

**ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIRÊDO**

**AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE DE  
APIPUCOS, RECIFE-PE**

**RECIFE - PE**

**Abril - 2008**

ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIRÊDO

AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE DE  
APIPUCOS, RECIFE-PE

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcus Metri Corrêa  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Valdinete Lins da Silva

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
Mestre.

RECIFE - PE

Abril - 2008

ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIRÊDO

AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE DE  
APIPUCOS, RECIFE-PE.

Aprovada em 30 de abril de 2008.

Orientador:

---

Profº. Dr. Marcus Metri Corrêa  
DTR - UFRPE / Recife-PE

Examinadores:

---

Profª. Drª. Valdinete Lins da Silva  
LEAQ - UFPE / Recife-PE

---

Profº Dr. Ênio Farias de França Filho  
DTR - UFRPE / Recife-PE

---

Profº. Dr. Geber Barbosa de Albuquerque Moura  
DEPA - UFRPE / Recife-PE

## **Ofereço**

*Ao irmão, amigo e cunhado Inaldo Carvalho  
que sempre se preocupou em que eu buscasse  
um caminho de sucesso em minha vida.*

*“in memoriam”*

## **Dedico**

*Aos meus maravilhosos pais, que dão a minha  
vida a essência e o sentido necessário para  
conduzi-la com amor e sabedoria.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me conceder o dom da vida e por ter, durante todo o período de realização desse trabalho, fortalecido-me nos momentos de dificuldades, sentir sua presença foi essencial para minha conquista.

Ao Programa do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE pela oportunidade de realizar este curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (Capes/MEC), pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo acolhimento em toda minha trajetória desde a graduação a realização do mestrado.

Ao Professor Dr. Marcus Metri Corrêa, pela confiança atribuída ao aceitar-me como sua orientada, pela sua orientação, seus ensinamentos e incentivos, contribuindo para meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos meus pais Alcides e Ivoneide, pelo amor, confiança e paciência dispensados em todos os momentos.

Aos meus amados irmãos Alcides Júnior e Andrezza, pelo incentivo e carinho proporcionados durante toda essa jornada.

Aos grandes e inesquecíveis amigos Anildo Caldas, Maria de Jesus, Márcio Melo, Thaís Emanuelle, Márcia Regina, Géssica Lima e Robéria, os quais pude contar em momentos difíceis e de alegria.

Aos colegas de equipe (orientados do Professor Marcus Metri), com os quais tive o prazer de trabalhar e tenho grande respeito, amizade e admiração: Géssica, Jaime, José Marcelo, Rodrigo (Elcides), Albert Einstein, Márcia e Danielle.

Aos que fizeram de meus dias mais alegres e que sempre estiveram prontos para me auxiliar no desenvolvimento das atividades desse trabalho, meus queridos companheiros: Valdemir Júnior, Leonardo, Gledson, Anildo, Felipe, Olavinho, Irenilson, Ricardo, Derovil, Eduardo Ribeiro, Eduardo Silva, Evandro, Francisco, Robertson, Issac, Edimilson.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação pelos ensinamentos, críticas e sugestões.

Aos professores do DTR, em especial aos professores Manoel Vieira, Sérgio Guerra e Fernando Cartaxo pela amizade e contribuições dadas a este trabalho.

Aos colegas de curso de Pós-Graduação pela amizade, apoio e sugestões recebidas durante o decorrer do Mestrado. Em especial, aos queridos amigos Julinho e Pedrão, pelos momentos de conversas, aconselhamentos, companheirismo e muitas risadas.

Aos alunos do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pelo carinho dispensado.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia Rural, Lulinha, Sônia, Edinalva, Lupicínio e Carlos.

Aos funcionários do setor de transporte, pela paciência e boa vontade de nos servir nos dias de coleta em campo. Em especial a Zeca, Jamisson e Fernando.

Aos profissionais do Laboratório de Engenharia Ambiental e Química da UFPE, principalmente a Professora Valdinete Lins pela acolhida e orientações atribuídas a esse trabalho, a Ana pelo auxílio na aplicação da estatística e sugestões e a Prof<sup>a</sup> Marta pelas sugestões nos resultados estatísticos.

Aos companheiros da ONG Centro de Defesa das Águas e da Natureza de Pernambuco (CEDAN-PE), por acreditarem em meu trabalho e por sempre se encontrarem dispostos a ajudar no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Corpo de Bombeiros, principalmente a equipe de guarda-vidas da UTM, que nos auxiliou no levantamento batimétrico.

A Diretoria de Meio Ambiente (DIRMAM) da Prefeitura do Recife pelas informações e relatórios concedidos.

As queridas colegas Mirian e Sol (mãe e filha), pelo carinho e ajudas atribuídas no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Prof<sup>o</sup> Hernande e demais profissionais do GEOSERE pelos mapas concedidos que facilitaram a compreensão do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica da área estudada.

# **AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE DE APIUCOS, RECIFE-PE.**

Autor: ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIRÊDO

Orientador: Prof. Dr. MARCUS METRI CORRÊA

**RESUMO** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental do Açude de Apipucos em Recife-PE, por intermédio de diagnóstico da qualidade da água por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, em função do uso e ocupação do solo. Para isso, foram realizados monitoramentos da qualidade da água em três campanhas durante o período compreendido entre janeiro de 2007 e 2008. Na primeira campanha foram avaliados parâmetros físico-químicos e microbiológicos em periodicidade bimensal em três pontos amostrais. A segunda correspondeu à avaliação “in loco” de parâmetros físico-químicos com periodicidade semanal em quatro pontos amostrais. Na terceira campanha efetuou-se avaliação físico-química em duas profundidades em relação à superfície da lâmina d’água (30 e 60 cm), em 45 pontos amostrais, com o intuito de identificar as áreas com maior ou menor grau de impacto. Um estudo batimétrico foi realizado procurando verificar a ocorrência de assoreamento no Açude. Os resultados observados indicam que a qualidade da água apresenta alta concentração de poluição orgânica, com pontos mais críticos localizados na célula 2 do Açude. Quanto à presença de substâncias tóxicas analisadas, as concentrações dos metais, em geral, apresentaram-se dentro dos limites da Resolução CONAMA 375/05, exceto o ferro, cobre, e o alumínio. Em relação aos impactos acarretados à qualidade da água no Açude de Apipucos estão as atividades de origem antrópicas, as quais vêm aumentando o processo de degradação ambiental deste recurso. Os estudos batimétricos indicaram que o Açude de Apipucos não sofreu assoreamento significativo ou este não foi notório. A falta de tratamento do esgoto doméstico e o uso irregular do solo próximo às margens do corpo d’água são fatores agravantes das suas condições atuais.

