

PROGRAMA ÁGUA AZUL

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

PROJETO ESTUDO DE BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ALGUNS RESERVATÓRIOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE NO PERÍODO DE 10/03 A 07/04/2013



NATAL-RN, MAIO DE 2013.

PROGRAMA ÁGUA AZUL
REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO
DA QUALIDADE DA ÁGUA
PROJETO ESTUDO DE BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (PEBPRN)

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE E
QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ALGUNS RESERVATÓRIOS
HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE
NO PERÍODO DE 12/03 A 07/04/2013

COORDENAÇÃO GERAL

SÉRGIO LUIZ MACÊDO - IDEMA

Eng^o Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Núcleo de Monitoramento Ambiental –
NMA/IDEMA

NELSON CÉSIO FERNANDES SANTOS- IGARN

Eng^o Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Coordenador de Gestão Operacional –
IGARN

MANOEL LUCAS FILHO- UFRN

Eng^o Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor do
Centro de Tecnologia da UFRN

COORDENAÇÃO DO PROJETO ESTUDO DE BALNEABILIDADE DAS PRAIAS
DO RIO GRANDE DO NORTE (PEBPRN)

RONALDO FERNANDES DINIZ

Geólogo, Doutor em Geologia Costeira e Ambiental, Professor/Pesquisador do IFRN

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SEMARH
Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN - IDEMA
Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte - IGARN
Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte - EMPARN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN - IFRN
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte - UERN
Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA

EQUIPE TÉCNICA DO IFRN (EXECUTORA DO PEBPRN)

ANDRÉ LUIS CALADO ARAÚJO

Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Sanitária, University of Leeds, England

ANDRÉA LESSA DA FONSECA

Engenheira Química, Doutora em Engenharia Química, UFRN

DOUGLISNILSON DE MORAES FERREIRA

Químico, Mestre em Química, UFRN

LUIZ EDUARDO LIMA DE MELO

Biólogo, Doutor em Recursos Naturais, UFCG

MILTON BEZERRA DO VALE

Engenheiro Químico, Doutor em Recursos Naturais, UFCG

RONALDO FERNANDES DINIZ

Geólogo, Doutor em Geologia Costeira e Ambiental, UFBA

RICARDO FERNANDES FIDELIS

Aluno do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, IFRN

JOSÉ CUSTÓDIO DA SILVA

Técnico em Controle Ambiental, IFRN

LARISSA CAROLINE S. FERREIRA

Técnico em Controle Ambiental, IFRN

MIRLENE NEYCE SOARES PEREIRA

Técnico em Controle Ambiental, IFRN

PRISCILLA VANESSA A. DA SILVA

Técnico em Controle Ambiental, IFRN

APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta os resultados da “Avaliação das Condições de Balneabilidade e Qualidade das Águas de Alguns Reservatórios Hídricos do Rio Grande do Norte no Período de 10/03 07/04/2013”, assim compreendendo a classificação dos mananciais estudados quanto às suas condições de balneabilidade e o estudo da qualidade físico-química e microbiológica da água dos mesmos.

Este estudo é parte integrante do projeto “**Estudo de Balneabilidade das Praias do Estado do Rio Grande do Norte**”, inserido no Programa Estadual “**Água Azul**”, executados conjuntamente pelo IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte) e IFRN (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte).

I. INTRODUÇÃO

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), através de ações desenvolvidas juntamente com o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, nas quais participam a sua Secretaria de Recursos Hídricos, representada principalmente pelo IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte), vem realizando o projeto “Estudo de Balneabilidade das Praias do Estado do Rio Grande do Norte”, este inserido no programa estadual “Água Azul”.

O objetivo maior do projeto acima mencionado é a identificação das condições de balneabilidade das principais praias norte-rio-grandenses, classificando-as em PRÓPRIA ou IMPRÓPRIA para o banho, conforme especificação da Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do meio Ambiente) nº 274/2000.

Os Açudes e Barragens do interior do Rio Grande do Norte, normalmente utilizados pela população para diversos usos, tais como o abastecimento público de água, pesca, dessedentação de animais e irrigação, também são utilizados nos finais de semana para lazer, principalmente banhos. A maior frequência de banhistas é registrada nos maiores reservatórios de água potiguar, notadamente naqueles situados mais próximos aos centros urbanos.

Este estudo compreendeu o monitoramento de 9 (nove) reservatórios hídricos situados em território potiguar. Na Região Oeste Potiguar foram monitorados 5 (cinco) reservatórios: (i) Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves; (ii) Barragem Santa Cruz do Apodi; (iii) Barragem de Pau dos Ferros; (iv) Açude Bananeiras; e (v) Açude de Lucrecia. Na Região Seridó foram monitorados 4 (quatro) reservatórios: (i) Barragem Boqueirão de Parelhas; (ii) Barragem Passagem das Traíras; (iii) Açude Itans e (iv) Açude Gargalheiras.

Os parâmetros avaliadores da balneabilidade para água doce foram as bactérias coliformes termotolerantes (fecais) ou *Escherichia coli*, por estarem presentes frequentemente nos meios hídricos usados para fins recreacionais, como também pelo ser um indicador potencial de disseminação de doenças. Esses organismos,

quando presentes na água dos mananciais indicam a contaminação fecal de seres humanos e animais de sangue quente.

A água contaminada pode causar doenças de veiculação hídrica, tais como: como gastroenterite, verminoses, doenças de pele e até doenças mais graves como hepatite, cólera e febre tifoide. Além disso, a presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, são capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação. O $\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$ (águas doces), à exceção das condições naturais; a floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana; e outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente o exercício da recreação de contato primário podem definir a impropriedade da água para o banho e/ou consumo.

Para avaliar a qualidade físico-química dos mananciais estudados, foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, sólidos totais, turbidez, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, nitrogênio total, fósforo total. A avaliação da contaminação por tóxicos utilizou-se de alguns metais pesados, tais como, prata (Ag), alumínio (Al), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn), a interpretação dos resultados é feita através da comparação dos parâmetros avaliados com os padrões da legislação ambiental, através da resolução 357 de 2005 do CONAMA.

Também foi realizado um monitoramento da quantidade de cianobactérias (também denominados como cianofíceas ou algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo). A maior importância do controle das cianobactérias está relacionada à capacidade destas células produzirem toxinas que, em grande quantidade, afetam a saúde humana e o equilíbrio do ambiente aquático.

Esses parâmetros nos permitem avaliar a qualidade da água dos mesmos mostrando um diagnóstico da qualidade físico-química da água dos mesmos, quanto à concentração de matéria orgânica, nutrientes e substâncias inorgânicas

prejudiciais à saúde (metais pesados), além de qualidade biológica da água do manancial.

Outra forma de monitorar a qualidade das águas superficiais é a utilização do cálculo do Índice de Qualidade das Águas – IQA. A CETESB utiliza desde 1975, o Índice de Qualidade das Águas – IQA, com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

As variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

As principais vantagens do índice do IQA são a facilidade de comunicação com o público leigo, o status maior do que as variáveis isoladas e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade (CETESB, 2013).

Uma das finalidades dos açudes dentro de uma comunidade é na dessedentação de animais, principalmente os domésticos, tais como, bovinos, caprino, suínos e aves, segundo a Lei 9433 (BRASIL, 1997) em caso de seca é prioritário junto com o abastecimento humano. A sua água deve ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais a saúde dos animais. A água é uma das principais fontes de agentes causadores de doenças aos animais, na qual algumas delas podem ser transmitidas ao ser humano, tais como, carbúnculo, salmoneloses, leptospiroses brucelose, tifo aviário, paratifo dos bezerros, colibacilose, tuberculose, erisipelóide, febre aftosa, peste suína, peste aviária, anemia infecciosa equina, cinomose,

panleucopenia felina, peste suína africana, eimeriose e helmintíases (Merchant e Parker, 1970 *apud* SOUZA, 1988).

O padrão de qualidade da água de dessedentação para os animais é estabelecida pela resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), na qual estabelece a classe 3 de água doce. Segundo esta resolução água doce possui salinidade igual ou inferior a 0,5‰, isto é, 500 mg/L sólidos dissolvidos totais (SDT), enquanto as águas salobras (0,05‰ < salinidade < 3,0‰) e salinas (salinidade ≥ 3,0‰). Na medida em que o SDT aumenta a qualidade da água piora, causando a repulsa para o consumo de água e prejuízos no desempenho. O limite para animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Em relação a cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/mL.

II. METODOLOGIA

2.1. Localização e Amostragem

Os mananciais superficiais foram avaliados através de análises biológicas, bacteriológicas e físico-químicas, realizadas segundo procedimentos recomendados pela APHA-AWWA-WPQCF (APHA et al, 2005). Os locais de coleta foram determinados levando-se em conta o fluxo de banhistas e a proximidade de saídas de corpos d'águas, tais como valas, rios, riachos, isto é, todos os locais com maiores riscos de contaminação. A Figura 1 mostra a localização dos nove mananciais superficiais no estado do Rio Grande do Norte com seus respectivos municípios. Foi escolhido um ponto de coleta para cada reservatório (Figuras 2 a 10 e Tabela 1).

Figura 1. Localização dos reservatórios de águas interiores monitorados.

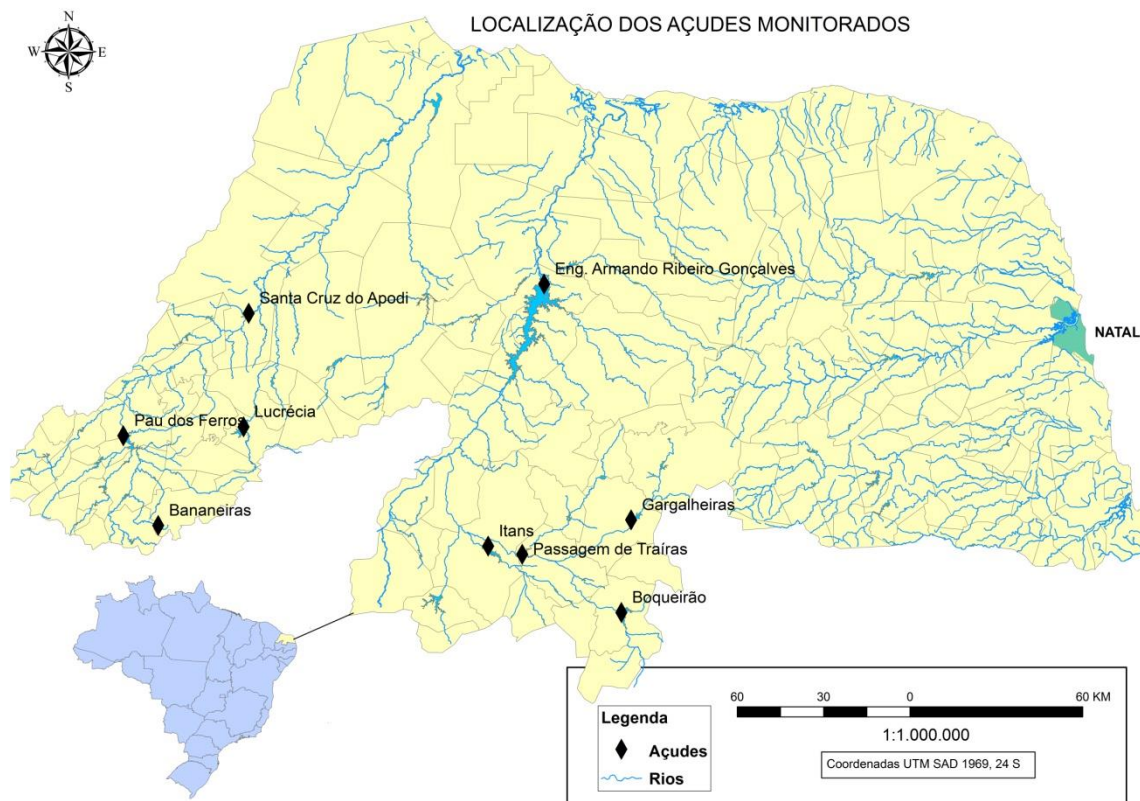


Tabela 1. Descrição e localização dos Pontos de Coleta.

