

## ALTERAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO POLO INDUSTRIAL DE BARCARENA - PARÁ

GUNDISALVO PIRATOBA MORALES<sup>1</sup>, ALBA ROCIO AGUILAR PIRATOBA<sup>2</sup>, LARISSA PAULINA SOUZA PINHEIRO<sup>3</sup>, MANUEL ALEJANDRO VERA<sup>4</sup>, HEBE MORGANE CAMPOS RIBEIRO<sup>5</sup>, ARILSON DE OLIVEIRA PALHETA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Professor Doutor em Engenharia Ambiental, CCNT/UEPA, Belém – PA, Brasil, [gundymorales@yahoo.com.br](mailto:gundymorales@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Química de Alimentos, UPTC, Tunja, Colômbia, [alba\\_roapt@hotmail.com](mailto:alba_roapt@hotmail.com)

<sup>3</sup> Acadêmica de Engenharia Ambiental, CCNT/UEPA, Belém – PA, Brasil, [larissa.paulina@ymail.com](mailto:larissa.paulina@ymail.com)

<sup>4</sup> Acadêmico de Engenharia Ambiental, CCN-UEPA, Belém – PA, Brasil, [alejandro\\_vera@hotmail.com](mailto:alejandro_vera@hotmail.com)

<sup>5</sup> Professora Doutora em Engenharia Ambiental, CCNT/UEPA, Belém – PA, Brasil, [hebemcr@gmail.com](mailto:hebemcr@gmail.com)

<sup>6</sup> Acadêmico de Engenharia Ambiental, CCNT/UEPA, Belém – PA, Brasil, [arilsonpalheta@yahoo.com.br](mailto:arilsonpalheta@yahoo.com.br)

**RESUMO** We collected 23 samples of groundwater from residential wells located in the area covered by Barcarena's industrial center (Para), aiming to determine the influence of mining industries on the potability of groundwater used for human consumption. We analyzed the parameters of potability established by Ordinance 518 of 2005 of the Ministry of Health, such as pH, turbidity, chloride, color, hardness, total dissolved solids, nitrite and ammonia. The results showed an average pH of 4.7, an average turbidity of 4.37 UNT, an average chloride of 10.45 mg / l, an average color of 6.18 UC, an average hardness of 12.89 mg / L, and an average nitrite of 47.3 STD. In general terms, all parameters examined were within the standards of potability, except for pH, which is probably associated to the hydrogeological characteristics of the region, showing that water resources are not being altered in quality.

**PALAVRAS CHAVES:** AGUA, POLUIÇÃO, INDUSTRIA.

### INTRODUÇÃO

O polo indústria de Barcarena é responsável por grandes investimentos de mineração nessa região. O polo abrange grandes projetos como da Albras e Alunorte com beneficiamento de alumínio, COSIPAR com beneficiamento de ferro, e os empreendimentos das empresas da PPSA e Imerys Rio Capim Caulim, que são responsáveis pelo beneficiamento e exportação de caulim. Existem outros empreendimentos que ainda estão sendo implantadas que desenvolvem atividades complementares as principais atividades já referidas.

O polo industrial possui energia elétrica suficiente fornecida pela Hidroelétrica de Tucuruí, sistema viário, um porto com capacidade para atender navios de até 60.000 toneladas, em seus 250 metros de extensão de profundidade de 17 metros.

Nas proximidades do polo industrial esta localizada a Vila dos Cabanos, uma cidade projetada para 60.000 habitantes que na sua maioria estão vinculados com o desenvolvimento das diferentes atividades do polo Industrial de Barcarena.

As atividades desenvolvidas pelas empresas instaladas no polo industrial de Barcarena são consideradas atividades de efetivo poder poluidor para o meio ambiente. Todas as empresas instaladas no polo industrial lançam seus efluentes na baía do Marajó (rio Pará) que atua como corpo receptor primário.

O presente trabalho apresenta os resultados analíticos realizados em 36 amostras de águas superficiais coletadas em 4 pontos distribuídos ao longo do polo industrial de Barcarena, onde foi realizada a coleta das amostras durante um ciclo de maré para avaliar a influência do lançamento de efluentes na qualidade das águas superficiais.

### METODOLOGIA

A metodologia geral seguida foi a sugerida na figura 1.

