

XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

QUALIDADE DA ÁGUA E MACROALGAS EM RECURSOS HÍDRICOS NA ÁREA URBANA DE MANAUS/AM

Domitila Pascoaloto¹; Climéia Corrêa Soares² & Núbia Abrantes Gomes³

RESUMO – Foram investigadas a qualidade da água e as comunidades de macroalgas nos dois igarapés mais poluídos da cidade de Manaus, Mindu/Educandos e Quarenta/São Raimundo e na margem/área de inundação do rio Negro. Foram registradas cinco entidades ecológicas de macroalgas, a maioria presente apenas na vazante. A macroalga mais frequente na área de inundação do rio Negro à montante do aporte dos igarapés foi a rodofícea *Batrachospermum* spp, indicadora (na região) de águas naturais, porém a jusante da entrada dos igarapés a espécie mais frequente foi a clorofícea *Schizomeris leibleinii*, que necessita de locais com condutividade superior à registrada nas águas naturais do rio Negro, indicando o aporte de nutrientes nesses locais. Apesar das obras de revitalização de igarapés iniciadas em 2006 pelo Governo do Estado, os resultados indicaram a piora da qualidade da água nos últimos dez anos nos igarapés Mindu/São Raimundo e Quarenta/Educandos. Também foi observado, tanto pela qualidade da água quanto pela presença e concentração de filamentos de macroalgas que requerem alta condutividade, que a entrada de um pequeno fluxo de esgotamento, de origem indefinida, alterou a qualidade da água em uma área de inundação do rio Negro próximo à foz, o que indica a fragilidade desse sistema.

ABSTRACT– Water quality and macroalgal communities were investigated from Manaus two most polluted streams, Mindu / Educandos and Quarenta/ São Raimundo and in the margin / flood area of the Negro River. Five ecological entities of macroalgae were registered, the majority present only in the ebb period. The most frequent macroalgae in the Negro River flood area upstream of the streams was *Batrachospermum* spp, local indicative of natural waters. However, downstream of the mouth of the streams the most frequent species was the chlorophyte *Schizomeris leibleinii*, which requires locations with higher conductivity than that registered in the natural waters of the Negro River, indicating nutrient supplies in these places. Despite the revitalization of streams started in 2006 by the State Government, the results indicated the worsening of water quality in the last ten years in the Mindu / São Raimundo and Quarenta / Educandos streams. It was also observed, both for the water quality and for the presence and concentration of macroalgae filaments that require high conductivity, that the entrance of a small flow of exhaustion, of indefinite origin, altered the water quality in a flood area of the Negro river near the mouth, which indicates the fragility of this system.

Palavras-Chave – Igarapés; Rio Negro; Amazônia Central

1) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA/CODAM. Av. André Araújo, 2936 – Petropolis – Manaus (AM) 69067-375 . (92) 3643-3168, domitila.pascoaloto@gmail.com

2) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA/COBIO. Av. André Araújo, 2936 – Petropolis – Manaus (AM) 69067-375 (92) 36433296, climeia@inpa.gov.br

32) Universidade Federal de Roraima – UFRR. Av. Cap. Ene Garcês, 2413 - Aeroporto, Boa Vista - RR, 69310-000, (95) 3621-3100, nubiagomes@hotmail.com

1 - INTRODUÇÃO

O município de Manaus está localizado na região norte do Brasil, no centro geográfico da Amazônia. A superfície total do município (11.458,5 km²) equivale a 0,73% do território do Estado do Amazonas, porém contém mais da metade (51,72%) da população. A área urbana de Manaus se estende por 377 km², correspondendo apenas a 3,3% do território municipal e abriga mais de 99% da população (IBGE, 2017). Sem planejamento, a cidade cresceu desordenadamente, sobretudo a partir dos anos 1970, com a instalação da zona franca de Manaus (Andrade, 2012). Uma das consequências gerada por esse crescimento foi a mudança da qualidade da água, tendo em vista que a maior parte da população se estabeleceu à beira dos igarapés (Nogueira et al., 2007).

Os igarapés Mindu e Quarenta pertencem às microbacias dos igarapés São Raimundo e Educandos, especificamente, e estão entre os mais representativos da área urbana de Manaus, sobretudo no que se refere aos impactos da ocupação do solo na região, o que se reflete na alteração da qualidade de suas águas ao longo da bacia hidrográfica (Pascoaloto et al., 2004; Melo et al., 2006). O igarapé Mindu é o mais longo e ao longo de sua calha recebe esgoto doméstico. O igarapé Quarenta também recebe esgotos domésticos, porém nele também há a entrada dos efluentes industriais de empresas estabelecidas no Polo Industrial de Manaus (PIM).