Ponto	Açude	Município	Coordenadas (UTM)
1	Açude Bananeiras	Alexandria	601.390 9.289.274
2	Barragem de Pau dos Ferros	Pau dos Ferros	589.297 9.320.400
3	Barragem Santa Cruz do Apodi	Apodi	632.793 9.362.886
4	Açude de Lucrécia	Lucrécia	631.033 9.323.480
5	Barragem Armando Ribeiro Gonçalves	Itajá	735.334 9.373.036
6	Barragem Boqueirão de Parelhas	Parelhas	762.135 9.259.088
7	Barragem Passagem das Traíras	Jardim do Seridó	727.715 9.279.278
8	Açude Itans	Caicó	715.891 9.282.138
9	Açude Gargalheiras	Acari	0765.529 9.291.258

Figura 2. Vista do ponto de coleta no Açude Bananeiras (Alexandria-RN).

Figura 3. Vista do ponto de coleta na Barragem de Pau dos Ferros (Pau dos Ferros-RN).



Figura 4. Vista do ponto de coleta na Barragem Santa Cruz do Apodi (Apodi-RN).



Figura 5. Vista do ponto de coleta no Açude de Lucrecia (Lucrecia-RN).



Figura 6. Vista do ponto de coleta na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves (Itajá-RN).



Figura 7. Vista do ponto de coleta na Barragem Boqueirão de Parelhas (Parelhas-RN).



Figura 8. Vista do ponto de coleta na Barragem Passagem das Traíras (Jardim de Seridó- RN).



Figura 9. Vista do ponto de coleta no Açude Itans (Caicó-RN).



Figura 10. Vista do ponto de coleta no Açude Gargalheiras (Acari-RN).



As amostragens foram realizadas sempre nos mesmos pontos pré-estabelecidos, durante 05 (cinco) semanas distribuídas no período de 10/03 a 07/04/2013, sempre aos domingos e geralmente no período da manhã, entre as 09h00 e 12h00, numa profundidade média de 1,0 m para balneabilidade e de 30 cm para as análises físico-químicas. Para cada amostra foram coletados 100 mL de água em frascos esterilizados para balneabilidade e dois 02 litros para análises físico-químicas. Nos frascos com destino a contagem de células, foram adicionados 3 mL de solução lugol, em 300 mL de amostra. Imediatamente após cada coleta, estas amostras foram conservadas sob refrigeração, até suas entregas para determinações no Laboratório de Análise de Águas do IFRN Câmpus Central/Natal.

2.2. Determinação de coliformes termotolerantes

Na necessidade de métodos mais rápidos para a detecção e quantificação de Coliformes termotolerantes, foi usada técnica de tubos múltiplos, com a inoculação no meio de cultura A₁.

O Standard methods (US-EPA) for examination of water and wastewater, em sua 21^a edição, recomenda este método com meio A₁ para análises de água de fonte, águas marinhas e águas residuárias tratadas.

Emprega-se um procedimento simplificado, com inoculação direta da amostra do meio A₁ e incubação a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. A produção de gases (hidrogênio e dióxido de carbono) e de ácido, a partir da fermentação da lactose do meio A₁, é prova confirmativa positiva para a presença de bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes.

2.3. Classificação da balneabilidade

Considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade e de acordo com a Resolução N^o 274 de 29 de novembro de 2000 do CONAMA, são estabelecidos critérios para a classificação das águas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário), avaliada nas categorias **PRÓPRIA** e **IMPRÓPRIA**, considerada a densidade de coliformes termotolerantes de um conjunto de amostras, em cada uma de cinco semanas

anteriores e consecutivas. As águas consideradas **PRÓPRIAS** poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- (i) **Excelente**: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes termotolerantes ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- (ii) **Muito Boa**: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes termotolerantes ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- (iii) **Satisfatória**: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes termotolerantes ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

As águas serão consideradas **IMPRÓPRIAS**, sendo desaconselhadas para recreação de contato primário, quando no trecho avaliado for verificada uma das seguintes ocorrências:

- (i) Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- (ii) Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes termotolerantes ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- (iii) Incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- (iv) Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- (v) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- (vi) Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- (vii) Outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

2.4. Determinação de Cianobactérias

Para as cianobactérias foram realizados somente ensaios quantitativos (contagem de células de cianobactérias (cel/mL)). A contagem de células de cianobactérias, foi realizada em microscópio binocular, na câmara de Sedgwick - Rafter, com recolo de Whipple acoplado na ocular, seguindo a Norma Técnica CETESB L5 303.

2.5. Determinações físico-químicas das águas

Nos nove pontos de coleta semanalmente foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico. O nitrogênio total é obtido pela soma do nitrogênio amoniacal mais nitrito mais nitrato mais nitrogênio orgânico.

2.5.1 Procedimentos analíticos

Na Tabela 2 tem-se os parâmetros analisados e os seus respectivos métodos e referências bibliográficas.

2.5. Determinação do Índice de Qualidade da Água – IQA

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos nove parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

A expressão matemática utilizada para o cálculo do IQA é dada pela equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- IQA = índice de qualidade das águas, é um número entre zero a cem
- n = número de parâmetros selecionados
- q_i = índice de qualidade do iésimo parâmetro (zero a cem)
- w_i = peso relativo do iésimo parâmetro (numero menor que 1)

Os parâmetros adotados possuem pesos (w), conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 2 - Parâmetro analisados e seus respectivos métodos e referências.

Parâmetros	Métodos	Referências
DBO ₅	Incubação com diluição/lodométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Turbidez	Espectrofotométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Nitrato	Espectrofotométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Oxigênio Dissolvido	Iodométrico de Winkler	APHA <i>et al.</i> (2005)
Temperatura	Termômetro filamento de mercúrio	APHA <i>et al.</i> (2005)
pH	Eletrométrico/potenciométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Sólidos totais	Gravimétrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Nitrito	Espectrofotométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Fósforo total	Espectrofotométrico	APHA <i>et al.</i> (2005)
Metais	Espectrofotometria de absorção atômica	APHA <i>et al.</i> (2005)

Tabela 3 - Pesos para cálculo do IQA, segundo a CETESB.

Nº	Parâmetro	Unidade	Peso (w)
1	Oxigênio Dissolvido	% saturação	0,17
2	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	0,15
3	pH	-	0,12
4	Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O ₂ /L	0,10
5	Nitrogênio Total	mg N/L	0,10
6	Fósforo Total	mg P/L	0,10
7	Temperatura de desvio	°C	0,10
8	Turbidez	uT	0,08
9	Sólidos Totais	mg P/L	0,08

Segundo a CETESB (2012), a partir do cálculo efetuado se pode determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100 (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação da qualidade das águas do IQA, segundo CETESB.

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Figura 11 – Mapa com classificação dos reservatórios após análises segundo CETESB



III. RESULTADOS

3.1 Qualidade Microbiológica - Balneabilidade

Os resultados obtidos das amostras analisadas, assim como a média obtida nas cinco semanas do estudo para quantificação de Coliformes Termotolerantes nos corpos d'água dos cinco reservatórios da Região Oeste são apresentados na tabela 5 e dos quatro reservatórios da Região do Seridó na tabela 6.

Tabela 5. Valores de Coliformes Termotolerantes e médias (NMP/100 mL) determinados nos pontos amostrados nos mananciais da Região Oeste.

Reservatório Hídrico	Semana 01 10/03/13	Semana 02 17/03/13	Semana 03 24/03/13	Semana 04 31/03/13	Semana 05 07/04/13	Média	Classif. de Balneabilidade (Resolução CONAMA nº 274/2000)
Açude Bananeiras	0	4	920	240	33	239	PRÓPRIA
Barragem de Pau dos Ferros	31	1600	79	79	2400	838	IMPRÓPRIA
Barragem Santa Cruz do Apodi	23	13	540	170	2600	669	PRÓPRIA
Açude de Lucrecia	31	4	23	31	1600	338	PRÓPRIA
Barragem Armando Ribeiro Gonçalves	240	13	23	110	920	261	PRÓPRIA

Tabela 6. Valores de Coliformes Termotolerantes e médias (NMP/100 mL) determinados nos pontos amostrados nos mananciais da Região Seridó.

Reservatório Hídrico	Semana 01 10/03/13	Semana 02 17/03/13	Semana 03 24/03/13	Semana 04 31/03/13	Semana 05 07/04/13	Média	Classif. de Balneabilidade (Resolução CONAMA nº 274/2000)
Barragem Boqueirão	12	33	46	23	5	24	PRÓPRIA
Barragem Passagem das Traíras	33	240	12	23	13	64	PRÓPRIA
Açude Itans	49	49	23	33	110	53	PRÓPRIA
Açude de Gargalheiras	4	4	12	23	12	11	PRÓPRIA

Segundo os dados obtidos durante o presente estudo, as águas coletadas na Barragem de Pau de Ferros apresentaram, por duas vezes, valores de concentração de coliformes fecais/100 mL de água maiores que 1000, assim sendo classificado como impróprio para o banho durante o período estudado (Tabela 5).

A Barragem Santa Cruz do Apodi, apesar de ter apresentado na última semana do estudo elevada quantidade de coliformes (2600 / 100 mL de água), no geral, esteve própria para o banho segundo critérios da Resolução CONAMA 274/2000 (Tabela 5).

Todos os demais reservatórios hídricos monitorados no período de 10/03 a 7/04/2013 apresentaram-se com águas próprias para banho, segundo critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000.

3.2. Qualidade biológica – densidade de Cianobactérias

Os resultados obtidos das análises com vistas ao estudo para quantificação de densidade de Cianobactérias (cel/mL) nos corpos d'água, realizadas no dia 17/03/2013, são apresentados na Tabela 7, para os cinco reservatórios da Região Oeste, e na Tabela 8 para os quatro reservatórios da Região Seridó.

Tabela 7. Valores de Contagem de Cianobactérias (cel/100 mL) determinados nos pontos amostrados nos mananciais da Região Oeste.

Contagem de Cianobactérias (Cel /mL)						
Data	Lucrécia	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	Bananeiras	Santa Cruz do Apodi	Pau dos Ferros	Limite Classe 2 (Resolução CONAMA nº 357/2005 – art. 14)
17/03/13	120340	65150	45350	2640	974250	50000

Tabela 8. Valores de Contagem de Cianobactérias (cel/100 mL) determinados nos pontos amostrados nos mananciais da Região Seridó.

Contagem de Cianobactérias (Cel /mL)					
Data	Passagem das Traíras	Gargalheiras	Boqueirão	Itans	Limite Classe 2 (Resolução CONAMA nº 357/2005 – art. 14)
17/03/13	320834	236402	23450	4530	50000

Como se pode observar na tabela 7, a barragem de Santa Cruz do Apodi (Apodi-RN) e o açude Bananeiras (Alexandria-RN) ficaram abaixo do limite estabelecido para resolução, enquanto os reservatórios de Lucrécia e de Pau dos Ferros apresentaram valores de densidade de cianobactérias muito acima do limite da Resolução CONAMA nº 357/2005, para mananciais da Classe 2, que é de 50000 cel/mL.

Em relação aos mananciais da região do Seridó, foram encontrados valores de cianobactérias muito acima do limite recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 - para mananciais da Classe 2 nos reservatórios de Passagem das Traíras (Caicó-RN) e Gargalheiras (Acari-RN).

3.3. Qualidade da água para dessedentação de animais

De acordo com a classe 2 para água doce, segundo resolução nº 357 do CONAMA, as águas coletadas nos mananciais estão dentro dos padrões para os coliformes termotolerantes, com valores médio abaixo de 1000 NMP/100 mL, e para os valores físico-químicos. Por outro lado, os reservatórios de Lucrécia, Armando Ribeiro Gonçalves, Pau dos Ferros, Passagem das Traíras e Gargalheiras, apresentaram águas com quantidades de cianobactérias acima dos limites permitidos, que é de 50000 cel/mL.

3.4. Qualidade física e química das águas dos reservatórios

Os resultados obtidos das análises realizadas com vistas à avaliação da qualidade das águas do ponto de vista físico-químico, no período de 10/03 a 7/04/2013, incluindo os parâmetros temperatura, turbidez, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, sólidos totais estão apresentados a seguir.

