

## CARACTERIZAÇÃO SOB ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DAS ÁGUAS DA BACIA DO PURAQUEQUARA-AM, BRASIL

*Regison da Costa de Oliveira<sup>1\*</sup>; Maria do Socorro Rocha da Silva<sup>2</sup>; Sebastião Átila Fonseca Miranda<sup>2</sup>; Sávio José F. Ferreira<sup>2</sup>; Núbia Abrantes Gomes<sup>3</sup>; Alexandre Souza Bastos<sup>1</sup>; Aretusa Cetauro Abreu<sup>2</sup>*

**Resumo:** O trabalho objetiva conhecer as características físico-químicas e avaliar os impactos das atividades humanas sobre a qualidade das águas da bacia do Rio Puraquequara/AM. Selecionados 06 locais de coleta ao longo do rio principal e 02 em zonas de cabeceira. Analisadas as variáveis pH por potenciometria, condutividade elétrica por condutimetria, turbidez por turbidimetria; oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) por titulometria, sílica, nitrato, cloretos, íon amônio, ferro total e dissolvido por espectrofotometria. As águas são ácidas (pH entre 3,3 e 6,84), e pouco mineralizadas, condutividade elétrica não ultrapassaram a 20,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . A acidez nas águas, assim como a condutividade e poucas disponibilidades de nutrientes refletem a baixa concentração iônica das águas típicas de áreas naturais livres da ação antrópica. Houve uma variação estacional, nos locais (P1 e P2) que mostram comportamento diferente dos locais na calha principal do Rio Puraquequara. Esta variação de comportamento nos diferentes períodos provavelmente está ligada a expansão urbana que vem ocorrendo nessas drenagens nos últimos 15 anos ou mesmo influência do ciclo hidrológico.

**Palavras-chaves:** Rios da Amazônia, Rio Puraquequara, bacias hidrográfica do Amazônia

## CHARACTERIZATION UNDER PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS OF THE WATER FROM PURAQUEQUARA BASIN-AM, BRAZIL

**Abstract:** The purpose of this work is to know the physical-chemical characteristics and to evaluate the impacts of human activities on the water quality of Rio Puraquequara Basin. Located on the left bank of the Rio Amazonas with springs on the AM-010 highway. Selected 06 collection sites along the main river and 02 in bedside areas and determined the variables pH, electrical conductivity, turbidity; biochemical oxygen demand by titrator, silica, nitrate, chlorides, ammonium ion, total iron and dissolved by spectrophotometry. The waters are acidic (pH between 3.3 and 6.84), and little mineralized, electrical conductivity did not exceed 20.1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . The acidity in the waters, as well as the conductivity and few availability of nutrients reflect the low ionic concentration of the waters typical of natural areas free of anthropic action. There was a seasonal variation in the sites (P1 and P2) that show different behavior of the sites in the main channel of the Rio Puraquequara. This behavioral variation in the different periods is probably related to the urban expansion that has been occurring in these drains in the last 15 years or even influence of the hydrological cycle.

**Keywords:** Rio Amazonas, Rio Puraquequara, Amazon Basin.

1

<sup>1</sup>Bolsista do Programa IC — FAPEAM /Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

<sup>3</sup>Professora da Universidade Federal de Roraima.

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Puraquequara abrange a uma área de 700 km<sup>2</sup> e está situada quase que inteiramente no município de Manaus, com pequenas partes de sua área pertencendo ao vizinho município de Rio Preto da Eva. A nascente do rio localiza-se pouco à montante da rodovia AM-010. A área da bacia ainda é um local preservado, protegido por floresta primária cujas características geológicas, pedológicas e climatológicas conferem aos igarapés naturais de terra firme águas pouco mineralizadas e de cor preta (Horbe *et al.*, 1999).

A cobertura vegetal da região e de floresta tropical quase totalmente preservada, contudo, há moradores na área, especialmente em sítios na sua cabeceira e balneários ao longo dos cursos das drenagens. O clima regional é tropical quente e úmido, limitado a duas estações e de amplitude térmica anual pequena. A umidade relativa do ar é sempre alta variando de 77% no período seco e 88% no período chuvoso.

