al* (1982), Sioli (1968) Leenheer & Santos (1980), encontraram no rio Negro valores que variaram entre 0,41 e 2,24 mg/L.

Neste estudo, nos pontos de coleta no interior da reserva Ducke, os teores de potássio variaram de 0,32 a 0,44 mg/L, e na área urbanizada essa variação foi de 0,87 a 4,21 mg/L. (figura 8).

Nos igarapés ao longo da BR-174, Schmidt (1972a) num estudo hidroquímico dessas águas, encontrou teores de Potássio que variaram entre o limite de detecção do método a 1,38 mg/L. Nortcliff & Thornes (1978) encontraram teor de 0,06 mg/L no igarapé Barro Branco. No rio Negro, Sioli (1968), Furch *et al* (1982), Leenheer & Santos, (1980) e Lopes, (1987) encontraram teores de potássio que variaram entre 0,28 e 1,0 mg/L.

No interior da reserva Ducke, nos pontos que não recebem influencia antrópica direta, todos os cátions analisados neste estudo, apresentam-se em concentrações compatíveis às de outros igarapés de terra firme da Amazônia Central. Na área urbanizada, todos os cátions estão com concentrações elevadas, descaracterizando a micro-bacia hidrográfica em relação ao ambiente natural, indicando forte influência antrópica.

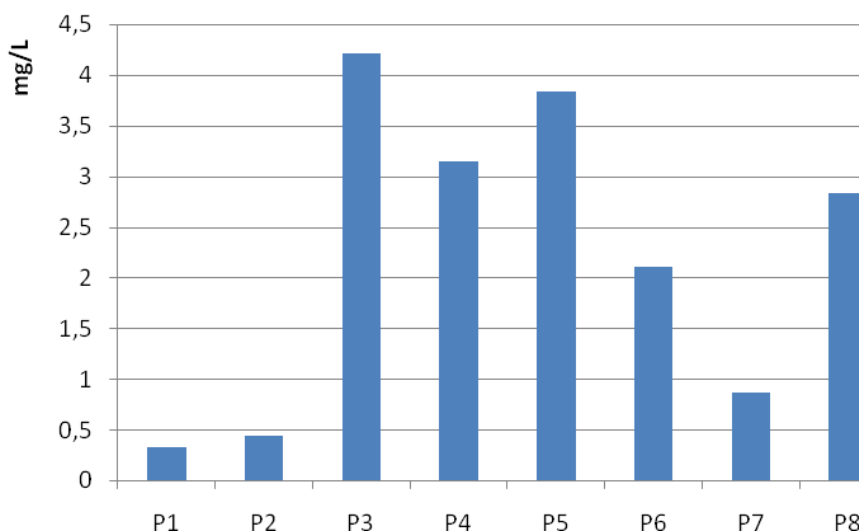


FIGURA 8: Teores de potássio obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008

Neste estudo os teores de cloreto em ambiente natural variaram entre 1,22 a 1,96 mg/L, enquanto que na área urbanizada a variação foi de 3,2 a 12,21 mg/L (figura 9)

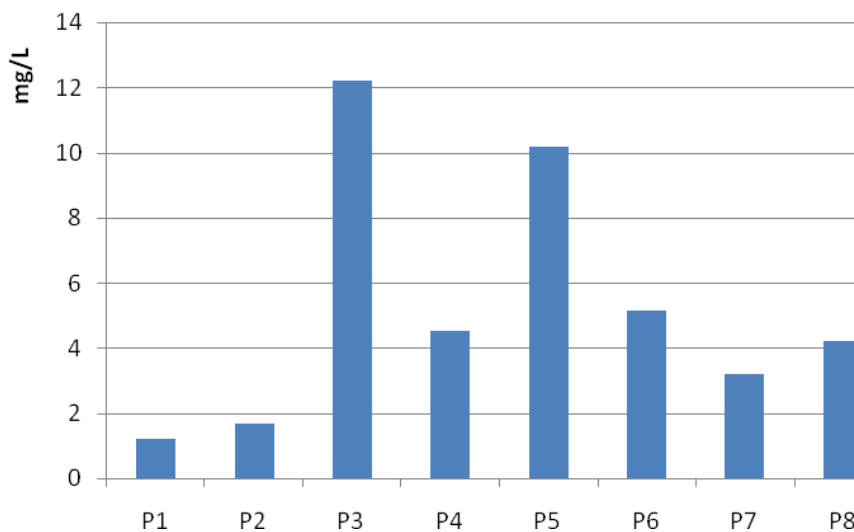


FIGURA 9: Teores de cloreto obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008.

Sioli (1968), Schmidt, (1972b) e Sioli *et al*, (1969) estudando a hidroquímica do rio Negro, registraram concentrações de cloreto que variaram do entre o limite de detecção do método e 5,0 mg/L. Schimdt (1972a) e Campos (1994) analisando a hidroquímica de igarapés ao longo da BR-174, registraram concentrações de cloretos que variaram entre 1,0 e 3,5 mg/L.