Quanto ao material em suspensão (turbidez), todos os mananciais apresentaram, em todo o período de estudo, turbidez média abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 - para mananciais da Classe 2, que é turbidez igual a 100 NTU (Figuras 11 e 12).

Figura 11 – Resultados da turbidez das águas dos reservatórios da Região Oeste

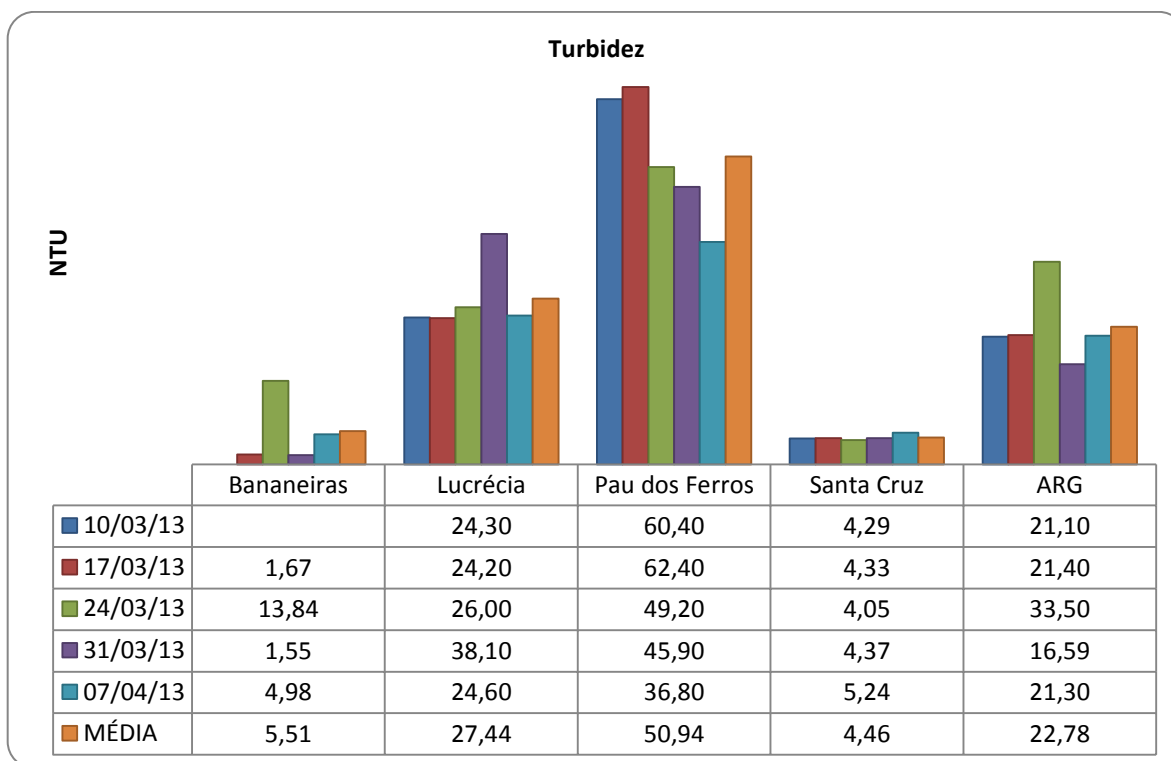
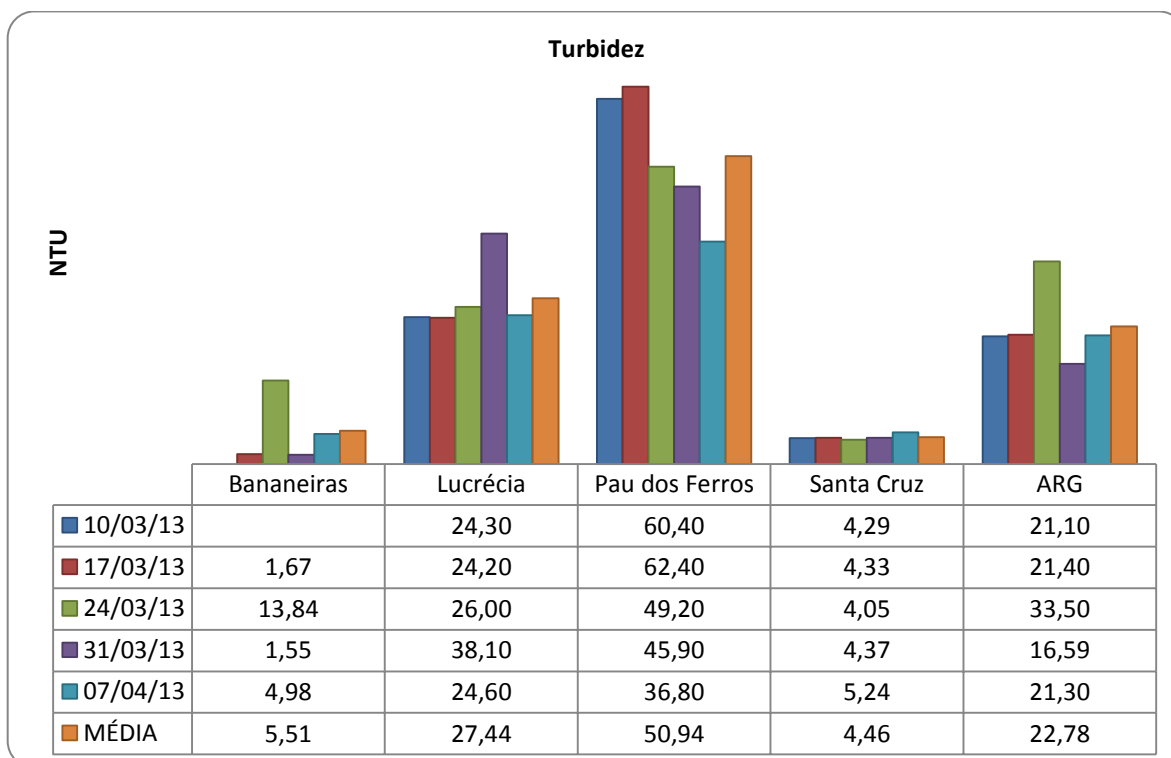


Figura 12 – Resultados da turbidez das águas dos reservatórios da Região Seridó



- **Temperatura**

A temperatura das águas nos locais de coleta variou de 27,0 a 32,0° C e de 27,0 a 30,0° C nos açudes do Seridó e do Oeste, respectivamente (Figuras 13 e 14).

Figura 13 – Resultados da temperatura das águas dos reservatórios da Região Oeste

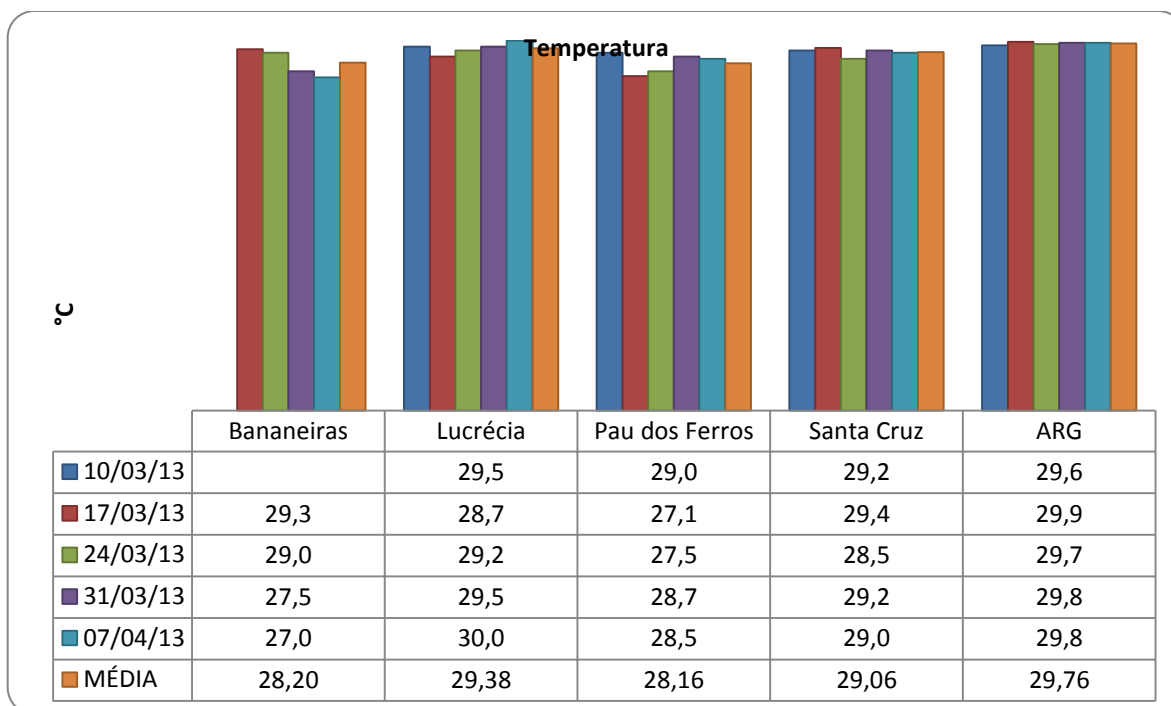
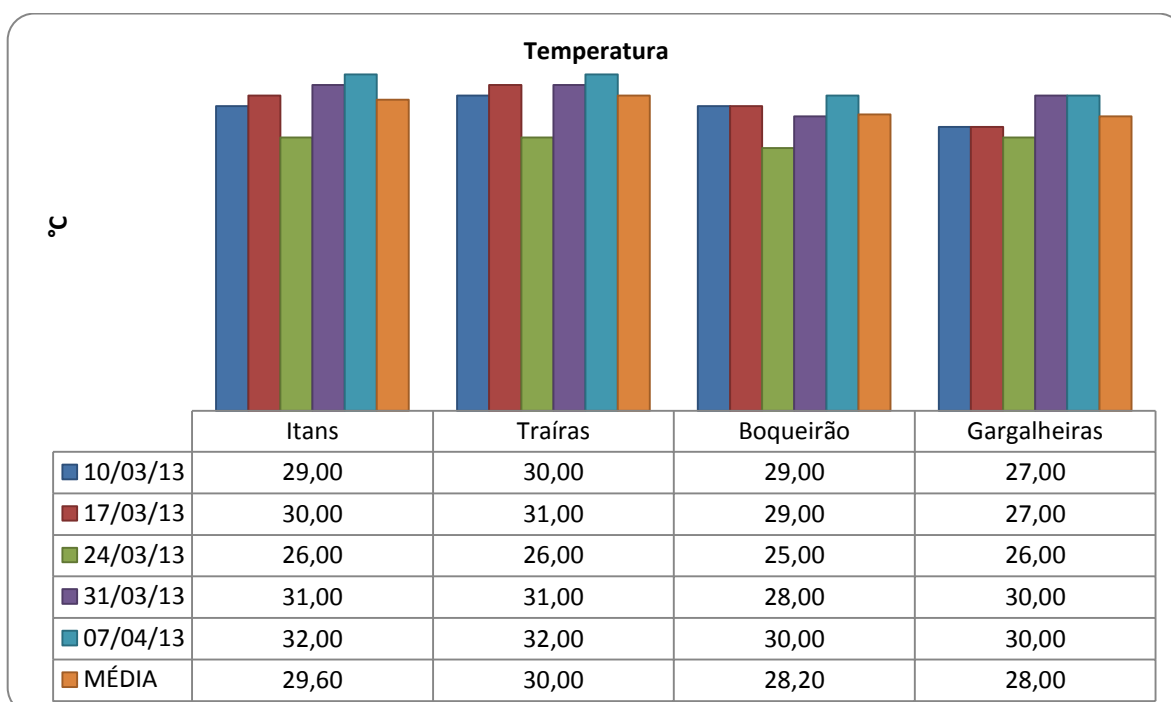


Figura 14 – Resultados da temperatura das águas dos reservatórios da Região Seridó



- pH

Os resultados mostraram que todos os mananciais estudados apresentaram pH de tendência básica, sempre acima de 8,1 e inferior ou igual a 9 e, portanto, estando dentro da faixa recomendada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais Classe 2, que é pH de 6,5 a 9,0 (Figuras 15 e 16).