Considerando o crescimento urbano na área da bacia, se faz necessário conhecer as características físicas, químicas e biológicas das águas das drenagens, assim como entender os mecanismos que controlam a concentração desses elementos nos rios (Shiller, 1997) assim como determinar a evolução em condições naturais e a ciclagem das espécies químicas (Forti *et al.*, 1997).

O trabalho objetiva avaliar as características físico-químicas das águas da Bacia hidrográfica do rio Puraquequara visando acompanhar alterações, já que esta bacia tem suas fronteiras orientais modificadas pela expansão urbana e algumas áreas consideradas como de uso agrícola.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na bacia do Puraquequara, cujo substrato geológico é a formação Álder do Chão e tem uma drenagem pobre, portanto é uma bacia pouco dissecada e tende a apresentar uma resposta hidrológica lenta (COSTA *et al.*, 2013).

Tabela 1. Localização dos locais de coletas e suas coordenadas

REF	Descrição do Local de Coleta	Coordenadas	
		Latitude	Longitude
P1	Próximo a nascente do Puraquequara	2°44'06.29"S	59°54'05.45"W
P2	Hakuya	2°54'31.44"S	59°51'01.14"W
P3	Escola Puraquequara	2°58'49.20"S	59°50'01.32"W
P4	Foz do Igarapé do Ipiranga	2°59'28.08"S	59°49'57.78"W
P5	Flutuante do Sassá	2°59'43.20"S	59°49'32.58"W
P6	Estaleiro M.N.	3°00'51.96"S	59°49'31.44"W
P7	Igarapé João Paulo	3°01'58.20"S	59°49'29.52"W
P8	Entrada do Lago Puraquequara	3°02'38.10"S	59°46'40.86"W

