

## XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

### **ESTUDO COMPARATIVO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS AÇUDES AYRES DE SOUSA, SÃO VICENTE E SOBRAL NO ESTADO DO CEARÁ**

*Alexandra de Vasconcelos Feitosa<sup>1</sup>; Rejane Felix Pereira<sup>2</sup> Antônio Idivan V. Nunes<sup>3</sup>; & Walt  
Disney Paulino<sup>4</sup>*

**RESUMO** – O consumo de água para as diversas atividades humanas vem aumentando a cada ano. Um dos problemas associados a esse crescimento é a degradação da qualidade da água, principalmente os mananciais. A qualidade da água é quantificada através da análise de parâmetros, físicos, químicos e biológicos que são (pH, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, turbidez, sólidos totais e coliformes fecais) de acordo o método desenvolvido pela CETESB. O presente trabalho avalia a qualidade da água através do cálculo do IQA dos açudes Ayres de Sousa, São Vicente e Sobral que estão inseridos na Bacia do Acaraú no estado do Ceará. Os índices mostram que os três açudes apresentam uma boa qualidade de água para os anos de 2004 a 2011.

**ABSTRACT**- Water consumption for the various human activities is increasing every year. One of the problems associated with this growth is the degradation of water quality, especially the sources. Water quality is quantified through the analysis of parameters, physical, chemical and biological processes that are (pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total phosphorus, total nitrogen, temperature, turbidity, total solids and fecal coliform) according the method developed by CETESB. This study evaluates the water quality by calculating the WQI of dams Ayres de Sousa, Vincent and Sobral that are inserted in Acaraú Basin in Ceara state. The indices show that the three dams have good water quality for the years 2004 to 2011.

**Palavras-Chave** – IQA, Bacia do Acaraú, qualidade das águas

---

<sup>1</sup> Química, Doutoranda em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará Campos do Pici, CEP: 60445-760. Bloco 713. Fortaleza - Ceará. e-mail: [alexandravf@bol.com.br](mailto:alexandravf@bol.com.br)

<sup>2</sup> Engenheira Civil, Doutoranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará. Campos do Pici, CEP: 60445-760. Bloco 713. Fortaleza - Ceará. e-mail: [rejanefp@gmail.com](mailto:rejanefp@gmail.com)

<sup>3</sup> Engenheiro Químico, Doutor, Institut National Polytechnique de Lorraine – Nancy, França. Professor Adjunto, DEHA, UFC. Campos do Pici, CEP: 60445-760. Bloco 713. Fortaleza – Ceará. e-mail: [vieiranunes@yahoo.com.br](mailto:vieiranunes@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola, Especialista em Gestão dos Recursos Hídricos. Gerente de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH. e-mail: [wdisneyp@gmail.com](mailto:wdisneyp@gmail.com)

## **1. INTRODUÇÃO**

A poluição dos corpos d' água é causada por diferentes fontes de origem urbana, rural e industrial que conduz à necessidade da prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros (Santos e Florêncio, 2001).

A necessidade de um controle mais eficiente da qualidade das águas impulsionou a criação de agências e órgãos reguladores, e o monitoramento da qualidade das águas, cujas ações têm produzido matrizes de proporções inadequadas à interpretação, devido ao grande número de parâmetros analisados (Jonnalagadda e Mhere, 2001). Os índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que serve para facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores (Gastaldini e Souza, 1994).

Dentre outras funções dos indicadores está em informar aos tomadores de decisões sobre o progresso que está sendo feito para alcançar um determinado objetivo ou avaliar a condição do ambiente ou monitorar tendências no tempo. Podem ainda, apresentar um sinal de alerta prévio de mudanças no ambiente e ser usados para diagnosticar a causa do problema ambiental. Muitos indicadores não visam prever um impacto atual, mas sim informar sobre um risco ou um potencial efeito (Togoro, 2006).

Os indicadores podem refletir aspectos físicos, químicos e biológicos das condições ecológicas e tem sido usados para caracterizar o seu estado, rastrear ou prever mudanças, avaliar riscos e influenciar ações de manejo. Os índices são projetados para facilitar compreender os dados de qualidade de água por políticos e o público, através da soma em um único valor. Vários fatores podem influenciar a qualidade da água como o clima, a topografia, a cobertura vegetal e o uso do solo (Togoro, 2006).

