



## **PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA FACE AO ENQUADRAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PURAQUEQUARA, MANAUS-AM**

Paulo Cezar Arce da Rocha

Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil

[pcar26@gmail.com](mailto:pcar26@gmail.com)

Ieda Hortêncio Batista

Professora do Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, da Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil

[ibatista@uea.edu.br](mailto:ibatista@uea.edu.br)

Flávio Wachholz

Professor do Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, da Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil

[fwachholz@uea.edu.br](mailto:fwachholz@uea.edu.br)

**RESUMO** – A Água possui grande importância na fisiologia de todos os seres vivos, como também na dessedentação animal, irrigação de culturas, processos produtivos em geral, navegação e lazer. A Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara (BHRP) sofre pressão antrópica em sua porção ocidental em Manaus-AM. O método de análise foi baseado em bibliografia consolidada pela CETESB; dados para o geoprocessamento foram obtidos junto ao INPE, INCRA, IBGE e ANA. Dessa forma objetivou-se mensurar físicos e químicos da água no baixo curso da BHRP, verificar a possibilidade de realização do Enquadramento da bacia e representar os parâmetros mensurados por meio de Mapas de Espacialização de Resultados. As análises apontaram os resultados de 2,46 a 5,49 NTU para turbidez; 0,10 a 3,08 mg/L para OD; 27,46 a 29,76° C para a temperatura da água; pH variando de 4,27 a 4,75, e, portanto, não sendo possível realizar o Enquadramento; por meio do mapa de espacialização de resultados foi possível verificar as áreas com maiores problemas nos parâmetros analisados. Concluiu-se, que somente poderá haver melhora nos parâmetros para um possível Enquadramento, com o estabelecimento de um zoneamento econômico-ecológico, infraestrutura de saneamento básico e desenvolvimento da Educação Ambiental na área da BHRP.

Palavras-chave: Água; CONAMA; Geoprocessamento; Zoneamento; Saneamento.

## **PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE WATER IN FRAMEWORK OF THE PURAQUEQUARA RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, MANAUS-AM**

**ABSTRACT** – Water is of great importance in the physiology of all living beings, as well as in animal watering, crop irrigation, production processes in general, navigation and leisure. The Puraquequara River Basin (BHRP) suffers anthropic pressure in its western portion in Manaus-AM. The analysis method was based on bibliography consolidated by CETESB; data for geoprocessing were obtained from INPE, INCRA, IBGE and ANA. Thus, the objective was to measure the physical and chemical aspects of the water in the lower course of the BHRP, to verify the possibility of carrying out the Framing of the basin and to represent the parameters measured by means of Spatial Results Maps. The analyzes showed results from 2.46 to 5.49 NTU for turbidity; 0.10 to 3.08 mg/L for OD; 27.46 to 29.76° C for water temperature; pH ranging from 4.27 to 4.75, and therefore it is not possible to carry out the Framing; through the results spatialization map it was possible to verify the areas with major problems

in the analyzed parameters. It was concluded that there can only be an improvement in the parameters for a possible Framing, with the establishment of an economic-ecological zoning, basic sanitation infrastructure and development of Environmental Education in the BHRP area.

Keywords: Water; CONAMA; Geoprocessing; Zoning; Sanitation.

## INTRODUÇÃO

A água possui grande importância para os seres vivos em geral, como também na composição de processos produtivos, irrigação de culturas e dessedentação de animais, porém deve obedecer a determinados parâmetros físicos, químicos e biológicos para o atendimento de cada segmento de uso (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2020, p.39).

Para utilização humana a água deve ter a melhor qualidade possível, no intuito de preservação da saúde humana (FUNASA, 2006, p.35, 42). É menos exigente a qualidade para a navegação do que se exige para o consumo humano. Da mesma forma, a água utilizada em processos produtivos industriais ou de geração de energia no resfriamento de motores exige menor qualidade do que a água utilizada para a dessedentação de animais e de irrigação de culturas. Cada uso da água possui peculiaridades ligadas à quantidade e à qualidade, e altera e/ou depende das condições das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2022, p.45).

A utilização da água para atividades de lazer de contato primário ou secundários exige uma determinada qualidade de balneabilidade (ANA, 2022, p.66, 79) que, não é a mesma daquela destinada apenas para a navegação.

Dessa forma, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução nº 357, datada de 17 de março de 2005, determinou os parâmetros de qualidade da água que devem ser observados para cada tipo de atividade, tendo a bacia hidrográfica como referência de Unidade de Estudo e de Gestão dos Recursos Hídricos (CONAMA, 2005, p.3).

Assim, as águas doces estão ordenadas em Classes Especial, 1, 2, 3 e 4, sendo a Especial a de melhor qualidade, as numéricas, conforme aumenta o número, diminui inversamente proporcional sua qualidade (CONAMA, 2005, p.3; ANA, 2022, p.79).

Ainda, com base nessa classificação, realiza-se o Enquadramento, que é um dos Instrumentos para a Gestão dos Recursos Hídricos. O resultado do Enquadramento possibilita o estabelecimento de outros Instrumentos de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, como a Outorga, a Cobrança, o Sistema de Informações e o próprio Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica (ANA, 2022, p.74).

A falta de cuidado com os parâmetros de qualidade da água pode inviabilizar os seus usos mais nobres, sem que ela seja submetida aos diversos tratamentos disponíveis conforme sua destinação e, quanto pior o estado qualitativo dessa água bruta, mais complexos e dispendiosos são os tratamentos.

Sobre o parágrafo anterior, Campos et al. (2016, p. 79), que “a importância da água não impediu sua degradação”. Prossegue o autor, que apesar de ser essencial para a vida, a interferência do homem na natureza, sem conhecer nem respeitar suas limitações, resulta em graves problemas ambientais que afetam diretamente na qualidade e quantidade da água que dispomos (CAMPOS et al., 2016, p.79).