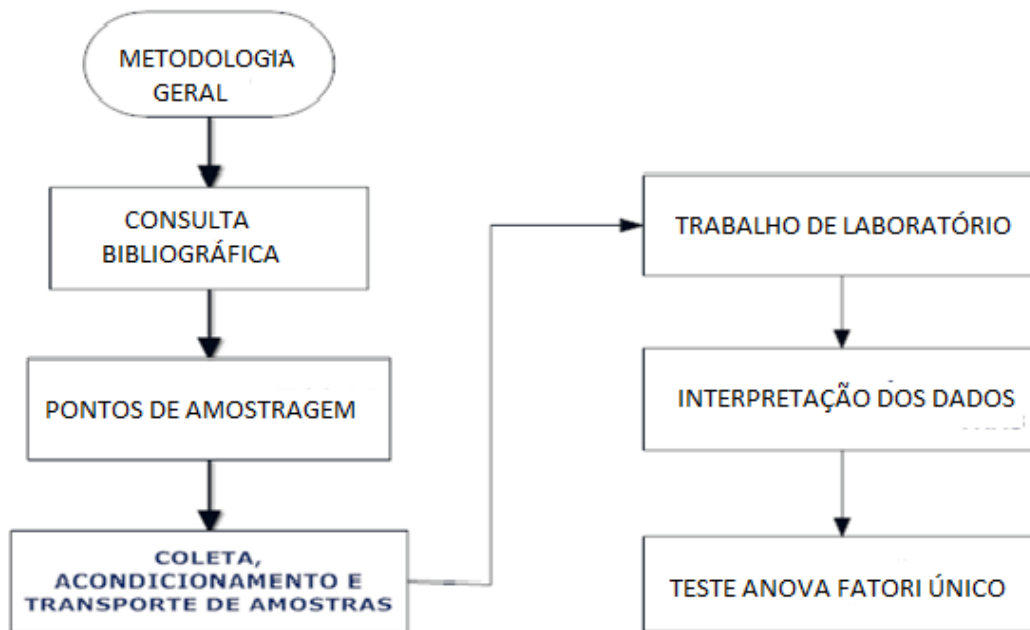


Figura 1- Metodologia geral

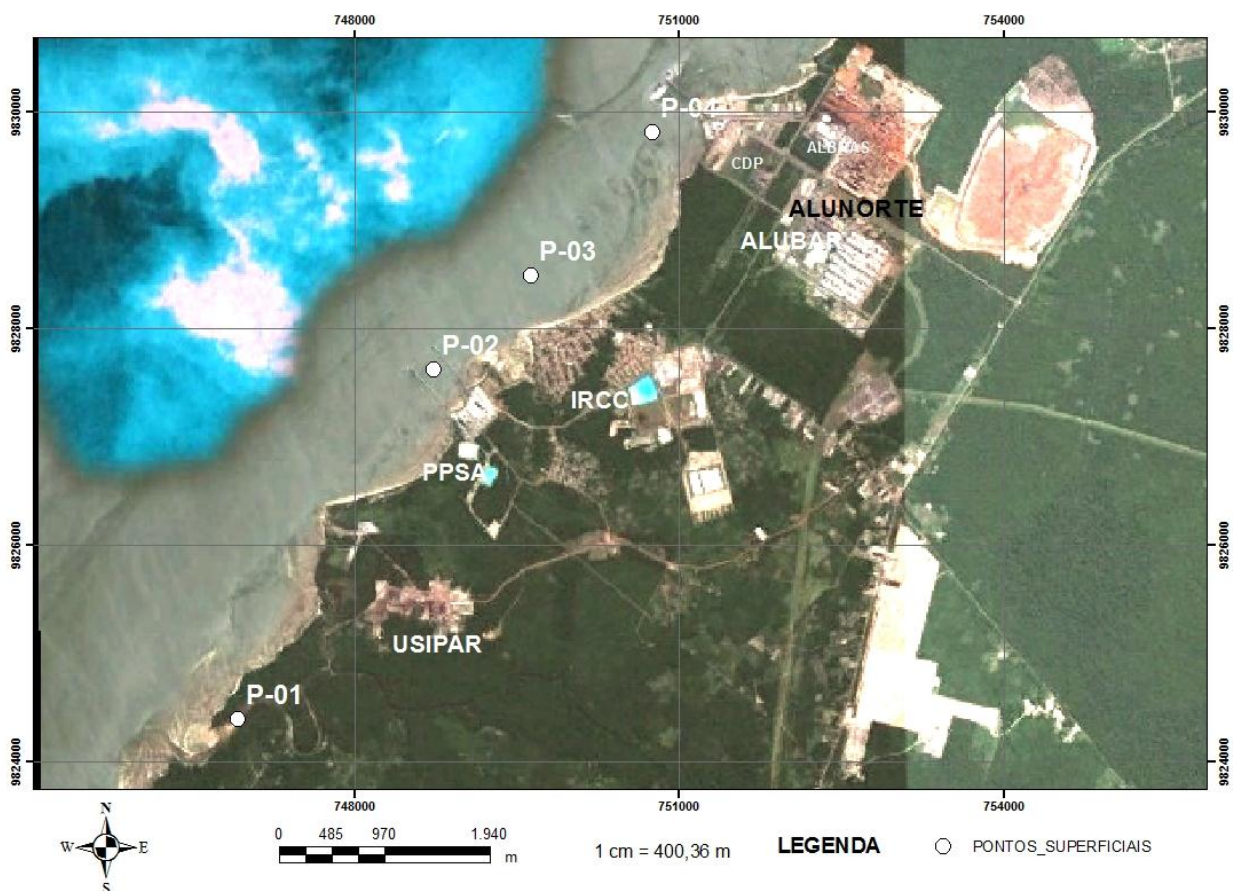


Figura 2- Localização dos pontos de amostragem de águas superficiais na área de abrangência do polo industrial de Barcarena

A tabela 01 mostra as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem de águas superficiais.