### **1.1 ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA)**

O Índice de Qualidade de Água foi desenvolvido pela U. S. National Sanitation Foundation, a partir de uma pesquisa de opinião realizada com especialistas em qualidade de águas que selecionou parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e atribuiu, para cada um deles, um peso relativo. No Brasil a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adaptou o IQA que adota nove parâmetros considerados importantes para estimativa da qualidade das águas (ANNA, 2012).

O Brasil mostrou interesse em tais índices quando o Conselho Nacional do Meio Ambiente em 1972, em seu relatório anual, manifestou a necessidade da utilização de índices para o meio ambiente (Nunes, 2008).

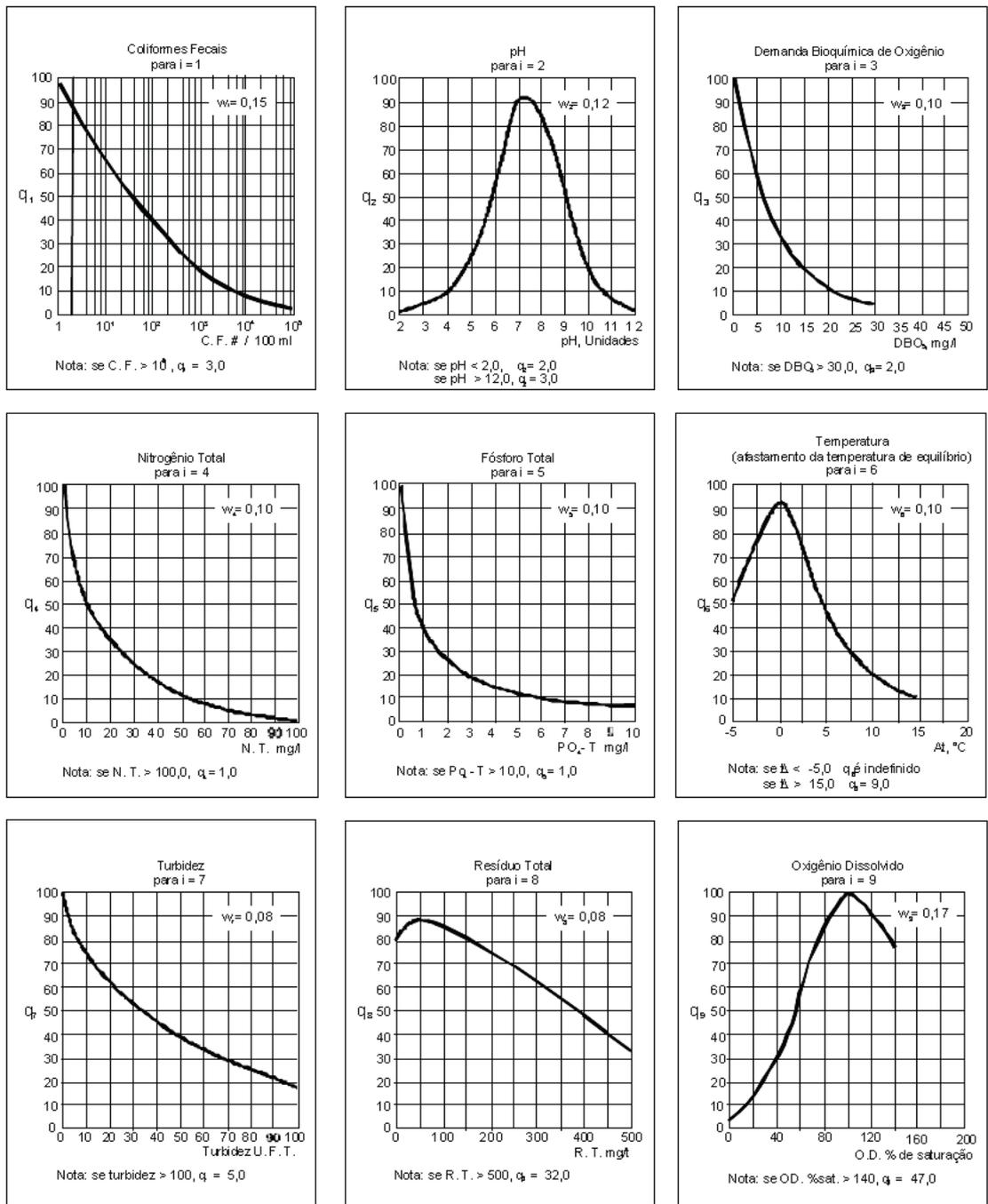
Esses índices possuem diversas finalidades como comparação de condições ambientais em diferentes áreas geográficas, cumprimento da legislação ambiental, análise de tendências, avaliação de mudanças na qualidade ambiental, acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos superficiais entre outros (Nunes, 2008).

