

I-038 - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE EXTREMOZ-RN

Fladjule Rejane Soares de Souza⁽¹⁾

Bióloga, graduada pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Especialista em Gestão e Perícia Ambiental pelo Centro Universitário do Rio Grande do Norte – UNI-RN. Mestre em genética e Biologia Molecular pela UFRN. Coordenadora do setor de Microbiologia da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN.

Carlos Enrique de M. Jerônimo⁽²⁾

Engenheiro Químico, Doutor em Engenharia Química da Petrobrás.

Priscila Maria Freire Cruz⁽³⁾

Bióloga, graduada pela UFRN. Especialista em Saúde Coletiva pela Universidade Federal de São Paulo – USP. Técnica de Controle Ambiental da CAERN.

Ederson Willian de Figueiredo Nunes⁽⁴⁾

Biólogo, graduado pela UFRN. Especialista em Gestão e Perícia Ambiental pelo UNI-RN. Chefe da Unidade de Serviço de Tratamento de Água da CAERN.

José Afonso Holanda de Araújo⁽⁵⁾

Químico industrial, graduado pela UFMA. Gerente da Gerência de Qualidade do Produto e Meio Ambiente da CAERN.

Endereço⁽¹⁾: Av. Senador Salgado Filho, 1555 – Tirol, Natal/RN - CEP: 59015-000 - Brasil – Tel/Fax: +55 (84) 3232-5380 - e-mail: jule@caern.com.br

RESUMO

A qualidade da água da Lagoa de Extremoz-RN vem sendo ameaçada nos últimos anos devido à instalação de um pólo industrial em suas proximidades, conseqüentemente, colocando em perigo a saúde da população que a utiliza. O objetivo deste trabalho foi fornecer informações resumidas sobre a qualidade da água através de um índice, bem como relacionar as séries temporais em questão com a influência dos dados pluviométricos. Adotou-se neste trabalho o IQA como ferramenta de suporte á gestão do recurso hídrico, uma vez que representa um bom indicativo do estado trófico da lagoa. A utilização dos IQAs apontou que a água da Lagoa de Extremoz-RN enquadra-se em classes que vão de boa a ótima. Com a série temporal foi possível visualizar a variação dos aspectos físico-químicos do manancial e os dados pluviométricos, bem como, uma correlação logarítmica deste último com o IQA, com coeficientes de determinação dos modelos da ordem de 86%. O IQA-CCME utilizou parâmetros mais relevantes para o manancial, em questão, e apresentou resultados mais coerentes com o índice IQA-NFS. Estudos com este são de fundamental importância para certificar a qualidade da água e estabelecer o monitoramento sistemático, permitindo avaliar a evolução da qualidade do corpo aquático e conhecer suas tendências de variação.

PALAVRAS-CHAVE: IQA, Lagoa de Extremoz, índices pluviométricos.

INTRODUÇÃO

A preservação da qualidade das águas é essencial ao equilíbrio aquático e para o abastecimento da população. Juntamente com as mudanças climáticas e a segurança alimentar, a segurança da água é um dos maiores desafios do século 21. No Fórum Econômico Mundial, em seu relatório Riscos Globais 2012, a água foi identificada como um dos cinco principais riscos para a saúde social, econômica e ambiental (The Royal Academy of Engineering, 2012).

Os índices de qualidade de água (IQA) foram desenvolvidos com o objetivo de fornecer informações resumidas, simplificando relatórios complexos e com muitos dados de qualidade da água. É um mecanismo para a apresentação através de expressão numérica derivada de dados que define um certo nível da qualidade da água (Bordalo *et al.*, 2006).

Horton (1965) propôs o primeiro IQA por ponderação de algumas variáveis de qualidade da água. Desde então, a formulação e utilização de índices são fortemente defendida pelos órgãos responsáveis para o

abastecimento de água e controle de poluição da água. Como exemplo temos alguns índices que são propostos para a avaliação da qualidade da água; IQA- NSF (National Sanitation Foundation- EUA), IQA-CCME (Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente), IQA Britânico, IQA do Oregon, IQA da Flórida (Debels *et al.*, 2005; Kannel *et al.*, 2007; Abbasi, 2002).

O IQA-NSF internacionalmente conhecido como WQI (Water Quality Indíce) muito utilizado no Brasil é obtido pela adição da multiplicação de cada variável da qualidade da água pelo seu respectivo fator com peso definido. Este IQA consiste de nove variáveis da qualidade da água: Oxigênio Dissolvido (0,17), Coliformes Fecais (0,16), Demanda Bioquímica de Oxigênio (0,11), pH (0,11), Temperatura (0,10), Fosfatos (0,10), Nitratos (0,10), Turbidez (0,08), e Sólidos Totais (0,07). Em parênteses são dado o peso dos fatores de acordo com a importância da variável de qualidade da água. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

Diferentemente do IQA-NSF, o CCME-IQA matematicamente combina três medidas de variância (Espectro, frequência e magnitude) e também produz um número único sem unidade que representa a qualidade global da água em um local (CCME, 2001). Esta formulação é flexível e permite que o usuário selecione os objetivos, as variáveis específicas e o período utilizado no índice, sendo recomendadas no mínimo quatro variáveis amostradas por no mínimo quatro vezes para este cálculo. Dessa forma, podem-se escolher as variáveis mais relevantes para cada manancial a ser analisado. Este índice é utilizado por agências de água em diferentes países (Hülya, 2009).

No Brasil a Resolução do CONAMA nº357/05 estabelece os valores máximos permitidos (VMP) para a classificação dos corpos de água e a Portaria do Ministério da Saúde nº2914 de 2011 dispõe os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Estes documentos determinam os parâmetros e sua frequência de análise o que norteiam a rotina dos laboratórios das concessionárias de abastecimento de água.

O Rio Grande do Norte possui 16 bacias hidrográficas. A bacia do rio Doce possui um único reservatório, a lagoa de Extremoz que é uma das principais fontes de abastecimento de água da cidade de Natal (SEMARH). Nos últimos anos, a instalação de um pólo industrial em suas proximidades, vem ameaçando a qualidade de suas águas e, conseqüentemente, colocando-a em questão.