Todos os igarapés da área urbana de Manaus desaguam, direta ou indiretamente, no rio Negro, principal contribuinte da margem esquerda do rio Amazonas e um dos quatro rios com maior vazão da bacia hidrográfica amazônica. Devido a esse grande volume de água, alguns pesquisadores acreditam que ele possua capacidade de autodepuração (Fonseca et al., 1982), enquanto outros afirmam que ele já apresenta indícios de poluição (ex.: Pinto et al., 2009; Pinheiro e Borges, 2013).

O estudo de cunho ecológico das comunidades de macroalgas em ambientes lóticos na região de Manaus e arredores iniciou na década de 1990, envolvendo macroalgas verdadeiras em fragmentos florestais, o que reduziu a comunidade a espécies da divisão Rhodophyta (Pascoaloto, 2001). Estudos posteriores revelaram a presença de macroalgas em igarapés sob diversos graus de eutrofização [Pascoaloto et al. (2008, 2009); Pascoaloto & Soares (2016)]. Para o rio Negro, existem registros de macroalgas apenas para a parte superior da bacia (Pascoaloto & Bringel, 2009; Pascoaloto e Soares, 2010).

O presente trabalho apresenta a qualidade da água e das comunidades de algas nos igarapés Mindu (principal formador do igarapé São Raimundo) e Quarenta (principal formador do igarapé Educandos) e no rio Negro, a montante e a jusante desses igarapés e compara a qualidade da água e comunidades de macroalgas desses igarapés após um intervalo de dez anos.

2– MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos igarapés Mindu, Quarenta e rio Negro, no período de maio/2013 a junho/2015.

Os igarapés Mindu (com área de 116.46Km²) e Quarenta (com área de 43.80Km²) são os principais formadores das microbacias hidrográficas dos igarapés São Raimundo e Educandos, respectivamente (Alcântara & Marques Filho, 2003), as quais, salvo algumas nascentes localizadas em área de expansão, apresentam todos os cursos de água em área urbana. Neste estudo foram investigados os sítios amostrais Petro, no igarapé do Mindu, e Seduc, no igarapé do Quarenta. Também foram realizadas, no período de águas altas, coletas de algas e água nos igarapés São Raimundo e Educandos, próximo à foz (Figuras 1-2).



Figura 1: Localização dos sítios amostrais

O rio Negro é o principal recurso hídrico do município de Manaus. Nele aportam, direta ou indiretamente, os igarapés do município, com exceção do rio Puraquequara, cuja foz encontra-se a jusante do encontro do Negro com o Solimões, ou seja, já no rio Amazonas. Os sítios amostrais investigados no rio Negro estiveram localizados às margens do rio ou dentro da cidade, em área de inundação (Figuras 3 – 4), onde foram observadas macroalgas.



Figura 2: Configuração dos sítios amostrais nas bacias do Educandos e São Raimundo, em período de águas altas. (Imagens: Domitila Pascoaloto)

As amostras de água foram coletadas com garrafa tipo Van Dorn, acondicionadas em frascos de polietileno quimicamente limpos e transportadas para laboratório de Química Ambiental (CDAM/INPA) para determinação de pH, condutividade elétrica, turbidez, cálcio, magnésio, sódio, potássio, amônia, nitrato, fosfato, silicato, ferro dissolvido, fósforo total, nitrogênio total, conforme APHA et al. (2005). A determinação do oxigênio dissolvido foi feita pelo método de Winkler modificado Golterman et al. (1978). A determinação de coliformes totais e fecais foi feita segundo a técnica do número mais provável (tubos múltiplos) (APHA et al., 2005).

As macroalgas foram coletadas com as mãos ou com auxílio de espátula, procurando-se destacar plantas inteiras. O material foi levado para o Laboratório de Limnologia (CDAM/INPA) em água do próprio local e fixado em solução de formalina a 4% (JOHANSON, 1982).



Figura 3: Configuração dos sítios amostrais no rio Negro. (Imagens: Domitila Pascoaloto)



Figura 3: Região de inundação do rio Negro no porto da Ceasa (sítio amostral Ceasa_Algas).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas cinco entidades ecológicas de macroalgas no rio Negro (Tabela 1). Não foram observadas macroalgas nos sítios amostrais Petro e Seduc. Ocasionalmente foram observados sedimentos contendo cianobactérias no perifiton (grupo identificado pela coloração típica do grupo), no entanto, além desse material não se encaixar no conceito macroalgas (unidade visível a olho nu), não foi realizada a coleta da amostra devido à impossibilidade de acesso ao local.

