

**IV-027 – ESTIMATIVA DAS CARGAS POLUIDORAS NA BACIA DO ALTO  
PIAUÍ À MONTANTE DO AÇUDE PETRÔNIO PORTELA - PI****Marisete Dantas de <sup>(1)</sup>**

Doutor em Meio Ambiente/Recursos Hídricos. Professora Associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

**Francisco Osny Enéas da Silva**

Engenheiro Civil. Doutorando do curso de Doutorado em Engenharia Civil na área de concentração em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. Professor Adjunto da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

**Suetônio Mota**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará

**Soraia Tavares de Souza Gradvohl**

Engenheira Civil. Mestre em Engenharia Civil na área de concentração de Saneamento Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental na Universidade Federal do Ceará. Doutoranda do curso de Doutorado em Engenharia Civil na área de concentração de Saneamento Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental na Universidade Federal do Ceará.

**Herson de Aquino Nery**

Graduando em Engenharia Civil da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Passa Tempo, 176 - Carmo-Sion - Belo Horizonte - MG - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (31) 225-9518 - e-mail: [halfeld@sc.usp.br](mailto:halfeld@sc.usp.br)

**RESUMO**

De todos os recursos naturais, aquele que apresenta relações mais diretas com o dia-a-dia do ser humano é a água. Considerada o “ouro azul do século XXI”, a água é sinônimo de algumas das mais profundas ambições do homem: clareza, transparência, pureza, fluidez e saúde. A água e a saúde são dois aliados estratégicos que contribuem para a manutenção e a qualidade da vida. A vida, a água e a saúde formam um triângulo que inter-relaciona os fatores que, por sua vez, determinam a possibilidade de existência dos seres vivos. Com efeito, a vida, essa acumulação de energia, essa força interna substancial dos seres orgânicos, se relaciona tão estreitamente com a água e com a saúde que quando algum de seus dois aliados falta se produzem sérios riscos para a sobrevivência, tanto da espécie humana como das demais espécies que povoam o planeta. A água esteve e continua a estar presente em todos os momentos da vida do homem. Sua presença, ou sua ausência, é fator determinante de progresso, de desenvolvimento e de qualidade de vida. Porém, de todos os seus aspectos, aquele que mais representa a essencialidade da água à vida é a sua relação direta com a saúde. Assim, quanto maior a disponibilidade de água tratada menores são as internações por doenças de veiculação hídrica, menores são os índices de mortalidade infantil, maior é a expectativa de vida da população. Desta forma, quando se fala em água, é preciso que necessariamente se faça a devida menção à vida, à qualidade desta vida, que somente pode ser plenamente vivida com a água. Além disso, a água é fundamental para a vida humana não só porque a requeremos para beber, mas, também porque é necessária para a higiene, a produção de alimentos, as atividades industriais, a pesca, a geração de energia hidrelétrica, e inúmeras outras atividades sociais. Abastecer a população com água potável é uma das tarefas fundamentais das autoridades de saúde pública. Poucas coisas são tão necessárias como a água para uma vida plena e satisfatória, quer dizer de qualidade. Viver com qualidade é essencial para que as pessoas façam uso de todas as suas potencialidades, realizarem seus sonhos e sejam úteis à comunidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água, Cargas Poluidoras, Açude, Reservatório, Poluição Pontual, Poluição Difusa.

**INTRODUÇÃO**

O objetivo deste estudo é apresentar uma estimativa das cargas poluidoras afluentes aos mananciais hídricos para avaliar o seu comprometimento qualitativo em função da afluência de poluentes decorrentes dos usos consuntivos e não consuntivos das águas e dos solos, além dos problemas relativos à poluição por diversas

fontes pontuais ou difusas, tais como os usos industriais, depósitos de resíduos sólidos (lixões), agricultura e drenagem das águas pluviais que se endereçam àqueles mananciais da bacia.

Para que se possa investigar o *grau real de suscetibilidade* dos recursos hídricos às cargas poluentes produzidas por diversas origens na bacia, há uma necessidade imperativa de se analisar o processo de produção, condução e absorção destes poluentes em cada manancial receptor das afluências.