**Palavras-Chave:** ambiente lântico, esgoto doméstico, assoreamento.

# **DIAGNOSIS AND EVALUATION OF THE WATER QUALITY IN APIPUCOS DAM, RECIFE-PE**

Author: ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIRÊDO

Advisor: Prof.. Dr. MARCUS METRI CORRÊA

**ABSTRACT** This study aimed to evaluate the environmental quality of the Apipucos dam in Recife-PE, through diagnosis of water quality using physical, chemical and microbiological parameters, as a function of the use and occupation of the soil. In this way, was made the water quality monitoring in three campaigns during the period between January 2007 and January 2008. In the first campaign were evaluated physical, chemical and microbiological parameters in bimensal periods on a schedule in three sampling points. During the second campaign the physical-chemical parameters were evaluated in the local, with weekly intervals in four sampling points. In the third campaign the physical-chemical evaluation was made at two depths related to water surface (30 and 60 cm), using 45 sampling points in order to identify areas with greater or lesser degree of impact. A bathymetric study was conducted to check the occurrence of silting in the dam. The observed results indicate that water quality shows high concentrations of organic pollution, with most critical points located in cell 2 of the dam. In respect to the presence of toxic substances tested, in general, the concentrations of metals were within the limits of CONAMA Resolution 375/05, except to the iron, copper and aluminum. For those impacts to the water quality of the Apipucos dam, can be considered the human activities, which have increased the process of environmental degradation of this resource. The bathymetric studies indicated that in the Apipucos dam not occurred significant silting or it was not remarkable. The lack of treatment of the domestic sewage and illegal use of land near the banks of the body of water are aggravating factors of their current conditions.

**Keywords:** lentic environment, domestic sewage, silting.



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 01	Localização da área de estudo, Bacia do Açude de Apipucos em Recife - PE. 26
Figura 02	Delimitação da bacia hidrográfica do Açude de Apipucos e linhas de drenagem. 27
Figura 03	Carta de uso do solo da ZEPA (Zonas Especiais de Proteção Ambiental) do Açude de Apipucos (Fonte: GEOSERE/UFRPE, 2006). 28
Figura 04	Área de desmatamento, seguido de processo erosivo, localizada próxima ao Açude de Apipucos (Fonte: Google Earth, 2008). 28
Figura 05	Localização dos pontos de poluição e coletas no Açude de Apipucos. 30
Figura 06	Equipamentos portáteis utilizados nas coletas em campo: pH-metro (A), oxímetro (B), condutivímetro (C). 35
Figura 07	Precipitação total mensal (mm) no período de janeiro de 2007 a janeiro de 2008. 37
Figura 08	Evolução dos teores de fósforo total no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento. 41
Figura 09	Evolução dos teores de nitrogênio amoniacal no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento. 42
Figura 10	Evolução dos teores de alcalinidade total no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento. 42
Figura 11	Evolução dos teores de oxigênio dissolvido no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento. 43
Figura 12	Evolução dos teores de Ferro no Açude de Apipucos entre setembro de 2007 e janeiro de 2008. 44
Figura 13	Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos, baseada na distribuição espacial de amostragens em duas profundidades (30cm e 60cm), 47

nas células 1 (Oeste) e 2 (Leste) do Açude de Apipucos.

- |           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 14 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostragens de frequência semanal. Ponte lado oeste (PO), Ponte lado Leste (S), esgoto (E).      | 49 |
| Figura 15 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 3, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostragens de frequência semanal. Ponte lado oeste (PO), Ponte lado Leste (S), esgoto (E).      | 50 |
| Figura 16 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), esgoto (E), ponto próximo ao esgoto (PE).      | 52 |
| Figura 17 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 3, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), esgoto (E), ponto próximo ao esgoto (PE).      | 54 |
| Figura 18 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 4, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), esgoto (E), ponto próximo ao esgoto (PE).      | 55 |
| Figura 19 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos incluindo metais, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), ponto próximo ao esgoto (PE). | 56 |
| Figura 20 | Análise das componentes principais (ACP) 1 e 3, dos dados físico-químicos incluindo metais, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), ponto próximo ao esgoto (PE). | 58 |

## LISTA DE TABELAS

		<b>Página</b>
Tabela 01	Referência e metodologias empregadas na determinação dos parâmetros físico-químicos.	33
Tabela 02	Abreviações das variáveis utilizadas na ACP e na representação matemática dos pesos ( <i>loadings</i> ).	44

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	03
2.1 Água: aspectos gerais.....	03
2.2 Uso do solo e reflexos sobre a água.....	04
2.3 Qualidade da água.....	07
2.4 Monitoramento da qualidade da água.....	08
2.5 Influência da Poluição no Ecossistema Aquático.....	10
2.6 Variáveis de qualidade da água.....	12
2.7 Enquadramento de água: instrumento de gestão.....	20
2.7.1 Artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005.....	22
2.8 Análise dos dados de qualidade de água.....	22
2.9 O Açude de Apipucos.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3.1 Área de estudo.....	26
3.2 Trabalhos exploratório.....	29
3.3 Qualidade da água.....	31
3.3.1 Caracterização das campanhas bimensais.....	31
3.3.2 Caracterização das campanhas semanais.....	34
3.3.3 Caracterização da qualidade da água em duas profundidades.....	35
3.4 Caracterização Pluviométrica.....	36
3.5 Análise dos dados.....	37
3.6 Levantamento Batimétrico.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1 Levantamento batimétrico do Açude.....	39
4.2 Qualidade das águas.....	40

4.2.1 Comparação dos Parâmetros com a Resolução CONAMA 375/05.....	40
4.2.2. Análise das Componentes Principais (ACP).....	45
5. CONCLUSÃO.....	59
6. SUGESTÃO.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