O Monitoramento da lagoa de Extremoz e aplicação de um índice que represente a qualidade da água de forma simplificada são de fundamental importância para o acompanhamento deste manancial. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi aplicar o IQA como um instrumento de avaliação da lagoa de Extremoz e relacionar os dados em questão com a influência dos índices pluviométricos da região. Desta forma, foi possível avaliar a evolução da qualidade do corpo aquático e suas tendências de variação anual. Conhecendo melhor estes padrões será possível o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de gestão, uma vez que, para assegurar a qualidade da água, além de estar atento e acompanhar a água durante toda a estação de tratamento, a fonte da água é um fator determinante.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A lagoa de Extremoz fornece água para cerca de 220.000 habitantes da cidade de Natal-RN, Brasil. O manancial está localizado a 15 km de Natal (35°18'26''W e 05°42'20''S) e possui capacidade de 11.019.525 milhões de metros cúbicos em 4,2 km² com uma profundidade média de 4m (SEMARH, 2012). A sua carga aquífera se dá por infiltração de água subterrânea oriunda dos tabuleiros arenosos que predominam em sua bacia hidrográfica de 387,8 km² com uma média de precipitação pluviométrica anual de 1.500mm.ano⁻¹. O rio Guajiru é o afluente de seu extremo sul e o rio do Mudo desemboca em seu extremo norte (figura 1). O reservatório de Extremoz não possui estratificação, a coluna d'água é homogênea e o processo de mistura é contínuo. A temperatura média do ar no verão está entre 30°C a 32°C e a temperatura média no inverno está entre 24°C-26°C (EMPARN, 2011).

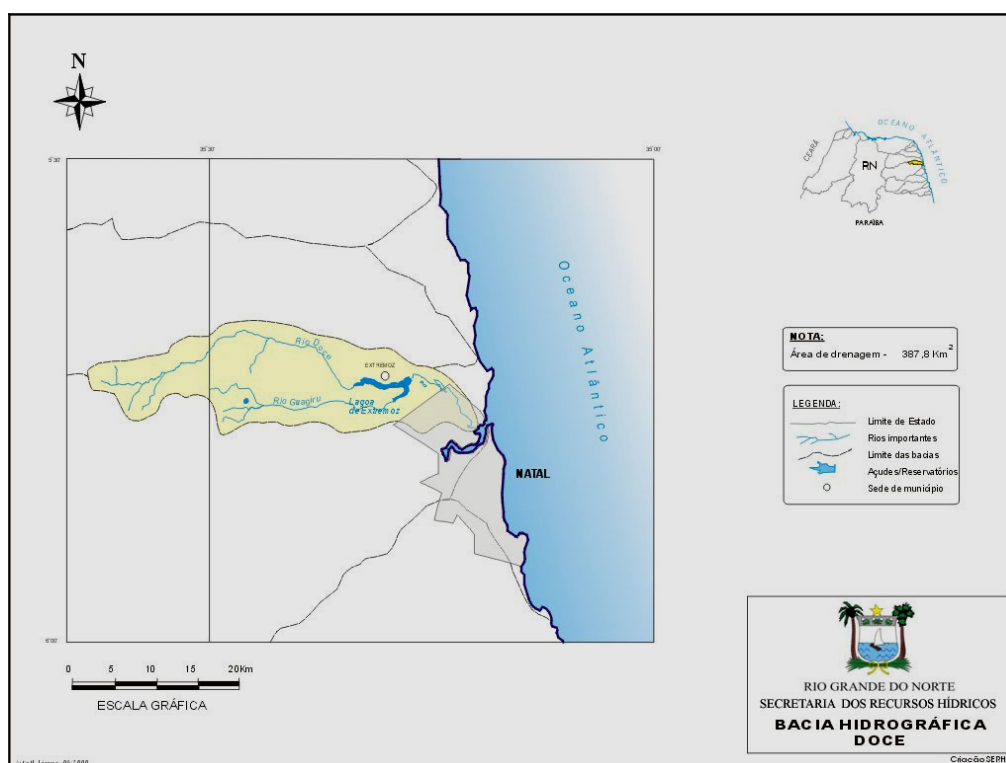


Figura 1: Mapa da bacia hidrográfica do rio doce com seu único reservatório, a lagoa de Extremoz-RN. Fonte SEMARH.

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

O monitoramento da qualidade da água foi realizado no ponto de captação de água da Lagoa de Extremoz. Este ponto de amostragem é padronizado para as análises mensais realizadas pela concessionária de abastecimento de água de Natal, RN que também monitora mais seis pontos de coletas distribuídos ao longo da bacia do Rio Doce para observar a influência dos seus afluentes.

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos trechos da bacia submetidos a monitoramento em campanhas de amostragem, que compreendem: Ponto 1 - Dianorte no Rio Guajirú, (226694mE/9367608mS); Ponto 2 - Jacoca de Cima no Rio Mudo (228701mE/ 9373690mS); Ponto 3 - Ponte BR-406 no Rio Mudo (233810mE/ 9372376mS); Ponto 4 - Fazenda São Miguel no Rio Mudo (238325mE/ 9368946mS); Ponto 5 - Bueiro BR406 no Rio Guajirú (238631mE/ 9366242mS); Ponto 6 - Fazenda Jardim no Rio Guajirú (24405mE/ 9365393mS); Ponto 7 - Lagoa de Extremoz: Captação da CAERN (247002mE/ 936713mS). Em parênteses são apresentados os respectivos pontos marcados em um sistema de posicionamento global (GPS de navegação modelo GARMIN 76).

