

ANÁLISE DA ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E QUÍMICA NO RESERVATÓRIO ACARAPE DO MEIO

Sousa, I. V. A.¹, Souza, R. O.² & Paulino, W. D.³

RESUMO --- Neste trabalho, procurou-se estudar o comportamento de parâmetros determinantes nos aspectos da qualidade da água do Reservatório Acarape do Meio, no município de Redenção-Ce, por meio de análise de dados de campo, coletados durante os anos de 2001 a 2006. Em ecossistemas aquáticos com níveis de temperaturas elevadas (superiores a 20°C), não há necessidade de grandes diferenças de temperatura entre as sucessivas camadas para que se processe a estratificação química da coluna d'água. Este fenômeno é observado freqüentemente em lagos tropicais e subtropicais, onde se evidenciam estratificações estáveis, mesmo com reduzida diferença de temperatura entre as camadas que formam a coluna d'água. No fundo deste reservatório (profundidade de 20 m) a temperatura média girou em torno de 26°C. Enquanto que na superfície a sua variação estava em torno de 27°C. Assim, conclui-se que este reservatório localizado em região tropical se estratifica, mesmo com reduzida diferença de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio. Os resultados mostraram ainda que, mesmo que a variação vertical de temperatura não seja tão significativa no interior do reservatório, há uma forte presença de estratificação química nas camadas mais profundas deste corpo hídrico, confirmando o que diz a literatura.

ABSTRACT --- In this work, it was tried to study the behavior of decisive parameters in the aspects of the water quality of the Reservoir of Acarape do Meio, in the municipal district of Redemption-Ce, through analysis of field data, collected during the years from 2001 to 2006. In aquatic ecosystems with levels of high temperatures (superior to 20°C), there is no need of great temperature differences among the successive layers for the chemical stratification of the column of water to be processed. This phenomenon is frequently observed at tropical and subtropical lakes, where stable beddings are evidenced, even with reduced temperature difference among the layers that form the column of water. In the bottom of this reservoir (depth of 20 m) the medium temperature rotated around 26°C. While in the surface its variation was around 27°C. Like this, it is possible to conclude that this located reservoir in tropical area becomes stratified, even with reduced temperature difference between the epilimnion and the hypolimnion. The results showed although, even if the vertical variation of temperature is not so significant inside the reservoir, there is a strong presence of chemical bedding in the deepest layers of this body of water, confirming what says the literature.

Palavras-chave: Perfil de Temperatura, Eutrofização e Qualidade de Água.

¹Doutoranda em Recursos Hídricos: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici – Bl. 713 – CEP.60.451-97, e-mail: irla.vanessa@bol.com.br

²Professor Titular do Departamento de Engenharia da UFC, Tel (85) 3366-97-71 e-mail: rsouza@ufc.br

³Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, e-mail: disney@cogerh.com.br

1.0 - INTRODUÇÃO

Entender o funcionamento de lagos e reservatórios significa entender o comportamento de suas atividades físicas, químicas e biológicas, bem como, compreender os processos que governam o desenvolvimento dessas atividades, de modo a permitir a avaliação precisa nos parâmetros que determinam os aspectos da qualidade da água dos mesmos.

Do ponto de vista da ecologia aquática, conhecida como Limnologia, fica claro que os desafios inerentes ao conhecimento das inter-relações, que se desenvolvem no interior de um reservatório, requerem bases de dados consistentes, com longos períodos de observações, os quais sem eles fica muito difícil entender as relações de causa e efeito dos processos de eutrofização. Esta complexidade é decorrente, principalmente, da biodiversidade lacustre, associada ao processo de transporte, além das condições hidroclimatológicas das bacias. Com isso, problemas como eutrofização, acidificação, queda do oxigênio dissolvido, salinização, além dos associados à sedimentação, decorrentes das intensas atividades humanas nesses cursos d'água, poderão determinar a qualidade dos resultados encontrados em cada estudo, caso as metodologias adequadas não forem aplicadas. Através deste estudo analisou as estratificações térmicas e químicas no açude Acarape do Meio.

2.0 - METODOLOGIA

2.1 - Pesquisa de Campo – Campanhas Realizadas

Como esta pesquisa trata de um estudo de qualidade d'água de um reservatório pertencente à Bacia Metropolitana de Fortaleza, notadamente o Reservatório do Acarape do Meio (figura 2), há uma significativa parceria com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, órgão do governo do estado, que colaborou com a pesquisa e colocou à disposição uma infra-estrutura completa, incluindo o transporte até o açude, barco e Sonda de Qualidade de Água, além de técnicos da própria Companhia. Foram selecionados 8 pontos de coletas, a fim de obter os primeiros dados de qualidade d'água do açude em estudo (figura 1). A profundidade máxima na captação (próximo a barragem, ponto 9), durante o período de estudos, foi de 29 m.