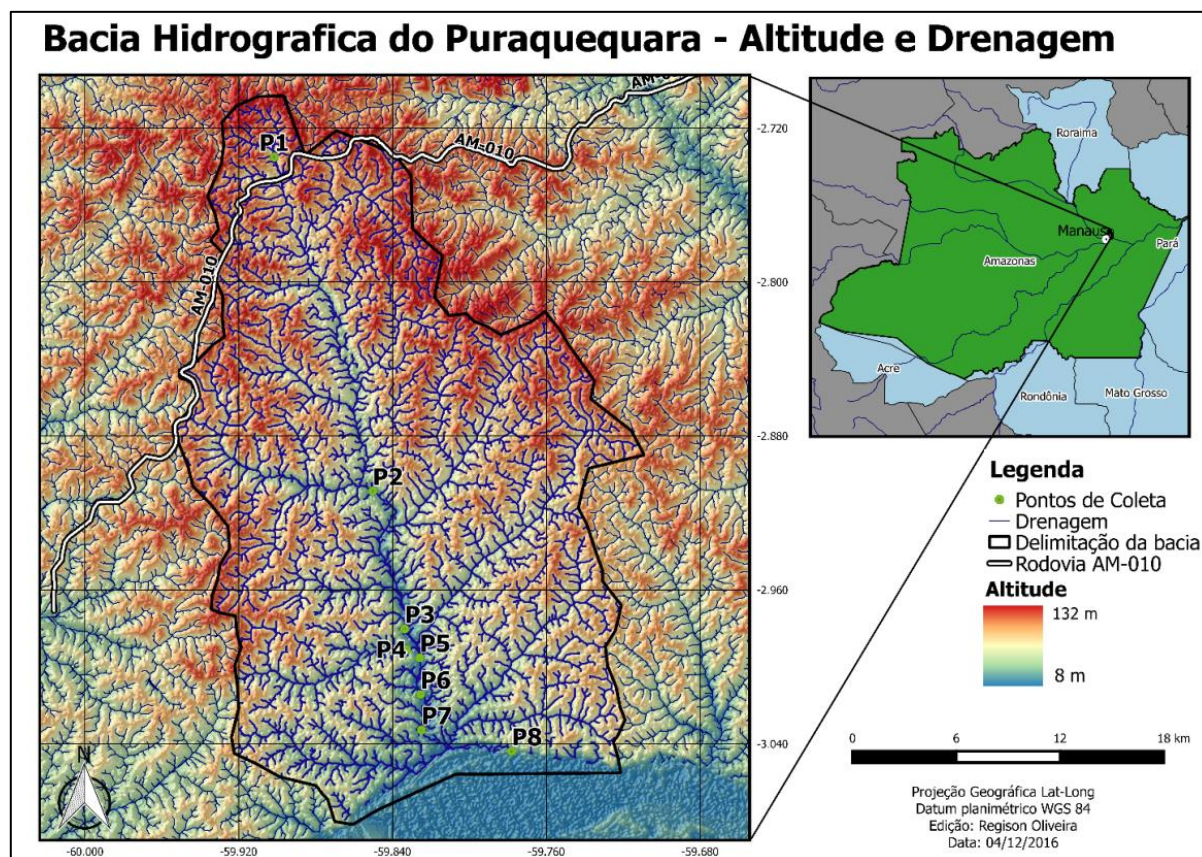


Figura 1. Localização dos locais de coletas no decorrer da bacia do Puraquequara.

As coletas foram realizadas em duas etapas, cada uma com dois períodos: na primeira etapa foram envolvidos os meses de outubro e novembro de 2014 correspondendo ao período de estiagem e os meses de março e abril de 2015, correspondendo ao período chuvoso e na segunda etapa as coletas se deram nos meses de agosto a setembro de 2015, correspondendo ao período de estiagem e nos meses de março e maio de 2016, correspondendo ao período chuvoso (Tabela 1). Ao todo foram definidos 8 pontos de amostragem na bacia.

As amostras foram coletadas em garrafas tipo Van Dorn com capacidade de 2 L. Para o oxigênio dissolvido as águas foram acondicionadas em frascos tipo Winkler em duplicatas, fixados com sulfato manganoso e azida sódica (APHA, 2005; Golterman *et al.*, 1978). O pH e alcalinidade por potenciometria usando um pH-metro da marca Instrutherm; a condutividade elétrica através de condutímetro marca Mettler Toledo; e a turbidez por Turbidimetria (turbidímetro da marca ALFAKIT). O oxigênio dissolvido (OD), a demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foram determinados por titulometria. A sílica ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ), o nitrato ( $\text{NO}_3$ ), o sulfato, os cloretos, o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), os ferros total e dissolvido foram determinados por espectrofotometria com o auxílio FIA (“Flow Injection Analysis” - análises por injeção de fluxo). Todas essas técnicas estão descritas em APHA (1985 e 2005), Strickland e Parsons (1968), Golterman e Clymo (1978). As demais amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 L previamente limpas com HCL 10% e água deionizada.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH da água (Figura 2) mostrou variações no período de estiagem de 4,68 (P3, novembro/2014) a 6,04 (no P3, agosto/2015) enquanto no período chuvoso mostrou variações de 4,78 (P2, maio/2016) a 6,9 (P8, março/2016) (Tabela 1).

Tabela 2. Valores mínimo, máximo, média e desvio padrão de 2014 a 2016.