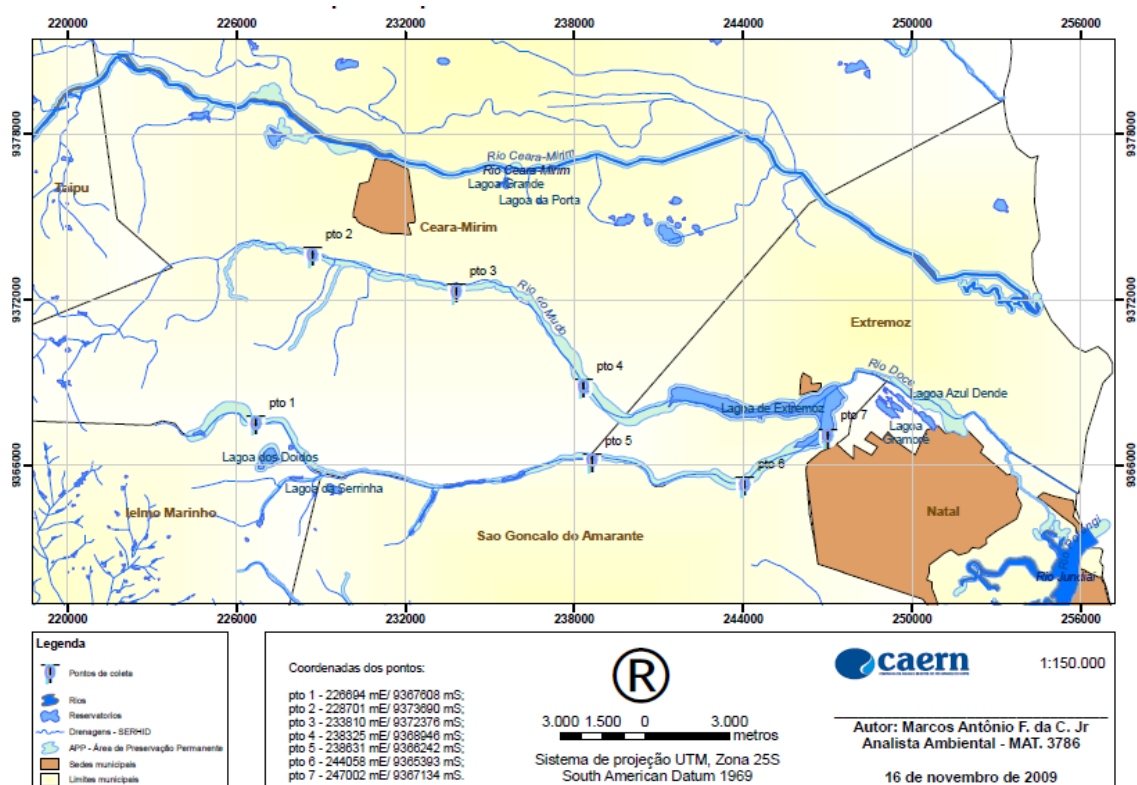


Figura 2: Mapa com os pontos de coleta na Bacia do Rio Doce. Fonte CAERN.

AMOSTRAGEM E ANÁLISE LABORATORIAL

As amostras utilizadas neste trabalho foram coletadas mensalmente a partir do mês de janeiro de 2011 até agosto de 2012. Para isso, foram utilizados frascos coletores de 2000 mL que em seguida foram acondicionados em caixas térmicas contendo gelo e depois levadas para serem processadas no laboratório Central da concessionária de abastecimento de água de Natal, RN.

Os parâmetros de qualidade da água selecionados foram: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Coliformes Totais, Oxigênio Dissolvido, DQO, DBO, Cor, Sólidos Totais, Dureza e Turbidez, Cloretos, Nitrato, Nitrito, Sulfatos, *Escherichia coli* e Cianobactérias. A coleta das amostras, preservação e análises laboratoriais para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos seguiram as normas descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA (2005).

CÁLCULO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

IQA-CCME

Para a determinação do IQA-CCME foram levados em consideração os Valores Máximos Permitidos (VMP) pela Resolução do Conama nº357, de março de 2005, logo, foi estabelecido que a análises que estavam fora deste *padrão* não atingiram seu objetivo. Para este cálculo foram selecionados os seguintes parâmetros: Cloretos, Nitrato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Totais Dissolvidos, Sulfatos, Ph, Turbidez, *Escherichia coli* e Cianobactérias. O cálculo do IQA foi realizado considerando os três fatores como proposto pela CCME (2001):

1. **F₁ (Espectro):** O número de variáveis que apresentaram valores fora dos padrões (equação 1):

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de Variáveis fora do Padrão}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

2. **F₂ (Frequência):** A frequência com que valores das análises apresentam-se fora dos padrões (equação 2).

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de análises fora do Padrão}}{\text{Número total de análises}} \right) \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

3. **F₃ (Amplitude):** O quanto estes valores se distanciam dos valores padrão.

A amplitude foi calculada em três passos:

- i) O número de vezes que uma concentração individual é maior que VMP, este será denominado "excluído" e expresso como segue (equação 3):

$$\text{Excluído } i = \left(\frac{\text{Valor da análise fora do padrão } i}{\text{Valor da estipulado pelo VMPi}} \right) - 1 \quad \text{Equação (3)}$$

Para os casos em que o valor da análise não deve ser menor que VMP (equação 4):

$$\text{Excluído } i = \left(\frac{\text{Valor estipulado pelo VMPi}}{\text{Valor da Análise fora do Padrão } i} \right) - 1 \quad \text{Equação (4)}$$

- ii) O quanto as análises individuais que estão fora dos padrões são representativas na coletividade é calculada somando os excluídos de cada análise e dividindo-se pelo número total de análise realizadas. Esta variável é referida como a Soma Normalizada dos Excluídos (SNE) (equação 5):

$$SNE = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excluído}}{\text{Total de análises}} \quad \text{Equação (5)}$$

- iii) F₃ é calculado então por uma função que escala a SNE para obter uma escala entre 0 e 100 (equação 6).

$$F_3 = \left(\frac{sne}{0,01sne + 0,01} \right) \quad \text{Equação (6)}$$

Uma vez obtidos os três fatores, o IQA pode-se calcular somando-se os três como vetores. Com este modelo, o índice muda na proporção direta das mudanças em seus três fatores (equação 7):

$$IQA - CCME = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad \text{Equação (7)}$$

O divisor 1,732 normaliza os valores resultantes para uma faixa entre 0 e 100, onde o zero representa a pior qualidade da água e o 100 representa a melhor qualidade da água.

IQA-NFS

O índice de Qualidade de Água (IQA) foi realizado como proposto pela CETESB (2006) e utilizado por Braga *et al.* (2006). Esse modelo apresenta-se como uma alternativa bastante confiável, visto que se trata do produtório ponderado nas notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de um conjunto de nove indicadores específicos cuja seqüência é: Coliformes Termotolerantes, pH; Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (5 dias, 20°C); Nitrogênio total; Fósforo total; Temperatura da amostra d'água; Turbidez; Resíduo(Sólido) total; Oxigênio Dissolvido – OD e cujo cálculo obtido considerando pesos específicos para cada parâmetro. Como não foram monitorados os índices de nitrogênio total e fósforo, para o modelo tais valores foram parametrizados, considerando dados históricos obtidos por Joubert *et al.* (2002).