A problemática da Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara (BHRP), área periurbana de Manaus-AM, com características rurais, tem mote na expansão urbana e industrial desorganizada, sem planejamento por parte das autoridades responsáveis e, ainda, a descaracterização da região da bacia de Área de Proteção Ambiental (APA) para Zona de Expansão Urbana (ZEU), sem o devido estabelecimento de infraestrutura de saneamento básico e ambiental.

Com relação ao citado anteriormente, discorrem Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020, p.29) que “a zona rural necessita de tratamento de água e saneamento básico, das mesma forma que as zonas periurbanas das grandes metrópoles brasileiras”.

Esteves (2011, p. 66) asserta que “No Brasil, as principais fontes de degradação dos recursos de água doce são esgotos domésticos e industriais, que são lançados nos corpos de águas continentais na quase totalidade sem nenhuma forma de tratamento”.

Dessa forma, cita ANA (2022, p.53), que “O lançamento de efluentes nos corpos d’água, predominantemente de esgotos domésticos, é outro uso a ser considerado, pois indisponibiliza água para outros usos devido à poluição hídrica.

Nesse contexto, o presente trabalho de pesquisa objetivou verificar pontos com potencial de degradação da qualidade da água, mensurar previamente parâmetros físicos e químicos da água no baixo curso da BHRP, verificar a possibilidade de realização do Enquadramento da bacia e representar os parâmetros mensurados por meio de Mapas de Espacialização de Resultados.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **ÁREA DO ESTUDO**

A BHRP, de acordo com Costa, Silva e Silva (2013, p. 95), possui uma área de drenagem de 694,834 km<sup>2</sup> e um perímetro de 151,731 km, sendo uma bacia de 4<sup>a</sup> ordem e com baixa declividade. Encontra-se localizada na região Leste do município de Manaus-AM, em área limítrofe com a região Oeste do município de Rio Preto da Eva-AM, representada pela Figura 1.

Em sua porção noroeste encontram-se assentamentos realizados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e igarapés importantes, como Água Branca, Matrinxã, Meada, Ipiranga, João Paulo e Boa Vista, afluentes da margem direita e, Candiru, Branquinho, Mainá e Manaizinho, afluentes da margem esquerda (MIRANDA, 2017, p. 79); a região Centro-Oeste da bacia limita-se com a Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), local de várias de suas nascentes e, a região Sudoeste contemplando os bairros do Distrito Industrial II, Jorge Teixeira e do Puraquequara. Ao Sul limita-se com a margem esquerda do Rio Amazonas, onde encontra-se o seu Exutório; ao Norte limita-se com extensa região de floresta primária.

É uma bacia hidrográfica que possui um comprimento aproximado de 39 km, desde sua nascente mais remota, até o seu Exutório, junto à margem esquerda do Rio Amazonas e, em sua cabeceira, uma altura aproximada de 130 m com relação ao Exutório.

A cidade de Manaus possui o seu crescimento balizado por duas bacias hidrográficas importantes, a Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu à Oeste e, a BHRP à Leste, que sofre uma pressão social antrópica, em virtude de falta de planejamento urbano por parte dos gestores municipais.

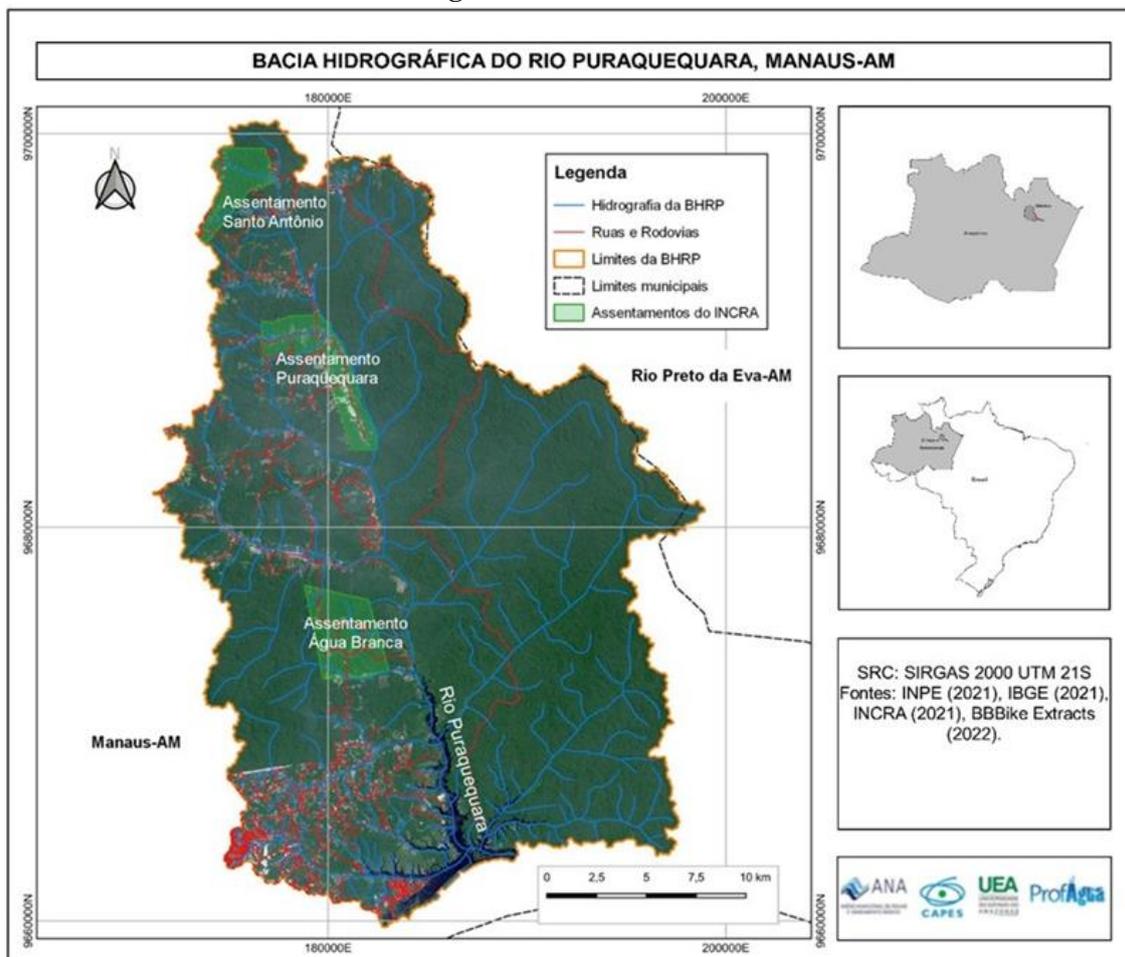
A bacia hidrográfica encontra-se em uma área que apresenta índice pluviométrico médio anual de 2.286 mm/ano e uma temperatura média anual de 26,7° C (BARBOSA et al. 2015, p. 101). Segundo Álvares et al. (2013, p. 713) o clima é o “Af”, conforme classificação climática de Köppen (1936), onde “A” significa Clima Tropical Chuvoso e “f” Sem Estação Seca.