Tabela 1: Entidades de macroalgas nos sítios amostrais.

Entidade Ecológica/Local	Ponta Negra	Foz São Raimundo	Terminal "Ajato"	Manaus Moderna - Balsa	Manaus Moderna - área de inundação	Foz Educandos	Ceasa	Ceasa/ Algas
Chlorophyceae								
<i>Microspora</i> sp.								x
<i>Schizomeris leibleinii</i>	x	x			x	x		x
Rhodophyceae								
<i>Batrachospermum</i> sp.								x
<i>Batrachospermum</i> cf. <i>cayennense</i>	x							x
Fase "Chantransia" de <i>Batrachospermum</i> spp.	x		x		x		x	x

Os valores médios observados para as variáveis ambientais nos locais estudados encontram-se na Tabela 2.

Os igarapés Mindu e Quarenta foram investigados em estudos anteriores (Franken, 2004; Cunha, 2006). Cunha et al. (2004) e Marques et al. (2005) registraram para os locais Petro e Seduc valores de pH 6,38 - 7,20 e 5,8 - 6,8, respectivamente; condutividade elétrica no intervalo 74,80 - 266,00 e 93,7 - 236,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente; oxigênio dissolvido entre 0,46 - 3,95 mg/L e 0,00 - 3,14 mg/L, respectivamente.). Em relação às comunidades de macroalgas, na ocasião foram registradas apenas cianobactérias no sítio amostral Petro e cianobactérias e uma clorofícea (*Spirogyra* sp.) no Seduc (Soares et al., 2003; Silva et al., 2004).

O estudo realizado nos igarapés Mindu e Quarenta no período 2013-2014 não foi tão sistemático quanto aquele realizado por Silva et al. (2004), pois esteve mais relacionado com atividades de extensão (Pascoaloto et al, 2014), porém os resultados obtidos indicam ligeiro aumento de pH e condutividade elétrica (valores máximos observados para o Petro 7,19 e 321,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente e para o Seduc, 6,87 e 337,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). Nas condições atuais das margens do sítio amostral Seduc, não existem substratos para o estabelecimento dos filamentos de *Spirogyra* spp.

Tabela 2 – Resultados das análises químicas, físico-químicas e químicas da água.

Local	pH	C.E. µS/cm	Cor mgPt/L	Turbidez NTU	S.S. mg/L	DQO mg/L	Si (OH) ₄ mg/L
Míndu	7,05	195,79	64,77	91,38	---		7,21
Quarenta	6,84	241,57	71,85	58,89	---		4,92
São Raimundo	6,11	27,52	139,88	3,77	4,34	40,24	3,10
Educandos	6,27	55,46	127,54	7,41	8,26	40,05	3,47
Ponta Negra	5,22	8,53	141,16	3,05	4,37	50,05	2,75
Terminal "Ajato"	5,49	9,46	148,91	4,25	4,96	50,90	2,57
Manaus Moderna	5,80	16,51	161,27	16,46	16,89	55,72	2,70
Ceasa	6,27	55,46	127,54	7,41	8,27	40,05	2,64
Ceasa_Algas	6,11	27,52	139,88	3,77	4,34	40,24	3,07

Local	Dureza mgCaCO ₃	Ca ⁺⁺ mg/L	Mg ⁺⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	K ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L
Míndu	55,04	16,80	1,84	15,46	6,35	22,13	4,53
Quarenta	51,51	15,15	2,07	12,15	5,19	22,57	1,12
São Raimundo	6,46	0,72	0,97	3,12	0,88	2,92	0,71
Educandos	13,58	3,05	1,12	5,85	1,61	5,38	2,30
Ponta Negra	2,48	0,39	0,51	0,96	0,40	0,73	0,03
Terminal "Ajato"	0,69	0,11	0,08	1,10	0,37	0,85	0,03
Manaus Moderna	2,98	0,42	0,40	1,44	0,50	1,12	0,04
Ceasa	2,28	0,19	0,38	1,34	0,41	0,93	0,04
Ceasa_Algas	5,50	0,46	0,91	2,58	0,31	3,13	0,05