DADOS METEOROLÓGICOS

As informações meteorológicas, em relação às precipitações pluviométricas foram obtidas no INMET, considerando estação localizada em Natal, estação A304, cujo registro é 12 UTC. Os dados foram aferidos com base nas informações apresentadas em EMPARN (2012).

RESULTADOS

Os dados obtidos nas campanhas de monitoração foram tratados em termos estatísticos, obtendo-se o desvio padrão e faixas de controle. Os resultados foram agrupados em cenários combinados para efeitos semelhantes ou por inter-relação entre da sua influência no meio.

Na Figura 3 são apresentados os valores obtidos para a dureza e alcalinidade da água da lagoa. Os resultados apontam para uma maior concentração dos sais em períodos de estiagem, onde a diluição da água da chuva tem seu efeito menos pronunciado. Para efeito de tratamento é esperado que durante tais períodos haja um incremento nos custos com adição de floculantes e reguladores de pH para manutenção dos parâmetros de qualidade associados.

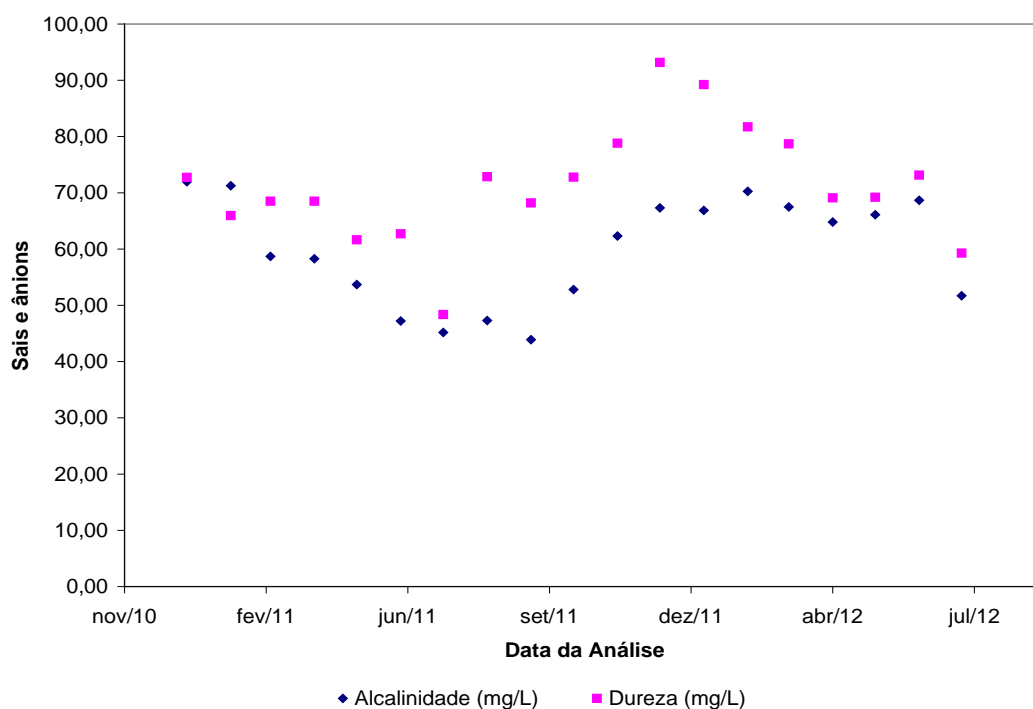


Figura 3: Monitoramento das concentrações de sais e principais ânions na lagoa de Extremoz-RN.

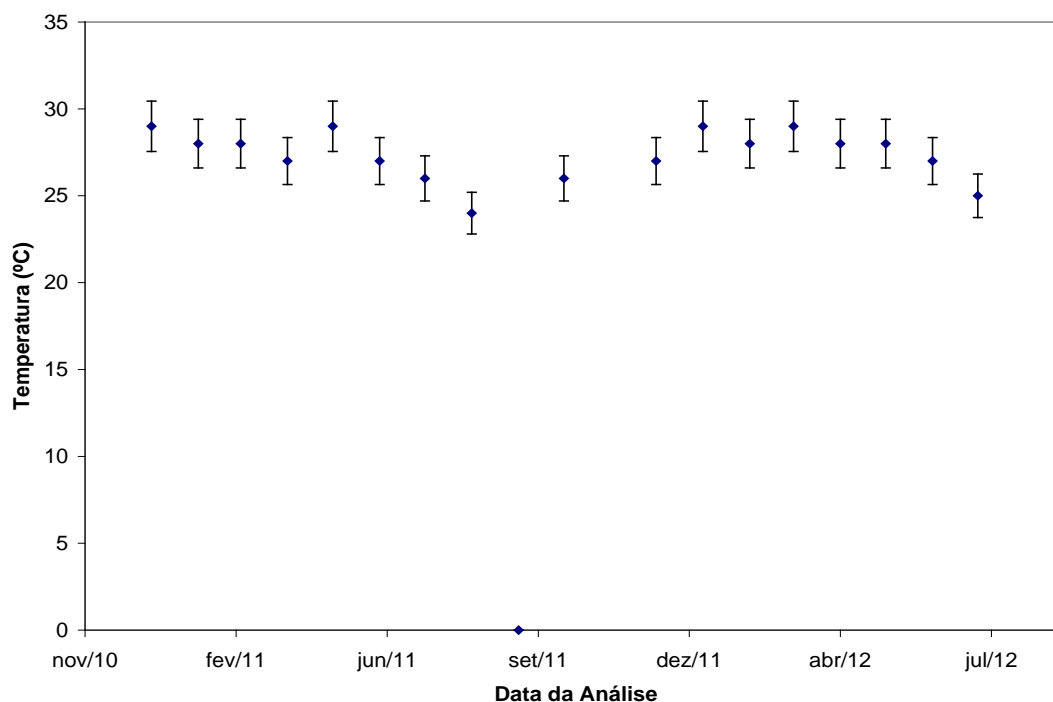


Figura 4: Variação da temperatura da água.