Assim, torna-se crucial estudar, de forma particularizada, por manancial, os seguintes fatores:

- de onde vem a poluição ?
- qual é o tipo de poluição que está sendo produzida ?
- qual é o padrão temporal de produção desta poluição ?
- qual é o tamanho da bacia contribuinte da poluição ?
- quais são os vetores que conduzem a poluição a este manancial ?
- qual é o processo de conectividade entre este manancial e seus afluentes e efluentes ?
- como a poluição afeta este manancial ?
- qual é o grau de auto-depuração deste manancial ?
- como o manancial responderá ao incremento futuro de novas e maiores cargas poluentes ?

A rigor muito mais perguntas como as supracitadas podem ser feitas no sentido de explorar a totalidade do impacto que determinada carga poluente pode afetar um manancial hídrico, havendo aqui, na bacia do Alto Piauí, uma particularidade que adquire extrema importância e sobre a qual deve ser endereçada a maior preocupação do analista das condições ambientais da bacia: “ *A elevada vulnerabilidade à poluição dos reservatórios situados nos centros urbanos da bacia !* ”

Considerando-se o manancial principal da bacia, o Açude Petrônio Portela, como um caso especial de análise, sobre o qual teceremos comentários a seguir, há na bacia do Alto Piauí à montante do Açude Petrônio Portela, sete reservatórios situados em zona urbana que exigem atenção especial na análise dos impactos da poluição gerada na bacia, quais sejam:

- Açude Caracol, no município de Caracol;
- Açude Jurema, no município de Jurema;
- Açude Anísio, no município de Anísio de Abreu;
- Açude Bonfim, no município de Bonfim do Piauí;
- Açude Aldeia, no município de São Raimundo Nonato;
- Açude Fartura, no município de Fartura do Piauí;
- Açude Bom Jardim, no município de Dirceu Arcoverde.

Todos estes açudes recebem afluência de esgotos domésticos, industriais e hospitalares diretamente em sua bacia hidráulica, sendo que a maioria não tem mecanismo de liberação de vazão ou descarga de fundo, somente renovando a água represada quando da ocorrência de sangria durante curtos períodos da estação úmida, passando geralmente, mais de 8 meses sem receber nenhum aporte de chuva que o faça renovar a água afluente poluída.

Estes açudes devem receber uma atenção especial no Plano de Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Piauí sendo presentemente elaborado, por conta de que os mesmos agem como *filtro* ou uma *primeira barreira de contenção* da poluição que de outra forma atingiria as águas do Açude Petrônio Portela, manancial este que recebe as maiores atenções dos órgãos de proteção e controle dos recursos hídricos da bacia.

## METODOLOGIA

- *Estudo de Caso*

O açude Petrônio Portela é o principal reservatório localizado na bacia do Alto Piauí. Nesta bacia estão localizados mais sete reservatórios sendo todos situados em zona urbana quais sejam: Açude Caracol, no município de Caracol; Açude Jurema, no município de Jurema; Açude Anísio, no município de Anísio de Abreu; Açude Bonfim, no município de Bonfim do Piauí; Açude Aldeia, no município de São Raimundo

Nonato; Açude Fartura, no município de Fartura do Piauí; Açude Bom Jardim, no município de Dirceu Arcoverde.

Todos estes açudes recebem afluência de esgotos domésticos, indústrias e hospitalares diretamente em sua bacia hidráulica, sendo que a maioria não tem mecanismo de liberação de vazão ou descarga de fundo, somente renovando a água represada quando da ocorrência de sangria durante curtos períodos da estação úmida, passando geralmente, mais de 8 meses sem receber nenhum aporte de chuva que o faça renovar a água afluente poluída.

- **Síntese dos principais impactos observados na Bacia do Açude Petrônio Portela.**

A falta de saneamento da região vem comprometendo a qualidade da água em todos os reservatórios visitados.

O reservatório Petrônio Portela construído com a finalidade para abastecimento humano apresenta hoje um quadro bastante crítico quanto ao seu uso:

- Os afluentes da barragem encontram-se em péssimas condições, em termos de proteção das margens. E visível a invasão das faixas de proteção com ocupação de residências, onde seus esgotos são lançados no rio Piauí, sendo carreados para a barragem Petrônio Portela.
- Os esgotos domésticos (Figura 1) são, na realidade, a maior fonte de contribuição de fósforo. Com relação aos esgotos industriais, não foram localizados na área da bacia do açude.
- Como o açude Petrônio Portela não teve um plano de desmatamento adequado, daí a qualidade de suas águas já foram comprometidas desde a sua construção (Figura 2).