Local		T °C	pH	Alcal mgHCO <sub>3</sub> /L	DBO(5) mg/L	DQO mg/L	Si(OH) <sub>4</sub> mg/L	Cl mg/L	NO <sub>3</sub> mg/L	NH <sub>4</sub> mg/L	FeTotal mg/L	FeDis. mg/L
P1	mín-máx	24,0-25,0	4,85-5,51	1,22-18,30	<0,01-1,58	9,66-16,88	2,057-3,83	0,31-0,64	<0,01-0,06	<0,01-0,16	0,10-0,25	0,10-0,17
	média	24,80	5,13	5,61	0,76	12,64	2,85	0,46	0,05	0,12	0,18	0,14
	SD	0,45	0,26	7,16	0,58	2,78	0,76	0,14	0,01	0,03	0,06	0,03
P2	mín-máx	25,0-27,0	4,80-5,51	1,83-30,50	0,20-1,81	13,32-28,37	1,87-3,27	0,38-0,94	<0,01-0,28	0,11-0,28	0,25-1,01	0,10-0,24
	média	25,67	5,29	7,32	0,67	20,82	2,57	0,63	0,07	0,18	0,47	0,15
	SD	0,82	0,26	11,39	0,59	6,39	0,57	0,19	0,12	0,07	0,29	0,05
P3	mín-máx	26,0-32,0	4,68-6,54	1,25-8,54	0,15-2,28	18,26-45,28	1,49-3,34	0,59-1,41	<0,01-0,02	0,15-0,42	0,16-0,54	0,10-0,22
	média	29,25	5,81	4,05	1,26	34,97	2,39	0,95	0,02	0,29	0,36	0,17
	SD	2,25	0,66	2,84	0,73	10,48	0,64	0,28	0,01	0,11	0,15	0,05
P4	mín-máx	26,0-32,5	4,98-6,50	3,05-9,15	0,81-2,39	25,02-45,55	1,32-3,18	0,68-1,44	<0,01-0,03	0,22-0,43	0,13-0,56	0,10-0,23
	média	29,94	5,76	5,34	1,63	36,60	2,30	1,16	0,03	0,33	0,38	0,16
	SD	2,04	0,54	2,32	0,49	8,29	0,61	0,24	0,00	0,08	0,14	0,05
P5	mín-máx	28,0-32,0	4,75-6,48	1,22-10,37	0,25-2,0	22,46-53,64	1,34-3,19	0,61-1,31	<0,01-0,03	0,18-0,42	0,21-0,57	0,10-0,22
	média	29,88	5,62	4,81	1,36	37,85	2,33	1,00	0,02	0,30	0,39	0,16
	SD	1,36	0,62	3,08	0,55	12,09	0,61	0,25	0,01	0,11	0,13	0,05
P6	mín-máx	28,0-32,0	4,77-6,66	2,44-12,20	1,09-2,48	21,81-53,64	1,37-2,76	0,66-1,35	<0,01-0,05	<0,01-0,59	0,12-1,41	<0,01-0,23
	média	30,00	5,66	5,41	1,66	38,16	2,20	1,00	0,03	0,38	0,53	0,17
	SD	1,41	0,63	3,36	0,45	11,95	0,44	0,26	0,02	0,16	0,40	0,05
P7	mín-máx	27,0-33,0	5,32-6,62	3,05-15,25	0,20-2,23	16,66-53,64	1,78-3,31	0,81-1,52	<0,01-0,04	0,15-0,46	0,25-0,76	<0,01-0,23
	média	30,63	5,79	6,25	1,26	35,77	2,45	1,06	0,02	0,32	0,51	0,18
	SD	1,77	0,44	4,07	0,68	14,03	0,45	0,23	0,01	0,13	0,20	0,04
P8	mín-máx	28,0-30	4,82-6,90	2,44-24,40	<0,01-1,65	20,68-54,88	1,81-4,80	0,91-2,28	0,02-0,10	0,12-0,54	0,30-2,85	0,10-0,24
	média	29,38	5,73	8,46	0,78	39,69	2,82	1,37	0,05	0,33	0,89	0,18
	SD	0,74	0,73	8,56	0,69	11,96	0,99	0,54	0,03	0,13	0,84	0,05

A condutividade elétrica (Figura 2) no período de estiagem variou de 6,224  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P2, outubro/2014) a 14,02  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P8, outubro/2014) e no período chuvoso variou de 4,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P2, abril/2015) a 59,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P8, março/2016).

A turbidez (Figura 2) variou de 1,04 NTU (P6-Estaleiro M.N no mês de outubro/2014) a 9,62 NTU (P6-Estaleiro M.N no mês de novembro/2014) no período de estiagem e no período chuvoso variou de 1,04 NTU (P3 – Escola Puraquequara no mês de maio/2016) a 89,2 NTU (P9 – Entrada do Lago Puraquequara no mês de março/2016).

Estudos anteriores nas águas do Rio Puraquequara (Horbe *et al.*, 1999) verificaram valores de pH variando de 4,8 a 5,4; condutividade de 5,41  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 13,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e turbidez 1,1 a 41 NTU. Lima e Miranda (2000) uma variação de pH de 3,6 a 3,8. Campos *et al.* (2007), estudando os igarapés dessa região, afirmam que a condutividade elétrica estará abaixo de 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