Os parâmetros adotados foram: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais, onde cada parâmetro possui um peso relativo correspondente de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA (Tabela 1). Para cada variável foi estabelecida curvas de variação da qualidade das águas que podem ser vistas na Figura 1.

Tabela 1 – Peso dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA.

<b>Parâmetro</b>	<b>Peso (<math>W_i</math>)</b>
<b>OD (%)</b>	0,17
<b>Coliformes (NMP/100mL)</b>	0,15
<b>pH</b>	0,12
<b>DBO (mg/L)</b>	0,1
<b>Nitrogênio (mg/L)</b>	0,1
<b>Fósforo (mg/L)</b>	0,1
<b><math>\Delta T</math>(°C)</b>	0,1
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,08

Fonte: CETESB, 2012



Fonte: CETESB, 2012

Figura 1 – Curva média dos nove parâmetros para a determinação do IQA.

O IQA é calculado através do produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice. Ele é calculado pela seguinte fórmula:

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

Sendo:

**IQA:** Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

**q<sub>i</sub>:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

**w<sub>i</sub>:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo determinado pela equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Em que:

**n:** número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Os resultados pelo IQA são classificados como ótima, boa, regular, ruim e péssima, sendo representadas na tabela 2.

Tabela 2 – Nível de qualidade segundo o IQA

Classificação do IQA	Faixa
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB, 2012

## 1.2 A REGIÃO DE ESTUDO

No Ceará existem aproximadamente cinco mil açudes, dos quais 132 são públicos e monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, aqueles que são responsáveis por mais de 95% da capacidade de armazenamento do Estado (COGERH, 2012).

A Bacia do Acaraú situa-se no noroeste do Estado do Ceará localizando-se entre as coordenadas geográficas 40° 54' e 39° 44' de longitude oeste e 2° 49' e 4° 59' de latitude sul, ocupa

uma área de 14.423,00 km<sup>2</sup>, abrangendo integralmente a área de 11 municípios e, parcialmente, a de outros 17 municípios. A região é drenada pelo Rio Acaraú e seus afluentes ocupam uma área 14.427 Km<sup>2</sup> e com 315 km de extensão no sentido Sul-Norte, que representa 9,22% da área do Estado (Silva, 2010).

Dentre vários açudes presente nesta bacia, três serão investigados: Açude Ayres de Sousa, São Vicente e Sobral. Algumas características desses açudes são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos açudes monitorados.

<b>Açude</b>	<b>Município</b>	<b>Capacidade (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Construção</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
Ayres de Sousa	Sobral	104,43	1936	1,50
São Vicente	Santana do Acaraú	9,84	1923	0,12
Sobral	Sobral	4,68	1921	-

Fonte: COGERH, 2012

A presente pesquisa teve por objetivo determinar e avaliar a qualidade da água dos açudes Ayres de Sousa, São Vicente e Sobral pertencentes à Bacia do Acaraú ao longo dos anos, através do monitoramento realizado pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Características gerais do Açude Ayres de Sousa**

O Ayres de Souza pereniza o rio Jaibaras e seus principais usos são: o atendimento ao Perímetro Irrigado Ayres de Souza (391 hectares irrigados, de um total de 8.595 ha), o abastecimento da sede de Sobral (134.508 hab), do distrito de Jaibaras (7.960 hab) e outras localidades próximas, além da piscicultura em tanques-redes (600 t.ano<sup>-1</sup>), pecuária, lazer e dessedentação de animais. A gestão do reservatório de é feita pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS em parceria com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH (Tavares *et al.* 2009).

O monitoramento do açude foi realizado pela COGERH no período de 2004 a 2010, o açude possui características necessárias para o cálculo do IQA.

### **2.2 Características gerais do Açude São Vicente**

O Açude São Vicente encontra-se no município de Santana do Acaraú e sua vazão afluente é de 18,74 hm<sup>3</sup>/ano. Seus principais usos são irrigação e dessedentação animal. Há, também, a

problemática da existência de barramentos ao longo do trecho do rio, que vem dificultar a eficiência no atendimento dos irrigantes (Ceará, 2010).