De acordo com Sioli (1950), a BHRP possui suas águas classificadas como pretas, em virtude da presença da ácidos húmicos e fúlvicos, consequência da decomposição incompleta da vegetação.

É uma bacia caracterizada por verter da direção Norte para a direção Sul, como todos os rios das margens esquerda dos Rios Negro e Amazonas. Possui na porção oriental, à margem esquerda do curso principal do rio, uma área de floresta primária jurisdicionada ao Exército Brasileiro e sob a responsabilidade do Centro de Instrução de Guerra na Selva (CIGS) com algumas comunidades tradicionais estabelecidas em suas margens, mas que se encontra com bom grau de conservação.

Na porção ocidental, margem direita do rio, ocorre uma pressão social no sentido Oeste-Leste da cidade de Manaus. Encontram-se estabelecidos o bairro do Puraquequara, bairro Distrito Industrial II, abatedouro de gado bovino, estaleiros, assentamentos realizados pelo INCRA, sítios com áreas agrícolas de culturas diversas, mananciais com barramentos destinados à piscicultura, além de áreas de invasões e sem saneamento básico (RUBIM e FERRAZ, 2020, p.119).

Figura 1. Área do Estudo

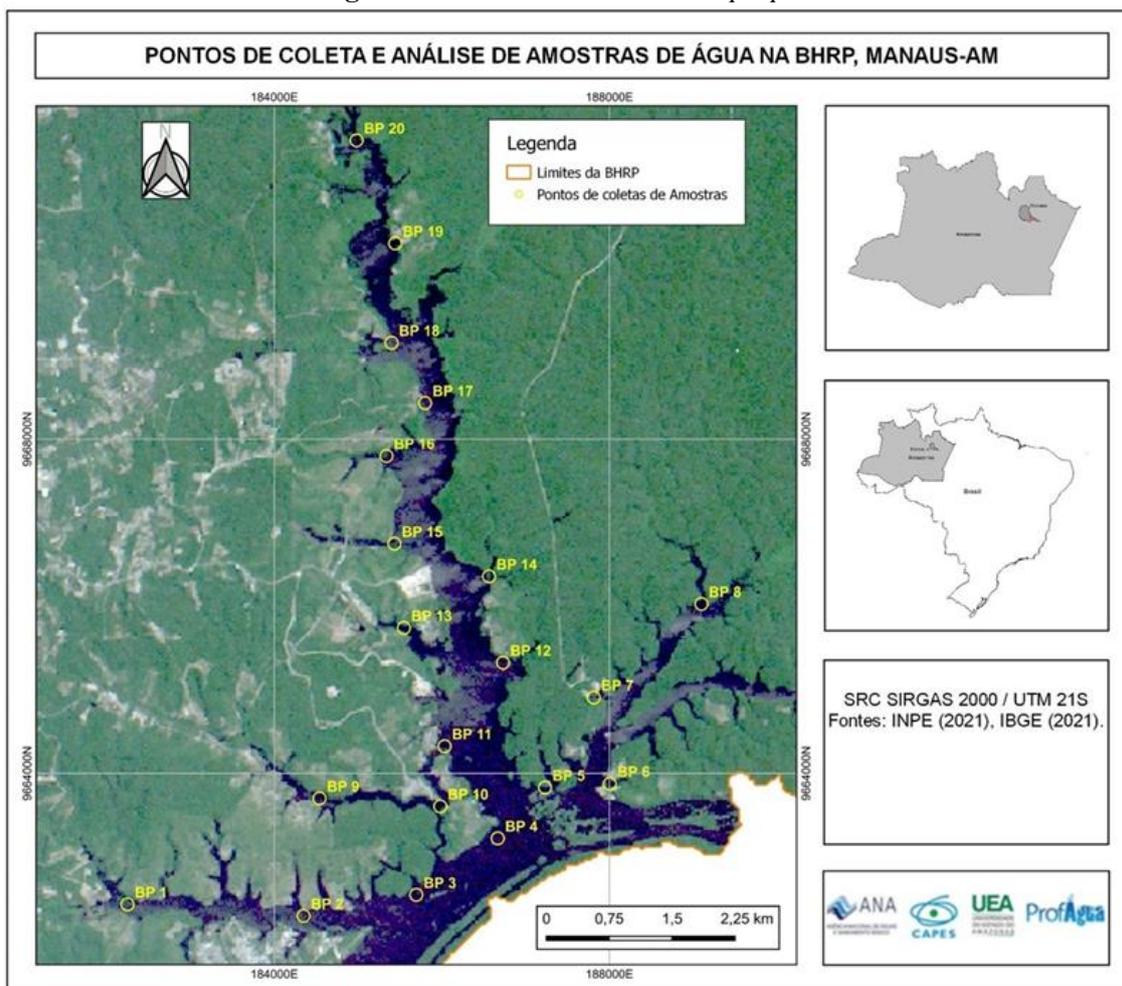


Org. Arce-da-Rocha (2022).

## LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA E ANÁLISE

Os pontos para coleta de amostras e análises foram escolhidos, previamente, levando em consideração a possibilidade de alteração antrópica na qualidade da água em virtude da observação das características das atividades desenvolvidas próximas aos referidos pontos, que se encontram identificados (BP) no mapa da Figura 2, e caracterizados no Quadro 1.

**Figura 2.** Baixo Curso do Rio Puraquequara



Org. Arce-da-Rocha (2022).

**Quadro 1.** Caracterização dos Pontos de coleta e análises de água

Ponto	Caracterização
BP 1	Início do Igarapé Boa Vista, afluente da margem direita do Rio Puraquequara. A Leste do ponto área desmatada e com solo exposto. A Sudoeste área desmatada, em regeneração, mas com solo exposto. A Sudeste, região de cultura de hortaliças. Ao Norte área desmatada em regeneração. A Leste do ponto segue o curso do Igarapé Boa Vista.
BP 2	Igarapé Boa Vista. Ao Norte da localização encontram-se propriedades com características rurais, de criação de gado bovino, desmatadas, vegetação de pequeno porte e ampla área desmatada. A Oeste e Leste os cursos montante e jusante do igarapé. Ao Sul do ponto parte da região urbanizada do bairro do Puraquequara.
BP 3	A Noroeste uma ilha com vegetação densa, aparentemente nativa, a Nordeste uma região desmatada e com solo exposto. A Oeste, mais a montante do igarapé áreas de cultivo de hortaliças, áreas desmatadas e com solo exposto. A Leste o curso do igarapé na direção do Rio Puraquequara.
BP 4	Confluência do Igarapé Boa Vista com o Rio Puraquequara. Ao Norte diversas habitações e alguns bares flutuantes; ao longo desse ponto o curso principal do Rio Puraquequara. A porção de terra é caracterizada por uma área com diversas residências, área desmatada, presença de culturas e solo exposto. Ao Sul estão o Lago do Puraquequara e o Rio Amazonas. A Oeste, montante do igarapé Boa Vista, para Leste os igarapés do Mainã e Mainzinho.

BP 5	Confluência do Igarapé do Mainã com o Rio Puraquequara, próximo a um banco de macrófitas aquáticas fixas. A Leste região do Exutório do Rio Puraquequara, ao Norte floresta ombrófila densa. A Nordeste região desmatada, com solo exposto e uma residência. A Sul o Lago do Puraquequara e o Rio Amazonas, a Sudeste a comunidade de São Francisco do Mainã.
BP 6	Ao Sul a Comunidade de São Francisco do Mainã, em área com desmatamento e solo e margens expostas, com prática de agricultura de subsistência. A Oeste, confluência do Igarapé do Mainã com o Rio Puraquequara. A Oeste regiões de floresta fragmentada e com diversas residências.
BP 7	A Norte o cemitério Santa Joana do Puraquequara e, mais à direita, as instalações físicas da Base de Instrução Pedro Teixeira do CIGS, no Km 45, final da rodovia AM-449, denominada Estrada do Puraquequara. A Oeste existência de floresta. A Leste o curso montante do Igarapé do Mainã e, ao Sul, a margem esquerda do Igarapé do Mainã e floresta com margens preservadas.
BP 8	A Norte, confluência de dois igarapés que formam o Igarapé do Mainã, afluente da margem esquerda do Rio Puraquequara, com uma porção de solo exposto. Para as direções Oeste e Leste margens preservadas do Igarapé do Mainã com áreas de floresta primária. Ao Sul, margens do igarapé com floresta preservada.
BP 9	Confluência de início do Igarapé do João Paulo, afluente da margem direita do Rio Puraquequara, ao Norte pequena área de desmatamento e desmatamento mais extenso na direção Nordeste. A Oeste área de desmatamento com solo exposto, inclusive nas margens. Ao Sul região desmatada, com solo exposto e vegetação de pequeno porte, contendo residência.
BP 10	Final do Igarapé do João Paulo. Ao Norte residências com área desmatada, solo e margens expostas. A Oeste montante do curso desse igarapé. A Leste, área desmatada com regiões de solo exposto, residências em terra e residências flutuantes. Para o Sul a confluência do Igarapé do João Paulo com o Igarapé Boa Vista.
BP 11	Comunidade Santa Luzia, em uma derivação da margem direita do Rio Puraquequara na direção do Exutório do Igarapé do João Paulo. Ao Norte considerável quantidade de residências em terra, trapiches e flutuantes destinados ao lazer. A Oeste região bastante desmatada e com solo exposto. A Leste o curso principal do Rio Puraquequara e, para o Sul, residências em terra com porção de área desmatada e solo e margens expostas.
BP 12	Margem esquerda do Rio Puraquequara, ao Norte diversas instalações físicas, sendo a principal uma residência em terra firme e outra flutuante, ocorrendo desmatamento, estabelecimento de culturas e solo com porção da margem exposta. A Oeste o curso principal do Rio Puraquequara. A Leste a confluência de um igarapé originado na floresta. Na direção Sul jusante do Rio Puraquequara.
BP 13	Região do Matadouro AM. Ao Norte, porção de floresta com uma área desmatada e margem com solo exposto. A Oeste, região desmatada, solo e margem expostos. A Leste, instalações físicas do frigorífico com porção de margem com vegetação ripária e outra porção desmatada e com solo e margens expostas. Ao Sul região com vegetação esparsa e margens e solo exposto.
BP 14	Margem esquerda do Rio Puraquequara. A Norte e Leste, região de floresta preservada e margens com vegetação ripária. A Oeste, curso principal do Rio Puraquequara, da mesma forma que para o Sul. A Sudeste, instalação residencial com áreas de desmatamento, mas com margens contendo vegetação ripária.
BP 15	Região com vários barramentos da linha d'água, destinados a aquicultura. A Norte e a Leste, curso do Rio Puraquequara. A Oeste igarapé com diversos barramentos de água. Ao Sul, porção de terra com área desmatada, vegetação de pequeno porte, áreas de solo e margens expostas.
BP 16	Margem direita do Rio Puraquequara. Ao Norte extensa região desmatada, como também extensa área de solo exposto e parte da margem com solo exposto. A Leste, o curso do Rio Puraquequara. A Oeste, confluência de dois igarapés com áreas desmatadas