Em relação ao parâmetro temperatura (Figura 4), observaram-se pequenas flutuações ao longo da série temporal, o que demonstra uma boa assimilação de efluentes lançados nesse corpo, visto que não foram observados períodos de intensa atividade biológica, que refletisse na alteração desta característica. Enquanto influência pluviométrica o efeito favorece uma flutuação de 5°C ao longo das diferentes estações do ano. Juntos o índice pluviométrico local e a temperatura desempenham um papel importante no controle dos ecossistemas aquáticos, conforme citam Santiago *et al* (2000), condicionando a estabilidade de diversos parâmetros físico-químicos como é mostrado nos gráficos supracitados.

Em relação a constituição de íons, sobretudo, cálcio, sódio e cloretos; ou de forma genérica representados pela condutividade, observa-se na Figura 5 uma leve tendência da influência das chuvas na diluição destes elementos. Logo, tal efeito para a qualidade da água é praticamente invariável.

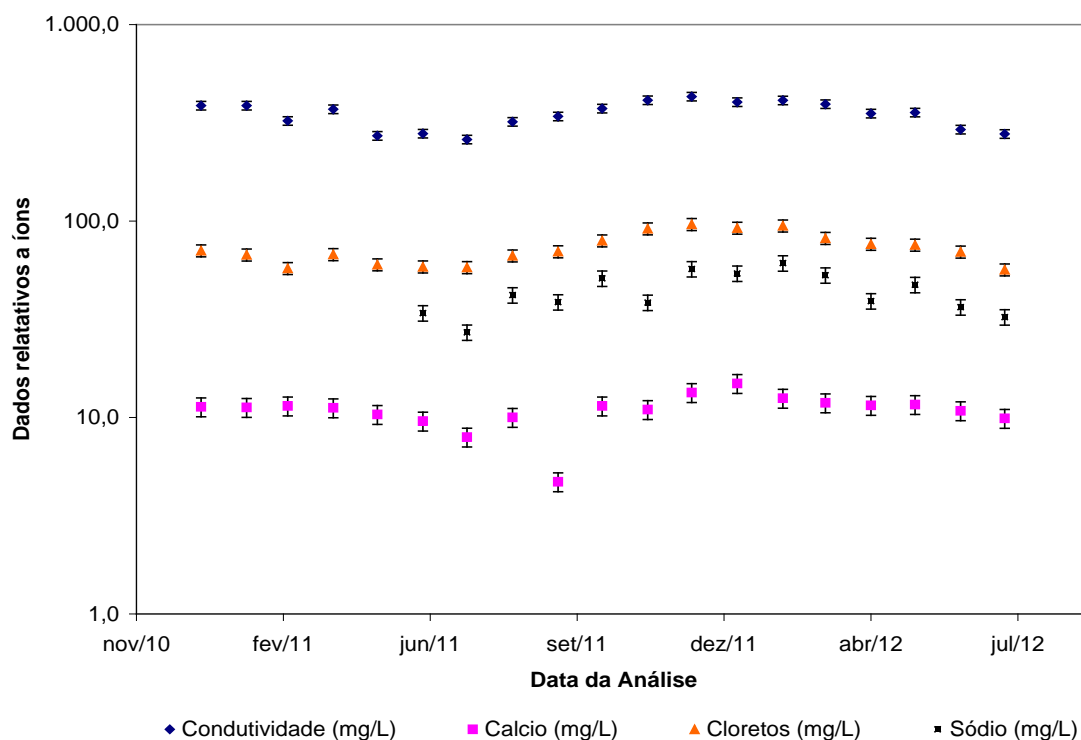


Figura 5: Monitoramento dos níveis de condutividade, cálcio, cloretos e sódio.

Em relação aos parâmetros organolépticos, principal elemento de percepção pelos consumidores finais da água tratada, cor e turbidez, observa-se na Figura 6 uma severa influência dos índices pluviométricos nestes parâmetros. Esses resultados estabelecem o principal elemento de alteração na qualidade da água, envolvida nesse ambiente lacustre. Para o caso da cor foram observadas variações da ordem de 20 uC e para a turbidez oscilações de 10 NTU. Tais flutuações afetam diretamente nas características do tratamento, principalmente pelo fato do tempo de residência para a decantação ser afetado, em especial nos seus índices de eficiência de coagulação, floculação e decantação; conforme descrevem Von Sperling (2000) e Dezotti (2003).

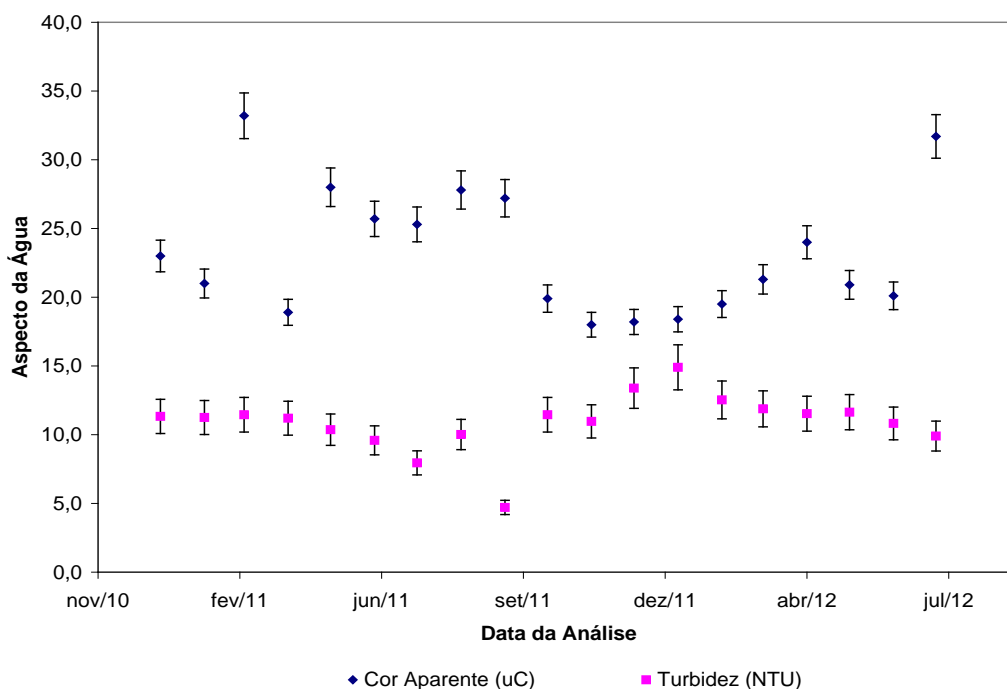


Figura 6: Monitoramento dos aspectos organolépticos (Cor e Turbidez).