Neste estudo, nos pontos de coleta em ambiente natural, a variação de sulfato foi de 2,42 a 2,49 mg/L, enquanto que nos pontos em ambiente urbanizado, a variação foi de 3,38 a 7,96 mg/L (figura 10). O bicarbonato, nos pontos em ambiente natural apresentou variações de 0,31 a 0,34 mg/L, sendo que na área urbanizada a variação foi de 1,46 a 8,41 mg/L (figura 11).

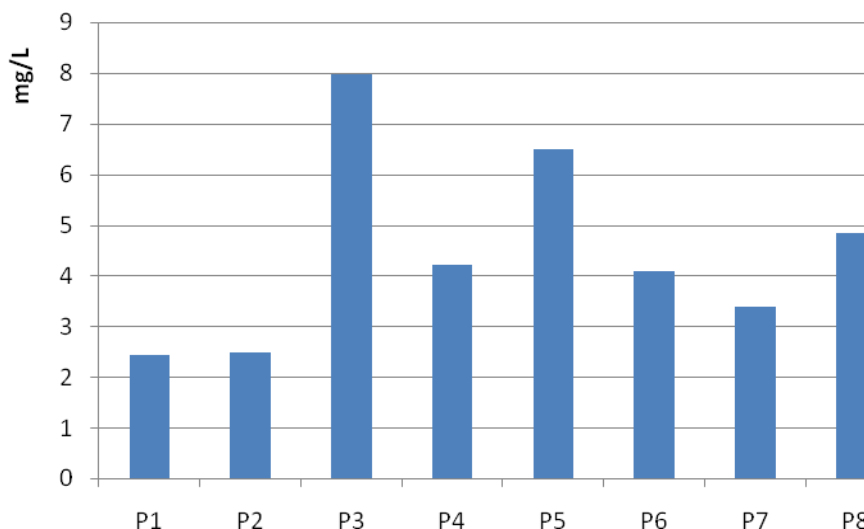


FIGURA 10: Teores de sulfato obtidos na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008

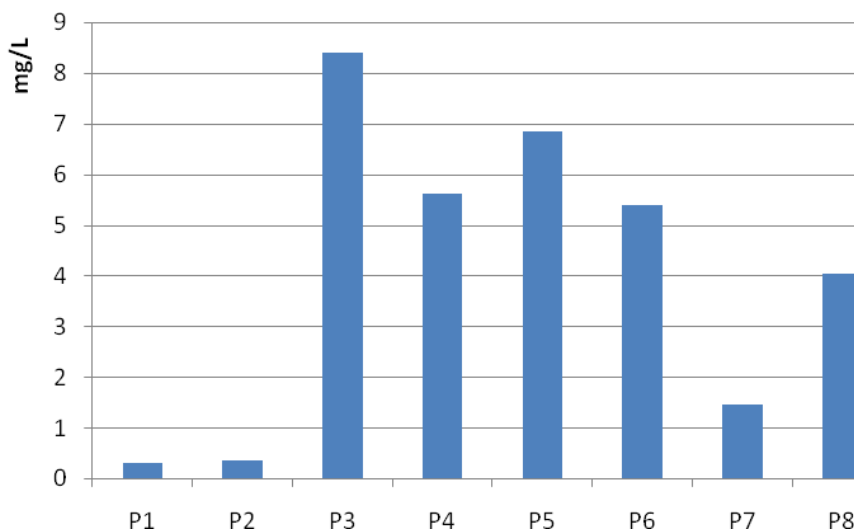


FIGURA 11: Teores de bicarbonato na micro-bacia do igarapé Bolívia em julho de 2008

Nascimento *et al* (2005b) estudando a hidroquímica do igarapé Bolívia, encontrou no interior da reserva Ducke, concentrações de sulfato que 0,66 a 2,41 mg/L, e de bicarbonato que variaram entre 0,1 a 0,3 mg/L. Já na área urbanizada, o mesmo autor registrou concentrações de sulfato que variaram entre 4,1 e 22,6 mg/L e de bicarbonato que variaram entre 1,23 a 10,7 mg/L.

Assim como as demais variáveis analisadas, os ânions na área urbanizada da micro-bacia hidrográfica do igarapé Bolívia, apresentam-se em concentrações muito mais elevadas na área urbanizada do que no ambiente de floresta, descaracterizando totalmente a distribuição natural dos ânions dentro da micro-bacia, indicando forte pressão antrópica nessa área. Nos pontos em ambiente natural, dentre os ânions, houve predominância de sulfato.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área urbanizada da micro-bacia hidrográfica do igarapé Bolívia está sofrendo forte pressão antrópica, sendo que variáveis analisadas já apresentam valores muito elevados quando comparados aos obtidos em ambiente preservado, no interior da reserva Adolfo Ducke. Essas alterações estão ocorrendo devido a falta de tratamento de esgoto dos bairros que foram implantados nessa micro-bacia hidrográfica no final de década de 90 até os dias atuais, e também da ocupação irregular das margens desses igarapés.

Para reverter esse quadro, seria necessário: a eliminação das fontes contaminantes; direcionar todo o esgoto doméstico produzido na área dessa micro-bacia hidrográfica para estações de tratamento de esgoto; a desocupação das margens dos igarapés e a restauração da mata ciliar; fiscalização intensiva contra ocupações irregulares e despejo de esgoto fora da rede coletora de esgoto, a qual levaria todo o esgoto para uma estação de tratamento.