## APÊNDICES

		<b>Página</b>
Apêndice 01	Resultados das análises de água coletadas bimensalmente ao longo do período de estudo, localizado no ponto a oeste da ponte (PO).	68
Apêndice 02	Resultados das análises de água coletadas bimensalmente ao longo do período de estudo, realizado no sangradouro (S).	69
Apêndice 03	Resultados das análises de água coletadas no esgoto do Córrego Alto do Mandú (E).	70
Apêndice 04	Resultados das análises de água coletadas no ponto próximo ao esgoto do Córrego Alto do Mandú (PE).	70
Apêndice 05	Resultados das análises de metais em água coletada bimensalmente de setembro de 2007 a janeiro de 2008.	71
Apêndice 06	Resultados das análises de água semanais no ponto localizado a oeste da ponte (PO).	72
Apêndice 07	Resultados das análises de água semanais no ponto localizado ao leste da ponte (PL).	73
Apêndice 08	Resultados das análises de água semanais no ponto localizado no sangradouro (S).	74
Apêndice 09	Resultados das análises de água semanais no esgoto do Córrego Alto do Mandú (E).	75
Apêndice 10	Resultados das análises de água coletadas e duas profundidades (30cm e 60 cm) na Célula 1 do Açude de Apipucos.	76
Apêndice 11	Resultados das análises de água coletadas e duas profundidades (30cm e 60 cm) na Célula 2 do Açude de Apipucos.	77

## ANEXOS

		<b>Página</b>
Anexo 01	Delimitação do Açude de Apipucos com respectivas curvas de nível e pontos cotados.	79
Anexo 02	Levantamento batimétrico do perfil 1, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.	80
Anexo 03	Levantamento batimétrico do perfil 2, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.	81
Anexo 04	Levantamento batimétrico do perfil 3, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.	82
Anexo 05	Levantamento batimétrico do perfil 4, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.	83
Anexo 06	Levantamento batimétrico do perfil 5, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.	84
Anexo 07	Levantamento batimétrico do perfil 6, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.	85
Anexo 08	Levantamento batimétrico do perfil 7, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.	86
Anexo 09	Levantamento batimétrico do perfil 8, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.	87
Anexo 10	Levantamento batimétrico do perfil 9, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.	88
Anexo 11	Levantamento batimétrico do perfil 10, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.	89

## 1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm sido realizados com o intuito de investigar os problemas relacionados com a redução da qualidade da água para o abastecimento, lazer, irrigação, entre outros, levando a identificação das fontes poluidoras, bem como a elaboração de propostas para o seu controle.

Nas últimas décadas observou-se que o uso desordenado da água tem gerado sérios problemas principalmente nos centros urbanos. A crescente contaminação dos corpos d'água, causada pelo despejo de efluentes domésticos e industriais, vem causando o esgotamento destes recursos.

O acelerado crescimento populacional e a falta de planejamento sanitário nos centros urbanos do estado de Pernambuco vêm acarretando um visível aumento da deterioração dos recursos naturais, como exemplo, temos a poluição de cursos d'água. Quadro esse, que pode ser observado em diversas bacias hidrográficas do Estado, indicando a necessidade de estudos integrados que contemplem a compreensão do funcionamento básico dessas bacias, e gerando subsídios para programas de monitoramento da qualidade da água em corpos d'água localizados em centros urbanos.

Sabe-se que as alterações nas características das águas superficiais estão relacionadas intimamente com os diversos tipos de solo que atravessam suas bacias de drenagem, com a cobertura vegetal e, principalmente, com os diversos tipos de ação antrópica (PEDROSO et al., 1988; ARAÚJO, 2000). Portanto, para uma melhor compreensão dos ecossistemas aquáticos é preciso avaliar a bacia hidrográfica, integrando e interagindo, simultaneamente, o ambiente aquático ao terrestre.

A partir de diversas fontes se pode explicar a poluição das águas, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos; os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carregam. A poluição das águas por lançamentos de esgotos domésticos é uma das maiores conseqüências da redução na qualidade hídrica de um corpo d'água. Dessa forma, a avaliação e o monitoramento de reservatórios submetidos a esse tipo de poluição é fundamental para acompanhar a evolução dos parâmetros físico-químicos e



biológicos da água e fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e, além disso, propiciar informações para tomada de decisões com relação ao gerenciamento dos recursos hídricos.

Nesse contexto, insere-se a importância do estudo na sub-bacia de Apipucos, historicamente um eixo de estruturação da cidade do Recife, e transformada, através da Lei municipal Nº 16.609, de 18 de dezembro de 2000, em Unidade de Conservação Urbana (RAMOS, 2006). A sub-bacia é composta por dois reservatórios superficiais, Açude de Apipucos e Lagoa do Banho, que funcionam como um lago de pulsação do Rio Capibaribe – um dos importantes símbolos da Cidade.

Atualmente a bacia hidrográfica do açude abriga cerca de 60 mil habitantes em uma área aproximada de 360 hectares. Em 2000, um diagnóstico elaborado pela Prefeitura da Cidade do Recife registrou a ausência de saneamento em 70% dessa área. No mesmo ano, a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) revelou que a principal fonte causadora de poluição nos reservatórios superficiais é o lançamento de esgoto doméstico.

O conhecimento das condições atuais das características físico-químicas e biológicas da água da bacia hidrográfica do Açude de Apipucos, sua comparação através de estudos anteriores e com outros ambientes em condições similares, permitirá identificar os problemas de ordem prioritárias para o desenvolvimento de ações de caráter corretivo e de recuperação do ambiente.

Diante do exposto, pretendeu-se com o presente trabalho avaliar a qualidade ambiental do Açude de Apipucos através de diagnóstico da qualidade da água, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e em função do uso e ocupação do solo. Pretendeu-se ainda avaliar e monitorar os efeitos das ações antrópicas no Açude de Apipucos visando subsidiar na gestão do recurso e na otimização dos seus usos múltiplos; determinar dentre as variáveis físico-químicas e microbiológicas, aquelas indicadoras para a qualidade da água na bacia hidrográfica; realizar um diagnóstico atual da qualidade dos recursos hídricos da bacia estudada; realizar estudo batimétrico do Açude de Apipucos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Água: aspectos gerais

A água é um componente essencial à vida na Terra e é parte indispensável para a manutenção de todos os ecossistemas. No entanto, a água vem se tornando escassa em qualidade e quantidade no planeta. Embora seja um recurso renovável, sua capacidade é finita. Desse modo, deve ser utilizada de forma racional e a sua conservação deve ser constante, seja no meio rural ou urbano (SANTOS, 2005).