Na Figura 7 são apresentados os resultados, para apenas alguns meses, visto que por motivos técnicos tal rotina não foi realizada na sua integral, para a monitoração da matéria orgânica, sob a forma da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os resultados para a DQO apresentaram-se dentro de uma faixa estável, provavelmente favorecida pelo método de análise que apresenta características mais controladas, conforme descrevem Jerônimo et al (2012) e Florido (2011). Em termos de DBO, observa-se uma grande flutuação, que foram consideradas dentro das expectativas e nenhuma correlação foi realizada, visto que os erros analíticos da reprodutibilidade do método apresentam falhas bastante severas. Logo, entende-se que tal influência não é significativa dentro do universo que pode ser quantificado pelas técnicas empregadas para determinação deste parâmetro.

Na Figura 8 são apresentados dados relativos a campanha de monitoração do pH. Nesta série observa-se um efeito tampão, com a manutenção dos patamares independente da influência pluviométrica que o meio é exposto. Tais resultados apontam, também, para ausência de efeitos significativos de degradação anaeróbica de compostos orgânicos, que tenderiam a acidificar o meio nos períodos de estiagem, conforme efeito descrito por Jerônimo; Fernandes; Sousa (2012). Logo, tal efeito foi desconsiderado como um possível impacto nesse ambiente.

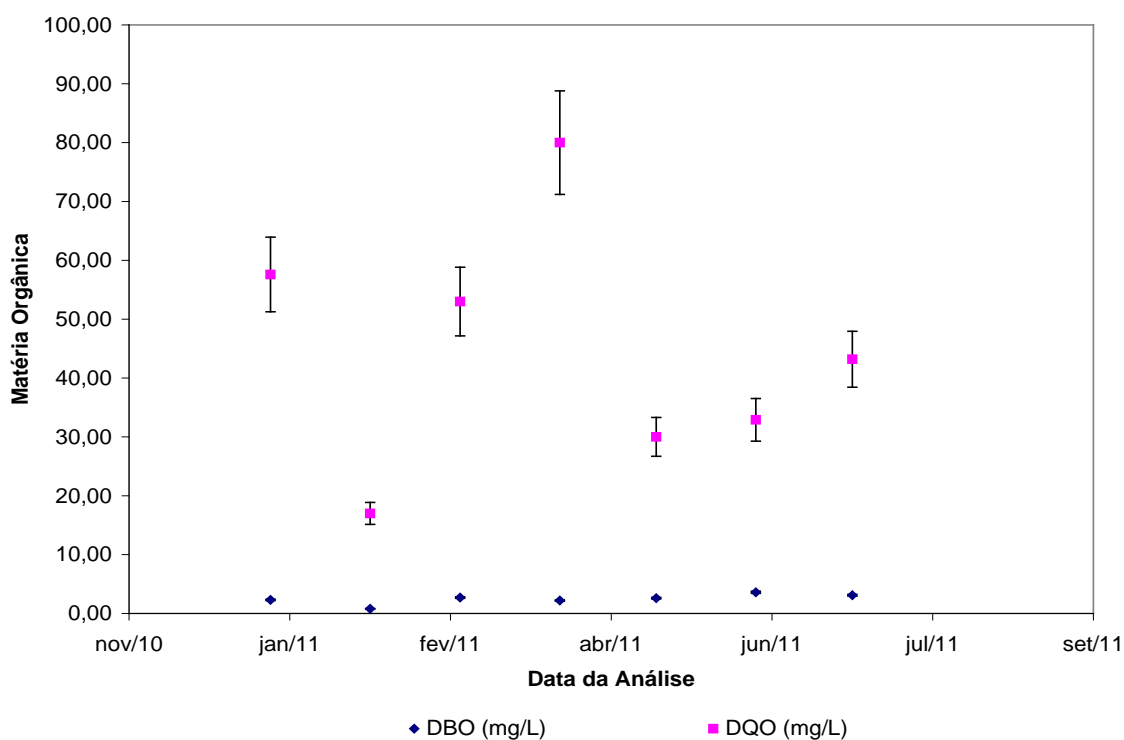


Figura 7: Variações da DBO e DQO na Lagoa de Extremoz-RN.