Figura 1 – Esgotos sendo carreado para o rio Piauí.



Figura 2 – Presença de vegetação na Bacia do Açude

- Outro impacto grave detectado, foi a formação de ilhas dentro da bacia hidráulica do reservatório, o que contribui para o uso agrícola como mostrado na figura 2.
- A lavagem de roupa dentro do reservatório foi outro impacto que nos chamou atenção.
- A mata ciliar é uma formação vegetal que está associada aos cursos d'água, cuja ocorrência é favorecida pelas condições físicas locais, principalmente relacionadas a maior umidade do solo. Essas áreas são de fundamental importância no gerenciamento ambiental, pois, além de contribuírem para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, funcionam como corredores úmidos entre as áreas agrícolas, favorecendo a proteção da vida silvestre local. Ausência de mata ciliar no entorno do reservatório.
- A mata ciliar funciona, também, como uma espécie de barreira, segurando materiais terrosos que chegam com as chuvas (enxurradas) e com isso impede ou dificulta o assoreamento do curso d'água. Essa barragem pode estar segurando também toda espécie de materiais estranhos que irão afetar a qualidade das águas do rio, como sejam excessos de adubo e agrotóxicos utilizados na lavoura e outros lixos.
- O lixo é outro problema sério na região. Um programa de educação ambiental deverá ser implantado para atender os moradores de cada localidade dentro da bacia.

- Dentre todos os reservatórios visitados nos 13 municípios somente o açude Fartura encontra-se em excelentes condições.
- **Conectividade da Rede de Açudes mais Sujeitos à Poluição**

Um dos fatores essenciais na análise é a conectividade do sistema de reservatórios até a chegada no Açude Petrônio Portela. A Figura 3 mostra a rede de fluxo destacando os sete açudes em situação mais crítica até o Petrônio Portela.