Tabela 1- resultados analíticos do ponto 01 (área menos impactada)

Ponto	longitude	latitude	Descrição
1	746923,41	9824396,05	Rio Arienga com pouca influência antrópica
2	748740,01	9827621,80	Rio Pará na frente das empresas IRCC e PPSA
3	749639,83	9828487,66	Rio Pará na desembocadura do rio Dendê
4	750760,35	9829811,92	Rio Pará na frente da praia Caripí

As 36 amostras de água foram coletadas no sistema hídrico superficial em 4 pontos localizados na área de abrangência do Polo Industrial de Barcarena durante um ciclo de maré. Em cada ponto foram coletadas 9 amostras a cada 90 minutos iniciando na maré baixa. As amostras foram coletada na data de 19 de dezembro às 18:00 do mesmo dia quando a maré atingiu o ponto mais baixo às 5:49 AM. A coleta foi iniciada Às 6:00 horas e finalizada às 18 horas do mesmo dia.

A amostragem de águas superficiais foi realizada a 20 cm da superfície diretamente com o frasco previamente preparada e acondicionado para isto, seguindo as orientações da guia de coleta e preservação de amostras da CETSB,. As leituras do pH e da condutividade foram realizadas *in situ* com pH-metro e condutivimetro de marca DIGIMED. As restantes análises foram realizadas seguindo as orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 20 Th Edition*.

Os dados foram organizados computacionalmente e analisados estatisticamente no programa Excel pelo sistema ANOVA-Fator único, que permite determinar se existe diferença estatisticamente significativa a um nível de significância de 5% (0,05) permitindo identificar se os efluentes lançados pelas empresas estão afetando a qualidade do sistema hídrico superficial da área. Foram consideradas duas hipóteses: hipótese nula H0, ou seja, **existe diferença significativa** no parâmetro avaliado nos 4 grupos de amostras; e a hipótese Alternativa H1 ou seja **não existe diferença significativa** nos parâmetros analisados nos 4 grupos de amostras avaliadas.

Para verificar se os grupos se o parâmetro analisado apresenta diferença significativa nos quatro pontos de amostragem foram utilizados dois critérios, sendo suficiente um deles a saber: a) Observou-se o valor-p: **se ele for menor que o nível de significância, neste caso 0,05, conclui-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos**; e b) os valores F (calculado) e F crítico (tabelado): Se  $F > F$  crítico, rejeita-se a hipótese da igualdade e conclui-se que existem diferenças, na média, entre os grupos.

## DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

Os resultados gerados foram organizados nas Tabela 3 a 6 e nas figuras 3 a 14. Os dados dos parâmetros pH, condutividade e cloreto, que são considerados parâmetros traçadores de chorume, foram graficados junto com o comportamento da maré visando encontrar alguma alteração em relação com a variaçãa damedsma. Também foram calculados os valores da média e desvio padrão para todos os parâmetros em cada grupo de amostras.

O valor de pH mostrou comportamento diferente no grupo de amostras, sendo o grupo de amostras do rio Arienga os que mostraram menor valor (media de 6,83) e o maior desvio padrão com valor de 0,29. A média do pH no grupo de amostras 02 a 04 variaram entre 7,24 e 7,45, mostrando maior influência das águas do rio Pará. O pH das amostras do rio Arienga coletadas na maré alta mostraram os maires valóres de pH enquanto que as amostras coletadas na maré baixa mostraram os menores valores indicando maior influência das águas continentais em especial da matéria orgânica proveninte da floresta.

A condutividade mostrou comportamento diferente entre as amostras coletadas no rio Pará (grupo 2,3 e 4) em relação com o grupo e amostras coletas no rio Arienga (grupo 01). Os menores valores do valor da média da condutividade foram registrados no grupo de amostras do rio Arienga com valores de 51  $\mu$ S/cm e 4,67 respectivamente. O grupo de amostras coletados no rio Pará mostraram os maiores valores da media da condutividade mudando entre 59 e 65  $\mu$ S/cm. Os maiores desvios padrão foram registrados nas amostras coletadas no rio Arienga (4,67) e os menores nos grupos 2,3 e 4 nas amostras do rio Pará mudando entre 0,8 e 1,48.