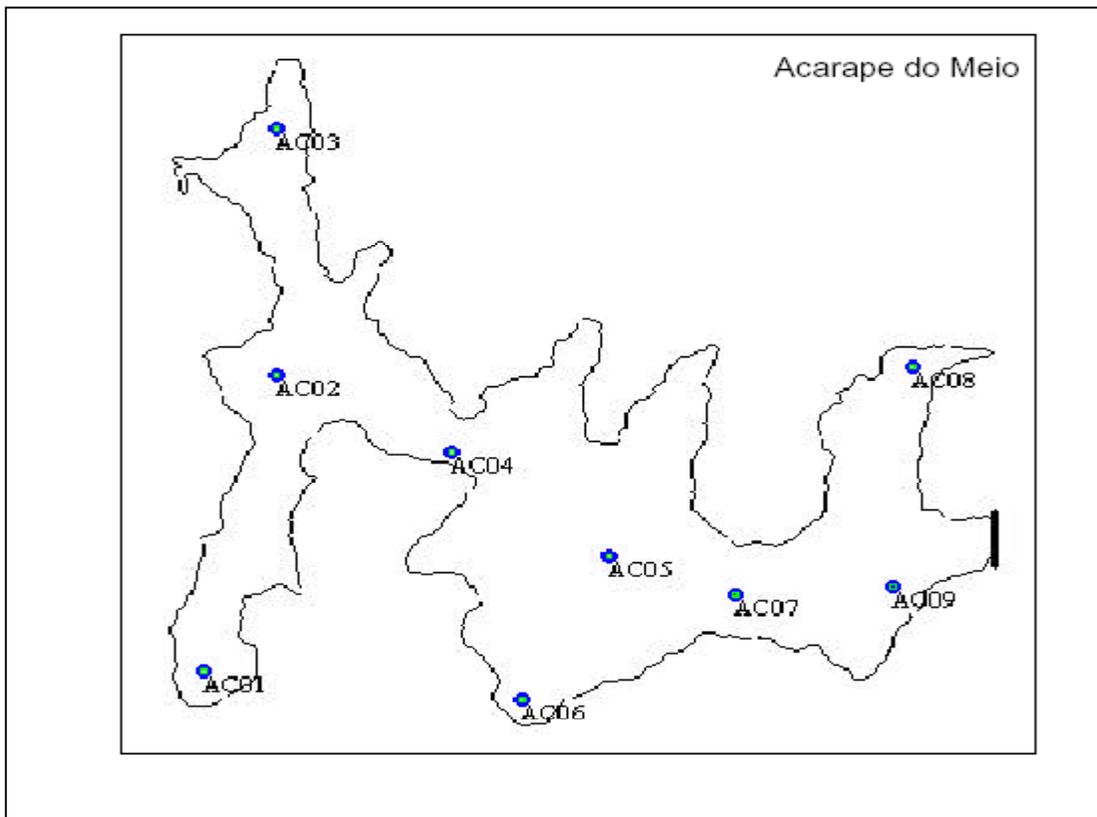


Figura 1 - Localização das coordenadas dos pontos de coleta do açude Acarape do Meio. Fonte: COGERH, 2006.

Em cada ponto, deste conjunto de pontos escolhidos, foram coletadas 4 amostras d'água em garrafas tipo "Van Dorn" ao longo da coluna d'água. Foi traçado, para cada ponto, o perfil de temperatura para verificar o comportamento do reservatório e escolher 4 profundidades. Nos pontos escolhidos foram coletadas as seguintes amostras: amostra da superfície (10cm), próxima ao fundo (região bentônica) e duas profundidades intermediárias que foram escolhidas de acordo com o gráfico (perfil de temperatura) traçado no campo.

A COGERH disponibilizou um levantamento de dados dos últimos cinco anos (2001-2006), envolvendo os vários parâmetros que compõem a caracterização da qualidade da água daquele reservatório.

Para a coleta de água do ano de 2006, foram realizadas 5 campanhas de monitoramento no reservatório. Dessas, três campanhas no período chuvoso (abril-julho de 2006) e as outras no período de estiagem (outubro-novembro de 2006). Na primeira campanha (22/04/2006) choveu bastante. Já na segunda (29/05/2006) e terceira (03/07/2006) campanhas fez bastante sol. Já a primeira campanha do período de estiagem foi no dia 23/10/2006 com muito sol. E a segunda campanha deste período (estiagem) foi realizada no dia 27/11/2006.



Figura 2 – Vista aérea do Açude Acarape do Meio. Fonte: COGERH, 2006.

3.0 - RESULTADO

3.1 - Temperatura

As temperaturas foram medidas para várias profundidades em 8 diferentes pontos no reservatório Acarape do Meio. A figura 3 (A) mostra o perfil de temperatura para o período de 2002/2003, no reservatório em estudo, no ponto 9. Os resultados mostram que, ao longo do ano, a temperatura na superfície varia de 26°C a 29°C e que seus perfis mostram que há uma estratificação considerável neste reservatório. Segundo Esteves, 1988, em ecossistemas aquáticos com níveis de temperaturas elevadas (superiores a 20°C), não há necessidade de grandes diferenças de temperatura entre as sucessivas camadas para que se processe a estratificação térmica da coluna d'água. Este fenômeno é observado freqüentemente em lagos tropicais e subtropicais, onde se evidenciam estratificações estáveis, mesmo com reduzida diferença de temperatura entre as camadas que formam a coluna d'água. Por exemplo: no fundo deste reservatório (profundidade de 20 m) a temperatura média gira em torno de 26°C. Enquanto que na superfície a sua variação está em torno de 27°C. Assim, conclui-se que este reservatório localizado em região tropical se estratifica, mesmo com reduzida diferença de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio.