É um elemento essencial para a manutenção da produção agrícola, e biodiversidade dos sistemas terrestres e aquáticos. Por isso, segundo Tundisi (2003), os recursos hídricos superficiais e os recursos hídricos subterrâneos são recursos estratégicos para o homem e todas as plantas e animais. É continuamente renovada pela ação do ciclo hidrológico. Entretanto, a multiplicidade de usos muitas vezes resulta em alterações tanto de quantidade como de qualidade (SIMONASSI, 2001).

Em função das condições geográficas, climáticas e meteorológicas, a água distribui-se de modo irregular no tempo e no espaço. Aliado a estas condicionantes, as ações antrópicas podem alterar significativamente o regime hidrológico numa determinada região, dependendo da amplitude das alterações causadas nas condições naturais (SIMONASSI, 2001).

A água é um recurso extremamente reduzido. As reservas hídricas do planeta Terra são estimadas em 1.400 milhões de km<sup>3</sup>. De maneira geral, dos volumes estocados nos principais reservatórios de água da Terra, pode-se verificar que 97,5% do volume total da água formam os oceanos e mares e apenas 2,5% são de água doce. No entanto, a maior parcela de água doce (68,9%) forma as calotas polares, as geleiras e as neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da Terra. Os 29% restantes constituem as águas subterrâneas doces. A umidade dos solos e as águas dos pântanos representam cerca de 0,9% do total e a água doce dos rios e lagos cerca de 0,3%. Excluindo-se a água contida nas calotas polares e nos aquíferos, a humanidade conta com pouco mais de 2.000 km<sup>3</sup> das águas dos rios para

suprir quase a totalidade de suas demandas. Destes recursos, quase metade (946 km<sup>3</sup>) encontra-se na América do Sul (REBOUÇAS, 2006).

De acordo com Tucci (2001), os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais, totalizando, como já salientado, 168.870 m<sup>3</sup>/s. A distribuição desses recursos no País e durante o ano não é uniforme, destacando-se os extremos do excesso de água na Amazônia e as limitações de disponibilidade no Nordeste.

Apesar de se tratar de um recurso reconhecidamente valioso, nas últimas décadas observou-se uma despreocupação quanto à crescente deterioração da qualidade das águas, devido principalmente à sua aparente abundância (SIMONASSI, 2001). O seu reuso pode ser comprometido pela qualidade, que se deteriora em função do grande aporte de resíduos e rejeitos oriundos das atividades antrópicas (LEMES, 2001). Nos centros urbanos, a principal causa está no aumento da emissão de efluentes industriais e domésticos, enquanto que na zona rural a contaminação se dá pelo uso excessivo de agrotóxicos, que contaminam as águas por infiltração ou por escoamento até os rios, lagos e lagoas de suas regiões (SIMONASSI, 2001).

Ao longo da história se tem observado o aumento do consumo de água pelo homem. Atualmente, ela está associada à qualidade de vida e desenvolvimento, uma vez que uma cidade ideal é aquela que dispõe de serviços de abastecimento de água, de saneamento básico e disposição de resíduos sólidos. O ser humano encontra-se num processo de descobertas para melhor relacionar-se com o meio ambiente e assegurar o futuro da espécie pela preservação dos recursos naturais (SILVA, 2004).

A qualidade de água representa atualmente o principal problema ambiental brasileiro. Dentro do conceito mais amplo de gestão da qualidade de água, o saneamento representa o setor que mais claramente está vinculado à agenda ambiental, sendo certamente o principal em termos de impactos sociais e ambientais (LIMA, 2006).

## **2.2. Uso do solo e reflexos sobre a água**

Christofolletti (1980), citado por Milane et al. (2000), define a bacia hidrográfica como: “uma área drenada por um determinado rio ou por um

sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.”

Segundo Rodríguez (2001), as bacias hidrográficas constituem paisagens ou unidades ambientais, nas quais todos os elementos naturais e humanos se relacionam de maneira efetiva e inseparável. Nos últimos anos, os estudos de bacias hidrográficas têm-se destacado entre as pesquisas ambientais elaboradas dentro de uma visão holística do meio ambiente. Portanto, para uma melhor compreensão dos ecossistemas aquáticos é preciso avaliar a bacia hidrográfica onde está inserido o corpo de água, integrando e interagindo, simultaneamente, o ambiente aquático ao terrestre (LINKENS e BORMANN, 1974).

O uso do solo urbano é uma manifestação concreta da produção de espaço imposta pela sociedade. O homem é, direta ou indiretamente, considerado o importante agente modificador do meio ambiente que é constituído por componentes físicos como ar, água, solo e subsolo além de componentes biológicos como plantas, animais, e o homem. Os componentes físicos e biológicos, por sua vez, estão sujeitos a alterações de suas características em função de processos naturais que lhe são peculiares, e em função de interação ocorrente entre eles (BARBIN, 2003).

O desenvolvimento industrial, aliados à migração do homem do campo para os centros urbanos, tem gerado graves problemas para os corpos da água localizados próximos às cidades. Entre os impactos que podem ser observados destacam-se aqueles oriundos da deficiente gestão das bacias hidrográficas, como desflorestamento de áreas próximas aos corpos d'água e lançamento de efluentes sem tratamento (PELAEZ-RODRIGUEZ, 2001). A remoção de áreas florestadas tem causado aumento significativo dos processos que levam à degradação de imensas áreas, com prejuízos à hidrologia e à biodiversidade (BUENO et al., 2005).

O crescimento desordenado do espaço urbano, sem o controle dos poderes públicos locais, tem gerado graves problemas ambientais que comprometem a qualidade de vida da população (BARBIN, 2003). O crescimento demográfico e o desenvolvimento socioeconômico são freqüentemente acompanhados de aumentos na demanda por água, cuja

quantidade e qualidade são de fundamental importância para a saúde e desenvolvimento de qualquer comunidade (BUENO et al., 2005).

A ação antrópica é responsável pela aceleração dos processos erosivos nos ambientes naturais, de forma que a concentração populacional em um determinado espaço físico pressiona os recursos naturais existentes, modificando ambientes fluviais e acelerando processos degradadores, reestruturando a paisagem ocupada. Nesse contexto, a bacia hidrográfica reflete o comportamento de fatores naturais e antrópicos combinados que atuando numa escala temporal neste sistema natural, proporciona alterações complexas. Contudo, a relação sociedade-natureza configura-se como predatória, exploradora e degradadora diante de ambientes fluviais, principalmente no contexto urbano onde os espaços são produzidos ao longo do tempo e a natureza é transformada pelas gerações com seus modos de vida (AIRES et al., 2006).