O grupo de amostras coletadas no rio Arienga mostraram em média os menores teores de cloreto (0,13 mg/L enquanto as amostras coletadas no rio Pará mostraram valores da média mudando entre 0,25 e 1,8 mg/L).

Os sólidos totais dissolvidos STD mostraram comportamento similar com o observado pela condutividade, mostrando os menores valores nas amostras coletadas no rio Areinga (media de 15,42 mg/L) e os maiores valores no grupo de amostras coletadas no rio Para (valores da média mudando entre 19,19 e 21,0 mg/L).

Em relação com a cor e turbidez, as amostras coletadas no rio arienga mostraram os maiores valores (média de 24,17 UNT e 43,11 UC) em relação com os valores da turbidez e da cor registrados nas amostras coletadas no rio Pará com média de turbidez mudando entre 18,24 e 19 UNT, e da cor com média mudando entre 28,58 e 32,6 UC.

Em todas as amostras coletadas foram registrados valores relativamente baixos do sulfato com valores da média mudando entre 0,56 a 0,76 mg/L, sendo o grupo de amostras coletados no rio Arienga os que mostraram os menores valores.

Através das ferramentas estatísticas e usando o procedimento ANOVA FATOR ÚNICO foi identificada a diferença existente nos quatro grupos de amostras, em virtude a que o grau de significância do valor-p de cada ponto de coleta sempre foi menor que o valor de significancia de 0.05. Outro parâmetro de análise do procedimento estatístico é o fator F e F crítico. O teste estatístico realizado com os parâmetros de pH, condutividade, STD e Cloreto mostraram resultados que indicam a existencia de diferenças significativas entre as medias dos parâmetros analisdos nos quatro grupos, isso a um nivel de significandia de 5%. Como pode ser observado na tabela 2, todas os parâmetros registraram valores de  $F > F\text{-crítico}$  e  $P < 0,05$ , inidcando que estatisticamente existe diferença significativa entre os resultados dos diferentes parâmetros nos quatro grupos de amostras analisadas.

Tabela 2- Resultados do teste ANOVA fator único

	F	F crítico	valor-P	P-crítico
pH	11,921	2,95	3,30E-05	0,05
Condutividade	11,921	2,95	6,53E-05	0,05
STD	11,921	2,90	6,22E-05	0,05
Cloreto	11,921	2,90	7,34E-05	0,05