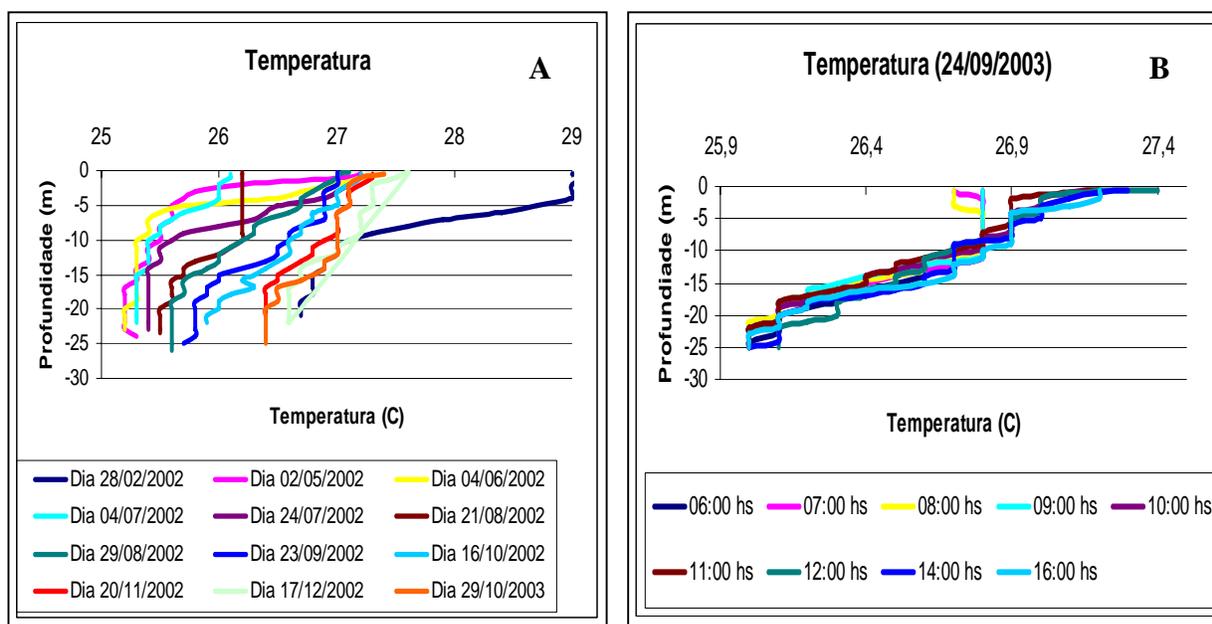


Figura 3 (A) e (B) - Perfis de temperatura da água no ponto 9, coletado para o período do ano de 2002 em (A) e para o dia 24/09/2003 em vários horários em (B), no Reservatório Acarape do Meio.

A figura 3 (B) mostra o valor da temperatura no dia 29/09/2003, medido hora a hora. Os resultados mostram que, neste dia, a variação praticamente não se modificou ao longo do dia, ou seja, a 20m a temperatura média permaneceu em torno de 26°C.

A figura 4 mostra o perfil da temperatura no ponto 9 para o ano de 2006 em 3 campanhas: nos dias 24/04/2006, 29/05/2006 e 03/07/2006. É importante lembrar que o dia 24/05/2006 foi chuvoso e os demais foram dias quentes e sem chuva. Pode-se observar que a variação de temperatura, ao longo da profundidade, foi pequena com variação menor do que 3°C em qualquer situação. É possível que nos períodos secos haja gradiente de temperatura mais significativo. Os resultados comprovam aqueles analisados anteriormente. Ou seja, não há grandes variações de temperatura no reservatório em estudo. Este resultado pode ser explicado pela localização geográfica do açude, pois se localiza em regiões montanhosas (RIBEIRO, 2007).

As figuras 5 (A) e 5 (B) mostram os perfis de temperatura na entrada 1 do reservatório, para os anos de 2001/2002. Os resultados mostram que a temperatura média do ano de 2001 caiu mais do que no ano de 2002. Mas este resultado, comprovadamente, não altera os aspectos de qualidade da água no reservatório.

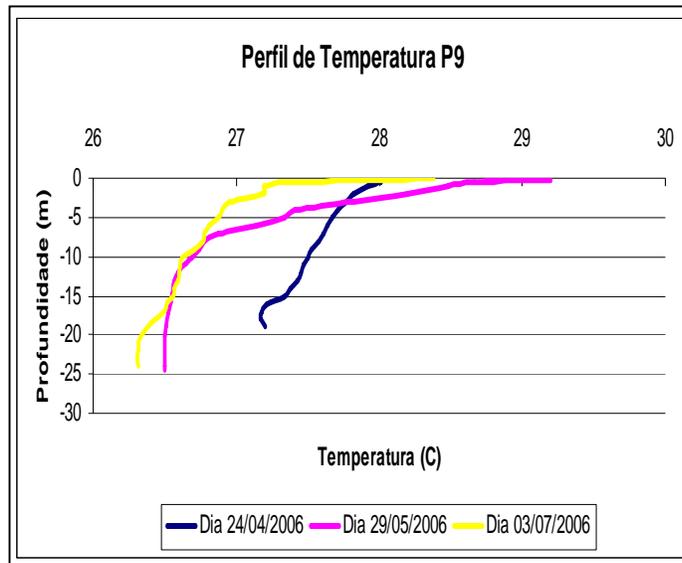


Figura 4 - Perfil de temperatura da água no ponto 9, coletado para o período chuvoso do ano de 2006, no Reservatório Acarape do Meio.