A micro-bacia hidrográfica do igarapé Bolívia em condições totalmente naturais, possui pH ácido, como outros igarapés de terra firme da Amazônia central pertencentes à bacia hidrográfica do rio Negro. Apresenta baixa turbidez e condutividade elétrica, e predominância de magnésio dentre os cátions, e sulfato entre os ânions. Tais características ocorrem devido à interação entre: dinâmica florestal da reserva Ducke, a biota aquática, a geologia e o clima local. Desta forma, é possível afirmar que micro-bacia hidrográfica do igarapé Bolívia possui dois ambientes bem definidos: de ambiente natural, no interior da reserva Adolfo Ducke, onde existem igarapés sem nenhuma influência antrópica direta; e ambiente alterado, o qual descaracteriza totalmente as condições naturais dessa micro-bacia hidrográfica, devido ser uma área urbanizada e que exerce forte pressão antrópica nesses igarapés, como despejo de efluente doméstico sem tratamento.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association. **Standard methods of the experimentation of water and wastewater**. 14 ed. New York, 1985.
- BARROS, P. et al. **Alterações de recursos hídricos em reserva florestal sob crescente pressão urbana**. Anais do I Simpósio de Recursos hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007.
- CAMPOS, Z. **Parâmetros físico-químicos em igarapés de água clara e preta ao longo da rodovia BR-174 entre Manaus e Presidente Figueiredo – AM**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas) – Curso de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA/FUA, 1994.
- CLETO FILHO, S. E. N. **Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé (Mindú) da cidade de Manaus/ AM – Amazônia Central**. Manaus: INPA/FUA, 1998.
- FURCH, K; et al. **Unusual chemistry of natural waters from the Amazon region**. Acta Cient. Venezolana, 1982.
- GOLTERMAN, H. L. & CLYMO, R. S. **Methods for chemical – analysis of fresh water**. Oxford, Blackwell Scientific Publication, 1971.
- GOLTERMAN, H. L.; et al.. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. Blackwell Scientific Publications. 1978.
- LEENHEER, J. A; SANTOS, U. M. **Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro**. (Amazônia Central). Acta Amazonica 10 (2), 1980.
- LIMA, R. M. S. **Estudo físico-químico dos tributários da margem esquerda do rio Puraquequara**. Anais da IX Jornada de Iniciação Científica do INPA, Manaus, 2000.
- LOPES, U. B. **Aspectos físicos, químicos e ecológicos das misturas naturais de águas físico-quimicamente diferentes, na Amazônia**. Tese de Doutorado INPA/FUA, 1987.

- MIRANDA, S. A. F; et al. **Avaliação dos efeitos da urbanização nas águas do município de Manaus/AM**. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Limnologia, Anais. Manaus, 2001.
- NASCIMENTO, C. R.; et al. **Qualidade química das águas de superfície de um igarapé sob diferentes graus de impactos, MANAUS/AM**. Anais da XIV Jornada de Iniciação Científica do INPA. Manaus: 2005a.
- NASCIMENTO, C. R; et al. **Avaliação dos cátions e ânions nas águas do igarapé Bolívia sob diferentes graus de impactos, Manaus/AM**. In: II congresso de estudantes e bolsistas do experimento LBA, 2005, Manaus. Resumos, 2005b.
- NASCIMENTO, C. R; et al. **Hidroquímica das águas de um igarapé sob diferentes graus de impactos, Manaus/AM**. In I simpósio de recursos hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007.
- NORTICLIFF, S; THORNES, J.B. **Water and cation movement in tropical rainforest environment**. Acta Amazonica 8 (2), 1978.
- PASCOALOTO, D. **Características físicas e químicas de sete igarapés de terra firme no estado do Amazonas e suas relações com *Batrachoperмум spp (Batrachospermaceae, Rhodophyta)*** Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ser. Bot 17 (1), 2001.
- SCHMIDT, G. W. **Chemical properties of some water in the tropical Forest region of Central Amazonia along the new road Manaus-Caracaraí**. Amazoniana, 3 (2), 1972a.
- SCHMIDT, G. W. **Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year. August 1969 – July 1970**. Amazoniana III (II), 1972b.
- SILVA, M. S. R; et al. **Efeitos antrópicos sobre as águas do igarapé Bolívia – Manaus/AM**. Anais do IX Simpósio de Geologia da Amazônia, 2006. Resumos, Belém, 2006.
- SIMÕES, C. A. **Características físico-químicas das águas do rio Negro e seus tributários**. Anais da IX Jornada de Iniciação Científica do INPA, de Manaus: INPA, 2000.
- SIOLI, H. **Hydrochemistry and geology in the brazilian amazon region**. Amazoniana, 1968.
- SIOLI, H; et al. **Limnological outlooks on landscape-ecology in Latim America**. Tropical Ecology, . 10 (1), 1969.
- STRICKLAND, J. D.H. & PARSONS, R. **A practical handbook of seawater analysis**. Fish (Res. Board Canadá Bull), 1968.