Local	NO ₂ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	PO ₄ ⁻ mg/L	P Total mg/L	N Total mg/L	OD mg/L	DBO %
Míndu	3,64	6,45	0,34	0,62	7,69	0,88	100,00
Quarenta	0,01	5,73	0,15	0,85	11,53	0,30	100,00
São Raimundo	0,01	1,00	0,02	0,08	0,60	0,72	100,00
Educandos	0,00	2,17	0,08	0,18	1,51	1,67	61,19
Ponta Negra	0,01	0,41	0,02	0,04	0,53	4,27	27,00
Terminal "Ajato"	0,00	0,46	0,00	0,02	0,48	3,50	36,30
Manaus Moderna	0,01	0,52	0,02	0,07	0,61	3,21	43,03
Ceasa	0,01	0,43	0,01	0,04	0,49	3,37	33,50
Ceasa_Algas	0,01	0,45	0,01	---	---	---	---

Não foram verificadas grandes alterações na qualidade da água entre os sítios amostrais “Ponta Negra” e “Ceasa”, estando os valores de pH, alcalinidade e Ceasa semelhantes aos observados por Pinto et al. (2009). Entretanto, percebe-se uma sensível alteração na qualidade da água entre esses dois sítios amostrais, sobretudo em relação à redução de oxigênio, o que poderia estar relacionado com o fato do rio Negro ter menor velocidade próximo à foz, onde ele pode estar sendo represado (ou “empurrado”) pelo rio Solimões. No entanto observou-se ligeiro aumento do pH e condutividade, o que pode estar relacionado ao aporte dos igarapés urbanos. Ressalta-se, no entanto que, embora os valores médios dessas duas variáveis não tenham sido muito diferentes entre os sítios amostrais “Ceasa” e “Ceasa_Algas”, distantes cerca de 15 a 20 metros, e tenham sido bastante inferiores aos registrados os sítios amostrais no Ceasa-Algas eles foram superiores aos registrados por Pinto et al. (2009) para o rio Negro na região do porto da Ceasa, ainda que bastante inferiores aos registrados para os sítios amostrais “Foz São Raimundo” e “Foz Educandos” - os quais, por sua vez, apresentaram valores superiores aos registrados entre os anos 2002 e 2003 (Pinto et al., 2009).

Apesar da diferença relativamente pequena observada no pH, alcalinidade e condutividade entre os sítios amostrais Ceasa e Ceasa_Algas, alguns resultados obtidos indicam a entrada de “águas enriquecidas” no local (os resultados indicam que o Ceasa-Algas foi mais rico em sódio, magnésio e cloreto, porém apresentou menor teor de potássio; ambos os locais apresentaram concentrações similares de íons amônio, nitrito, nitrato e fosfato), fato corroborado pela presença e frequência de espécimes de *Schizomeris leibleinii* (os filamentos da clorofíceia foram observados ao longo de toda a extensão do flutuante), o que sugere que esse aporte foi constante durante todo o período de estudo. Devido, principalmente, ao fato que o flutuante muda constantemente de posição, é difícil determinar de onde viria esse aporte de nutrientes. O enriquecimento tanto poderia estar relacionado com a manipulação de peixes na “feira” que fica na proximidade (Figura 3), quanto ao uso indevido das imediações para “mictório”. Novos estudos devem ser realizados para investigar a origem do escoamento e devem incluir autorização do comitê de ética para interação com os comerciantes locais, pois existe a possibilidade que esse esgotamento seja oriundo dos pequenos restaurantes estabelecidos na feira.

4- CONCLUSÕES

A prefeitura da cidade de Manaus vem investindo, sobretudo a partir de 2006, em obras que, oficialmente, visam revitalizar os igarapés da cidade. Os resultados obtidos neste estudo

demonstram que não apenas os igarapés Mindu e Quarenta não foram revitalizados, como a qualidade da água piorou.

O grande volume de água do rio Negro não tem sido suficiente para diluir a carga de esgotos que está entrando por meio dos igarapés urbanos, conforme demonstraram tanto a análise da água quanto a presença constante de filamentos de *Schizomeris leibleinii* na área de inundação do rio Negro próximo à sua foz.

Os órgãos de gestão do município de Manaus devem repensar sobre a possibilidade de desviar a estação de pré-tratamento do esgoto de Manaus diretamente para o rio Negro.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, J.M.; MARQUES FILHO, A.O. (2003). “Clima e hidrologia da área urbana de Manaus” in Anais da XII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA/CNPq, Manaus, Jul 2003, 1, 197-198.

American Public Health Association - APHA; American Water Work Association – WWA; Water Pollution Control Federation - WOCF. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. American Public Health Association Washington-USA, CD-rom.