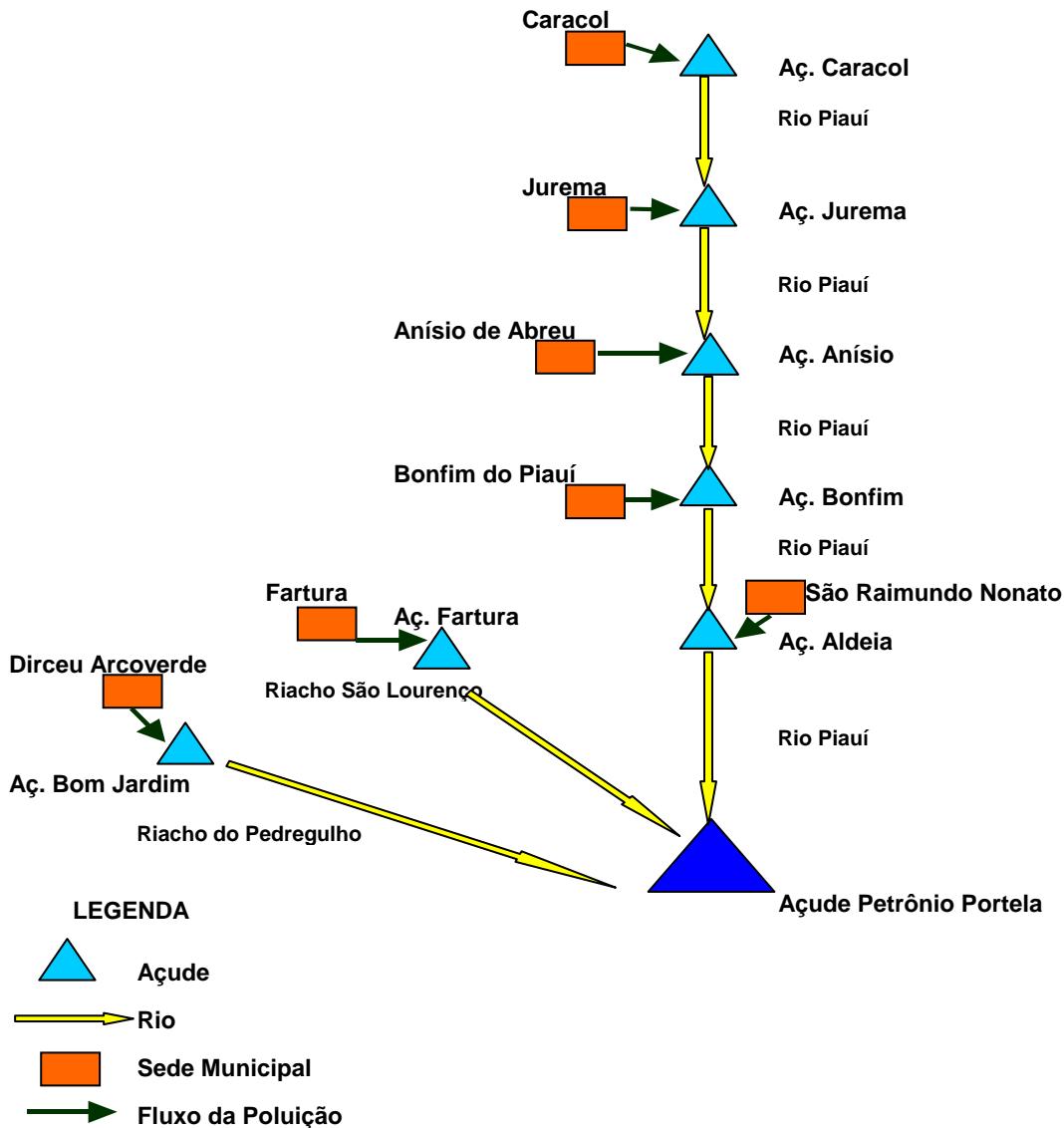


Figura 01 – Conectividade da Rede de Açudes mais Sujeitos à Poluição.

## RESULTADOS

Com base nos dados obtidos no campo e com o Programa LACAT

Tabela 01 – Parâmetros Médios de Carga Orgânica de Esgotos Domésticos

Parâmetro	Unidade	Valor
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO <sub>5</sub>	g/hab/dia	54,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO <sub>5</sub>	mg/l	300
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	500
Coliformes Totais	NMP/hab/dia	$4,00 \times 10^{11}$
Coliformes Fecais	NMP/hab/dia	$1,00 \times 10^{11}$
Nitrogênio Total	Kg N-total/hab/dia	0,0068
Fósforo Total	Kg P-total/hab/dia	0,0007

NMP = Número Mais Provável

Para emprego do LACAT foram desenvolvidos os cálculos dos diversos parâmetros necessários como mostrado na Tabela 02.

• ***Metodologia de Avaliação das Cargas Poluidoras nos Açudes mais Sujeitos à Poluição***

Foi adotada uma metodologia padronizada de avaliação das cargas poluidoras afluentes aos açudes com base em parâmetros médios de cargas orgânicas indicadas na bibliografia especializada.

Devido ao fato de que o objetivo maior neste Plano é se fazer previsões dos futuros aportes que orientem a sugestão de possíveis medidas mitigadoras ou intervenções estruturais na bacia, decidiu-se fazer uso de parâmetros médios de referência das cargas orgânicas para avaliar o potencial poluidor ao invés de se fazer uso de parâmetros tomados de uma ou duas amostras coletadas de água nos respectivos reservatórios.

A própria bibliografia especializada indica que seriam necessárias, no mínimo, 30 amostras analisadas para se estabelecer uma curva de distribuição de freqüência que assegure um nível de precisão acurada na estimativa desses parâmetros. Isto somente será possível de ser feito a partir de um futuro Plano de Monitoramento dos Recursos Hídricos a ser sugerido na fase de planejamento.

A seguir, se descreve as bases metodológicas adotadas na avaliação destas cargas.

• ***Esgoto de Origem Doméstica***

Nenhuma cidade da região dispõe de sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Os esgotos produzidos são eliminados via fossas negras ou, no caso das águas servidas de banho e limpeza, despejados nas sarjetas das vias públicas e endereçadas ao manancial receptor mais próximo. Esta é a realidade de todas as cidades dos sete açudes de interesse mais sujeitos à poluição.

O aporte de esgoto de origem doméstica aos reservatórios foi feito com base na estimativa da área urbana e da população contribuinte. Foram feitas planimetrias das áreas total urbana e da possível área contribuinte com esgoto para os reservatórios, com base em imagens de satélites e carta topográfica na escala 1: 100.000. O reconhecimento de todas as áreas em campo pelos técnicos do Consórcio facilitou na definição do traçado da zona urbana considerada como contribuinte de esgotos e drenagem pluvial urbana para os reservatórios.