Figura 15 – Resultados do pH das águas dos reservatórios da Região Oeste

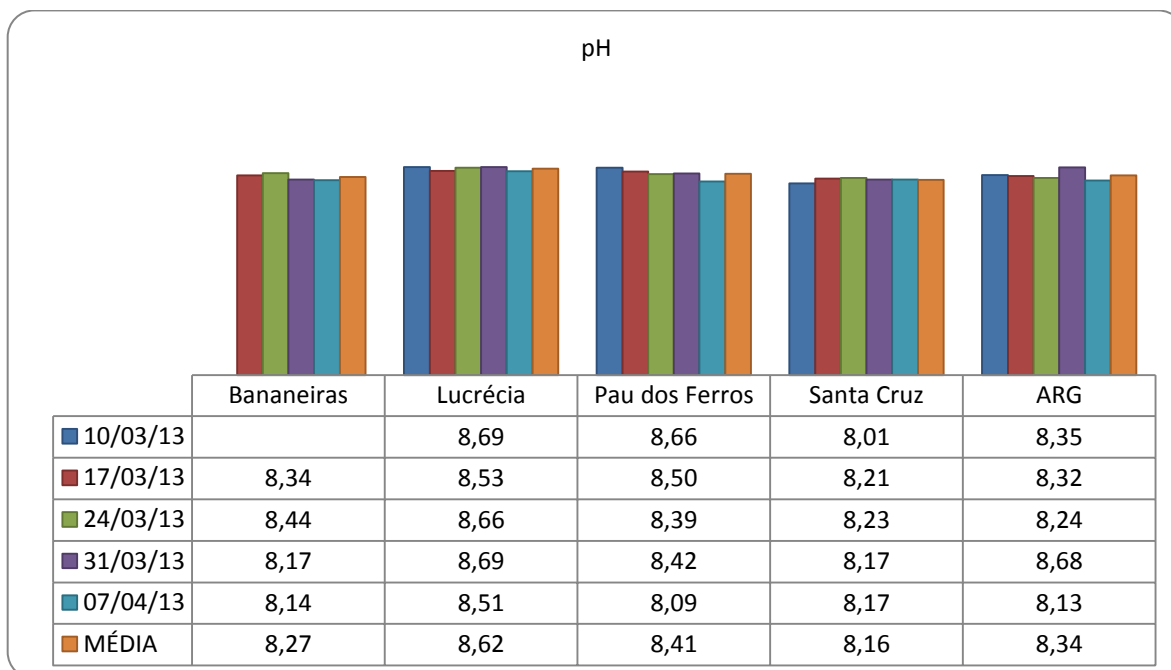
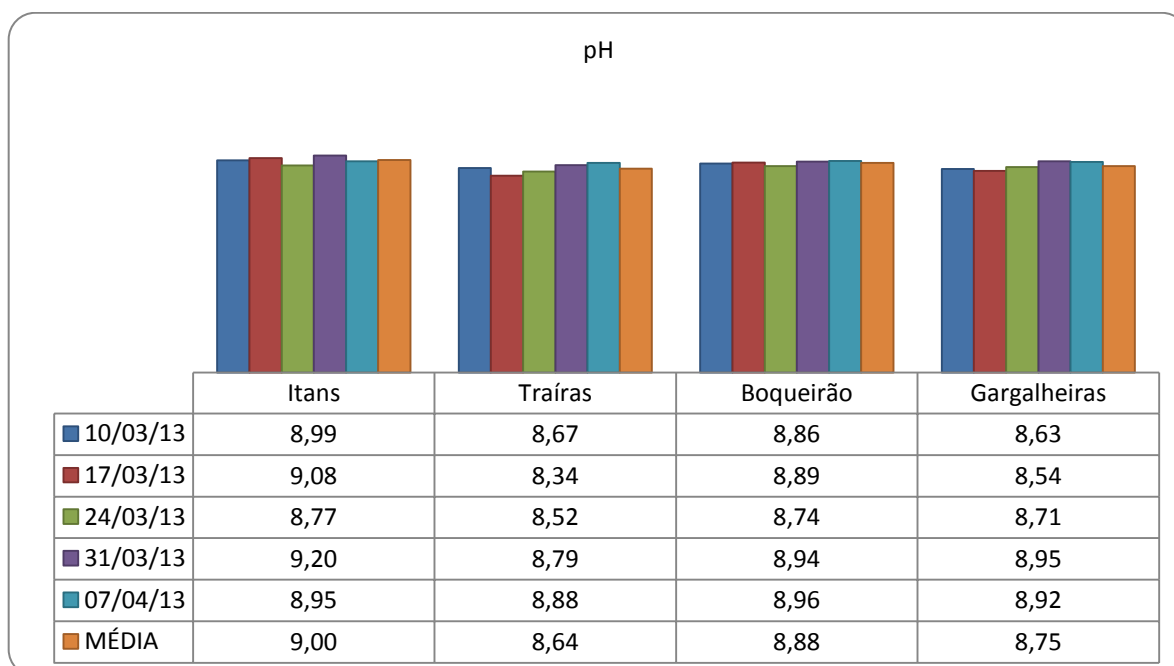


Figura 16 – Resultados do pH das águas dos reservatórios da Região Seridó



• **Oxigênio Dissolvido – OD**

Quanto à concentração de oxigênio dissolvido (OD), quase todos os mananciais estudados apresentaram concentrações médias maiores que a concentração limite de oxigênio dissolvido recomendada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2 (caso destes citados, que é OD = 5 mg/L) (Figuras 17 e 18).

Figura 17 – Resultados de oxigênio dissolvido das águas dos reservatórios da Região Oeste

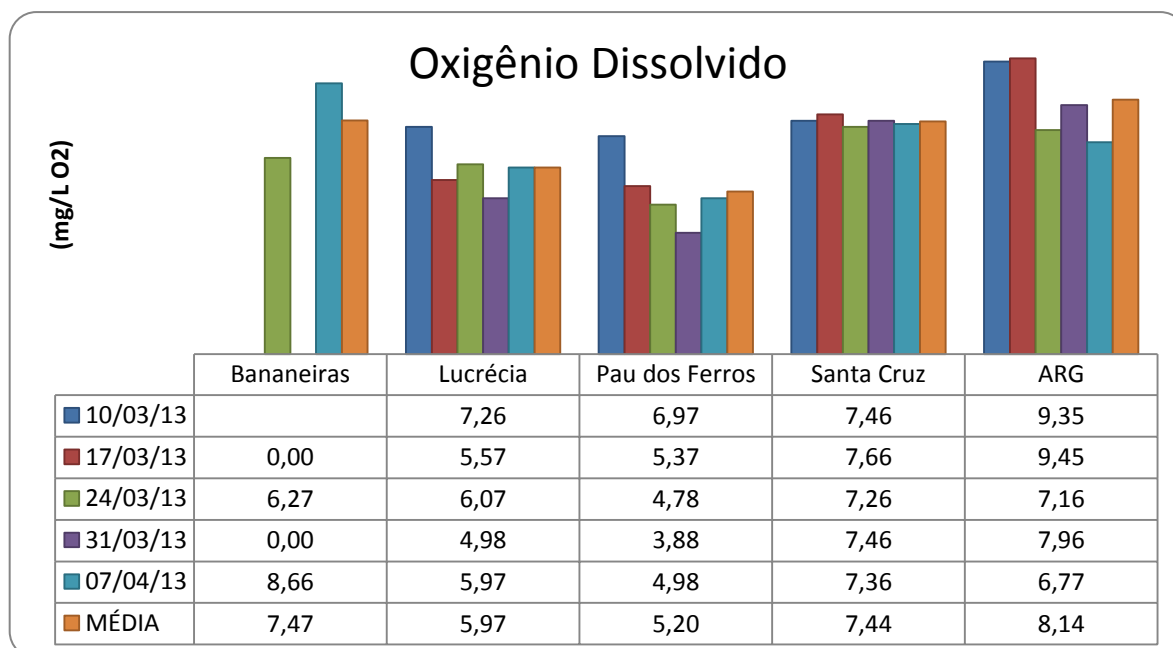
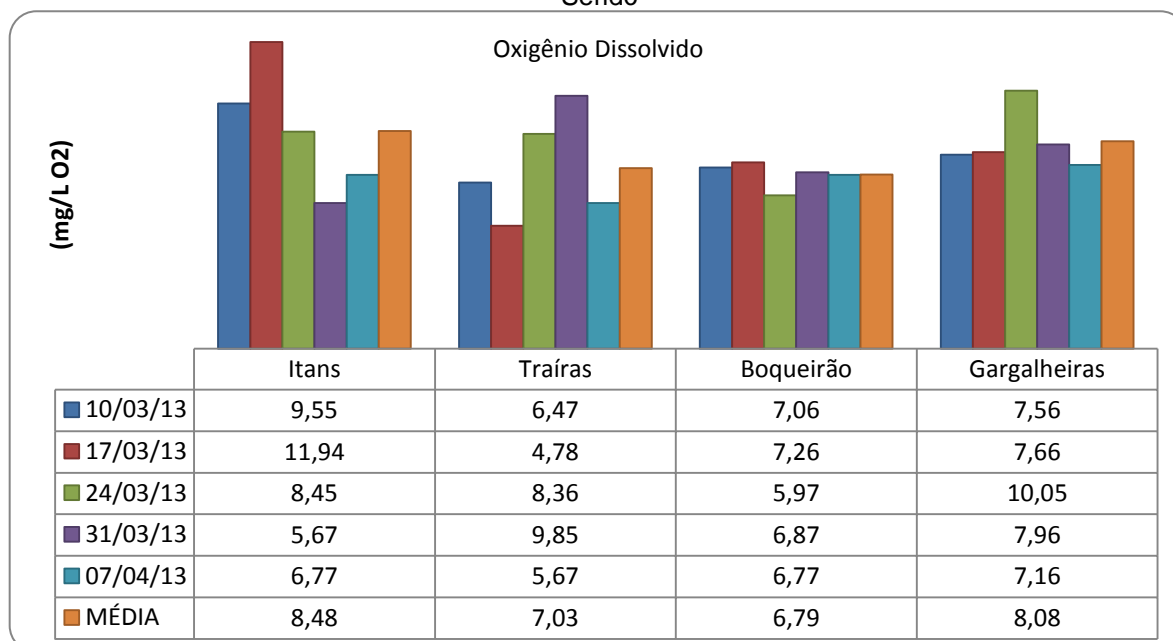


Figura 18 – Resultados de oxigênio dissolvido das águas dos reservatórios da Região Seridó



- **Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO**

A maioria dos mananciais estudados apresentaram concentrações médias de DBO₅ inferiores ou próximas da concentração limite de DBO recomendada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2 (caso destes citados, que é DBO₅ = 5 mg/L) (Figuras 19 e 20), excetuando-se os mananciais Barragem de Pau dos Ferros, Açude Itans e Açude Gargalheiras, com valores médios de DBO₅ de 10,5, 8,13 e 7,56 mg/L, respectivamente.