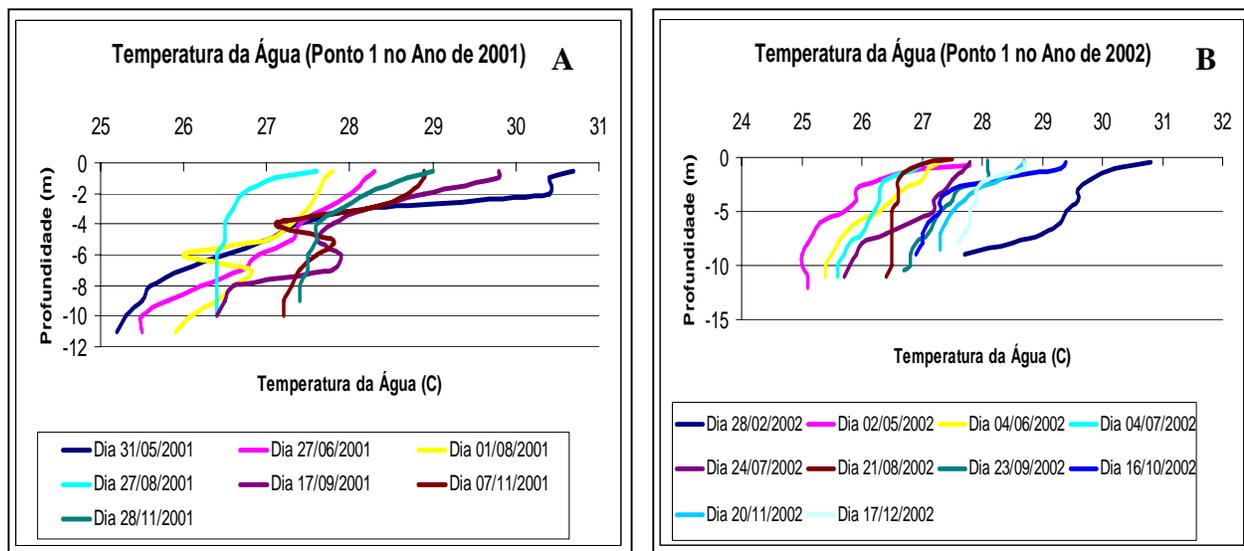


Figura 5 (A) e (B) - Perfis de temperatura da água no ponto 1, coletado para o período do ano de 2001 em (A) e do ano de 2002 em (B), no Reservatório Acarape do Meio.

As figuras 6 (A) e 6 (B) mostram os perfis de temperatura para o ponto 2, que representa a contribuição que vem do Rio Pacoti. Os resultados mostram que as alterações são muito pequenas, como anteriormente.

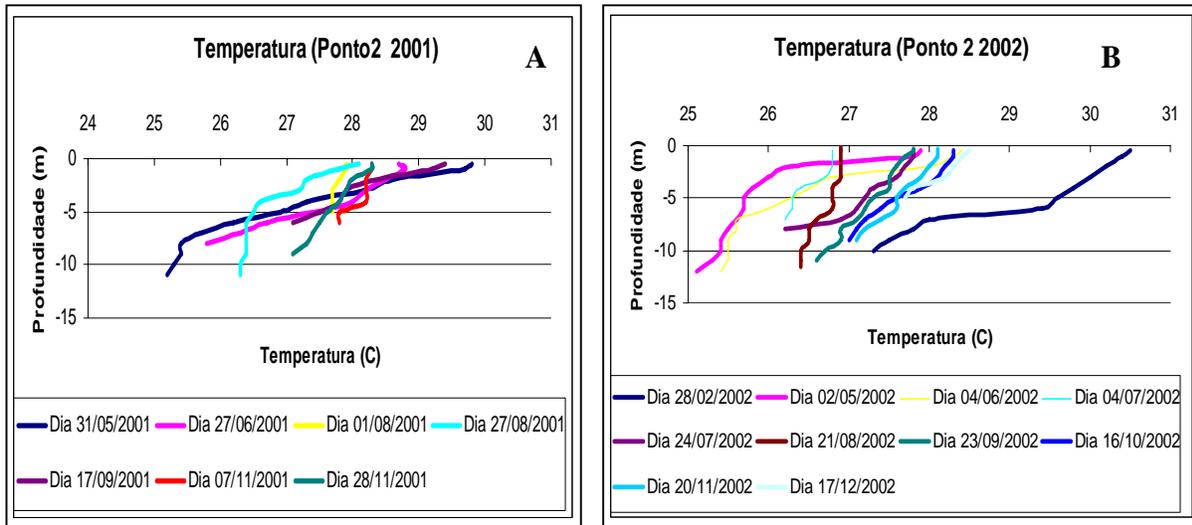


Figura 6 (A) e (B) - Perfis de temperatura da água no ponto 2, coletado para o período do ano de 2001 em (A) e do ano de 2002 em (B), no Reservatório Acarape do Meio.

As figuras 7 (A) e 7 (B) mostram os perfis de temperatura para os anos de 2001 e 2002 no ponto 3. Neste caso, a temperatura média dos perfis apresenta uma ligeira elevação com relação aos outros pontos. Este fato pode ser causado pela presença de efluentes nas águas que entram no ponto 3, provenientes do município de Palmácia, que atualmente não há sistema de tratamento de esgoto.