ANDRADE, A.O. (2012). “Migração para Manaus e seus reflexos socioambientais”. Somanlu 12 (2), pp. 85-102.

CUNHA, H. (2006). Elaboração de índices de qualidade da água no município de Manaus (AM). INPA/FAPEAM Manaus-AM, Relatório Final de Projeto (Modalidade PIPT), 93p.

FONSECA, O.P.M.; SALEM, J.L. e GUARIM, V.L. (1982). Poluição e autopurificação do rio Negro nas cercanias de Manaus. Acta Amazônica 12 (2), pp 271-278.

FRANKEN, W.K. (2004). Recursos Hídricos de Manaus: identificação e controle da poluição. Manaus: CNPq. Relatório Final de Projeto (Modalidade PNOFG), 67p.

GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHSNTAD, M.A.M. (1978). Methods for chemical analysis of fresh waters. (IBP handbook, 8). 2d ed. Blackwell Boston-USA, 213p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017). “Conheça cidades e estados do Brasil”. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>>, acessado em 17 mai 2018.

JOHANSON, C. (1982). “Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden”. Acta Phytogeographica Suecica 71, pp 1-83.

NOGUEIRA, A.C.F.; SANSON, F.; PESSOA, K. (2007). “A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais” in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Abr. 2007, pp. 5427-5434.

PASCOALOTO, D. (1999). Sazonalidade e distribuição de macroalgas em igarapés de terra firme em áreas de reserva florestal nas cercanias de Manaus, Estado do Amazonas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)/Fundação Universidade do Amazonas (FUA) Manaus-AM. Tese (Doutorado). 231 p.

PASCOALOTO, D. (2001). Comunidades de macroalgas de igarapés de terra firme nas regiões de Manaus, Rio preto da Eva e Presidente Figueiredo, estado do Amazonas: composição, sazonalidade e distribuição. (Relatório Final).: INPA/CNPq Manaus-AM, 24p.

PASCOALOTO, D. ; SILVA, M. S. R. ; PINTO, A.G.N.; GONCALVES, T. J. ; LINS, V. K. C. ; LINS, J. F. ; SILVA, R. K. B. ; TAKANO, E.E.A. (2009). Macroalgas e qualidade da água em três comunidades ribeirinhas na bacia do Tarumã-Mirim, Manaus (AM). Caminhos de Geografia (UFU. Online), vl. 10 (29), pp 135-143.

PASCOALOTO, D.; BRINGEL, S.B. (2010). “Macroalgas e qualidade da água na bacia do rio Negro, município de São Gabriel da Cachoeira (AM)”. Caminhos de Geografia 11 (36), pp. 318-333.

PASCOALOTO, D.; PINTO, A.G.N.; TAKANO, E.E.A. Características físicas e comunidades de macroalgas em um igarapé de terra firme na reserva florestal Adolpho Ducke (MANAUS/AM). Caminhos da Geografia 9 (25), pp 108-114, 2008.

PASCOALOTO, D.; SOARES, C. C. (2016). “Comunidades de algas e qualidade da água em igarapés urbanos de Manaus-Am”, in Amazônia das Águas: qualidade, ecologia e educação ambiental. Org. por Ferreira, S.J.F.; Silva, M.L.; Pascoaloto, D.P., FAPEAM/INPA, ed. VALER, Manaus-AM, pp. 91-109.

PASCOALOTO, D.; SOARES, C. C. 2010. “Comunidades de algas e características hidroquímicas em igarapés de água clara, uma nova tonalidade de água na região do alto rio Negro (AM)” in Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, Nov. 2010, 1, pp. 42-42 (resumo) (CD - PAP004389, pp 1-16).

PASCOALOTO, D.; SOARES, C.C.; SILVA, M.S.R. 2014. “Oficina ‘Águas da Amazônia’: levando aos estudantes dos ensinos fundamental e médio informações sobre os ecossistemas aquáticos da região amazônica” in Anais do 1º Workshop Ocas do Conhecimento: socializando saberes na construção de espaços ambientais sustentáveis. Manaus, Out 2014, pp. 39-43.

PINHEIRO, L.A.; BORGES, J.T. (2013). “Avaliação hidroquímica qualitativa das águas do baixo rio Negro”. RunPetro 1 (2), pp. 23-31.

PINTO, AGN.; HORBE, A.M.C.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H.M.C. (2009). “Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM”. Acta Amazônica 39 (3), pp 627 – 638.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM, pelo financiamento do projeto. Aos técnicos do LQA (CODAM/INPA), pela ajuda em campo e análises das amostras.