Os dados obtidos para o cálculo do IQA são compreendidos entre o ano de 2004 a 2008.

### 2.3 Características gerais do Açude Sobral

O Açude Sobral, é um açude de pequeno porte que também é conhecido como Cachoeira, barra o Riacho Mata Fresca, encontra-se no município de Sobral, sendo suas margens são ocupadas por casas de veraneio. Atualmente é responsável pelo atendimento de indústria, pela irrigação da área de lazer de Sobral. Além disso, há captações difusas das propriedades que estão no seu entorno. O reservatório ainda libera água para atender usuários do setor da irrigação (Ceará, 2010)

Para esse açude, os dados para a determinação da qualidade da água são de 2004 a 2011.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 4 mostra a média dos valores obtidos de 2004 a 2010 do Açude Ayres de Sousa e o valor do IQA obtido em cada ano.

Para o Açude Ayres de Sousa a qualidade da água nos anos de 2004 e 2005 é caracterizada como ótima (IQA=82,41 e 80,6, respectivamente), havendo um decréscimo da qualidade para boa (60,97) no ano seguinte. Em 2007 e 2008 essa qualidade diminuiu ainda mais passando para regular com IQA = 51,81(2007) e 44,66 (2008), tal fato é devido ao aumento da DBO e da turbidez. Em 2009 não foi calculado o IQA devido à ausência de dados de alguns parâmetros, uma vez que para o cálculo da qualidade da água se faz necessária a presença de todos os nove parâmetros. Na Figura 2 é apresentada graficamente a evolução do IQA ao longo dos anos.

Tabela 4 – Valores médios anuais obtidos de 2004 a 2010 do Açude Ayres de Sousa e seu respectivo IQA.

PARÂMETROS	2004		2005		2006		2007		2008		2010	
	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	Valor	qi <sup>wi</sup>
OD (%)	6,49	2,16	6,49	2,16	5,42	2,1	6,03	2,14	5,11	2,06	6,49	2,06
Coliformes (NMP/100mL)	3,23	1,96	26,19	1,84	26,1	1,8	57,33	1,8	6,5	1,95	25,5	1,84
pH	7,71	1,72	7,85	1,71	7,96	1,7	7,53	1,72	5,1	1,43	7,275	1,72
DBO (mg/L)	5,77	1,48	1,69	1,55	5,3	1,3	39,5	1,07	33,3	1,07	8,84	1,43
Nitrogênio (mg/L)	0,004	1,58	0,01	1,58	2,321	1,53	3,04	1,51	0,012	1,58	0,08	1,58
Fósforo (mg/L)	0,414	1,58	0,241	1,58	0,08	1,58	0,0036	1,58	0	1,58	0,06	1,58
ΔT(°C)	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53
Turbidez (NTU)	6,9	1,42	5,0	1,42	3,82	1,43	1,9	1,43	5,85	1,42	10,5	1,41
Sólidos totais (mg/L)	222	1,41	225	1,41	326	1,38	223	1,41	318	1,38	90	1,43
IQA		<b>82,41</b>		<b>80,6</b>		<b>60,97</b>		<b>51,81</b>		<b>44,66</b>		<b>71,79</b>

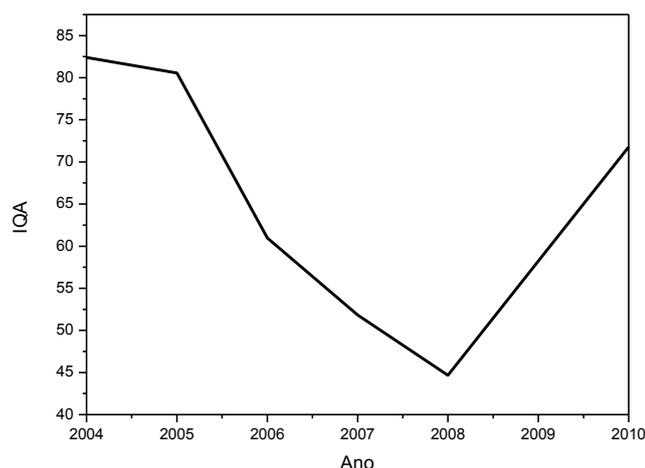


Figura 2 – Variação do IQA do Açude Ayres de Sousa no período de 2004 a 2010.