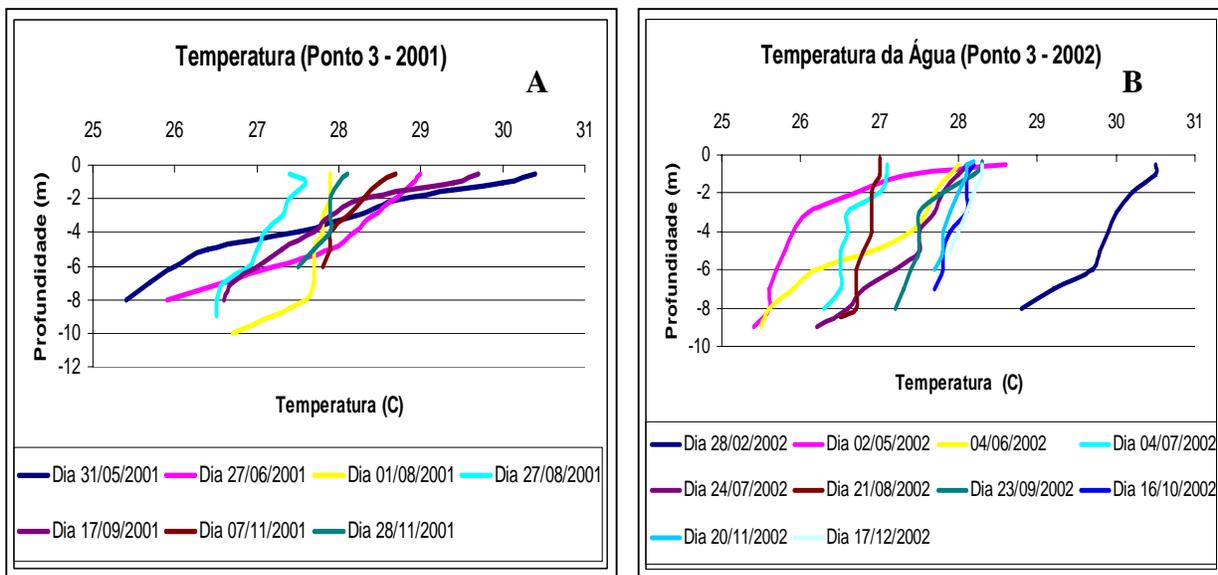


Figura 7 (A) e (B) - Perfis de temperatura da água no ponto 3, coletado para o período do ano de 2001 em (A) e do ano de 2002 em (B), no Reservatório Acarape do Meio.

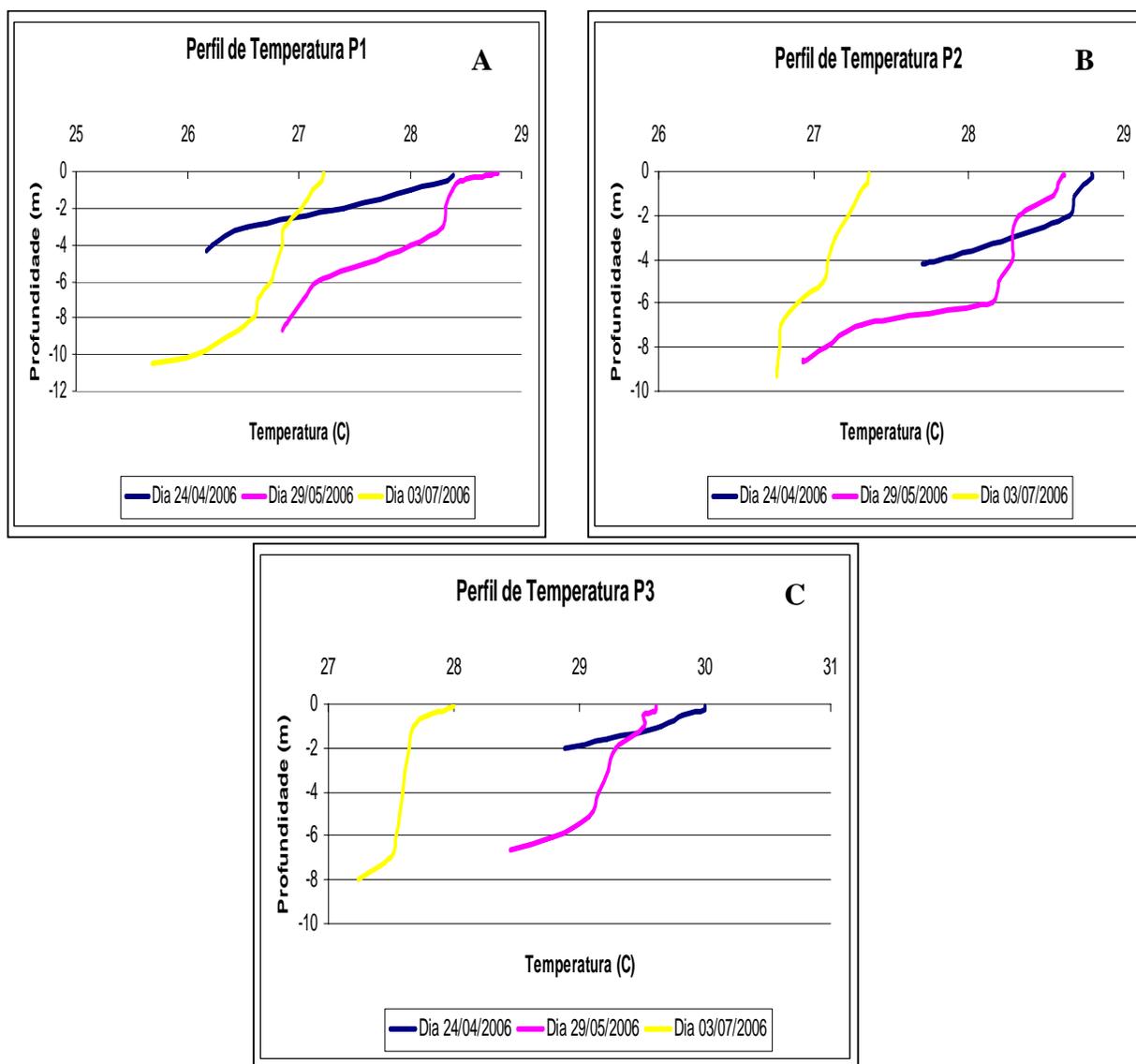


Figura 8 (A), (B) e (C) - Perfis de temperatura da água nos pontos 1 em (A), 2 em (B) e 3 em (C), coletados para o período do ano de 2006, no Reservatório Acarape do Meio.

As figuras 8 (A), 8 (B) e 8 (C) mostram os perfis para o ponto 1, 2 e 3 no ano de 2006. Os resultados comprovam que o ponto 3 tem uma temperatura média do perfil da água um pouco acima dos demais. Mesmo assim, ainda é muito baixa, pois a variação não passa de 2°C. É importante lembrar que estes dados foram obtidos no período chuvoso.