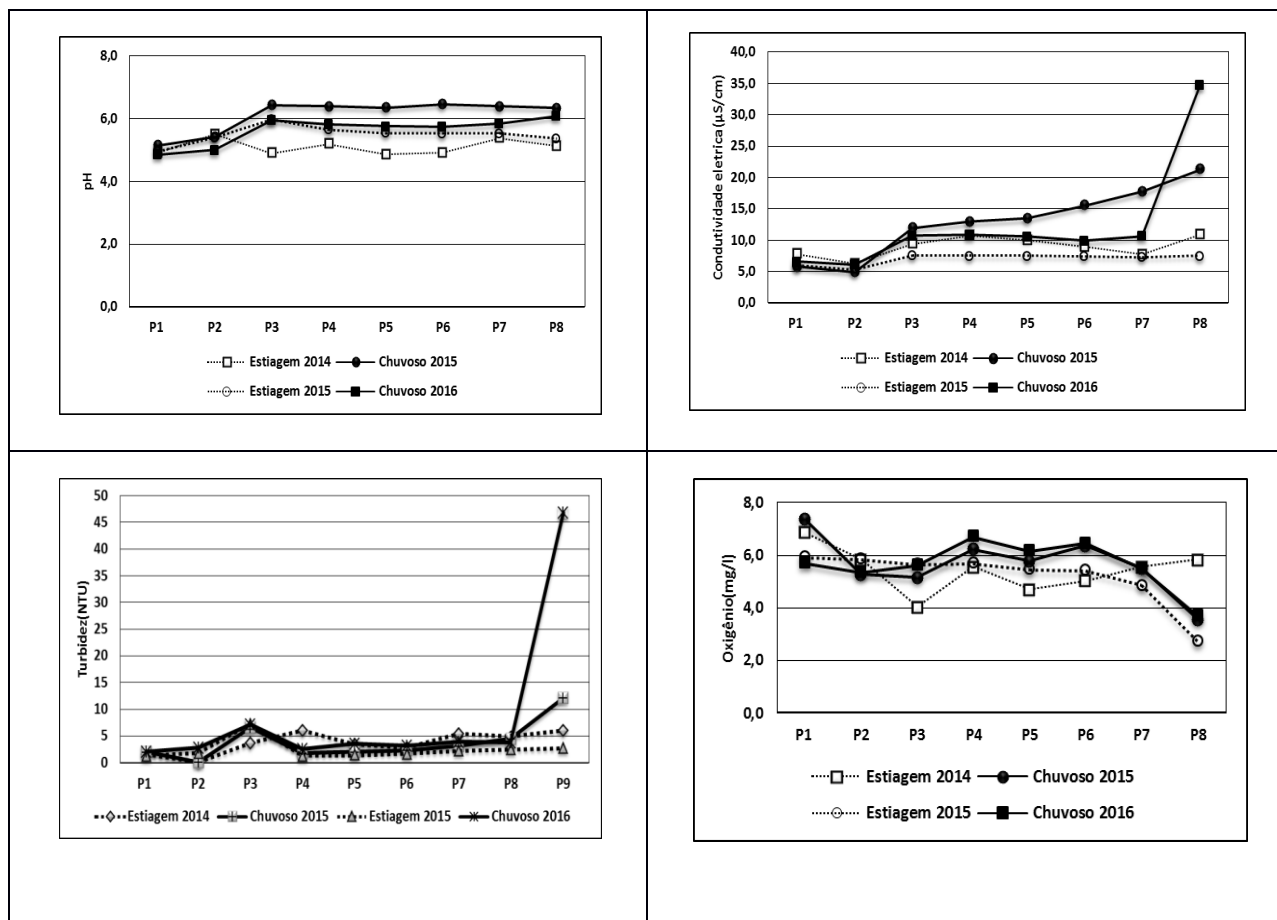


Figura 2 - Comportamento do pH, condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido (OD) nas águas da Bacia do Puraquequara nos períodos de seca (outubro e novembro) e enchente (março e abril) nos anos de 2014 a 2016.

Esta diminuição na acidez da água e aumento na condutividade elétrica nos últimos anos se atribui a influência antrópica. Já os valores de turbidez encontram-se dentro dos padrões da região amazônica. O (P8) – Entrada do Lago Puraquequara - é o ponto que apresenta a maior turbidez no período de chuvoso, isso pode ser explicado por esta situado na foz do Rio Puraquequara que deságua no rio Amazonas, que é um rio de água branca que pode estar exercendo uma pequena influência nos corpos hídricos deste local.