	e solo e margens expostas. Ao Sul extensa área desmatada, com porções de vegetação ripária e solo e margens expostas.
BP 17	Escola Municipal São Luiz Gonzaga, próximo da margem direita do Rio Puraquequara. Para o Norte, Sul e Leste curso do Rio Puraquequara. A Oeste, porções de floresta fragmentada por estradas vicinais, área com várias residências e instalações flutuantes.
BP 18	Margem direita do Rio Puraquequara. Ao Norte residências, regiões desmatadas, contendo capim baixo e áreas de margens com solo exposto. A Oeste, montante do igarapé contendo vegetação ripária, porém, com região desmatada, solo exposto e contendo uma residência. A Leste, curso do Rio Puraquequara. Ao Sul uma pequena ilha com floresta preservada.
BP 19	Margem esquerda do Rio Puraquequara, para o Norte, Oeste e Sul estão o curso do rio. A Leste do ponto encontram-se diversas residências, áreas desmatadas, vegetação de pequeno e médio portes, solo exposto e uma pequena porção de margem exposta.
BP 20	Ao Norte e Sul o curso do Rio Puraquequara com porções de floresta inundada. A Leste, floresta inundada com pequena área de desmatamento. A Oeste várias residências, áreas desmatadas, áreas de solo exposto, estrada de acesso, vegetação de médio e pequeno porte e culturas estabelecidas. No momento da coleta e análises <i>in situ</i> deste ponto encontravam-se na água diversas aves domesticadas (patos). A Noroeste do ponto ocorre a confluência do igarapé Água Branca com o Rio Puraquequara, que flui pelo interior do Assentamento Água Branca, onde é praticada agricultura.

Org. Arce-da-Rocha (2022).

## PLANEJAMENTO DA AMOSTRAGEM

Para as análises dos parâmetros físicos e químicos da água, resultou no estabelecimento de duas fases distintas: a primeira realizada em campo e a segunda em escritório. Em virtude das características individuais dos parâmetros e dos instrumentos de análise e medição, a campanha contemplou na primeira fase, a coleta em triplicata e análise *in situ* das amostras de água, com a finalidade de se obter resultados *semper fi*, considerando que a não realização em campo e, conseqüente demora na realização das análises, resultaria na alteração da composição do material em análise (CETESB, 2011).

Os Trabalhos em Campo consistiram na coleta e análises de parâmetros físicos e químicos, como a Turbidez da água (NTU), realizada com turbidímetro portátil, e Temperatura da água (°C), Oxigênio Dissolvido (mg/L<sup>-1</sup>) e Potencial Hidrogeniônico (pH) de água coletada superficialmente (até 0,3m de profundidade) e medidas com Sonda Multiparamétrica. Os resultados obtidos, foram anotados em uma Ficha de Campo, registradas as coordenadas métricas do respectivo ponto, inseridos em planilha eletrônica, convertidos para arquivo de extensão tipo “.CSV” e gerados gráficos para análise estatística.

A próxima etapa caracterizou-se pela realização de procedimentos técnicos de geoprocessamento, para a espacialização dos dados no arquivo vetorial da região de coletas e análises, considerando a construção de um mapa com paleta de cores para cada parâmetro analisado.

## ANÁLISES DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS *IN SITU*

Para a realização das análises *in situ* foram utilizados equipamentos como o Turbidímetro modelo HI98703 e a Sonda Multiparâmetro modelo HI98194 constantes da Figura 3.

**Figura 3.** Instrumentos utilizados para análises *in situ*



**Legenda:** A – Turbidímetro portátil HI98703; e B – Sonda Multiparâmetro portátil HI98194.

**Org.:** Arce-da-Rocha (2022)

Na Figura 4, seguinte, registro da equipe embarcada, realizando coletas e análises de água superficial, com a utilização dos instrumentos portáteis.

**Figura 4.** Análises *in situ*



**Legenda:** A – Utilização do Turbidímetro; e B – Utilização da Sonda Multiparâmetro.

**Org.:** Arce-da-Rocha (2022).

Os instrumentos utilizados nas análises *in situ* processam as análises automaticamente e permitem a leitura dos resultados em um visor de cristal líquido (LCD – *Liquid Crystal Display*).

## EXECUÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO

Para a execução do geoprocessamento, inicialmente, foi necessário definir a área do estudo e, posteriormente, os pontos para coleta e análise dos parâmetros físicos e químicos da água superficial do Baixo Curso da BHRP.

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada com a aquisição do Modelo Digital de Elevação (MDE), dados morfométricos TOPODATA, da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), junto ao INPE, com a finalidade de estabelecer o fluxo da água dentro da bacia, definir o seu Exutório e, por fim, um arquivo vetorial contendo apenas os limites da BHRP.

Para a vista aérea da bacia foi necessária a aquisição, no sítio do INPE, das imagens do tipo “raster”, bandas espectrais produzidas pelo Sensor Multiespectral MUX, do Satélite Orbital CBERS-4, Consórcio China-Brasil, originadas em 23 de agosto de 2021, data em que a área de estudo se encontrava sem cobertura de nuvens.