Figura 19 – Resultados da DBO das águas dos reservatórios da Região Oeste

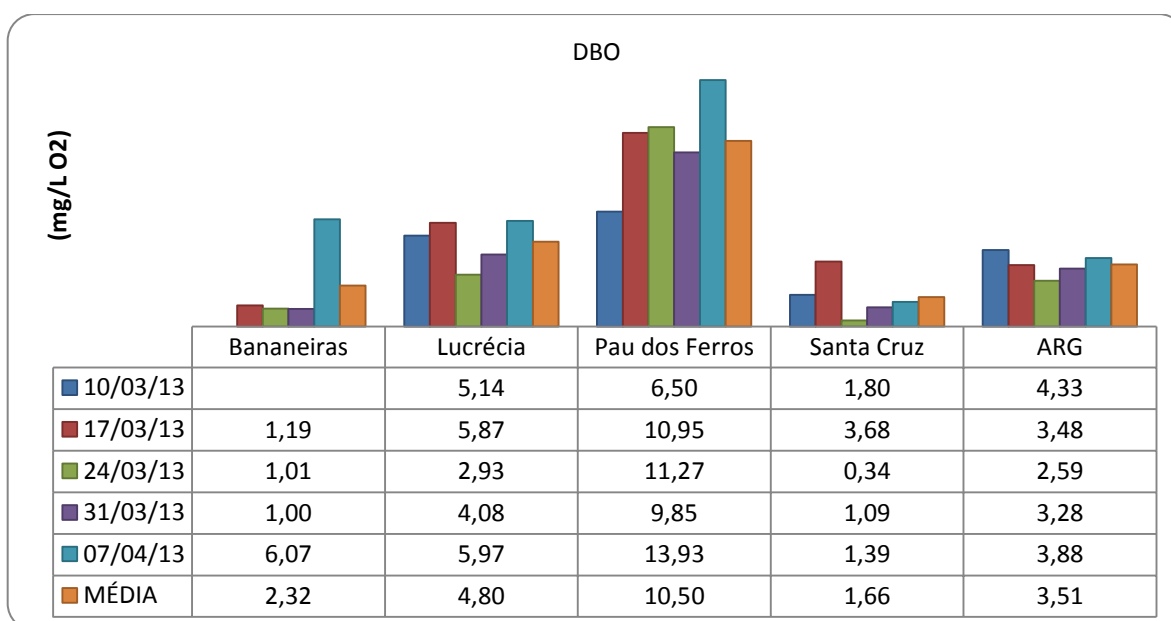
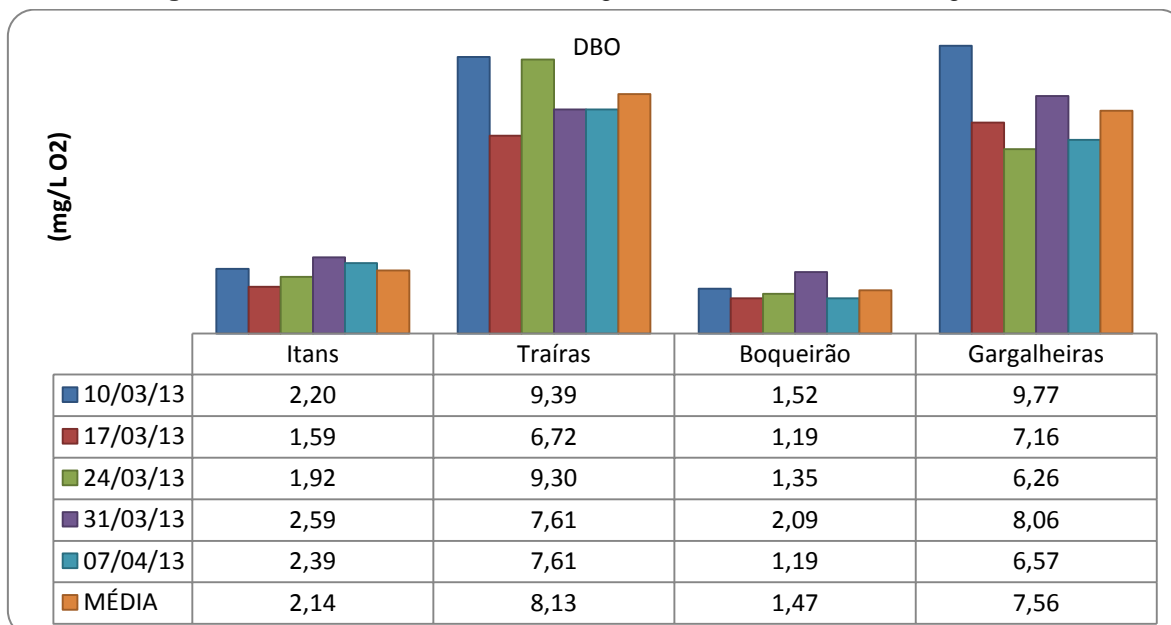


Figura 20 – Resultados da DBO das águas dos reservatórios da Região Seridó



• **Fósforo Total**

Quase todos os mananciais estudados apresentaram, em todas as análises, concentrações de Fósforo Total superiores ao recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2 para o fósforo total (que é de 0,030 mg/L), excetuando-se os mananciais Barragem do Boqueirão de Parelhas, Açudes Bananeiras e Açude Itans (Figuras 21 e 22).

Figura 21 – Resultados de fósforo total das águas dos reservatórios da Região Oeste

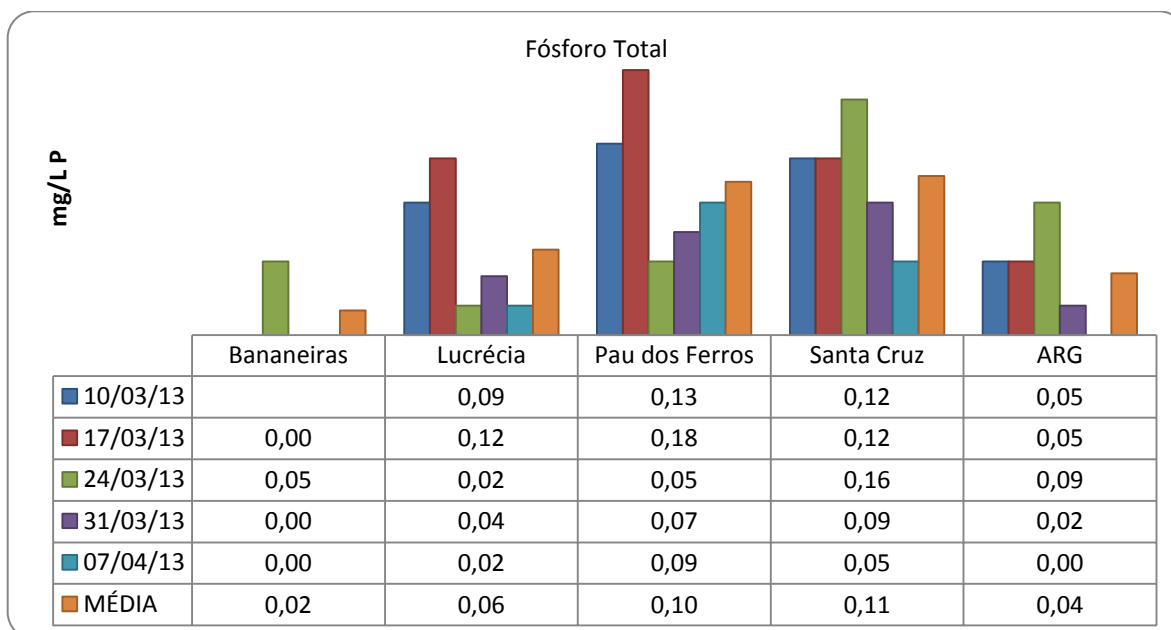


Figura 22 – Resultados de fósforo total das águas dos reservatórios da Região Seridó



- **Nitrito**

Em relação ao nitrito, todos os mananciais estudados apresentaram, em todas as análises, concentrações inferiores ao recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2, que é de 1,0 mg/L (Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Resultados de nitrito das águas dos reservatórios da Região Oeste

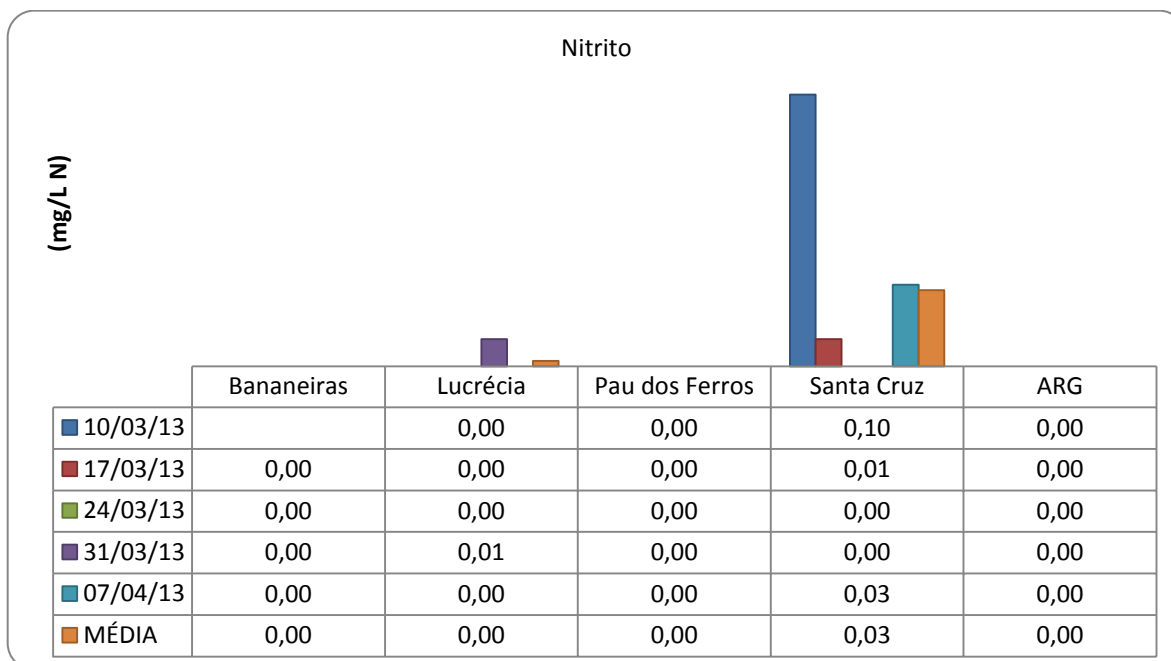
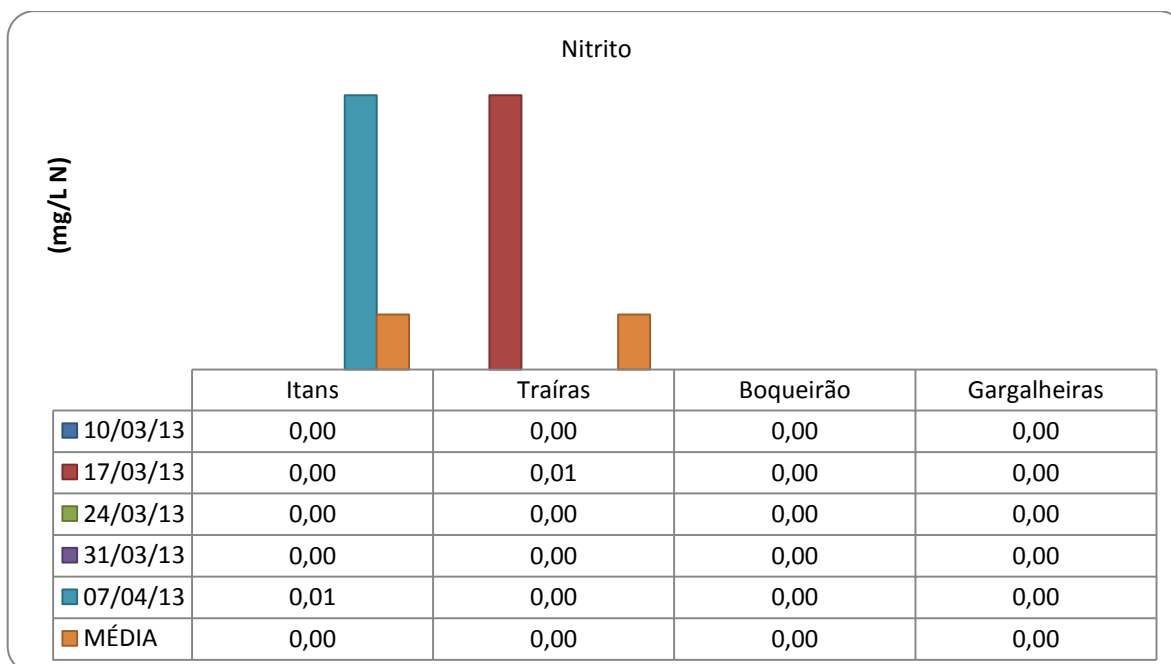


Figura 24 – Resultados de nitrito das águas dos reservatórios da Região Seridó



- **Nitrato**

Em relação ao nitrato, todos os mananciais estudados apresentaram, em todas as análises, concentrações inferiores ao recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2, que é de 10 mg/L (Figuras 25 e 26).