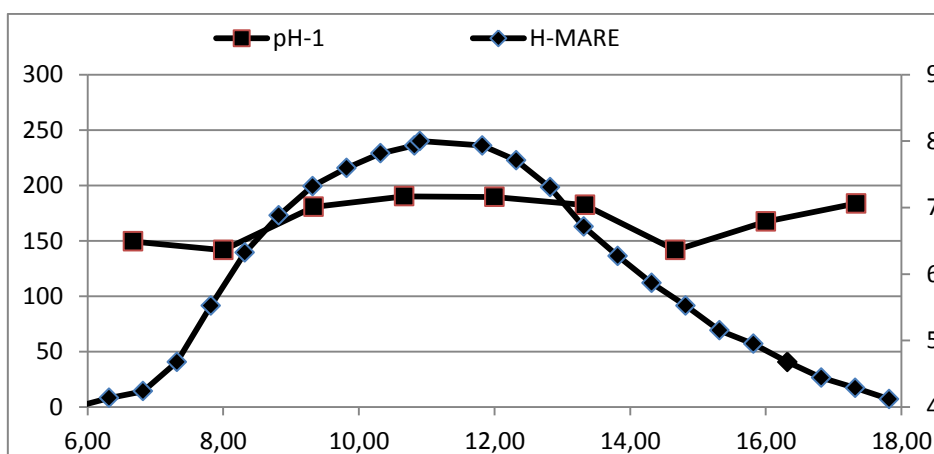


Figura 3 – Comportamento do pH no ponto 1 em relação com a maré

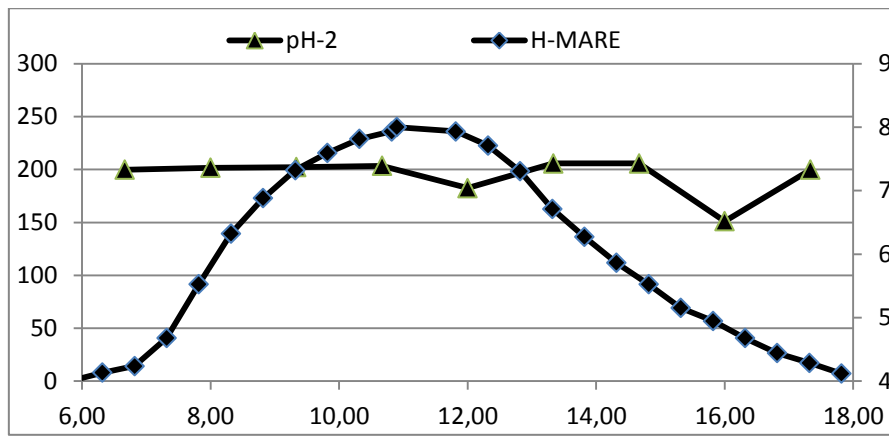


Figura 4 – Comportamento do pH no ponto 2

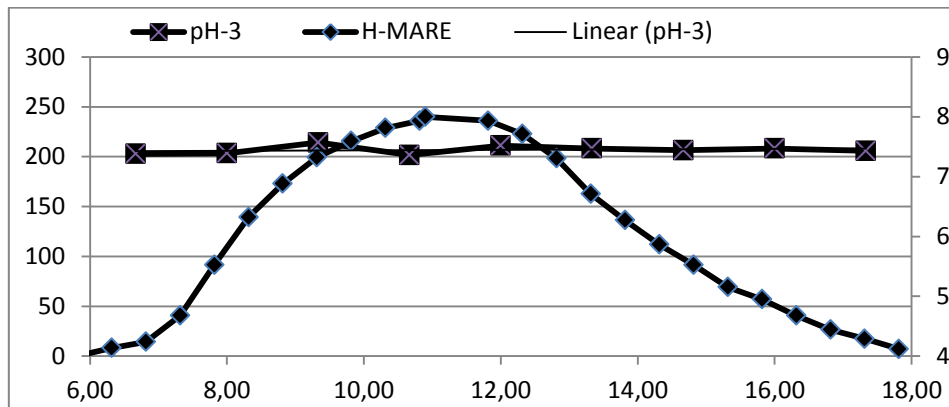


Figura 5 – Comportamento do pH no ponto 3 em relação com a maré

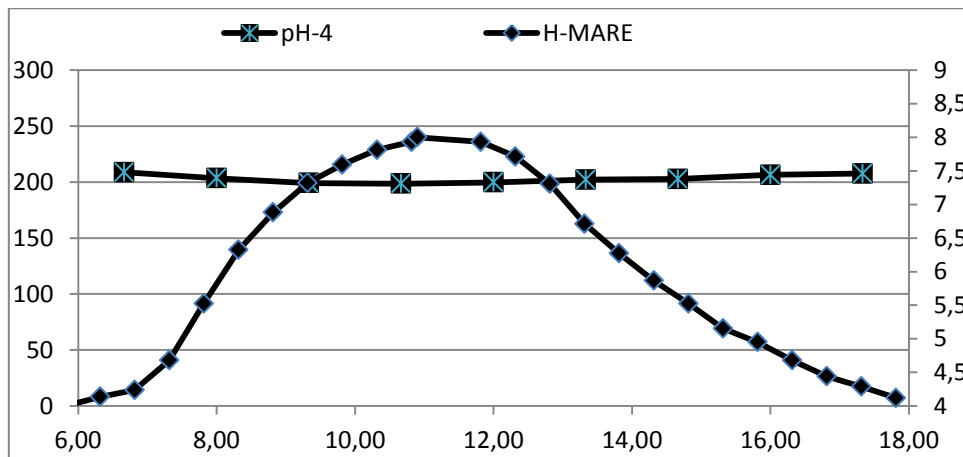


Figura 6 – Comportamento do pH no ponto 4 em relação com a maré

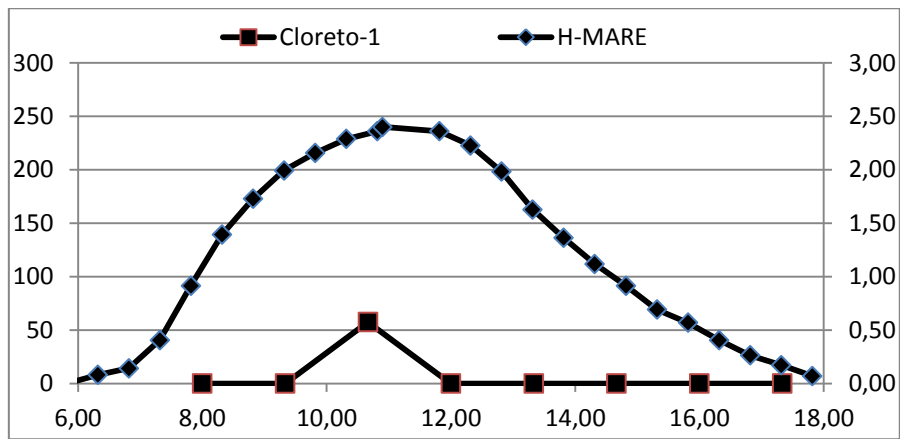


Figura 7 – Comportamento do Cloreto no ponto 1

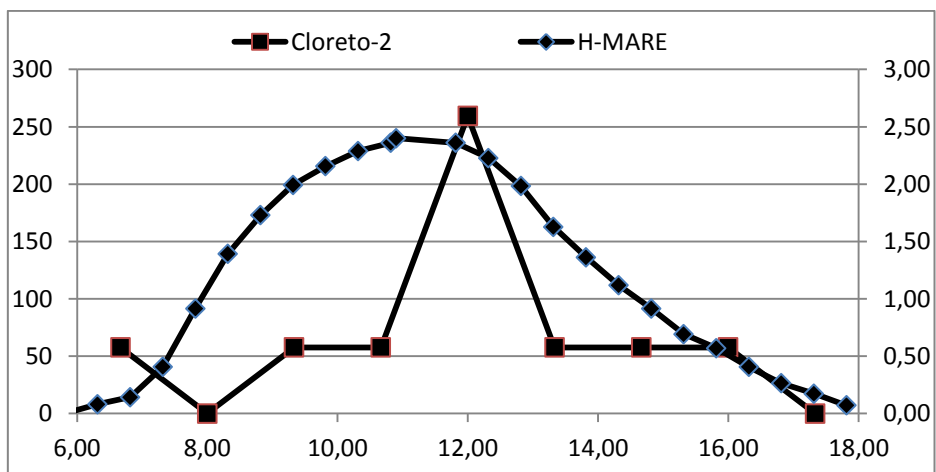


Figura 8 – Comportamento do Cloreto no ponto 2 em relação com a maré