As imagens adquiridas foram geradas pelo sensor multiespectral MUX e correspondem, respectivamente, aos comprimentos de onda e cores: Banda 5 = 0,45-0,52 $\mu$ m (B – *Blue* – Azul); Banda 6 = 0,52-0,59 $\mu$ m (G – *Green* – Verde); Banda 7 = 0,63-0,69 $\mu$ m (R – *Red* – Vermelho); e Banda 8 = 0,77-0,89 $\mu$ m (*NIR* – Infravermelho próximo), (INPE, 2021).

As bandas posteriormente compostas no QGIS 3.22, na sequência 7, 6 e 5, resultou em uma Composição Colorida, proporcionando uma visão natural da região do estudo. Para melhor visualização das linhas hidrográficas a composição colorida foi fusionada com a banda 8, do infravermelho próximo (*NIR*).

Em página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram adquiridos arquivos do tipo “vetorial” contendo a hidrografia geral do Brasil.

Junto ao INCRA foram obtidos arquivos do tipo vetorial contendo os dados dos assentamentos de famílias, de todo o Brasil.

Todos os arquivos adquiridos foram recortados por uma máscara vetorial representativa dos limites da BHRP e colocados no SRC SIRGAS 2000/UTM Zone 21 S, EPSG 31981.

A totalidade do material adquirido foi organizado em um Banco de Dados com a finalidade de utilização no processamento dos arquivos raster e vetoriais com o *Software Open Source* QGIS 3.22 LTR.

As coordenadas dos pontos de coleta e análises da água foram convertidas de geográficas para métricas, inseridas em planilha eletrônica, convertidas para arquivo tipo “.CSV” (texto separado por delimitador) para ser utilizado na Tabela de Atributos do software QGIS.

No software QGIS foi inserido um arquivo vetorial da delimitação da área do Baixo Curso da BHRP, um arquivo vetorial contendo as coordenadas métricas dos pontos de coletas e os resultados obtidos para cada parâmetro analisado.

Finalmente, a construção dos mapas de interpolação dos resultados para cada parâmetro físico-químico analisado, utilizando a espacialização por interpolação do inverso ponderado da distância (IDW – *Inverse Distance Weighting*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises dos parâmetros físicos e químicos realizadas *in situ*, resultaram na consolidação da Tabela 1, onde, para cada parâmetro analisado, escrito em verde estão os melhores resultados obtidos e, escritos em vermelho, os resultados considerados não conformes.

**Tabela 1.** Resultados consolidados das análises dos parâmetros

Ponto de coleta	Turbidez (NTU)	OD (mg/L <sup>-1</sup> )	Temperatura da Água (°C)	pH
BP 1	4,90	0,79	29,59	4,37
BP 2	5,41	1,87	29,47	4,40
BP 3	5,21	1,83	29,72	4,72
BP 4	5,48	2,06	29,38	4,27
BP 5	5,27	2,16	29,39	4,41
BP 6	5,12	1,78	29,27	4,39
BP 7	4,05	0,17	29,46	4,31

BP 8	3,61	1,11	29,55	4,39
BP 9	3,80	0,35	29,73	4,57
BP 10	4,73	0,80	<b>29,76</b>	4,64
BP 11	4,73	1,11	29,69	4,62
BP 12	4,24	1,36	29,65	4,67
BP 13	5,25	0,31	29,63	<b>4,75</b>
BP 14	3,89	1,41	29,49	4,48
BP 15	3,90	1,39	29,67	4,51
BP 16	3,40	1,87	29,61	4,60
BP 17	2,81	1,87	29,68	4,58
BP 18	<b>2,46</b>	3,02	29,60	4,67
BP 19	2,49	<b>3,08</b>	28,71	4,74
BP 20	<b>5,49</b>	<b>0,10</b>	<b>27,46</b>	4,30

Org.: Arce-da-Rocha (2022).

### TURBIDEZ (NTU)

A turbidez apresentou resultado de medida mínima de 2,46 no ponto BP19, na direção montante do Rio Puraquequara e no ponto de coleta BP20, mais a montante o valor máximo de 5,49. O parâmetro apresentou média de 4,26 com mediana no valor de 4,32 e desvio padrão de 0,94.

No período de cheia, no Baixo Curso da BHRP, Neves (2018, p. 89) registrou valores de NTU oscilando entre 2,70 e 4,95, semelhante resultado neste trabalho.

Explica Esteves (2011, p. 151) que “os principais fatores responsáveis pela turbidez da água, bem como pela dispersão da radiação, são as partículas suspensas – bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos – e em menor proporção os compostos dissolvidos”.

### OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD – mg/L<sup>-1</sup>)

O valor mínimo desse parâmetro foi de 0,10 mg/L<sup>-1</sup> no ponto de coleta BP20 contrastando com o ponto de coleta BP19 o valor máximo de 3,08 mg/L<sup>-1</sup>. Apresentou uma média de 1,42 mg/L<sup>-1</sup> com a mediana no valor de 1,40 mg/L<sup>-1</sup>. O desvio padrão das amostras do parâmetro foi de 0,83 mg/L<sup>-1</sup>.

Neves (2018, p. 87) registrou para o período da cheia, no Rio Puraquequara, valores de 3,05 a 5,52 mg.L<sup>-1</sup>.

Segundo Esteves (2011, p. 178) “a grande fitomassa inundada, ao se decompor, consome grande parte do oxigênio dissolvido, gerando altos déficits, especialmente no hipolímnio”.

### TEMPERATURA DA ÁGUA (° C)

Os registros de temperatura da água apontaram um valor mínimo de 27,46° C no ponto de coleta BP20, onde o curso do rio é mais estreito e diversos igarapés com origem na floresta. O valor máximo registrado foi de 29,76° C no ponto de coleta BP10 na região do Exutório do igarapé João Paulo. A média da temperatura da água foi de 29,42° C, enquanto a mediana assinalou o valor de 29,59° C. O valor do desvio padrão registrado foi de 0,50.