Figura 25 – Resultados de nitrato das águas dos reservatórios da Região Oeste

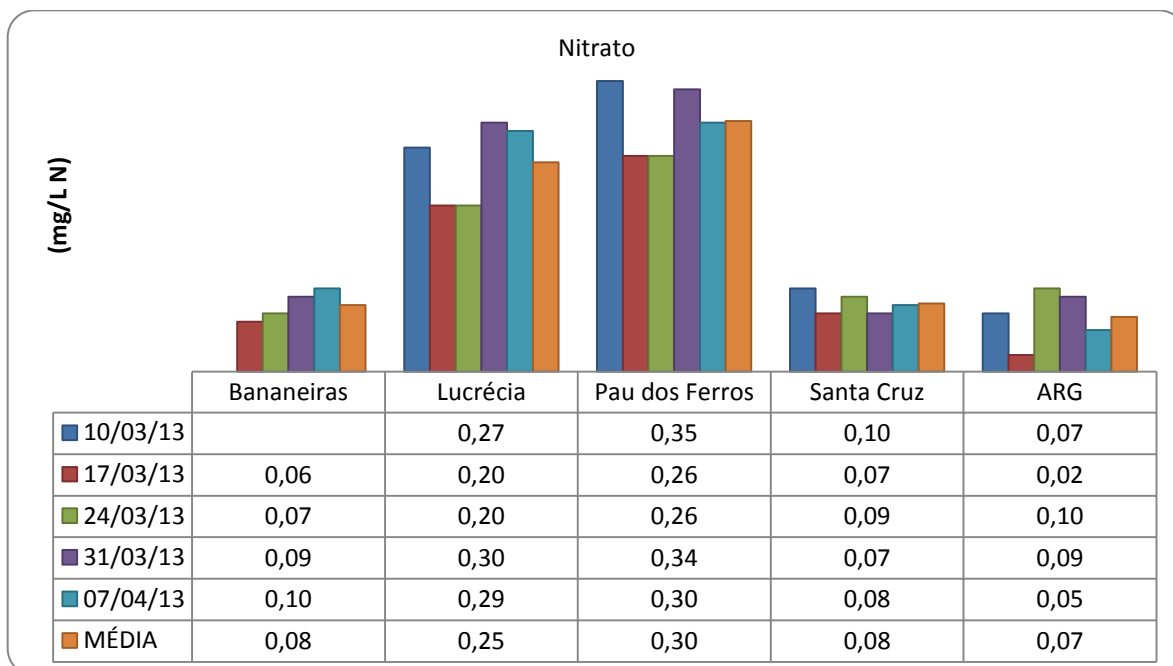
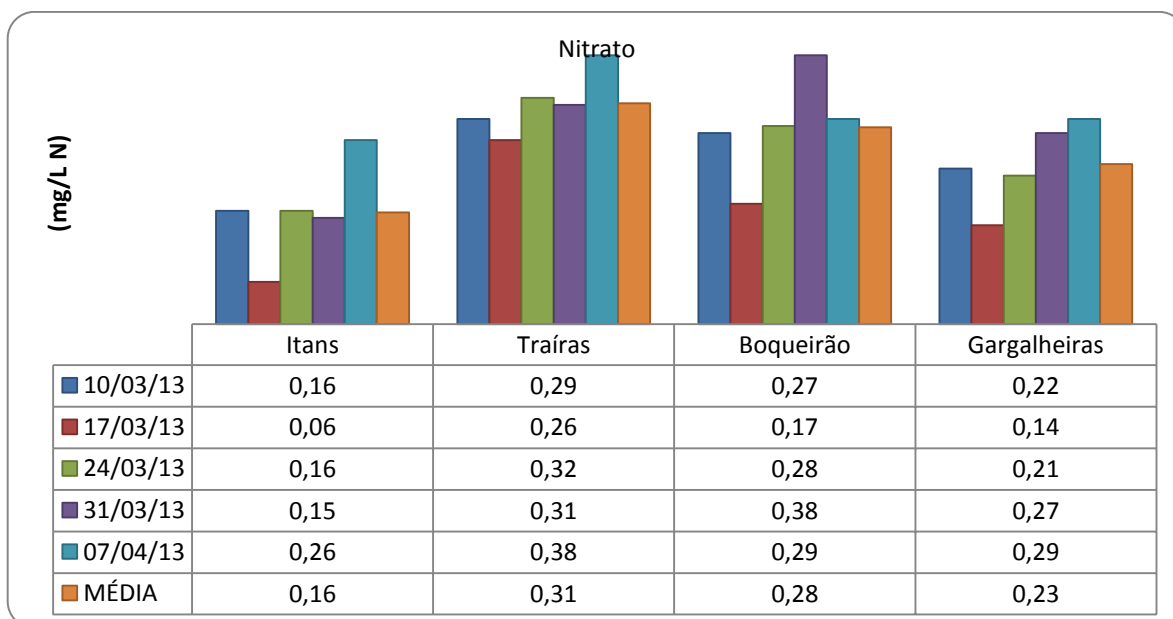


Figura 26 – Resultados de nitrato das águas dos reservatórios da Região Seridó



- **Nitrogênio Amoniacal**

Em relação ao nitrogênio amoniacal, todos os mananciais estudados apresentaram, em todas as análises, concentrações inferiores ao recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2, que é de: 3,7 mg/L N para pH < 3,7; 2,0 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0; 1,0 mg/L N quando 8 < pH < 8,5; e 0,5 mg/L N para pH > 8,5 (Figuras 27 e 28).

Figura 27 – Resultados de nitrogênio amoniacal das águas dos reservatórios da Região Oeste.

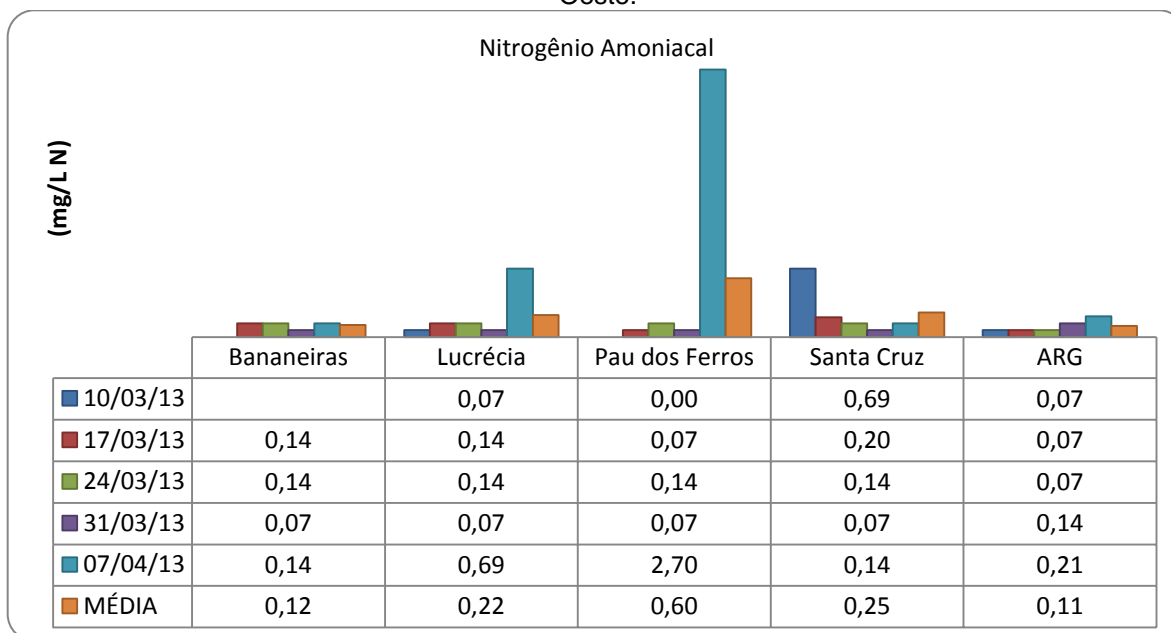
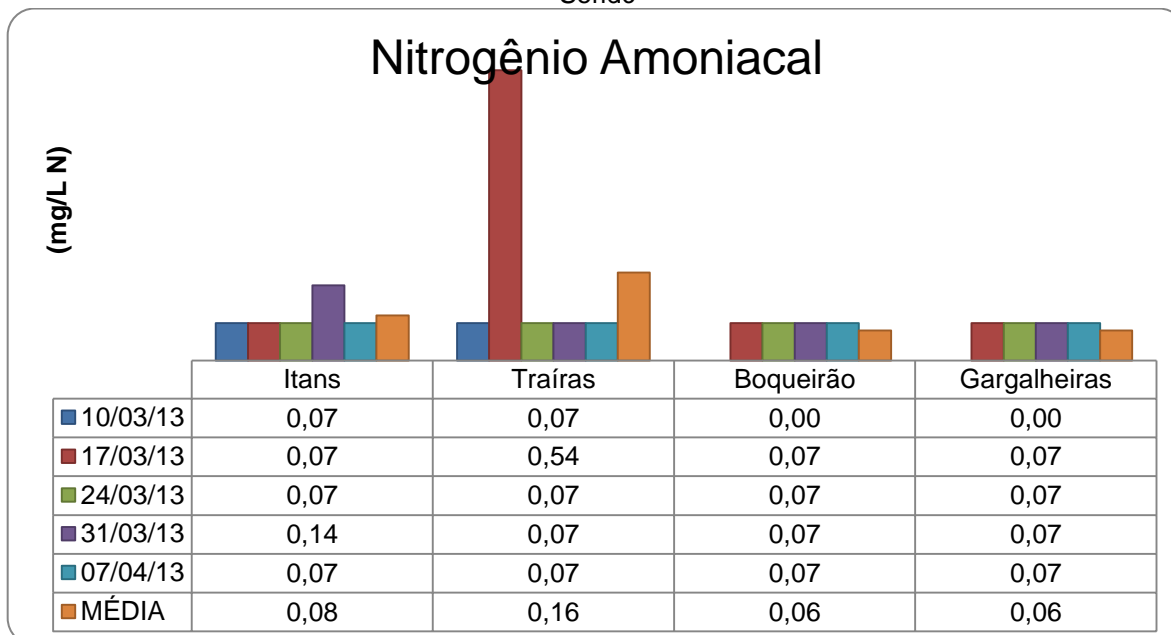


Figura 28 – Resultados de nitrogênio amoniacal das águas dos reservatórios da Região Seridó



- **Nitrogênio Orgânico**

O nitrogênio orgânico apresentou valores maiores para os reservatórios de Pau dos Ferros (1,99 mg/L) e Gargalheira (1,87 mg/L) e menores valores para Bananeiras (0,81 mg/L) e Boqueirão (0,74 mg/L) (Figuras 29 e 30).