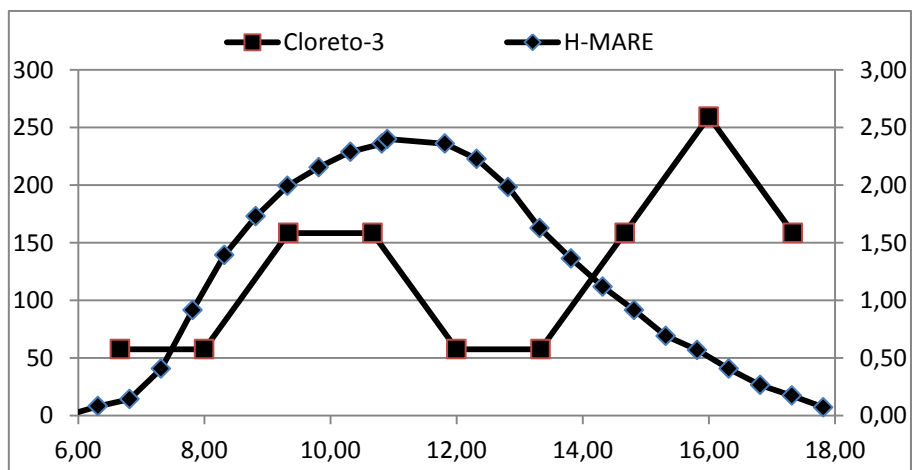


Figura 9 – Comportamento do Cloreto no ponto 3 em relação com a maré

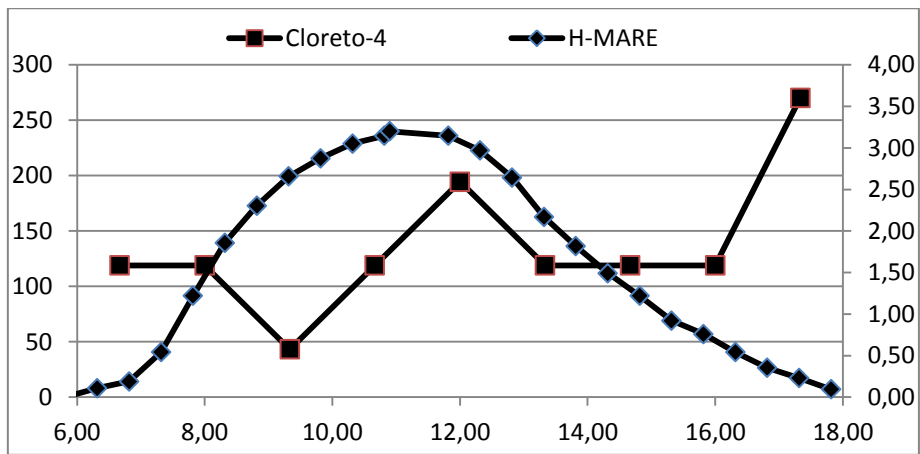


Figura 10 – Comportamento do Cloreto no ponto 4 em relação com a maré

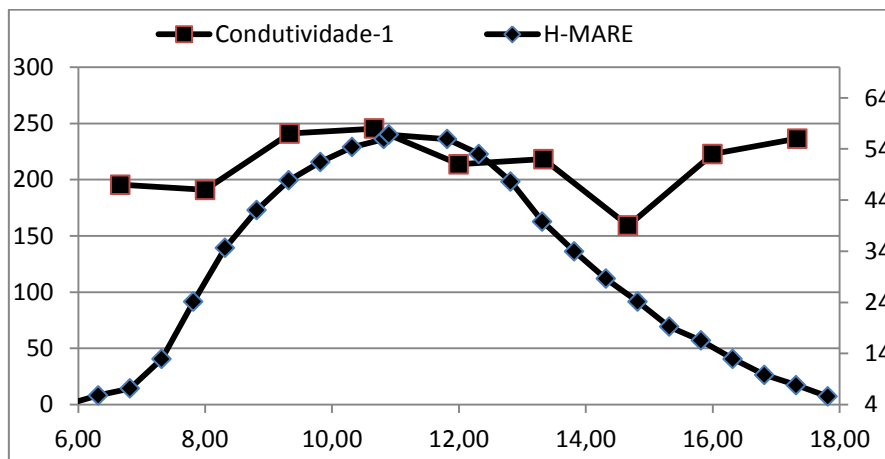


Figura 11 – Comportamento da Condutividade no ponto 1 em relação com a maré

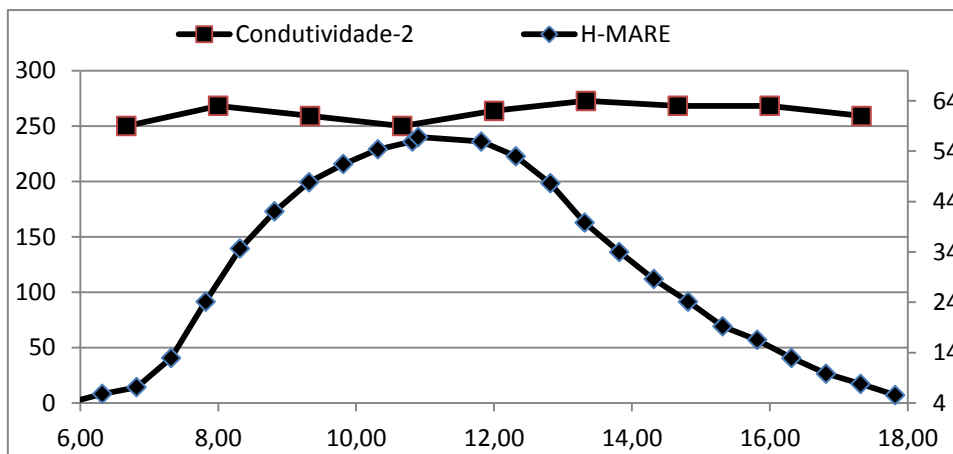


Figura 12 – Comportamento da Condutividade no ponto 2 em relação com a maré





06:30	7,33	18,70	29,20	19,77	0,58	18,82	0,86	0,00	0,00	59,00
08:00	7,36	15,90	24,40	20,20	0,00	18,82	0,71	0,00	0,00	63,00
09:30	7,37	21,80	26,20	19,49	0,58	18,82	0,74	0,00	0,00	61,00
11:00	7,39	20,70	24,80	19,26	0,58	18,82	0,74	0,00	0,00	59,00
12:30	7,04	19,10	22,70	19,02	2,59	18,82	0,49	0,00	0,00	62,00
14:00	7,43	21,50	29,70	21,00	0,58	18,82	0,00	0,00	0,00	64,00
15:30	7,43	16,60	29,70	20,20	0,58	16,47	0,67	0,00	0,00	63,00
17:00	6,52	19,50	36,90	20,80	0,58	18,82	0,86	0,00	0,00	63,00
18:30	7,33	16,50	33,60	20,90	0,00	18,82	0,88	0,00	0,00	61,00
MEDIA	7,24	18,92	28,58	20,07	0,67	18,56	0,66	0,00	0,00	61,67
DESVIO PADRÃO	0,21	1,78	3,60	0,61	0,43	0,46	0,19	0,00	0,00	1,48

Tabela 5- resultados analíticos do ponto 03 (área com influência do poli industrial)