No período da cheia, Neves (2018, p. 88) encontrou na BHRP valores de temperaturas que variaram de 28,84° C a 29,13° C.

Cita Esteves (2011, p. 128) que “Uma das consequências ecológicas mais importantes do alto calor específico da água é a grande estabilidade térmica dos ecossistemas aquáticos”.

### POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH apresentou valor mínimo de 4,27 no ponto de coleta BP4 e valor máximo de 4,75 no ponto BP13. A média desse parâmetro foi de 4,52 considerando os vinte pontos amostrados. A mediana está representada pelo valor de 4,54. O desvio padrão assinalou o valor de 0,15.

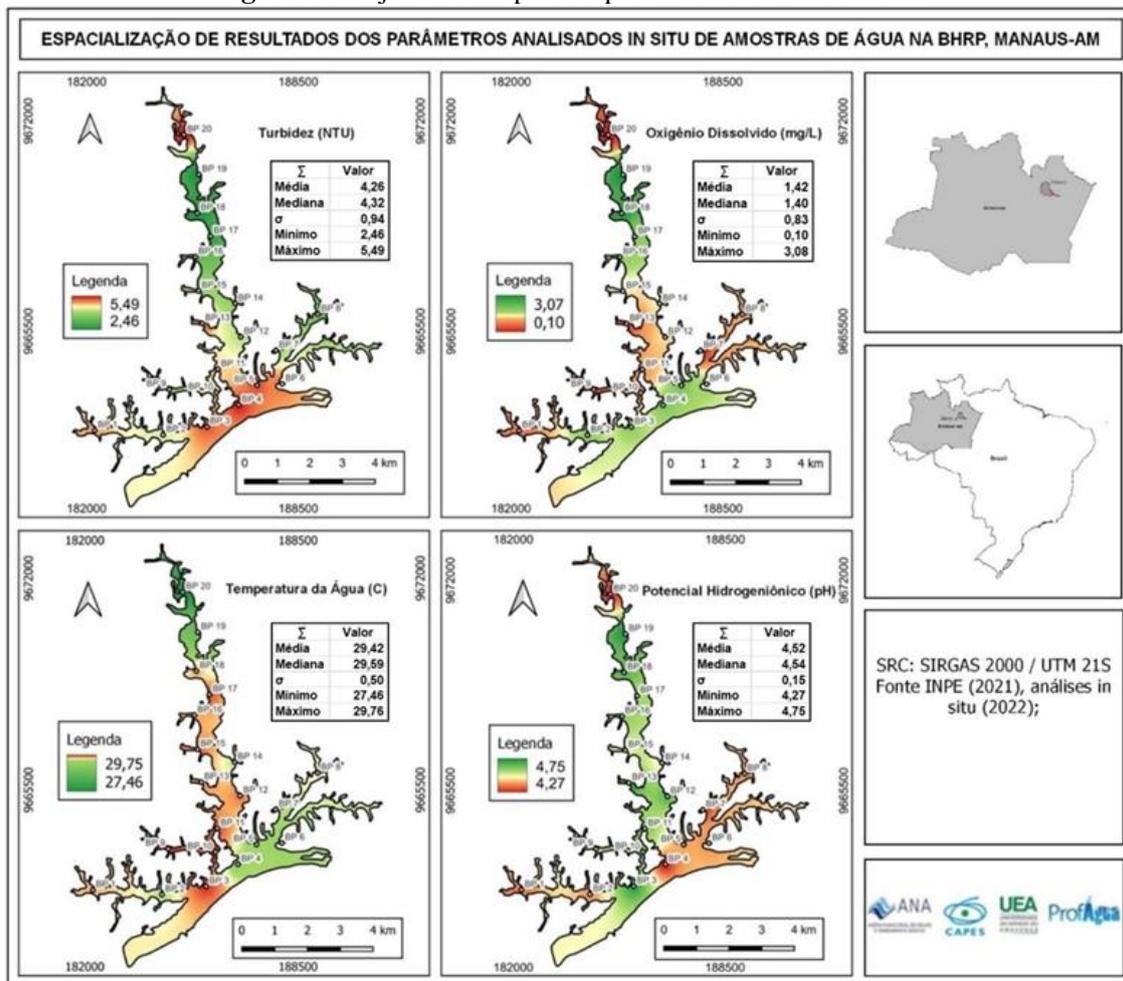
Em época de cheia, na BHRP, Neves (2018, p. 82) registrou valores de potencial hidrogeniônico compreendidos entre os valores de 6,47 a 6,90.

Esteves (2011, p. 226), justifica a situação com relação aos valores de pH baixo de forma que “Este fato é especialmente significativo em ambientes que apresentem valores de alcalinidade da água relativamente baixos, como os ecossistemas amazônicos [...]”.

### ESPACIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Do conjunto de parâmetros que foram analisados *in situ*, foi gerado um conjunto de Mapas de Espacialização dos Resultados, constantes da Figura 5, no intuito de demonstrar visualmente as métricas obtidas nos vinte pontos de amostragem do Baixo Curso da BHRP.

Figura 5. Conjunto de mapas dos parâmetros analisados *in situ*



Org.: Arce-da-Rocha (2022)...

## ENQUADRAMENTO EM CLASSES DE USOS

Embora a Resolução nº 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) tenha previsão em seu Art 42, de que, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, quando confrontados os resultados obtidos das análises dos parâmetros físicos e químicos para os pontos de BP1 a BP20, não se obtém para o Baixo Curso da BHRP regiões de mananciais que se enquadrem conforme estipulado pelo dispositivo normativo.

O pH previsto para o Enquadramento em qualquer das Classes deve estar compreendido entre 6 e 9 e, o máximo resultado obtido foi o valor de 4,75 no ponto BP13, não se incluindo em nenhuma das classes previstas.