Um problema antrópico encontrado no Açude Ayres de Sousa, segundo o trabalho GIRÃO (2006) é a piscicultura praticada em tanques-rede no açude constituindo um risco potencial ao ecossistema aquático e à saúde humana. A ração não consumida pelos peixes contribui para os processos de eutrofização da água, propiciando a proliferação de cianobactérias contribuindo para formação de substâncias tóxicas para os peixes, a Figura 3 mostra a evolução da média do número de cianobactérias (Célula/mL) ao longo dos anos.

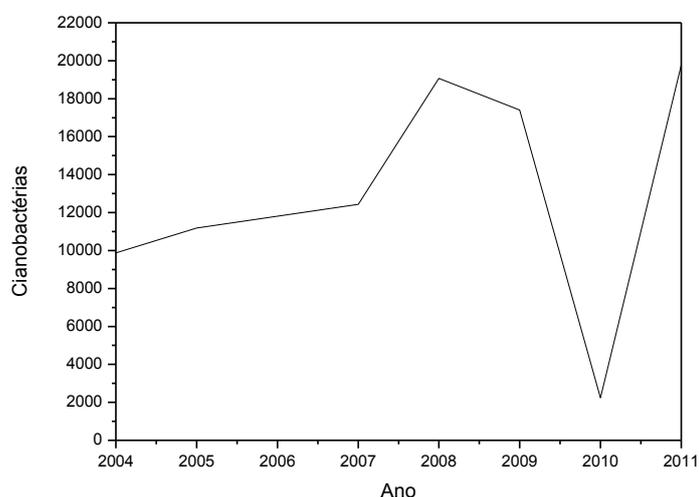


Figura 3 – Variação do número de cianobactérias do Açude Ayres de Sousa no período de 2004 a 2011.

Além da piscicultura, contaminação também ocorre pelos efluentes oriundos da atividade da aquíicultura, como os resíduos de fertilizantes e restos de ração. Na área, também foi verificado pelo autor, a existência de animais soltos e de resíduos sólidos dispostos nas margens do reservatório, e a

ocorrência de esgotos lançados direto no açude, banhistas, lavadeiras de roupas e a captação de água e lavagem de carros-pipas dentro do Açude (Girão, 2006).

Na tabela 5 são apresentadas as médias anuais do período de 2004 a 2008 do Açude São Vicente.

Tabela 5 – Valores médios anuais obtidos de 2004 a 2008 do São Vicente e seu respectivo IQA.

PARÂMETROS	2004		2005		2006		2007		2008	
	Valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>	valor	qi <sup>wi</sup>
OD (%)	6,86	2,17	6,44	2,16	4,97	2,09	4,96	2,08	4,93	2,08
Coliformes (NMP/100mL)	6,497	1,96	8,25	1,9	8,0	1,9	7,5	1,91	7	1,9
pH	7,96	1,7	7,88	1,71	7,9	1,7	7,71	1,71	7,6	1,72
DBO (mg/L)	4,43	1,5	3,55	1,5	2,1	1,2	2,0	1,2	2,0	1,2
Nitrogênio (mg/L)	0,003	1,58	0,007	1,58	3,045	1,53	0,002	1,58	0,007	1,58
Fósforo (mg/L)	0,243	1,58	0,195	1,58	0,21	1,58	0,005	1,58	0,017	1,58
ΔT(°C)	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53
Turbidez (NTU)	4	1,42	3,6076	1,42	1,25	1,44	1,45	1,44	1,8	1,44
Sólidos totais (mg/L)	380	1,36	500	1,36	370	1,37	314	1,37	600	1,39
IQA		<b>80</b>		<b>77,65</b>		<b>59,1</b>		<b>61,43</b>		<b>62,36</b>

Com o cálculo do IQA, a partir dos parâmetros monitorados, observa-se que o melhor índice é do ano de 2004 com qualidade ótima e houve uma diminuição da qualidade nos anos seguintes, principalmente no ano de 2006. A Figura 4 mostra a variação do IQA ao longo do tempo.