O oxigênio dissolvido (Figura 2) variou de 3,69 mg/l (P3-Escola Puraquequara no mês de novembro/2014) a 6,95 mg/l (P8- Entrada do Lago Puraquequara no mês de outubro/2014) no período de estiagem, sendo que no período chuvoso variou de 3,18 mg/l (P8 – Entrada do Lago Puraquequara no mês de abril/2015) a 7,79 mg/l (P1 – Próximo a Nascente no mês de março/2015).

Melo *et al.* (2005) fazendo estudos na bacia do Tarumã – Açú encontrou valores de oxigênio dissolvido variando de 5,23 a 7,78 mg/L em áreas preservadas. A resolução CONAMA 357/05 estabelece para águas de classe 1, valores de oxigênio dissolvido não inferior a 6 mg/L. Portanto apenas os pontos (P1) – Próximo a nascente do Puraquequara e (P8) – Entrada do Lago Puraquequara atenderiam esta legislação.

A demanda química de oxigênio variou de 13,97 mg/L (P1-Próximo a nascente no mês de agosto/2014) a 54,88 mg/L (P8 no mês de setembro/2015) no período de estiagem, já no período chuvoso variou de 9,66 mg/L (P1 – Próximo a nascente do Puraquequara no mês de março/2015) a

54,71 mg/L (P8 no mês de maio/2016). Os pontos (P3) - Puraquequara Escola, (P4) - Foz do Igarapé do Ipiranga, (P5) – Flutuante do Sassá, (P6) – Estaleiro M.N, (P7) – Foz do Igarapé do João Paulo, (P8) – Entrada do Lago Puraquequara apresentam uma demanda química de oxigênio maior que os demais devido suas margens estarem urbanizadas ou próximo a áreas de concentrações urbanas.

A demanda bioquímica de oxigênio variou de abaixo do nível de detecção do método a 1,83 mg/l (P8- Entrada do Lago no mês de novembro/2014) no período de estiagem, sendo que no período chuvoso variou de 0,02 mg/L (P8 no mês de março /2015) a 2,49 mg/L (P6 no mês de março/2016). Portanto esses valores, se encontram dentro do limite estabelecido pelo CONAMA 357/2005, para águas de classe I, quando diz que o valor permitido é de até 3,0 mg/L.

O nitrato variou de abaixo do nível de detecção do método (<0,01) a 0,282 mg/l (P2 – Hakuya no mês de setembro/2015) no período de estiagem, sendo que no período chuvoso variou de abaixo do nível de detecção do método (<0,01) a 0,1 mg/l. Enquanto Horbe *et al.* (1999) estudando essas águas no período de baixa precipitação encontrou uma variação de 0,014 a 0,040 mg/l e de 0,020 a 0,158 mg/l no período de enchente. Segundo Horbe *et al* (2005), o baixo teor de nitrato e devido à pobreza dessa substância nas rochas que constituem a formação Alter do Chão e a baixa mobilidade de seus compostos.

O íon amônio variou de 0,106 mg/L (P1-Proximo a nascente no mês de outubro/2014) a 0,585 mg/L (P6-Estaleiro M.N no mês de agosto/2015) no período de estiagem e no período chuvoso variou de abaixo do nível de detecção do método (P1 – Próximo a Nascente do Puraquequara no mês de maio/2016 e P2 – Hakuya no mês de março/2016) a 0,541 mg/L (P8 – Entrada do Lago no mês de março/2016), apresentando maiores valores no período de estiagem no ano de 2015. Enquanto Horbe *et al.* (1999) estudando essas águas no período baixa precipitação encontrou valores que variaram de 0,78 a 0,92 mg/L e de 0,121 a 0,293 mg/L no período chuvoso. Segundo Horbe *et al.* (2005) valores de íon amônio acima de 0,2 mg/l nessa região são indícios de ação antrópica, pois esse íon e um bom indicador de degradação ambiental.

Os valores de ferro total e dissolvido encontradas na Bacia do Puraquequara todos estão abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, que determina teores menores que 1,4 mg/L para ferro total e 0,3 mg/L para ferro dissolvido, para águas de classe I.