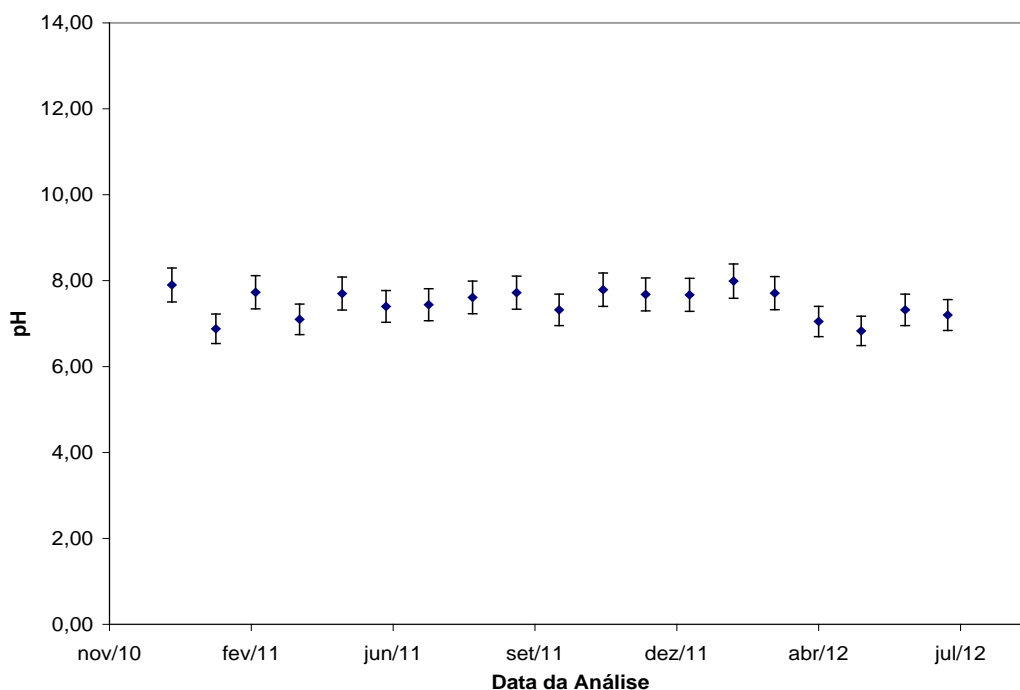


Figura 8: Oscilações dos níveis de pH na lagoa de Extremoz-RN.

Por fim, fazendo-se uma relação da variabilidade temporal e sua influência sobre os parâmetros considerados, pode-se observar que existe um efeito negativo quando analisado o IQA da Lagoa de Extremoz. Na Figura 9 são apresentados os dados pluviométricos durante o período das campanhas de caracterização. Em relação aos índices de qualidade, observa-se que no período de seca, devido à redução no volume de água, e conseqüente concentração dos compostos físico-químicos analisados, conforme correlação apresentada na Figura 10. Portanto, verifica-se ao longo do período amostrado, uma tendência decrescente na qualidade destas águas durante o período de estiagem, com recuperação significativa na época chuvosa (Figura 10) o que mostra o período das chuvas com um fator de diluição causando uma variação nos valores do IQA-NSF que foi calculado mensalmente.

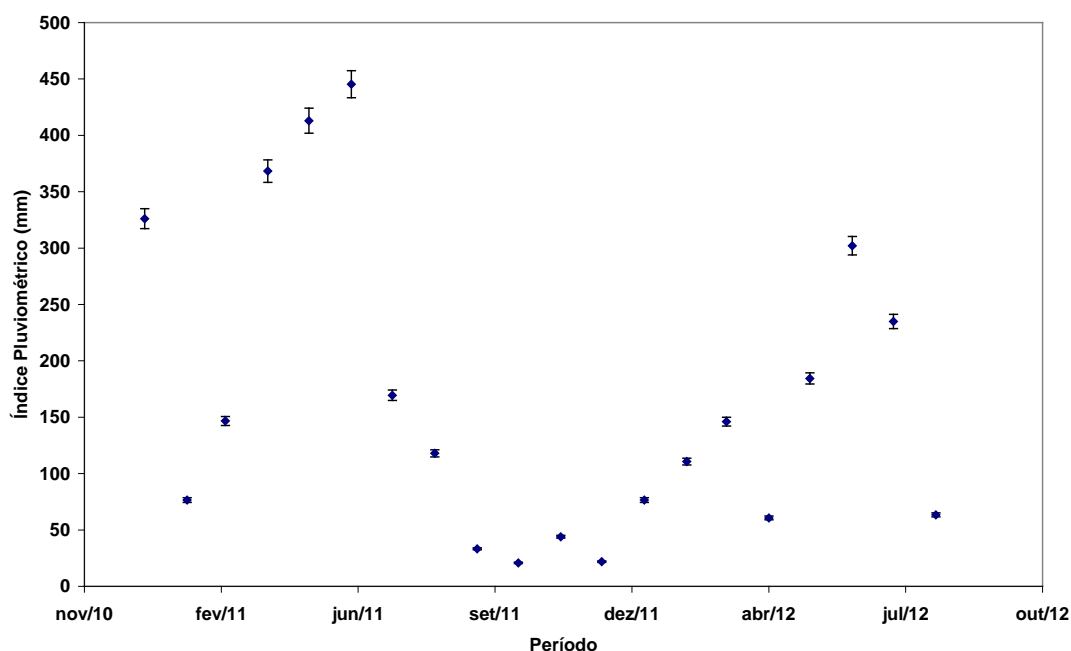


Figura 9: Índices Pluviométricos registrados nas áreas de influência da Lagoa de Extremoz-RN.

O IQA-NSF não atinge uma abordagem multidimensional por considerar sempre as mesmas variáveis, assim neste trabalho também foi levado em consideração o IQA-CCME. Neste índice outros parâmetros importantes, para a lagoa em estudo, foram inclusos como as análises de Cianobactérias que nos últimos anos demonstram um aumento progressivo de sua incidência. Os organismos fitoplanctônicos respondem rapidamente (em dias) às alterações ambientais decorrentes da interferência antrópica ou natural. Dessa forma, é uma comunidade indicadora do estado trófico, podendo ainda ser utilizada como indicador de poluição em reservatórios utilizados para abastecimento (Karadžić *et al.*, 2010).

O IQA-CCME foi calculado para o mesmo período do IQA-NFS e resultou no índice 81 que corresponde a uma água de boa qualidade no período estudado. As condições da água neste ponto de amostragem pode ser considerada adequada para a proteção da vida aquática. Das onze variáveis utilizadas para o cálculo do IQA-CCME as concentrações de Oxigênio dissolvido e a quantidade de cianobactérias ultrapassaram em todas as ocasiões amostradas os seus respectivos VMPs, no entanto, mesmo com estas alterações a água da lagoa ainda é considerada de boa qualidade.

Na Figura 10, pode-se observar a correlação obtida entre o IQA-CETESB e o índice pluviométrico. Neste gráfico pode-se observar que a água tem boas características, percorrendo faixas de bom a ótimo, em termos de seu nível de aceitação.