COD.	pH-3	Turb.	cor	STD	Cloreto	Dureza	Sulfato	Nitrito	Amonia	Condutividade
		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm
06:30	7,38	20,40	35,40	19,28	0,58	16,47	0,62	0,00	0,00	62,00
08:00	7,39	19,00	35,30	16,62	0,58	18,82	0,71	0,00	0,00	57,00
09:30	7,57	22,80	35,50	20,40	1,59	18,82	0,70	0,00	0,00	60,00
11:00	7,36	19,30	27,80	19,06	1,59	18,82	0,52	0,00	0,00	60,00
12:30	7,52	20,70	34,40	19,54	0,58	18,82	0,58	0,00	0,00	61,00
14:00	7,47	17,90	34,60	18,37	0,58	18,82	0,65	0,03	0,00	58,00
15:30	7,44	20,00	23,10	19,61	1,59	18,82	0,71	0,00	0,00	62,00
17:00	7,47	15,00	29,90	22,80	2,59	18,82	1,64	0,00	0,00	56,00
18:30	7,43	11,90	28,60	17,05	1,59	18,82	0,70	0,00	0,00	56,00
MEDIA	7,45	18,56	31,62	19,19	1,25	18,56	0,76	0,00	0,00	59,11
DESVIO PADRÃO	0,05	2,41	3,80	1,26	0,60	0,46	0,20	0,01	0,00	2,10

Tabela 6- resultados analíticos do ponto 04 (área com influência do poli industrial)

COD.	pH-4	Turb.	cor	STD	Cloreto	Dureza	Sulfato	Nitrito	amônia	Condutividade
		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm
06:30	7,5	22,4	35,8	20,5	1,6	18,8	0,7	0,0	0,0	67,0
08:00	7,4	24,6	36,3	21,5	1,6	18,8	0,7	0,0	0,0	66,0
09:30	7,3	25,6	31,9	22,4	0,6	16,5	0,6	0,0	0,0	66,0
11:00	7,3	19,5	30,7	21,1	1,6	18,8	0,6	0,0	0,0	65,0
12:30	7,3	18,6	24,1	21,2	2,6	18,8	0,8	0,0	0,0	65,0
14:00	7,4	16,6	38,1	21,4	1,6	18,8	0,7	0,0	0,0	65,0
15:30	7,4	17,0	34,8	19,8	1,6	18,8	0,7	0,0	0,0	64,0
17:00	7,4	19,2	37,3	21,2	1,6	16,5	0,7	0,0	0,0	65,0
18:30	7,5	7,5	24,1	20,2	3,6	18,8	0,7	0,0	0,0	63,0
MEDIA	7,4	19,0	32,6	21,0	1,8	18,3	0,7	0,0	0,0	65,1
DESVIO PADRÃO	0,0	3,6	4,3	0,6	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8

## CONCLUSÕES

Os resultados laboratoriais e estatísticos do teste de ANOVA fator único mostraram que as amostras coletadas no rio Para em relação com as amostras coletadas no rio Arienga mostraram diferenças estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%. Esta diferença significativa pode ser causada pela características geoquímicas da rio Pará com maior influência marinha e as características geoquímicas do rio Arienga com maior influência continental em especial de águas características da

região amazônica. As diferenças registradas podem também estar sendo causadas pelo lançamento de efluentes gerados nos processos industriais das empresas instaladas no pólo industrial de Barcarena, mas que precisam ser objeto de estudos mais aprofundados.

## REFERÊNCIAS

**IEC INSTTTO EVANDRO CHAGAS. 2007.** REALTORIO TECNICOS -SEMAM-0052007 “ATIVIDADES INDUSTRIAIS NO MUNICIPIO DE BARCARENA, PARÁ: OS IMPACTOS AMBIENTAIS NOS IGARAÉS CURUPERÉ E DENDÊ A PARTIR DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES ÁCIDOS NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO CAULIM E AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE CONSUMO DAS COMUNIDADES DO BAIRRO INDUSTRIAL E ILHA DE SÃO JOÃO”. 129P.

**IDESP. 1980.** *Projeto reconhecimento dos recursos naturais da Região Metropolitana de Belém. Reconhecimento hidrogeológico. Anexo I.* Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 11p.

**JORNAL O LIBERAL. 24/11-2004.** *Chuva de fuligem polui Vila do Conde. Pó negro que caiu sobre a cidade durante a madrugada poluiu a praia, sujou prédios e levou moradores aos postos de saúde, principalmente crianças*

**MOREIRA, E. 1966.** *Belém e sua expressão geográfica.* Belém, Imprensa Universitária. 212p.

**NBR. 1998 .** *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.*

**PARÁ. 1995.** *Plano diretor de mineração em áreas urbanas, Região Metropolitana de Belém.* Governo do Estado do Pará, Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração. 187p.

**PIRATOBA MORALES, G. 2002.** *Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do Depósito de Resíduos Sólidos do Aurá.* Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 220p. (Tese de Doutorado).

**RIBEIRO, H.M.C. 1992.** *Avaliação Atual da Qualidade das Águas dos lagos Bolonha e Água Preta, situados na área fisiográfica de Utinga (Belém-PA).* Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 204p. (Dissertação de Mestrado).

**STANDARD METHODS FOR EXAMINATION WATER AND WASTEWATER. 1998. 15th Edition APHA-AWWA- WPCF.** 1324p.