O ferro total no período de estiagem variou de 0,107 mg/L (P1, no mês outubro/2014) a 0,844 mg/L (P8, no mês agosto/2015) e no período chuvoso variou de 0,163 mg/l (P1, abril/2015) a 2,852 mg/l (P8, março/2016). Em todos os Pontos o teor de ferro total tendeu a aumentar no período chuvoso. O ferro dissolvido no período de estiagem variou de 0,099 mg/l (P1, outubro/2014) a 0,236 mg/l (P8 no mês setembro/2016) e no período chuvoso variou de abaixo do nível de detecção (P1 no mês março/2016) a 0,235 mg/l (P2 no mês março/2015).

A sílica variou de 1.318 mg/l (P2-Hakuya no mês de outubro/2014) a 2.544 mg/l (P7-Foz do Igarapé do João Paulo no mês de outubro/2014) no período de estiagem e no período chuvoso variou de 1,874 a 3,114 mg/l com valores mais elevados na enchente. Horbe *et al.* (1999) encontrou valores que variaram de 1,618 a 2,923 mg/l, esses valores são considerados normais nessas regiões devido a formação geológica Alter-do-Chão.

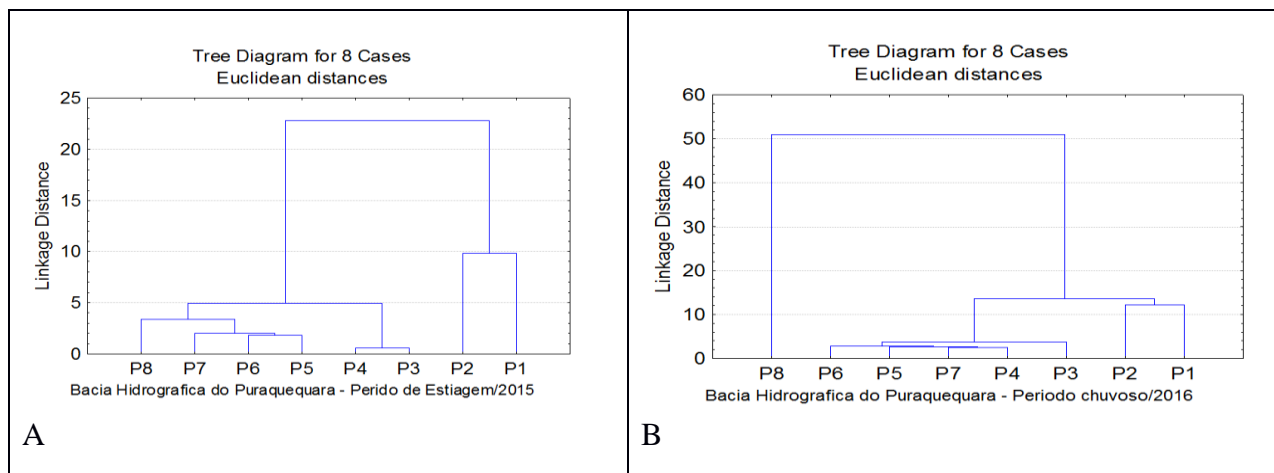


Figura 3 - Representação do agrupamento (AHC) das variáveis físicas e químicas rio Puraquequara e afluentes, durante os períodos de estiagem (A) e chuvoso (B) meses de outubro de 2014 a maio de 2016.

As características desta bacia se expressam de acordo com os períodos sazonais e com as influências da ocupação humana em zonas específicas. No período de estiagem encontrou-se a formação de dois principais grupos de ambientes (Figura 3A). Em relação aos pontos P1 e P2 que apresentam uma larga distância dos demais, devido ambos terem características de igarapés de terra firme serem pontos em áreas que ainda guardam certo grau de preservação. Os pontos (P5, P6 e P7) no canal principal da bacia mostraram características semelhantes e bem distante do (P1 e P2) curso de água próximo de uma das nascentes do Rio Puraquequara com características naturais.

No período chuvoso formam-se 3 grupos (figura 3B, o (P1 e P2) menor distância e com características semelhantes o que justifica por ser zonas mais preservadas; o grupo (P3, P4, P5, P6, P7) no canal principal da bacia, também com características da composição física e química semelhantes; e o ponto P8 distante dos demais, este local apresenta características bem diferenciadas, identificando ambiente com forte contribuição do rio Amazonas em determinados períodos. Fato evidenciado quando comparada as características das águas do local com a do rio Amazonas, como a cor aparente, alta condutividade, alta turbidez e apresentar um pH mais próximo a neutralidade.