3.2 - Oxigênio Dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O₂) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. As perdas são: o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas

para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como por exemplo: o ferro e o manganês (ESTEVEZ, 1988).

As figuras 9 (A), 9 (B), 9 (C) e 9 (D) mostram a concentração do oxigênio dissolvido nos pontos 1, 2, 3, e 9 para os anos de 2001/2002. Os três primeiros pontos são entradas no reservatório e o último, localiza-se próximo à barragem. Os resultados mostram que há uma desoxigenação considerável, na medida que atinge uma maior profundidade (região do hipolímnio) no reservatório, em todos os pontos. Em outras palavras, é justamente na profundidade da zona bentônica, onde predominam os decompositores e microorganismos detritívoros da cadeia trófica deste ecossistema aquático, que as concentrações de oxigênio dissolvido são bastante baixas. Observou-se, nos quatro pontos, uma estratificação química do oxigênio dissolvido em relação ao perfil vertical. A estratificação da coluna d'água é dividida no epilímnio, com maior concentração de oxigênio e no hipolímnio que é pobre em oxigênio. O perfil é do tipo clinogrado, que ocorre quando a relação do volume do epilímnio/volume do hipolímnio é maior do que um. Nas figuras seguintes, observa-se um hipolímnio com volume pequeno em relação à camada superior, onde a quantidade de oxigênio dissolvido não é suficiente para manter o metabolismo da comunidade bentônica sem causar *déficit*.

Por outro lado, na superfície do reservatório há uma considerável variação em diferente época do ano. Por exemplo, no ponto 1 as concentrações variaram de aproximadamente 2,5 mg/L no dia 1º de agosto de 2001 para, aproximadamente, 6 mg/L no dia 27 do mesmo mês e ano. Já no dia 17 de dezembro de 2002 as concentrações ficaram em torno de 8 mg/L, o que representa uma significativa mudança nas concentrações desses parâmetros. Evidentemente que este comportamento é determinante nas condições de qualidade da água neste reservatório.

A baixa concentração de oxigênio no hipolímnio favorece a geração do metano, gás sulfídrico, amônia e a liberação de íons de ferro desde os sedimentos. O hipolímnio oxigenado favorece a presença do processo de tamponamento no sedimento, evitando que os gases, íons de ferro e nutrientes sejam liberados para as camadas superiores.

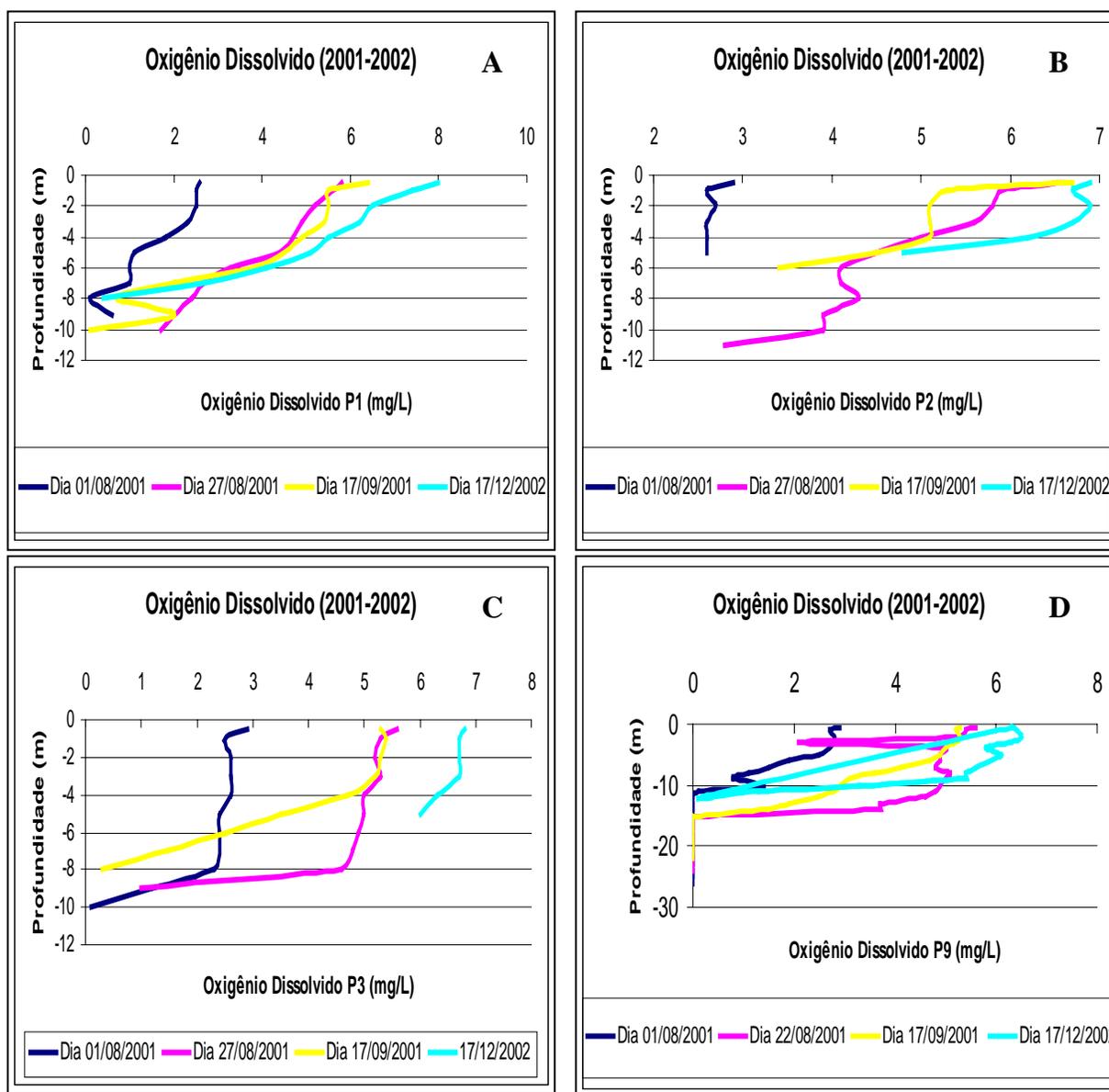


Figura 9 (A), (B), (C) e (D) - Perfis de oxigênio dissolvido da água nos pontos 1 em (A), 2 em (B), 3 em (C) e 9 em (D) coletados para o período dos anos de 2001 e 2002, no Reservatório Acarape do Meio.