Para o parâmetro OD, o valor máximo medido foi de 3,08 no ponto BP19 e, portanto, de acordo com a legislação pertinente, encontra-se contido na Classe 4.

Apenas a Turbidez, com o resultado máximo obtido de 5,49, medido no ponto BP20, é o parâmetro que pode ser incluído nas classes 1 ou Especial, por ser menor que o valor de 40 NTU, estabelecido pela legislação vigente.

Finalmente, conforme prevê a Resolução nº 357/2005-CONAMA, o enquadramento do corpo hídrico será definido pelos seus usos preponderantes mais restritivos da água, sejam eles os atuais ou aqueles pretendidos.

## CONCLUSÃO

Na Amazônia encontramos, basicamente, três tipos de água, as águas pretas, as águas brancas e as águas claras. As águas pretas possuem características próprias que as diferem das demais e um exemplo é a sua acidez natural, decorrente da acidificação húmica e fúlvica do contato com áreas vegetadas submersas, particularmente em épocas de pulso de alagação.

Os valores mínimos e máximos dos parâmetros analisados se justificam, por um aspecto natural de acidez das águas que alagam áreas vegetadas e que influem em outros parâmetros, também, e principalmente, pelo antropismo não natural que ocorre na porção ocidental da bacia.

Com os resultados obtidos pelas análises dos parâmetros, face a legislação em vigor, apenas a Turbidez atende um Enquadramento nas classes 1 ou Especial.

Para que ocorra a melhora dos parâmetros é primaz a necessidade de estabelecimento de um zoneamento econômico-ecológico em virtude dos diversos tipos de atividades desenvolvidas na porção ocidental da bacia hidrográfica e apresentadas no Quadro 1, bem como o estabelecimento, por parte do poder público, de políticas públicas integradas de infraestrutura de saneamento básico e recursos hídricos e resíduos sólidos para a sustentabilidade ambiental e a saúde da população que vive no local.

A Educação Ambiental é um aspecto fundamental, que deve ser desenvolvida não somente nas escolas, mas em todas as comunidades e associações existentes no interior da bacia hidrográfica.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001. Agradecimento, também, ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico. À Universidade do Amazonas (UEA) pela Gratificação de Produtividade Acadêmica aos coautores.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília : ANA, 2017. 169 p.: il.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021. Relatório Pleno. Diagnóstico e prognóstico PNRH 2022-2040. Brasília: ANA, 2022. 132p. : il.
- ALVARES, C.A; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728. 2013.
- AMAZONAS. Dec nº 37.412, de 25 Nov 2016, cria o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Puraquequara. Diário Oficial do Estado do Amazonas de 28 Nov 2016.
- BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; SILVA JUNIOR, J. A. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. Revista Brasileira de Climatologia. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica). Ano 11 – Vol. 17 – JUL/DEZ 2015.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília : Senado, 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.433/1997, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. DOU de 09 jan 1997. Brasília, DF. 1997.
- CAMPOS, D. O.; SANTOS, J. W. B.; SILVA, E. V.; REGO, N. A. C. Zoneamento geohidroecológico da bacia do rio Almada: análise da capacidade de produção de água. In: MORAES, M. E. B. e LORANDI, R. (Orgs.) Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 79-99. ISBN 978-85-7455-424-2.
- CBERS4 MUX: Imagem de Satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021. 1 imagem de satélite. Canais 5, 6, 7 e 8 e composição colorida 7, 6 e 5.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidade aquática e efluentes líquidos. São Paulo: 2011. 327 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. DOU nº 053, de 18 mar 2005, p. 58-63. Brasília, DF. 2005.
- COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M. L. Caracterização Física de Bacias Hidrográficas na Região de Manaus – AM. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v. 14, n. 46 Jun/2013 p. 93–100.
- ESTEVES, F. A. (Coor.). Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro : Interciência, 2011. 826 p.: il.; 25 cm. ISBN 978-85-7193-271-5.
- EXTRACT. BBBike. OpenStreetMap. c2022. Página inicial. Disponível em < <https://extract.bbbike.org/>> Acesso em 19 de mar. de 2022.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. FUNASA. Manual de Saneamento. 4. ed. rev. – Brasília : Fundação Nacional da Saúde, 2006. 408p. : il.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Malhas Territoriais. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/malhas/malhas territoriais.shp\\_2021](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/malhas/malhas territoriais.shp_2021). Acesso em 02 jul 2022.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. INCRA. Acervo Fundiário. < [acervofundiario.incra.gov.br](http://acervofundiario.incra.gov.br)> Acesso em 10 maio 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE. Divisão de geração de imagens. < [www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)> acesso em 10 out 21.

MANAUS. Lei complementar Nº 2, de 16 de janeiro de 2014. DISPÕE sobre o Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus e dá outras providências. Prefeitura de Manaus, 2014. Disponível em <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-manaus-am>>. Acessado em 20 de agosto de 2021.

MIRANDA, M. J. O. O uso de geotecnologias na análise temporal do processo de expansão urbana sobre a bacia hidrográfica do Puraquequara: Manaus-AM. Orientadora: Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque. 2017. 112f.: il. Dissertação (Mestrado) Geografia, ICHL, UFAM, Manaus: 2017.

NEVES, R. K. R. Subsídios para o Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Puraquequara-AM. Manaus-AM, 2018

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. 2022.

RUBIM, M. A. L; FERRAZ, L. R. (Orgs.) Puraquequara em mosaico [recurso eletrônico]: histórias, vidas e recursos naturais. Manaus : EDUA, 2020. 307 p.; 16 x 22,5 cm. ISBN 978-85-526-0077-0.

SIOLI, H. F. L. Das Wasser in Amazonas gebiet. Fors. Fortschr., v.26, p.274-280, 1950.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. A Água. São Carlos, SP: Scienza, 2020. 130 p.

VALERIANO, M. M. TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP: INPE-15318-RPQ/818, 2008.