Com o crescimento populacional e a densificação, fatores como a poluição doméstica e industrial se agravaram, criando condições ambientais inadequadas, propiciando o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica, poluição do ar e sonora, aumento de temperatura, contaminação da água subterrânea, entre outros. Esse processo, que se agravou principalmente a partir do final da década de 1960, mostrou que o desenvolvimento urbano sem qualquer planejamento ambiental resulta em prejuízos significativos para a sociedade (TUCCI, 2006).

Nas últimas décadas observou-se que o uso desordenado da água tem gerado sérios problemas principalmente nos centros urbanos. A crescente contaminação dos corpos d'água, causada pelo despejo de efluentes domésticos e industriais, vem causando o esgotamento destes recursos (SIMONASSI, 2001).

O impacto causado pelo lançamento de esgotos domésticos em corpos d'água ocorre pela diminuição da concentração de oxigênio dissolvido disponível na água e não apenas devido à presença de substâncias tóxicas nesses despejos (SILVA, 2004).

A implementação de programas de gerenciamento é fundamental para reverter tal situação, pois constituem mecanismos orientadores, que trazem em seus princípios básicos, normas e diretrizes para o desenvolvimento

sustentável, tendo como premissa à utilização racional e a conservação dos recursos naturais (SIMONASSI, 2001).

### **2.3. Qualidade da água**

A qualidade da água é um termo que não se restringe à determinação da pureza da mesma, mas às suas características desejadas para os seus diversos usos. Tanto as características físicas, químicas como as biológicas da água podem ser alteradas. Na maioria dos casos essa alteração é causada pela poluição, que pode ter diversas origens (BILICH E LACERDA, 2005).

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (SPERLING, 1996).

As características físicas e químicas de todo corpo d'água são determinadas, em grande parte, pelo clima, geomorfologia e condições geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem. O intemperismo de rochas é, geralmente, determinante das características químicas das águas, e essas variam com a geologia e com a intensidade das entradas por outras vias, incluindo a precipitação pluviométrica e a poluição (PELAEZ-RODRIGUEZ, 2001).

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS e MEYBECK, 2000). É resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (SPERLING, 1996). Além das características e os diferentes usos de solos, os períodos de amostragens (seco ou chuvoso) influenciam na qualidade da água das microbacias (DONADIO et al., 2005).

Uma gestão adequada dos sistemas urbanos de abastecimento e esgotamento pode reduzir uma série de impactos negativos, além de trazer resultados positivos para o ambiente, a sociedade e a economia (MIRANDA e TEIXEIRA, 2004).

O processo de avaliação da qualidade de água pode ser representado através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais

características físicas, químicas e biológicas, diretamente relacionadas com a proposta de uso da água, ou seja, os parâmetros a serem medidos para avaliação da qualidade, serão escolhidos considerando o uso a ser dado a água (NETO, 2006; SPERLING, 1996).

#### **2.4 Monitoramento da Qualidade da Água**

O Monitoramento de um recurso hídrico tem como objetivo o acompanhamento das alterações de sua qualidade, a elaboração de previsões de comportamento, o desenvolvimento de instrumentos de gestão e fornecer subsídios para ações saneadoras. Nesse contexto, Canada (1994) salienta que o monitoramento da qualidade da água proporciona um amplo campo de participação e divulgação de conhecimentos na sociedade, fornecendo ferramentas para a compreensão do meio ambiente e tomadas de decisão. A função educacional inclui a remoção de barreiras para o entendimento apresentado pelas terminologias científicas, aumento do conhecimento da questão. Estas informações podem ser repassadas ao público para entendimento do ambiente local além de monitorar as mudanças ambientais provocadas por ações antropogênicas e efeitos positivos das medidas mitigadoras adotadas na bacia. Permite identificar os locais mais degradados com necessidade de remediação mais urgente e pesquisas mais aprofundadas sobre a presença de contaminantes especiais e fontes de poluição.

Segundo Copertino et al. (1998), a quantidade e qualidade da água constituem parte integrante de processos hidrológicos natural do ambiente. Estes processos estão em interação dinâmica contínua, a plena compreensão deles é exigida tanto para o desenvolvimento quanto para a gestão dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento da qualidade da água é necessário para controle da poluição. É um dos principais fatores que determinam a quantidade de água disponível para cumprir uma determinada demanda de água exigida. Além disso, é um processo complexo e dispendioso da avaliação da distribuição espacial dos indicadores de qualidade da água, tornando-se muito importante para a compreensão da evolução dessas características.

O acompanhamento sistemático da qualidade da água nos reservatórios superficiais implica numa ação mitigatória que visa identificar a variação

temporal dos níveis de poluição, a fim de adotar medidas que busquem minimizar os impactos causados pelas ações Antrópicas (SILVA, 2004). A composição natural e a verificação de indícios de poluição ou contaminação das águas podem ser avaliadas por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Esta avaliação é fundamental para determinação da adequabilidade das águas em função do uso requerido (MAGALHÃES, 2006).

É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físico-químicas adequadas para a utilização dos seres vivos, devendo conter substâncias essenciais à vida e estar isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos prejudiciais aos organismos (BRAGA et al., 2003).

O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam essas de origem antrópica ou natural (DONADIO et al., 2005). Segundo Canada (1994) a determinação do tipo de monitoramento a ser adotado depende da presença de fontes de poluição (descargas pontuais e não pontuais).

Os termos “fontes não pontuais” e “pontuais” de poluição são utilizados para definir os tipos de entrada dos poluentes nos meio ambiente. Na poluição pontual, os poluentes acabam atingindo o corpo d’água de maneira concentrada no espaço. Um exemplo é o da descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade. Já no que se referem à poluição difusa ou não-pontual, os poluentes adentram aos corpos d’água distribuídos ao longo de sua extensão (BONUMÁ, 2006; SPERLING, 1996). A origem das cargas difusas não é identificada facilmente. Essas cargas são geradas em áreas extensas e, associadas à chuva, chegam aos corpos d’água de forma intermitente (BONUMÁ, 2006). Tal é o caso típico da poluição veiculada pela drenagem fluvial natural, a qual é descarregada no corpo d’água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto (SPERLING, 1996).

A crescente preocupação da comunidade científica com a grande quantidade de corpos d’água contaminados vem induzindo o desenvolvimento de pesquisas no intuito de avaliar o grau desses impactos.