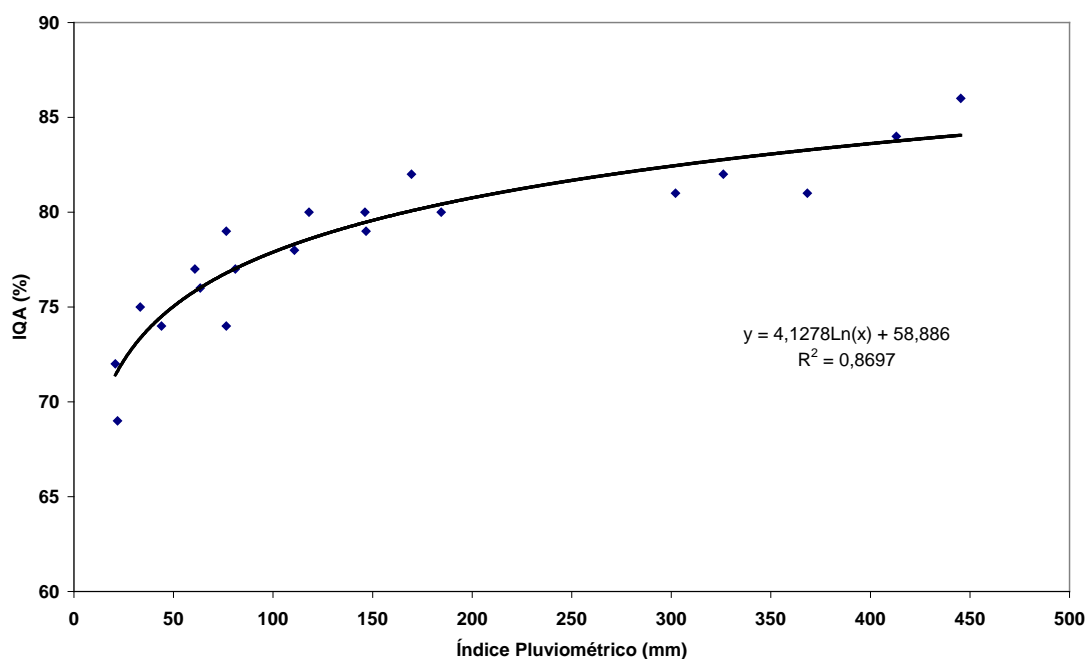


Figura 10: Correlação entre os dados do IQA (CETESB) e o Índice Pluviométrico da Lagoa de Extremoz-RN.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que:

A influência dos índices pluviométricos na água da lagoa de Extremoz tem uma maior tendência na solubilização de íons e nos aspectos organolépticos, não tendo praticamente nenhum efeito no pH e nos níveis de matéria orgânica presentes.

A qualidade da água foi considerada de boa a ótima, aferida por dois indicadores de qualidade de água. Porém, observa-se cenários de riscos no que diz respeito a concentração de cianobactérias e elementos que influenciam diretamente no custo de tratamento desta água, tais como a alcalinidade, dureza, turbidez e cor.

As metodologias empregadas para qualificação da água, em termos de índices demonstrou-se como uma boa ferramenta de monitoração e avaliação combinada de parâmetros. Os dois índices utilizados não apresentaram grandes divergências entre as suas classificações, sendo, portanto viável.

Existem poucos registros de estudos da qualidade da água neste ecossistema aquático, dificultando, ou até mesmo impedindo a implementação de medidas pelos gestores. Assim este trabalho pode contribuir para a melhoria da qualidade da água é transmitir de forma clara e simples o nível de qualidade da água da lagoa de Extremoz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBASI, S. A. Water quality indices, state of the art report (pp. 73). Scientific Contribution No. INCOH/SAR-25/2002. Roorkee: INCOH, **National Institute of Hydrology**, 2002.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA, WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 2005.
3. BORDALO, A. A., TEIXEIRA, R., & WIEBE, W. J. A water quality index applied to an international shared river basin: The case of the Douro River. **Environmental Management**, 38, 910–920, 2006.
4. BRAGA, B. *et al.* Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: **Pearson Prentice Hall**, 313 p., 2005.
5. CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME) Canadian water quality index 1.0 technical report and user's manual. **Canadian Environmental Quality Guidelines Water Quality Index Technical Subcommittee**. Gatineau, QC, Canada, 2001.
6. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Índices de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>>. Acesso em: 09 set. 2012.
7. DEBELS, P., FIGUEROA, R., URRUTIA, R., BARRA, R., & NIELL, X.. Evaluation of water quality in the Chilla'n River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 110, 301–322, 2005.
8. DEZOTTI, M. Curso de Tratamento de Efluentes, Escola Piloto Virtual da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
9. EMPARN. Dados Metereológicos. Disponível em: < http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia/tabela_chuvas.asp> Acesso em: 10/09/2012.
10. FLORIDO, P. L. Tratamento de efluente de refinaria pelo processo combinado de adsorção em carvão ativado e biorreator com membranas. Tese de Doutorado. UFRJ-COPPE. Rio de Janeiro, 2011.
11. HORTON, R. K. An index number system for rating water quality. **J Water Poll Cont Fed**, 37(3), 300–306, 1965.
12. HÜLYA, B. Utilization of the water quality index method as a classification tool. **Environmental Monitoring and Assessment**. doi:10.1007/s10661-009-1035-1, 2009.
13. JERONIMO, C., FERNANDES, H., MELO, H., SOUSA, J. Estudo comparativo entre técnicas de determinação da matéria orgânica em efluentes industriais de composição carbonácea. HOLOS - ISSN 1807-1600, Natal-RN, 2, mai. 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/828/527>>. Acesso em: 26 Set, 2012.
14. JERONIMO, C., FERNANDES, H., MELO, H., SOUZA, J. Bioaugmentação para degradação de efluentes do processamento da castanha de caju. HOLOS - ISSN 1807-1600, Natal-RN, 3, jul. 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/>>. Acesso em: 26 Set, 2012.
15. JOUBERT, C. P. P. et al. Variação de parâmetros físico-químicos ao longo da lagoa de Extremoz. In: **VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vitória-ES, 2002.
16. KANNEL, P. R., LEE, S., LEE, Y. S., KANEL, S. R., & KHAN, S. P. Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132, 93–110, 2007.
17. SANTIAGO, V. M. J. et al. Remoção de amônia em lagoas aeradas promovida por inoculação continua de bactérias nitrificantes produzidas em reator de biomassa fixa rotativo - caso REFAP. In: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre, 2000.
18. THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. Engineering the future of water: Review of 2011 discussion series London, 2012.

19. VON SPERLING, M. V. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Efluentes. Tese de Doutorado, DESA/UFMG, Minas Gerais, Brasil, 2000.