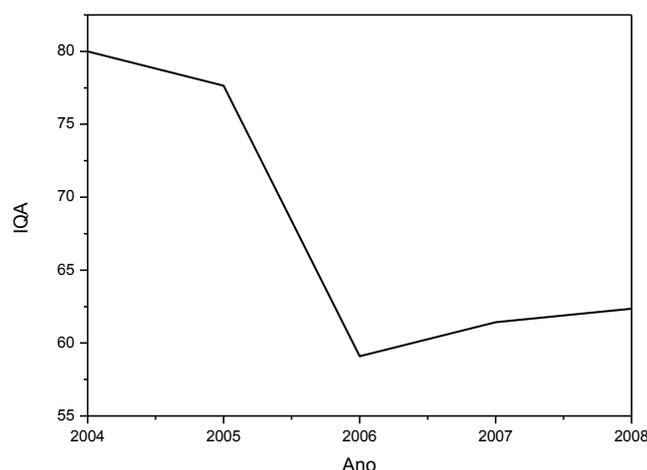


Figura 4 – Variação do IQA do Açude São Vicente no período de 2004 a 2008.

A Tabela 6 mostra os valores médios anuais de parâmetros monitorados e os valores do IQA no período de 2004 a 2011. Com os dados, observa-se que mesmo com o aumento populacional não houve variação significativa na qualidade da água, pois em todos os anos ela foi classificada como

boa. No ano de 2006, houve o menor valor do IQA (56,41) por causa da elevada DBO em relação aos anos analisados. Na Figura 5 é mostrada a variação do IQA no período monitorado.

Tabela 6 – Valores médios anuais obtidos de 2004 a 2011 do Açude Sobral e seu respectivo IQA.

PARÂMETROS	2004		2005		2006		2007		2008		2010		2011	
	Valor	qi <sup>wi</sup>												
OD (%)	7,15	2,18	6,03	2,15	5,2	2,05	3,54	1,83	8,31	2,18	7,1	2,15	7,2	2,15
Coliformes (NMP/100mL)	32,25	1,84	6,27	1,93	8	1,9	33	1,85	4	1,96	402,4	1,68	300	1,7
pH	8,13	1,7	8,31	1,67	8,48	1,66	7,92	1,71	8,44	1,66	8,3	1,66	8,2	1,69
DBO (mg/L)	6,15	1,47	3,25	1,52	2,61	1,54	11,9	1,38	42,4	1,07	4,1	1,5	2	1,55
Nitrogênio (mg/L)	0,006	1,58	0,005	1,58	0,474	1,58	0,001	1,58	0,001	1,58	0,026	1,58	0,023	1,58
Fósforo (mg/L)	0,415	1,58	0,14	1,58	0,18	1,58	0,008	1,58	0	1,58	0,012	1,58	0,011	1,58
ΔT(°C)	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53	0	1,53
Turbidez (NTU)	7,62	1,42	9,58	1,41	7,8	1,41	5,5	1,42	15	1,4	11,23	1,41	31,5	1,37
Sólidos totais (mg/L)	184	1,42	298	1,39	337	1,38	304	1,39	298	1,39	113	1,42	175	1,43
IQA		<b>77,2</b>		<b>78,85</b>		<b>74</b>		<b>60,23</b>		<b>56,41</b>		<b>68,78</b>		<b>71,64</b>

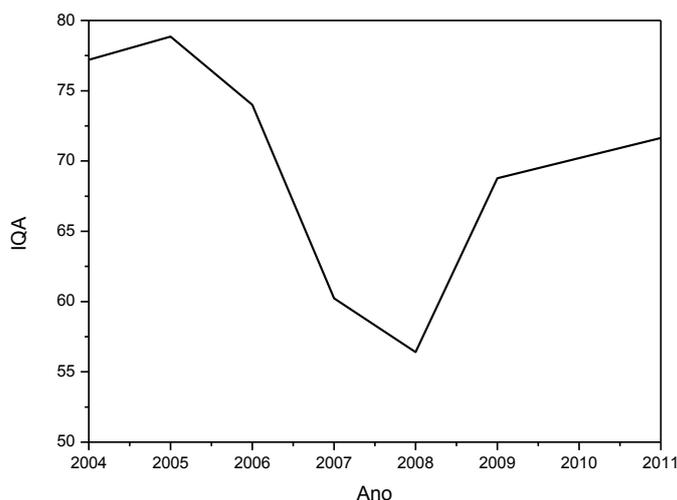


Figura 5 – Variação do IQA do Açude Sobral no período de 2004 a 2011.