Estudos de monitoramento e avaliação da qualidade da água realizados em várias localidades do país vêm apresentando os reflexos negativos



acarretados pela ação antrópica. Silva et al. (2004), realizando estudo de comparação da qualidade das águas entre onze Bacias Cearenses verificaram que duas das bacias estudadas (Bacia Metropolitana e Bacia Salgado) apresentaram alto grau de poluição fecal, o que já era previsto por serem bastante antropizadas. Os autores ressaltam que entre as bacias estudadas se apresentavam com maior taxa de ocupação populacional. Pinto et al. (2005), realizando avaliação da qualidade físico-químicas e microbiológicas do córrego Bebedouro da bacia hidrográfica do Baixo Pardo/Grande, município de Bebedouro - SP, constataram que as atividades antrópicas na bacia hidrográfica onde está localizado o córrego Bebedouro mostraram relação direta com os impactos avaliados. Dentre eles está a poluição orgânica do córrego pelo lançamento de volumes crescentes de esgotos domésticos sem tratamento e a entrada de solo com produtos químicos usados na lavoura da região em função da falta de preservação das matas ciliares. Lira (2008), ao realizar avaliação preliminar das concentrações de metais nos sedimentos da Lagoa do Araçá, em Recife - PE, observou que a capacidade de autodepuração da lagoa foi superada pela grande quantidade de resíduos despejados, o que compromete não só a fauna e a flora aquáticas, como também, certos mecanismos físicos e/ou aquáticos de vários íons metálicos presentes neste ambiente.

Estudos dessa natureza vêm colaborando para uma melhor gestão dos recursos naturais, visando prevenir e/ou controlarem os impactos gerados sobre os mesmos.

## **2.5 Influência da Poluição no Ecossistema Aquático**

Em termos ecológicos, a repercussão mais nociva da poluição de um corpo d'água por matéria orgânica é a queda nos níveis de oxigênio dissolvido, causada pela respiração dos microrganismos envolvidos na depuração dos esgotos. O impacto é estendido a toda a comunidade aquática, e cada redução nos teores de oxigênio dissolvido é seletiva para determinadas espécies (SPERLING, 1996).

Alguns efluentes, ao serem lançados em um manancial, causam efeito de subtração no balanço de oxigênio do curso d'água, alterando o processo biológico natural existente por conterem substâncias químicas redutoras, tais

como, sulfitos, sais ferrosos, etc (NAIME e FAGUNDES, 2005). A presença excessiva de nutrientes e matéria orgânica leva ao aumento da atividade biológica, que acarreta um maior consumo de oxigênio do meio, em prejuízo da vida aquática. Assim, o balanço de oxigênio nas águas tem se mostrado com um bom indicador de poluição (NAIME e FAGUNDES, 2005).

Segundo o Sperling (1996), os microrganismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Um outro aspecto de grande relevância em termos da qualidade biológica da água é o relativo à possibilidade da transmissão de doenças. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes.

As doenças que atingem os seres humanos a partir da água poluída podem resultar de contaminação em águas não tratadas (esgotos domésticos) por contribuição de pessoas e animais infectados, animais em regiões de intensa atividade pecuária (galo, aves, suínos) ou por animais silvestres. As doenças de veiculação hídrica aumentam de intensidade e distribuição em regiões com alta concentração populacional, por exemplo, em zonas periurbanas metropolitanas, e com o aumento de despejos de atividades industriais, especialmente aqueles provenientes das indústrias de processamento da matéria orgânica (carne, laticínios, cana de açúcar). A eutrofização de sistemas continentais e costeiros também é causa de contaminação e aumento de doenças (TUNDISI, 2003).

Em geral, o deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Quando da ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em valas, bueiros, etc., são arrastados pela enxurrada para os cursos de água superficiais, constituindo uma fonte de poluição tanto maior quanto mais deficiente for a limpeza pública (LEMES, 2001).

O maior fator de deterioração de corpos d'água está, no entanto, associado aos esgotos oriundos das atividades urbanas. Os esgotos contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urinas, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. A contribuição de N

e P através dos esgotos é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana (SPERLING, 1996).

## **2.6 Variáveis de qualidade da água**

Geralmente, encontram-se disponíveis na água diversos componentes que podem ter sua origem no próprio ambiente natural ou que foram introduzidos por atividade humana. Alguns parâmetros são necessários para caracterizar uma água indicando se seus valores disponíveis constituem sua qualidade ou impurezas, quando superiores aos estabelecidos para o uso determinado.

Em seqüência, encontram-se descritas abaixo as características das variáveis ambientais pesquisadas neste estudo para caracterizar a qualidade da água do Açude de Apipucos.

### *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

O pH é uma característica importante a ser controlada em um manancial, visto que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos nele presentes (NAIME e FAGUNDES, 2005). Valores de pH afastados da neutralidade: podem afetar a vida aquática (ex: peixes) e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (SPERLING, 1996).

### *Temperatura*

A variação da temperatura da água influencia em algumas propriedades físicas da água como a densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, com reflexos para a vida aquática (LIRA, 2008). Segundo Sperling (1996), a temperatura tem uma grande influencia no metabolismo microbiano, afetando, por conseguinte, as taxas de estabilização da matéria orgânica. O aumento da temperatura reduz a solubilidade (concentração de saturação) do oxigênio no meio líquido.

### *Oxigênio Dissolvido*

O oxigênio é um dos gases que se encontra dissolvido em águas superficiais naturais. A quantidade de oxigênio dissolvido na água varia

naturalmente, uma vez que este dependente de temperatura, salinidade, turbulência da água, e a pressão atmosférica (decrecente com altitude). A concentração de oxigênio dissolvido está sujeito a flutuações sazonais diurnas e que são devidos, em parte, às variações de temperatura, atividade fotossintética e descarga fluvial. A decomposição de resíduos orgânicos por microrganismos e oxidação de resíduos inorgânicos podem reduzir as concentrações de oxigênio dissolvido aproximando de zero.

O oxigênio nas águas é proveniente de duas fontes: a fotossíntese e a aeração. A fotossíntese é o processo no qual o dióxido de carbono (que pode ser derivado de  $\text{HCO}_3^-$ ), é convertido a carbono e oxigênio pelas plantas clorofiladas em presença de luz solar difusa ou direta (LIRA, 2000).