As figuras 10 (A), 10 (B), 10 (C) e 10 (D) mostram as concentrações desses pontos analisados anteriormente para o ano de 2006. Os resultados mostram que somente o ponto 9 teve uma variação considerável nas concentrações de oxigênio na superfície do reservatório. Neste ponto, observa-se uma drástica variação no perfil. Entretanto, os resultados mostram ainda que em todos os pontos nas proximidades de 10 m, praticamente não há oxigênio dissolvido. Nestas profundidades, as concentrações estão muito baixas, indicando, assim, uma considerável degradação da qualidade da água do reservatório em questão para as camadas mais profundas dos mesmos. Este fato indica que há

uma grande atividade de decomposição nesta profundidade do reservatório em questão. A matéria orgânica, produzida pelas algas, se deposita no sedimento e se decompõe mediante processos anaeróbios e aeróbios, durante os quais são produzidos diversos compostos de carbono, nitrogênio e fósforo.

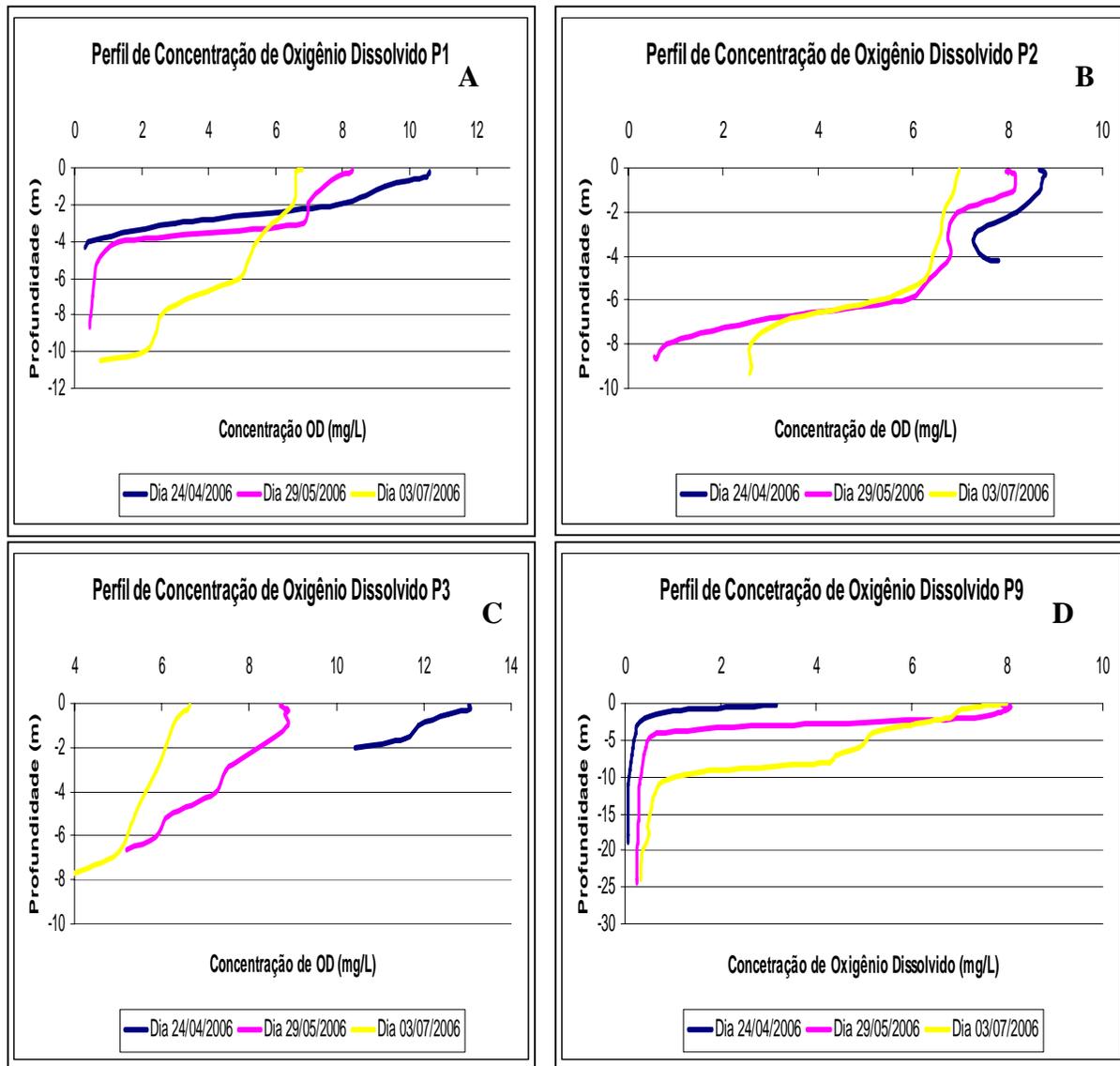


Figura 10 (A), (B), (C) e (D) - Perfis de concentração de oxigênio dissolvido da água nos pontos 1 em (A), 2 em (B), 3 em (C) e 9 em (D) coletados para o período chuvoso do ano de 2006, no Reservatório Acarape do Meio

Nas figuras 10 (A), 10 (B) e 10 (C) pode-se observar que há uma relação considerável nas concentrações de Oxigênio Dissolvido nas datas em que as campanhas foram realizadas no Ponto 1, 2 e 3. Por exemplo, no dia 24 de abril as concentrações de superfície de P3 estavam em torno de 13 mg/L.