## 5. Conclusão

As águas da bacia do Puraquequara apresentam características heterogêneas. De águas ácidas (pH-4,68) a próximo a neutralidade (pH-6,84), com baixa carga iônica com condutividade abaixo de 33,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (exceto na zona com influência do rio Amazonas). Na parte alta da bacia (P1 e P2) as águas são mais ácidas, já na parte mais baixa, observa-se que o rio sofre influência do rio Amazonas/AM, principalmente em períodos de altas precipitações, onde as águas são menos ácidas e mais enriquecidas de nutrientes.

Em alguns locais são bastante aeradas com oxigênio acima de 5,0 mg/L, já em outros, o oxigênio encontra-se abaixo de 4,0 mg/L que pode ser atribuída à influência antrópica. As variáveis, sílica, íon amônio, ferro total e dissolvido mostraram um aumento no período de alta precipitação nos locais próximo as áreas urbanas. As alterações nas características físicas e químicas nos locais mais urbanizados se atribui a ação antropogênica que se dá pontualmente em função da ocupação urbana.

## 6. REFERÊNCIAS

- APHA, American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2005.
- APHA. (1985). AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16 ed. Washington: APHA. 1269p.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357, de 7 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências*. Diário Oficial da união República Federativa do Brasil, Brasília-DF. 2005.
- COSTA, Eduardo Bulcão da silva; SILVA, Clauzionor Lima; SILVA, Marcio Luiz. 2013. Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus-AM. *Caminhos de geografia*, vol.14, n.46: 93-100.
- FORTI, M.C.; MELFI, A.J. & AMORIM, P.R.N. 1997. Hidroquímica das águas de drenagem de uma pequena bacia hidrográfica no Nordeste da Amazônia (Estado do Amapá, Brasil): efeitos da sazonalidade. *Geochimica Brasiliensis*, 11:325-340.
- GOLTERMAN, H.; CLYMO, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. *Methods for physical & chemical analysis of freshwater*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 213p. 1978.
- Hendersen P. & Walker I., On the leaf litter of the Amazonian black water stream Tarumazinho. *Journal of Tropical Ecology*, 2 (1-17p), 1986.
- HORBE, Adriana Maria Coimbra; GOMES, Israel leibnitz Ferreira. 1999. *Estudo dos parâmetros das águas da Bacia do Puraquequara*. Universidade do Amazonas Instituto de ciências exatas/Departamento de Geociências. Pibic/1998-1999.
- HORBE, Adriana Maria Coimbra; GOMES, Israel leibnitz Ferreira; Miranda, Sebastião Atila Fonseca e SILVA, Maria do Socorro Rocha da Silva. 2005. Contribuição Hidroquímica de drenagens no município de Manaus. *Acta Amazônia*, vol. 35(2):119-124.
- LIMA, R. M. S; MIRANDA, S.A.F. *Estudo físico-químico dos tributários da margem esquerda do rio Puraquequara*. Anais da IX Jornada de Iniciação Científica do INPA, Manaus, 2000. p.191-193
- MELO, E.G.F; SILVA, M.S.R; MIRANDA, S.A.F. *Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-AM*. *Caminhos de Geografia*, v.5, n.16, p.40-47, 2005.
- NASCIMENTO, C.R; SILVA, M.R.S. *Alterações em parâmetros físicos e em concentrações de cátions e ânions em uma micro-bacia hidrográfica de Manaus devido à expansão urbana*. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v.11, p.208-219, 2010.
- SHILLER, A.M. 1997. Dissolved trace elements in the Mississippi River: Seasonal, interannual, and decadal variability. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61:4321-4330.
- SILVA, M.S.R.. 1996. *Metais Pesados Em Sedimentos de Fundo de Igarapés (Manaus-AM)* Dissertação - Mestrado em Geoquímica Ambiental – Curso de Pós Graduação em Geologia e GEOQUÍMICA.
- SILVA, M.S.R; RAMOS, J.F; PINTO, A.G.N. 1999. Metais de transição de igarapés de Manaus, AM. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 11(2):89-100.
- STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. (1968). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 169,1-311.