A população considerada como contribuinte com esgoto doméstico para os açudes foi estimada com base na relação proporcional entre a área urbana contribuinte e a área urbana total, multiplicada, pela população urbana total no horizonte de tempo considerado.

Considerou-se que as áreas urbanas crescem na mesma proporção do crescimento populacional vegetativo, o que é verdadeiro na maioria dos casos. Como as áreas urbanas destas cidades são muito pequenas, normalmente entre 1,0 a 4,0 Km<sup>2</sup>, o crescimento delas fica aquém dos limites de seus divisores topográficos das bacias contribuintes, tornando-se assim factível o estabelecimento dessa proporção.

Considerou-se que as áreas urbanas crescem na mesma proporção do crescimento populacional vegetativo, o que é verdadeiro na maioria dos casos. Como as áreas urbanas destas cidades são muito pequenas, normalmente entre 1,0 a 4,0 Km<sup>2</sup>, o crescimento delas fica aquém dos limites de seus divisores topográficos das bacias contribuintes, tornando-se assim factível o estabelecimento dessa proporção.

- **Poluição de Origem Agrícola**

As cargas poluidoras foram avaliadas com base na possível área efetivamente plantada localizada dentro da bacia hidrográfica do açude considerado. Em virtude da conectividade entre os reservatórios, devido a qual cada açude a montante age como uma barreira ou filtro para o açude situado a jusante, a área considerada para avaliação do potencial de exploração agrícola dentro da bacia hidrográfica de cada açude foi considerada como uma proporção da área explorada com agricultura no seu município de localização.

Foram então feitas proporções entre a área da bacia hidrográfica para a área total do município e da área explorada com agricultura para a área total do município e aplicadas estas proporções incidindo sobre a área plantada de acordo com o Censo de 2002, para se estabelecer a área possível de agricultura dentro da bacia hidrográfica do açude.

- **Estimativa e Previsão do Grau de Eutrofização dos Açudes**

A eutrofização é uma resposta a um enriquecimento do corpo hídrico por nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio), podendo ocorrer sob condições naturais ou artificiais. Este incremento de nutrientes na água propicia o desenvolvimento de algumas espécies de algas e a diminuição do oxigênio na coluna d'água, favorecendo o aumento de bactérias anaeróbias, podendo atribuir sabor e cheiro desagradável à água, restringindo o seu uso.

Dentre o grupo das algas tóxicas que mais tem causado preocupação é o grupo das cianobactérias.

As consequências da eutrofização podem ser englobadas em duas categorias:

- a) Impactos sobre o ecossistema e a qualidade da água:
  - a diversidade biológica diminui, pois poucas espécies sobrevivem às condições adversas;
  - os baixos teores de oxigênio dissolvidos na água alteram a composição das espécies de peixes presentes no meio;
  - há alteração das espécies de algas presentes no meio; caso haja nitrato em quantidade suficiente, diversas espécies podem estar presentes; se não houver nitrogênio em forma de nitrato haverá um crescimento excessivo de algas azuis;
  - as concentrações elevadas de compostos orgânicos dissolvidos provocarão sabor e odor desagradável e diminuição na transparência da água. Alguns desses compostos são precursores de compostos halogenados, como os trihalometanos, potencialmente cancerígenos, que são produzidos quando a água sofre desinfecção por cloro em estações de tratamento; e
  - alteração do pH, devido a decomposição anaeróbia que ocorre no fundo do lago liberando metano, gás sulfídrico, amônia, bem como fósforo, manganês e outros compostos.
- b) Impactos sobre a utilização dos recursos hídricos
  - quando o manancial é usado para abastecimento, este uso fica prejudicado porque o excesso de algas obstrui os filtros das estações de tratamento, dificultando a operação para controle do pH e da floculação e aumenta os custos para controle de odor e sabor, pois torna-se necessário instalar filtros de carvão ativado e unidades para remoção do ferro e do manganês, e após a cloração pode haver a formação de trihalometanos;
  - a recreação neste corpo de água também fica prejudicada, impedindo atividades como a natação e o acesso de barcos;
  - investigações epidemiológicas têm mostrado elevada correlação entre a presença de grandes concentrações de algas azuis e epidemias de distúrbios gastrointestinais;
  - há perda de valor comercial das propriedades localizadas nas margens dos corpos de água que sofrem eutrofização; e
  - o uso do corpo de água para irrigação também fica comprometido devido à obstrução nos sistemas de bombeamento e crescimento de macrófitas nos canais.