A aeração consiste na difusão do ar atmosférico na água, com conseqüente aumento do teor de oxigênio da mesma. Na ausência de fotossíntese, o oxigênio da atmosfera é constantemente consumido para a oxidação da matéria orgânica até não restar nenhum oxigênio livre (LIRA, 2000).

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica. Sua disponibilidade é necessária para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático (LIRA, 2008).

### *Condutividade Elétrica*

A condutividade elétrica indica a concentração de elementos eletricamente carregados (íons) cujas fontes devem ser, além dos esgotos lançados, as decorrentes da erosão de solos que entram em contato com a água devido a ausência das matas ciliares (Pinto et al., 2005). No entanto, Lira (2000) relata que os valores de condutividade de um lago estão mais relacionados às condições geoquímicas da área do que ao seu estado trófico (LIRA, 2000)

Em corpos d'água poluídos por esgotos domésticos, a condutividade elétrica se relaciona com a matéria orgânica de origem alimentar, fecal e dos resíduos em geral que incorporam sais à água (BLUNDI, 1988; citado por MAGALHÃES et al., 2006).

### *DBO*

A DBO relaciona-se a uma oxidação bioquímica da matéria orgânica, realizada inteiramente por microrganismos. Em outras palavras, a DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea. É uma indicação indireta, portanto, do carbono orgânico biodegradável (SPERLING, 1996).

### *DQO*

Demanda Química de Oxigênio é a quantidade necessária para oxidar quimicamente, em condições enérgicas, a matéria orgânica biodegradável e não biodegradável (NAIME e FAGUNDES, 2005). Segundo os mesmos autores, a influência das chuvas dilui a influência da DQO na qualidade da água.

### *Nitrogênio*

O nitrogênio é um elemento do metabolismo de ecossistemas aquáticos, contribuindo para a formação das proteínas e podendo atuar como fator limitante na produção primária. Do ponto de vista sanitário, esse elemento, ao ser incorporado a qualquer água, aumenta a proliferação de microrganismos, podendo aumentar a DBO do sistema. O N-total demonstra a contribuição total de nutrientes em água e o nível de eutrofização da mesma. (PALMA-SILVA, 1999, citado por DONADIO et al., 2005). Segundo Sperling (1996), esse elemento é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (processo denominado eutrofização).

Formas reduzidas de nitrogênio são oxidadas em águas naturais, afetando os índices de oxigênio dissolvido e aumentando a produtividade de águas naturais em termos de crescimento de algas (HAHN et al, 2001).

Em um curso d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgotos a montante. Se esta poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia (SPERLING, 1996).

Valores elevados de amônia sugerem poluição recente ou próxima dos pontos de amostragem (SILVA et al., 2004).

### *Fósforo*

Determinações de fósforo são extremamente importantes na avaliação da produtividade biológica das águas superficiais, e em várias áreas tem sido estabelecidos limites de quantidades de fósforo que podem ser descartadas nos corpos d'água, particularmente lagos e reservatórios (SAWYER et al., 1997; citado por HAHN et al, 2001). Assim como o nitrogênio, o fósforo em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização) (SPERLING, 1996).

### *Alcalinidade*

A alcalinidade é a quantidade de íons na água que a reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e os hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) (SPERLING, 1996).

### *Cloretos*

Segundo Sperling (1996), todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) são advindos da dissolução de sais (ex: cloreto de sódio). O aumento do teor de cloretos na água indica a presença de esgotos, por causa da excreção do cloreto na urina, ou por despejos industriais, acelerando os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água (PHILIPPI, et. al., 2004, citado por FARIAS, 2006).

### *Sólidos em Suspensão*

A presença de materiais em suspensão e a cor da massa líquida diminuem a transparência das águas, podendo reduzir significativamente a energia luminosa disponível para a fotossíntese. A diminuição da transparência afeta negativamente o aspecto estético das águas, principalmente as poluídas,

que passam a ter seu uso comprometido, inclusive para fins industriais (NAIME e FAGUNDES, 2005).

#### *Coliforme totais*

Os coliformes fecais (CF) são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais (THOMANN E MUELLER, 1987; citados por SPERLIN, 1996).

#### *Coliformes fecais*

Os coliformes fecais constituem um indicador microbiológico de contaminação da água mundialmente utilizado (ALMEIDA, 2004; LIRA, 2000), uma vez que estão presentes em grande quantidade nas fezes de animais de sangue quente. São empregados como parâmetro bacteriológico na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, bem como para a caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral (LIRA, 2000). A contagem de coliformes fecais é o principal indicador da poluição de origem doméstica (APHA, 1992).

#### *Metais*

Alguns componentes inorgânicos, entre eles os metais pesados, são tóxicos ao homem e, se incorporados à água, podem trazer como consequência danos à saúde humana e aos animais aquáticos (BONUMÁ, 2006).

Os reservatórios naturais vêm sendo depositários de uma variedade de subprodutos, provenientes da atividade antrópica. A presença de elementos potencialmente tóxicos é responsável por efeitos adversos sobre o ambiente, com repercussão na economia e na saúde pública. A introdução de metais e outras substâncias tóxicas nos sistemas aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímico, no intemperismo e, a contribuição atribuída à atividade humana é um reflexo de sua ampla utilização pela indústria (YABE e OLIVEIRA, 1998; RODRIGUES PRIMO, 2006).

Os metais têm contribuído de forma significativa para a poluição do ar, da água e do solo, interferindo temporária ou permanentemente na manutenção da biota terrestre e aquática. Assim, se tem verificado, no decorrer

da história das civilizações, o reflexo da expansão acelerada dos núcleos urbanos, do desenvolvimento industrial e agrícola, os quais, apesar dos inúmeros benefícios que proporcionam ao homem, impõem novas e futuras restrições ao uso dos recursos naturais (RODRIGUES PRIMO, 2006).

Com o aumento no padrão de vida e com os avanços tecnológicos no século XX, foram exigidas quantidades maiores de vários metais para suprir as demandas impostas pelo desenvolvimento. Inevitavelmente, o uso intensificado de metais aumentou a poluição associada aos mesmos, o que tem causado efeitos prejudiciais ao padrão natural dos ciclos biogeoquímicos, interferindo em diversas atividades biológicas (GUSMÃO, 2004).