Figura 29 – Resultados de Nitrogênio Orgânico das águas dos reservatórios da Região Oeste

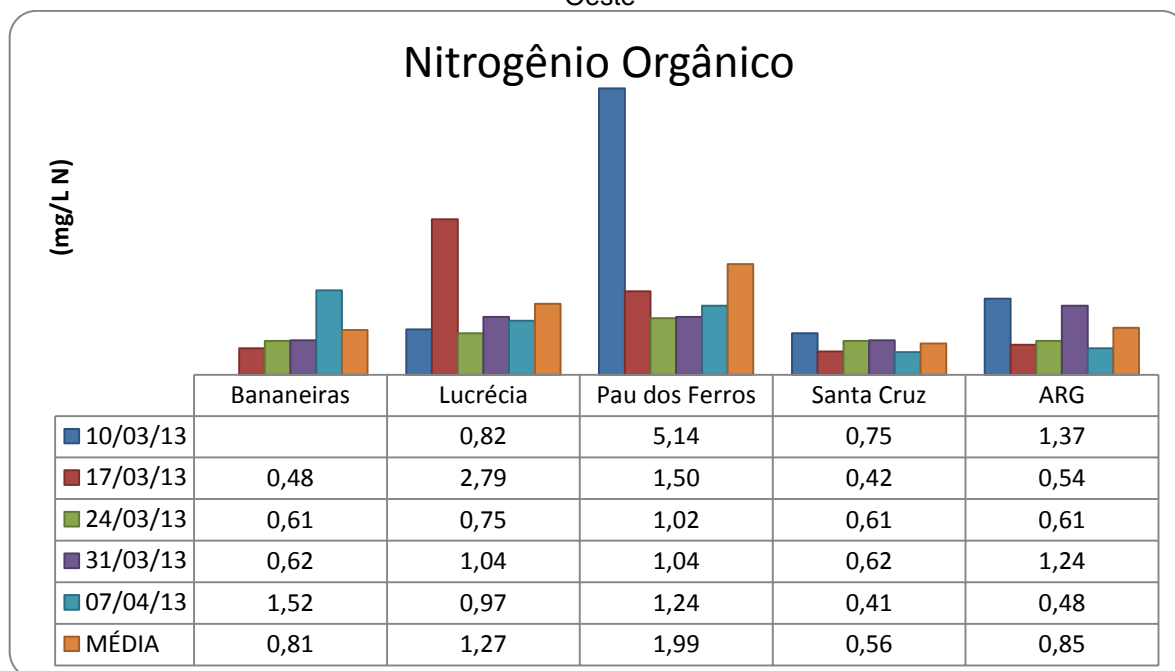
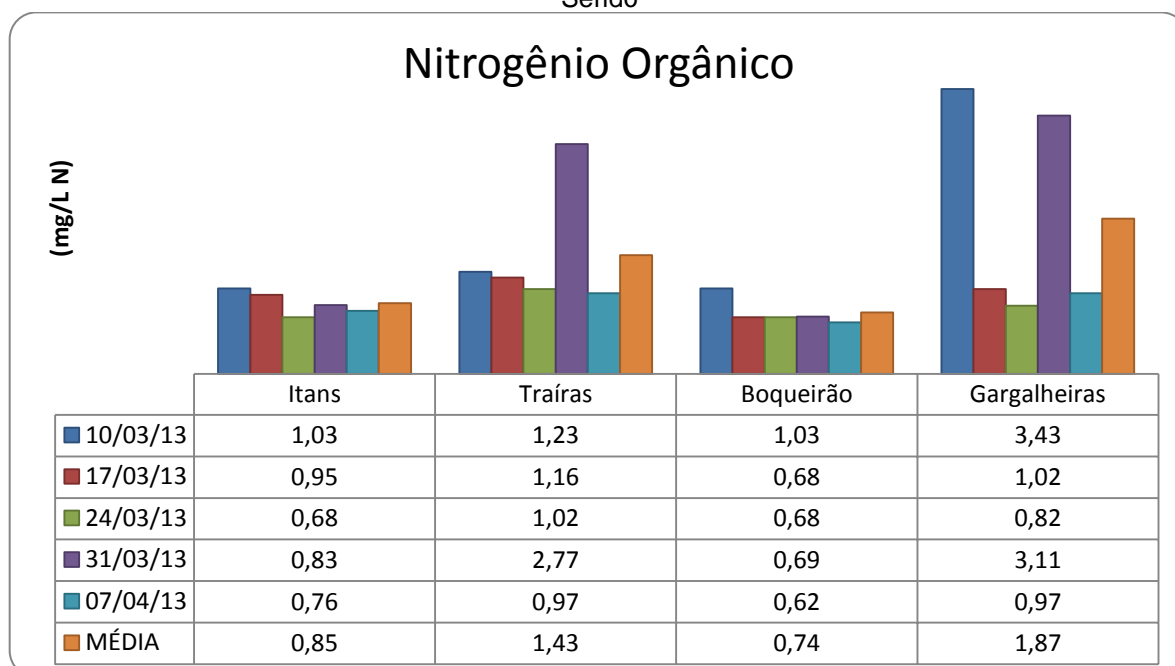


Figura 30 – Resultados de Nitrogênio Orgânico das águas dos reservatórios da Região Seridó



• **Nitrogênio Total**

As águas dos mananciais hídricos monitorados, apresentaram quantidades de nitrogênio total (obtido pela soma do nitrogênio orgânico com o nitrato, o nitrito e o nitrogênio amoniacal) maiores nos reservatórios Barragem de Pau dos Ferros (2,89 mg/L) e Açude Gargalheiras (2,21 mg/L), e menores no Açude Bananeiras (1,01 mg/L) e Barragem Santa Cruz do Apodi (0,92 mg/L) (Figuras 31 e 32).

Figura 31 – Resultados de Nitrogênio total das águas dos reservatórios da Região Oeste.

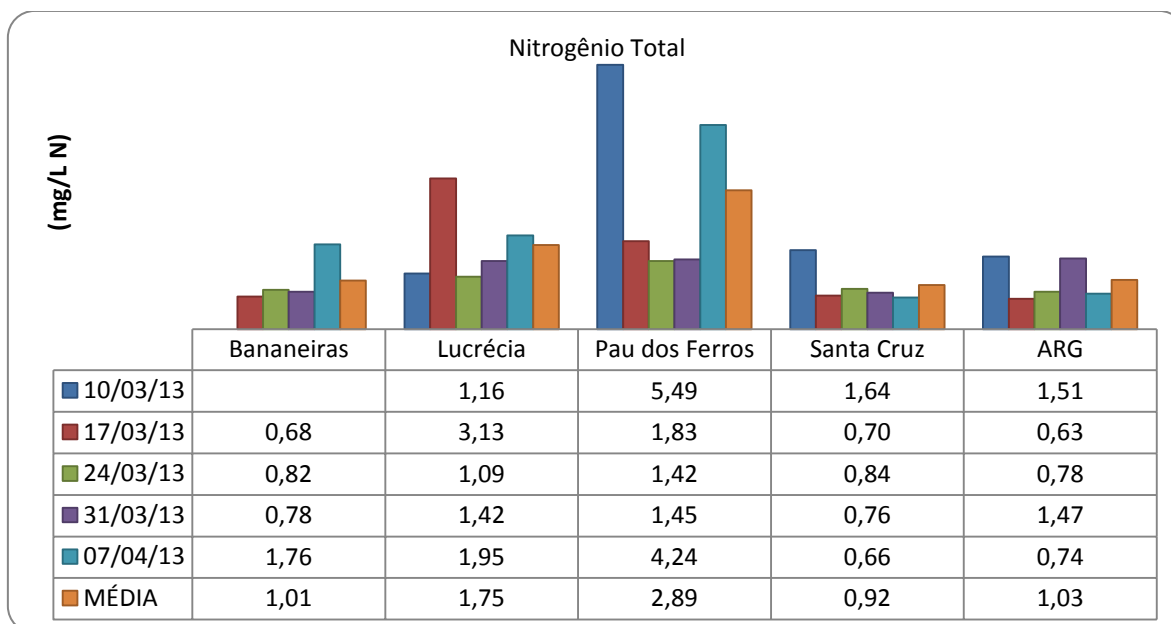
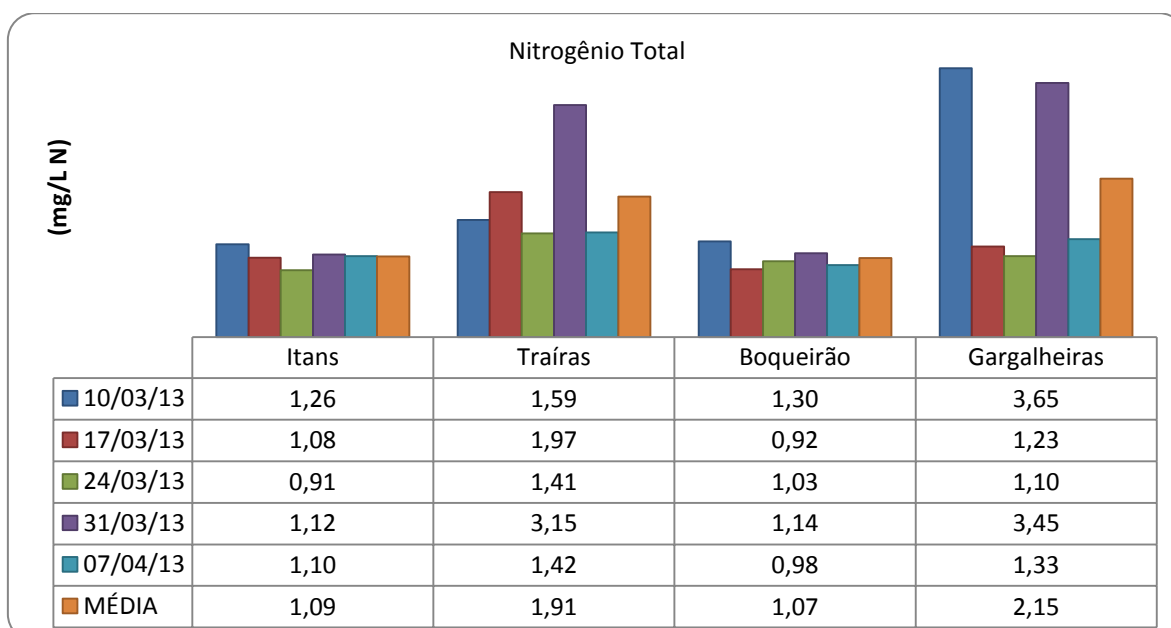


Figura 32 – Resultados de Nitrogênio total das águas dos reservatórios da Região Seridó.



- **Sólidos Totais**

Os sólidos totais em todos os mananciais estudados variaram de um mínimo de 189,2 mg/L, na Barragem Santa Cruz do Apodi, e um máximo de 946,4 mg/L, na Barragem Boqueirão de Parelhas (Figuras 33 e 34).

Figura 33 – Resultados de sólidos totais das águas dos reservatórios da Região Oeste.

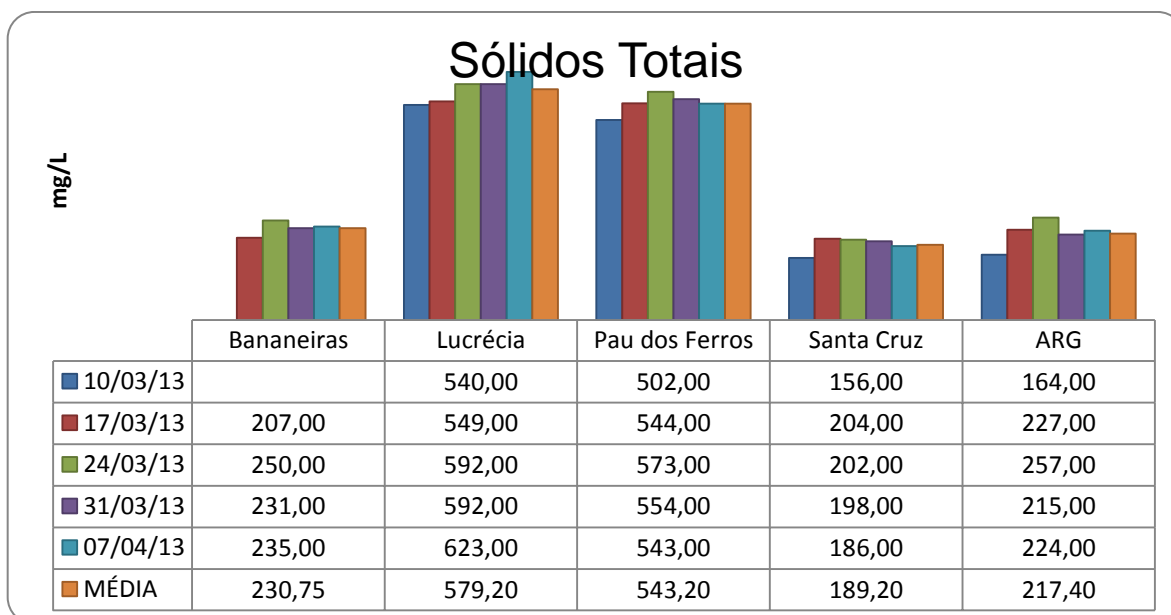
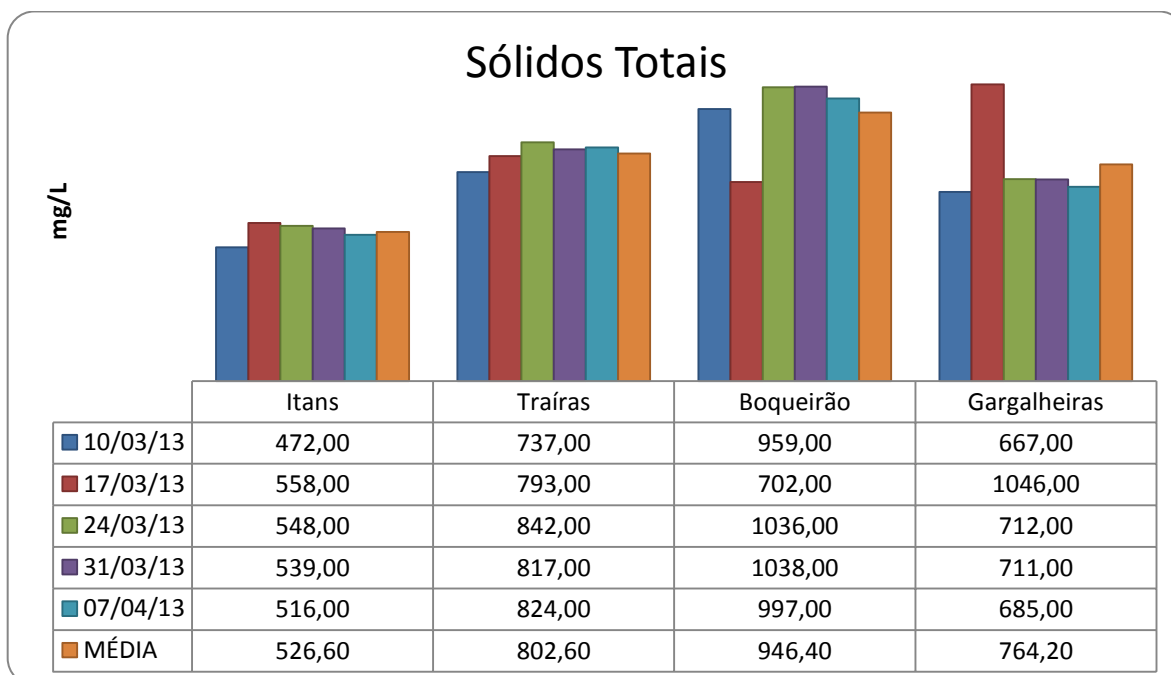