Uma previsão estimativa do nível trófico de cada reservatório foi feita empregando-se o Programa LACAT do *Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria Y Ciencias del Ambiente – CEPIS* da *Organización Panamericana de la Salud (OPS) – División de Salud y Ambiente – Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS)*, com base no trabalho de Salas<sup>1</sup>.

O Programa LACAT permite a estimação do estado trófico de um lago quente tropical usando como dados os parâmetros de profundidade média (m), tempo de detenção (anos) e aporte de fósforo ao lago (g/m<sup>2</sup>/ano).

A equação básica empregada pelo programa LACAT tem a seguinte forma, cujo desenvolvimento completo é apresentado no trabalho de Salas [2].

$$P_\lambda = 0,290 \cdot L(p)^{0,891} \cdot \frac{T_\omega^{0,676}}{Z^{0,934}}$$

sendo:  $P_\lambda$  = fósforo total (mg/l);

$L(p)$  = aporte de fósforo total ao lago (g/m<sup>2</sup>/ano)

$T_\omega$  = Tempo de residência (anos)

$Z$  = profundidade média do lago (m)

Para emprego do LACAT foram desenvolvidos os cálculos dos diversos parâmetros necessários, sendo que o Quadro 5.3.4.1 mostra os parâmetros de tempo de residência e profundidade média dos açudes.

Tabela 02 - Tempo de Residência e Profundidade Média dos Açudes

Açude	Capac. Acum. (hm <sup>3</sup> )	Volume Afluente Anual (hm <sup>3</sup> /ano)	Tempo de Residência (anos)	Área do Lago (km <sup>2</sup> )	Profundidad e Média Z (m)
Caracol	0.538	3.1216	0.172	0.234	2.30
Jurema	0.854	55.9845	0.015	0.505	1.69
Anísio de Abreu	5.599	80.1386	0.070	2.534	2.21
Bonfim	4.801	114.4883	0.042	1.018	4.72
Aldeia	2.356	172.3509	0.014	1.192	1.98
Fartura	4.452	7.1666	0.621	1.139	3.91
Bom Jardim	3.213	7.763	0.414	1.049	3.06
Petrônio Portela	181.248	374.9302	0.483	21.061	8.61

## CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos através dos gráficos do Programa LACART para cada reservatório (sete açudes) chegou-se às conclusões quanto as cargas poluidoras e ao nível trófico dos açudes localizados na bacia em estudo:

O *Açude Caracol* - já apresenta um estado de Hipereutrofização que tende a se agravar se não forem tomadas medidas mitigadoras contra esse processo.

O *Açude Jurema* - indica uma tendência para eutrofização progressiva. Há pequena probabilidade de hipereutrofização em virtude principalmente do pequeno tempo de residência da água no lago, decorrente do elevado percentual de sangria do volume afluente médio anual.

<sup>1</sup> Salas, H. J, *Metodologias Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales*, CEPIS, 1990.

O *Açude Anísio de Abreu* - mostrando que a situação prevalente é o estado mesotrófico. Observa-se que este açude, devido ao pequeno tempo de residência e elevado nível de sangria, tem uma tendência predominante para o estado oligotrófico.

*Açude Bonfim do Piauí* - observa-se que este açude, devido ao pequeno tempo de residência e elevado nível de sangria, tem uma tendência predominante para o estado oligotrófico.

O *Açude Aldeia* - mostra as probabilidades dos estados tróficos com uma tendência maior para o estado mesotrófico do lago.

No *Açude Fartura* - observa-se que a tendência predominante é para o estado ultra-oligotrófico, com uma tendência predominante inicial do açude se encontrar no estado mesotrófico e convergir, no futuro, para uma situação limite entre mesotrófico e eutrófico.

O *Açude Bom Jardim (Dirceu Arcos)* - há uma tendência predominante inicial do açude se encontrar no estado mesotrófico e convergir, no futuro, para uma situação limite entre mesotrófico e eutrófico.

No que concerne ao *Açude Petrônio Portela* é bastante crítica a sua situação, pois o mesmo receberá todas as cargas poluidoras dos outros açudes como mostrado na figura 01.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**