Para a campanha do dia 29/05/2006 caiu para 9 mg/L. No dia 03/07/2006 caiu para 6,5 mg/L. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que, em abril, o reservatório estava com o nível d'água baixo no ponto 3, o que, possivelmente em consequência disto, havia uma forte influência da atividade fitoplanctônica neste ponto. Já na campanha de julho o reservatório, neste ponto 3, continha uma profundidade de aproximadamente 8 m, confirmando um aumento do nível d'água. Estes resultados permitem concluir que houve uma elevação da turbidez causada pela chuva, o que reduz significativamente a influência da atividade fitoplanctônica, fazendo com que as concentrações de Oxigênio Dissolvido na superfície caíssem para próximo de 7,0 mg/L.

Já no ponto 9, figura 10 (D), os gráficos mostram uma situação um pouco diferente do ponto 3. Para o dia 24/04/2006 o oxigênio dissolvido, neste ponto 9, ficou menor do que no ponto 3. Logo, vale lembrar que o ponto 9 localiza-se próximo à barragem que é o local de derivação e o ponto 3 próximo às margens. As margens são partes mais rasas do açude, pois a ação do vento pode provocar a ressuspensão do sedimento, diminuindo a transparência da água. Então, muitas vezes se caracterizam pela alta fotossíntese devido às condições favoráveis, justificadas pela alta concentração de oxigênio dissolvido e baixo pH. Também, no período chuvoso, as águas dos rios trazem grande quantidade de sólido suspenso, tendo o aumento da turbidez e a diminuição da transparência. Na campanha do dia 24/04/2006 a concentração de Oxigênio Dissolvido estava baixa, em torno de 3,5 mg/L; enquanto que nas demais campanhas subiram para 8,0 mg/L na superfície do reservatório em estudo.

Por outro lado, é importante notar que o Oxigênio Dissolvido cai bruscamente (redução drástica) com a profundidade, tendo os seus valores aproximado-se de zero por volta da profundidade de 20m, o que caracteriza uma região anóxica, onde predominam os agentes decompositores da cadeia trófica (perfil de Oxigênio Dissolvido do tipo clinogrado). A baixa presença de Oxigênio Dissolvido no ponto 9, figura 10 (D), é explicada pelas condições climáticas (muito chuva e pouco vento) naquela ocasião. Há pouca contribuição da ação do vento para que haja uma mistura do oxigênio dissolvido numa profundidade maior, pois este reservatório se encontra em região montanhosa. A produção de oxigênio na superfície por fitoplâncton e o consumo do oxigênio na camada mais profunda (bentônica) pela decomposição de material orgânico pelos decompositores, é o fator responsável por este tipo de perfil clinogrado.

No hipolímnio dos pontos 1, 2, 3 e 9 observou-se, em decorrência das temperaturas elevadas (> 25°C), ocorrência de perdas de oxigênio, que são de grande magnitude. Na figura 9 verificou-se a concentração de oxigênio com níveis baixos no hipolímnio (< 4 mg/L), pois os processos anaeróbios

passam a ser os mais importantes, visto que estes produzem grande quantidade de compostos redutores, que para a sua oxidação também consomem grande quantidade de oxigênio.

4.0 - CONCLUSÕES

O reservatório em estudo não apresentou grandes gradientes de temperatura ao longo de seu perfil. Entretanto, os resultados mostraram que o mesmo deve ser considerado estratificado, principalmente nos aspectos físico-químicos. Neste caso, os principais parâmetros de qualidade de água apresentaram gradientes que se enquadram como estratificados. É importante lembrar que, para lagos tropicais com altas temperaturas, uma pequena variação desta grandeza influencia a densidade da água de 7 vezes mais do que esta mesma variação de temperatura para regiões temperadas.

Ainda com relação à temperatura, a análise dos resultados mostrou que na entrada do ponto 3 a temperatura da água é maior do que nas demais entradas. Este resultado pode ser justificado pela presença de lançamentos de efluentes proveniente da cidade de Palmácia, sem estrutura de tratamento de esgoto. Como já mencionado na literatura, a presença de efluentes na água aumenta a sua temperatura média.

Os resultados mostram que, com relação à estratificação química do oxigênio dissolvido, o perfil do oxigênio dissolvido é do tipo clinogrado, que ocorre quando a relação do volume do epilímnio/volume do hipolímnio é maior do que um. Este resultado permite concluir que o hipolímnio com volume pequeno em relação à camada superior não possui oxigênio dissolvido suficiente para manter o metabolismo da comunidade bentônica sem causar *déficit*.

5.0 - BIBLIOGRAFIA

COGERH - COMPANHIA DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: www.cogerh.com.br. Acesso em: 02/06/2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência /FINEP, 620p., 1988.

RIBEIRO, I. V. A. S. Estudo do Estado Trófico do Reservatório Acarape do Meio Mediante a Determinação de Indicadores de Qualidade de Água. Tese de doutorado em Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 198p., 2007.

6.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COGERH pela disponibilização dos dados. Ao CNPq e à FUNCAP, pelo suporte financeiro em forma de bolsa.