Figura 34 – Resultados de sólidos totais das águas dos reservatórios da Região Seridó.



3.5. Cálculo do IQA

De acordo com a classificação do IQA da CETESB e após os cálculos efetuados com os resultados médios dos parâmetros temperatura, turbidez, nitrogênio total, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais e coliformes termotolerantes, constataram-se classificações BOA e ÓTIMA para todos os reservatórios hídricos estudados (Tabela 9).

Como o IQA reflete principalmente a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos, ainda têm-se nos reservatórios hídricos estudados poluição em pequena escala.

Tabela 9 – Classificação do IQA dos reservatórios hídricos monitorados.

Reservatório	Valor do IQA	Classificação
Açude Bananeiras	74	BOA
Açude de Lucrecia	64	BOA
Barragem Eng. A.Ribeiro Gonçalves	72	BOA
Santa Cruz do Apodi	76	BOA
Pau dos Ferros	54	BOA
Itans	77	ÓTIMA
Passagem de Traíras	67	BOA
Boqueirão	80	BOA
Gargalheiras	70	BOA

3.6. Qualidade físico-química: metais pesados

As médias dos resultados obtidos após as análises físico-químicas dos metais pesados alumínio, cádmio, cobre, chumbo, cromo, manganês, níquel, prata e zinco das águas dos mananciais superficiais da Região Oeste encontram-se na tabela 9, enquanto na tabela 10 tem-se os resultados dos mananciais superficiais da Região Seridó.

Tabela 10 – Quantidade de metais pesados encontrados nas águas superficiais analisadas da Região Oeste.

Parâmetro (mg/L)	Bananeiras	Lucrécia	Pau dos Ferros	Santa Cruz	ARG	Limite Res. CONAMA 357/05
Alumínio	0,440	0,199	0,220	0,033	0,382	0,100
Cádmio	0,006	0,003	0,006	0,006	0,004	0,001
Cobre	0,005	0,003	0,004	0,001	0,014	0,009
Chumbo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Cromo	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,050
Manganês	0,106	0,022	0,130	0,514	0,040	0,100
Níquel	0,030	0,000	0,020	0,000	0,000	0,025
Prata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Zinco	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,180

Legenda: ARG – Barragem Armando Ribeiro Gonçalves

Tabela 11 – Quantidade de metais pesados encontrados nas águas superficiais analisadas da Região Seridó

Parâmetro (mg/L)	Itans	Traíras	Boqueirão	Gargalheiras	Limite Res. CONAMA 357/05
Alumínio	0,105	0,472	0,131	0,086	0,100
Cádmio	0,005	0,006	0,007	0,005	0,001
Cobre	0,007	0,012	0,014	0,010	0,009
Chumbo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Cromo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
Manganês	0,033	0,089	0,025	0,104	0,100
Níquel	0,010	0,010	0,020	0,020	0,025
Prata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Zinco	0,000	0,000	0,000	0,000	0,180

Quanto à concentração de Alumínio Total, pode-se constatar que todos os mananciais estudados apresentaram concentrações médias acima do limite recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais da Classe 2 (que para o caso destes citados é $Al = 0,1 \text{ mg/L}$), com exceções dos reservatórios Santa Cruz do Apodi e Gargalheiras, que apresentaram médias de concentrações de alumínio dentro do limite recomendado pela Legislação.

Em relação ao Cádmiio Total, pode-se constatar que todos os mananciais apresentaram concentrações médias acima do limite recomendado pela Resolução CONAMA acima referida, que para mananciais da Classe 2 (que para o caso destes citados é $Cd = 0,001 \text{ mg/L}$).

Em relação ao Cobre Total, constatou-se que os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Passagem das Traíras, Boqueirão de Parelhas e Gargalheiras apresentaram concentrações médias pouco acima do limite recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais Classe 2 (caso destes citados, que é $Cu = 0,009 \text{ mg/L}$).

Em relação ao Chumbo, Cromo, Níquel, Prata e Zinco, constatou-se que nenhum manancial estudado apresentou concentração média acima do limite recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais Classe 2 (caso destes citados, que é $Pb = 0,01 \text{ mg/L}$, $Cr = 0,05 \text{ mg/L}$, $Ni = 0,025 \text{ mg/L}$, $Ag = 0,050 \text{ mg/L}$ e $Zn = 0,18 \text{ mg/L}$).

Os reservatórios Bananeiras, Pau dos Ferros, Santa Cruz do Apodi e Gargalheiras apresentaram concentrações médias de Manganês Total acima do limite recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para mananciais Classe 2 (caso destes citados, que é $Mn = 0,1 \text{ mg/L}$), enquanto as barragem Boqueirão de Parelhas, Armando Ribeiro Gonçalves e Passagem das Traíras, juntamente com os açudes de Lucrécia e Itans se mostraram abaixo desse limite permissível.

IV. CONCLUSÕES

Os reservatórios hídricos Barragem Santa Cruz do Apodi, Barragem Armando Ribeiro, Barragem Passagem das Traíras, Açude Bananeiras, Açude Gargalheiras, Barragem Boqueirão de Parelhas e Açude Itans, quando monitorados no período de 12/03 a 07/04/2013, apresentaram águas próprias para banho, segundo critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000, com valores de coliformes termotolerantes inferiores a 1000 NMP/100 mL, em todas as cinco etapas de amostragens, enquanto o Açude de Lucrécia e a Barragem de Pau dos Ferros apresentaram águas impróprias para banho nesse mesmo período.

Quanto à qualidade biológica, os mananciais Açude de Lucrécia, Barragem de Pau dos Ferros, Açude Gargalheiras, Barragem Passagem das Traíras e Barragem Armando Ribeiro Gonçalves apresentaram densidade de cianobactérias acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2 (50000 cel/mL), sendo indicativo do fenômeno de eutrofização. Esses dados caracterizam um problema grave e muito preocupante, uma vez que esses mananciais são responsáveis pelo abastecimento de água de vários municípios da região Oeste e Seridó norte-rio-grandenses. Os demais mananciais apresentaram-se dentro da normalidade.

Todos os reservatórios hídricos estudados apresentaram os parâmetros gerais turbidez, pH, oxigênio dissolvido e nitrogênio (amoniaco, nitrito e nitrato) dentro dos limites estabelecidos para corpos d'água da Classe 2, segundo Resolução CONAMA N^o 357/2005.

Em relação à matéria orgânica dissolvida (DBO₅) e nutrientes na forma de fósforo, observou-se que os reservatórios de Pau dos Ferros, Gargalheiras e Itans não atenderam aos limites estabelecidos para a classe 2, fato que pode ser atribuído à lançamentos de esgotos domésticos e/ou decomposição de material orgânico proveniente da vegetação, fezes de animais e fertilizantes de solo.

De forma geral, pode-se afirmar que os reservatórios hídricos apresentaram resultados satisfatórios, refletido no IQA, com classificações BOA e ÓTIMA.

A qualidade das águas dos mananciais monitorados no presente estudo, no que diz respeito ao uso na dessedentação animal, está prejudicada pela elevada quantidade de cianobactérias.

Quanto aos metais pesados, todos os mananciais estudados apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para os metais alumínio, chumbo, cromo, níquel, prata e zinco.

Todos os reservatórios estudados apresentaram concentrações do metal cádmio acima do permitido pela Legislação.

Os reservatórios Bananeiras, Pau dos Ferros, Santa Cruz do Apodi e Gargalheiras apresentaram concentrações de manganês acima do limite permitido.

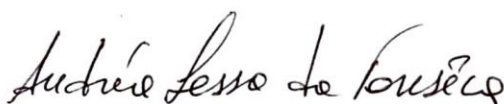
Os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras e Gargalheiras apresentaram concentrações de cobre acima dos limites estabelecidos.

Os reservatórios Santa Cruz do Apodi e Gargalheiras foram os únicos com concentrações de alumínio dentro do limite estabelecido pela legislação. Os valores mais elevados de alumínio presentes nos outros reservatórios podem ser atribuídos a litologia regional, onde predominam rochas cristalinas ricas nesse metal, e/ou outros fatores como: uso de agrotóxicos (plantações de fumo, etc.), efluentes de indústrias têxteis, mineradoras, processo de beneficiamento de couro, lixiviação de lixões e aterros controlados, entre outros.

BIBLIOGRAFIA

1. Anagnostidis, K. and Komárek, J. 1985. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1 Introduction. Arch. Hydrobiol. Suppl. 71, Algological Studies, 38/39, 291-302.
2. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. New York: 21^a ed., 1134 p., 2005.
3. BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf>>. Acesso em 22/03/2012.
4. BRASIL. CONAMA – Resolução CONAMA N^o 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília-DF (Brasil), Conselho Nacional de Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente, 2000.
5. BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA N^o 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, 2005.
6. CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). Coleta e Preservação de Amostras de Água. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, 53 p. 2003.
7. CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). Estudo de desenvolvimento e adaptação de IQA – índice de qualidade das águas que incorpora nove variáveis relevantes ao IQA da National Sanitation Foundation (1970). Secretaria do Meio Ambiente, 123 p. 1980.
8. EMPARN. Climatologia do Rio Grande do Norte. Disponível em <http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia/temperatura.asp>. Acesso em 15/05/2012.
9. IQA. CETESB. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 20/03/2012.
10. Norma Técnica CETESB L5 303 e Lawton et ali (1999).
11. SOUZA, L. C. et al. . Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. Revista Saúde Publica, São Paulo, 17:122-22, 1988.

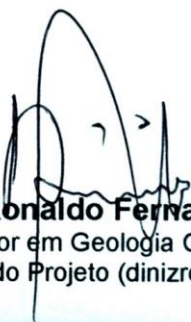
12. UTERMÖHL, H., Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton
methodik. Mitt Int. Rer Theor. Argrew. Limnol. 9: 1-38, 1958.



Profa. Andréa Lessa da Fonseca
Engenheira Química, Doutora em Engenharia Química



Profa. Milton Bezerra do Vale
Engenheira Química, Doutor em Engenharia Química



Prof. Ronaldo Fernandes Diniz
Geólogo, Doutor em Geologia Costeira e Ambiental
Coordenador do Projeto (dinizronaldo@gmail.com)

Natal-RN, maio de 2013.