Na Figura 6 é apresentada a comparação dos valores obtidos do IQA dos três açudes em função do tempo. Observa-se que o índice de qualidade de água para os três açudes é classificado como boa.

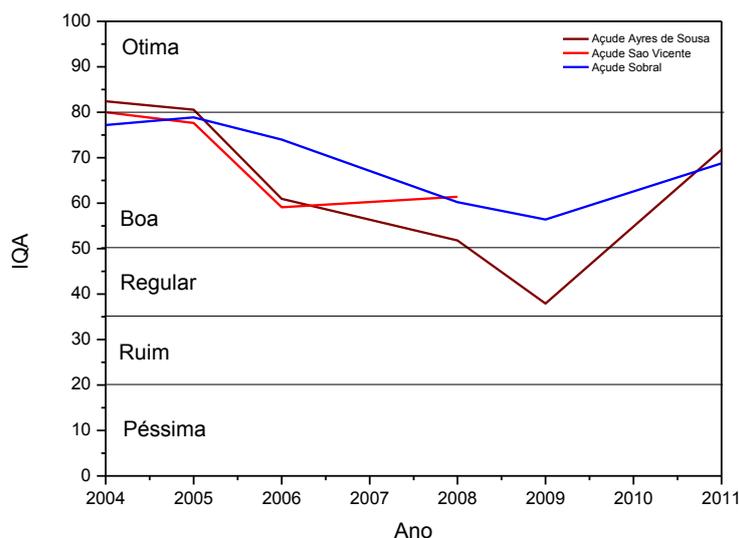


Figura 6 – Comparação do IQA dos três açudes no período de 2004 a 2011.

#### 4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que o nível de qualidade da água foi indicada como boa para os três açudes, por meio da metodologia da CETESB.

O estudo com os três açudes da bacia do Acaraú revela que o que apresenta menor qualidade de água é o Ayres de Sousa, provavelmente pela piscicultura e/ou devido a outras atividades utilizada no mesmo. O açude Sobral é o que possui a melhor qualidade dentre os três. Em relação ao São Vicente há a necessidade de um monitoramento mais extenso, pois os dados obtidos são até o ano de 2008.

Deve ser enfatizado que, mesmo o IQA estando na faixa de qualidade de água boas para os três reservatórios citados, apresentou decadência desde 2004 onde tivemos os melhores índices.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COGERH pela disponibilização dos dados.

#### BIBLIOGRAFIA

ANA – Agência Nacional de águas. *Indicadores de Qualidade*. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx> . Acesso em: 30/04/2012.

CEARÁ. (2010). *Plano de gerenciamento das águas da bacia do Acaraú - fase 1: estudos básicos e diagnóstico*. SRH- Secretaria dos Recursos Hídricos.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental no Estado de São Paulo. *IQA – Índice de Qualidade das Águas*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>. Acesso em: 26/04/2012.

COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - COGERH. Disponível em: [www.cogerh.com.br](http://www.cogerh.com.br). Acesso em: 28/04/2012.

GASTALDINI, M. C. C.; SOUZA, M. D. S. (1994). *Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí- Águas Continentais no Mercosul*, Porto Alegre.

GIRÃO, E. G. (2006). *Análise multivariada na identificação dos fatores determinantes da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jaibas - Ceará*. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 106 f.

JONNALAGADDA, S. B.; MHERE, G. (2001). *Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe*. Water Research, 35 (10), pp. 2371-2376.

NUNES, D. G. (2008). *Modelagem da autodepuração e qualidade da água do Rio Turvo Sujo*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 118 f.

SANTOS, K. P.; FLORENCIO, L. (2001). *Aplicação de modelo simplificado para avaliação do estado trófico no reservatório de Duas Unas*, Pernambuco-Brasil. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, pp.1-9.

TAVARES, J. L.; TAVARES, F. C. S.; HORTEGAL FILHA, M. S. R.; MATOS, M. V. B.; FROTA, V. L. (2009). *Uso dos métodos somatório e produtório para o cálculo do índice IQA em uma represa do Ceará* in: IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, Belém, 2009, pp. 1 -10.

TOGORO, E. S. (2006). *Qualidade da água e integridade biótica: estudo de caso num trecho fluminense do Rio Paraíba do Sul*. Dissertação de mestrado - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 184 f.