As principais fontes antrópicas de metais no ambiente são fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada e queima de biomassa na zona rural, combustão a carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente mineração, fundição e refinamento, tanto nas regiões urbanas como na zona rural. Existe uma demanda crescente de muitos metais nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Dessa forma, parte dos metais imobilizados nos depósitos naturais estão sendo transformados em metais mobilizados no ambiente (LEMES, 2001).

Segundo Lemes (2001), as atividades industriais da civilização moderna estão utilizando cada vez mais um grande número de novos compostos, bem como, aumentando a concentração de certos metais e substâncias inorgânicas no meio ambiente. Uma das conseqüências dessa situação é que certas substâncias acumulam em níveis tóxicos, ampliando os efeitos toxicológicos nos ecossistemas (plantas, animais e seres humanos).

O metal traço pode se apresentar no ambiente em concentrações altas devido a atividades antrópicas, com elevadas concentrações em menor intervalo de tempo. A concentração destes elementos traço em lagos e reservatórios vai variar não só pelas características dos ciclos naturais, mas por peculiaridades de cada ambiente, como suas diversas características geológicas, físicas, químicas e biológicas. Diferenças das concentrações naturais de metais de um ambiente para outro são, portanto, facilmente observáveis, não sendo lógica uma definição de concentração média de elementos traço em ambientes aquáticos de modo geral (GUSMÃO, 2004).



Neste sentido, a compreensão desse sistema ecológico deve focar no entendimento dos processos que nele ocorrem e na sua evolução frente às influências antropogênicas. A persistência nessa abordagem deve continuar a produzir resultados teóricos e práticos que auxiliem na gestão do recurso e na otimização dos seus usos múltiplos (TUNDISI, 1999; citado por MARIANI, 2006).

#### *Cobre (Cu)*

Ocorre em águas naturais em pequenas concentrações. Maiores teores são decorrentes de sua utilização como algicida, do lançamento de despejos industriais e do desgaste de canalização de cobre (LEMES, 2001). O cobre acumula-se nos organismos aquáticos. Os níveis deste metal, que são tolerados sem aparecimento de sintomas de toxicidade, podem variar com a espécie animal e o período de acumulação passiva pode variar de algumas semanas a um ano (NAVAS-PEREIRA, et. al., 1985; citados por Peláez-Rodriguez, 2001).

#### *Cromo*

O Cromo, assim como outros metais, exerce um efeito prejudicial sobre os processos biológicos, já que atua sobre as enzimas catalisadoras da síntese de proteínas, responsáveis do metabolismo. Os microrganismos só podem suportar concentrações de alguns miligramas por litro. Muitos dos metais pesados tendem a formar compostos insolúveis que precipitam a solução. Como só os íons solúveis são tóxicos para os sistemas enzimáticos bacterianos, as características químicas do meio são decisivas para determinar a toxicidade dos diferentes metais pesados (NAIME e FAGUNDES, 2005).

#### *Chumbo (Pb)*

Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas, da ordem de 0,01  $\mu\text{g mL}^{-1}$  ou menos. Maiores concentrações são decorrentes da contaminação por efluentes de indústrias ou minas, ou como resultado da ação corrosiva em canalizações contendo este metal (LEMES, 2001).

### *Zinco (Zn)*

Em águas superficiais, as concentrações de zinco estão normalmente na faixa de 0,001 a 0,10 mg.L<sup>-1</sup>. Largamente utilizado na indústria, o zinco é produzido no meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam as produções de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e apresenta um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (PHILIPPI, et al., 2004; citado por FARIAS, 2006).

### *Alumínio (Al)*

O alumínio é abundante nas rochas e minerais. O aumento do seu teor nas águas é decorrente do lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, resíduos industriais, de mineração e de produtos utilizados na agricultura, bem como através de fontes minerais (LEMES, 2001).

### *Níquel (Ni)*

O níquel é um elemento relativamente raro e corresponde a apenas 0,01% da massa da crosta terrestre. É utilizado principalmente na fabricação de aços especiais e, também, como catalisador nas indústrias química, farmacêutica e alimentícia (CANTO, 1997; citado por CORBI et al., 2005).

### *Manganês (Mn)*

Em águas naturais podem ocorrer em pequenas concentrações devido lixiviação de minerais solos. Maiores concentrações decorrem dos lançamentos de efluente industriais (LEMES, 2001). Sua presença em quantidades excessivas é indesejável em mananciais de abastecimento público, em razão de seu efeito no sabor, do tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e do acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição (AYRES & WESTCOT, 1991; citado por FARIAS, 2006).

### *Ferro (Fe)*

As principais fontes naturais do ferro para o ambiente aquático são o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de

solos ricos nesses materiais. Atualmente, além das fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm-se destacado como responsáveis pelos elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (ESTEVEZ, 1998; citado por FREITAS, 2006).

#### Cádmio (Cd)

Em condições naturais é encontrado nas águas em níveis de traços. A ocorrência de concentrações mais elevadas nas águas está relacionadas ao contato com recipientes e canalizações que contenham este elemento, inclusive plásticas, ao uso de fertilizantes e ao lançamento de despejos industriais de galvanoplastia, de mineração e metalurgia do zinco bem como de processos de combustão (LEMES, 2001).

### **2.7 Enquadramento de água: instrumento de gestão**

Do ponto de vista ambiental e legal, os cursos d'água são classificados de acordo com o nível de qualidade que deve ser mantido em função dos usos previstos para suas águas, sendo as maiores exigências para as águas de reservas ecológicas e às que se destinam ao abastecimento público. A qualidade das águas na Bacia depende da natureza geológica do terreno, da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo. Uma avaliação da correlação de várias espécies em águas superficiais reflete fielmente o uso que é feito dos solos da bacia correspondente (LEMES, 2001).

A Legislação Brasileira sobre os limites de contaminantes na água existe desde a década de 70. A legislação ambiental vigente – Resolução CONAMA nº 357 de 17 de junho de 2005 – classifica as águas do território brasileiro, de acordo com a sua salinidade e de diferentes usos a que se destinam.

A resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O enquadramento dos corpos d'água em classes de acordo com os usos a que se destinam, visa estabelecer um sistema de vigilância sobre os níveis de qualidade da água dos mananciais, permitindo a formulação de metas de qualidade a serem alcançadas (LIRA, 2000)

- Classe especial: águas destinadas: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;
- Classe 2: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca;
- Classe 3: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais;
- Classe 4: águas que podem ser destinadas: à navegação; e à harmonia paisagística.

O CONAMA adotou o critério classe 2 para as águas doces do território brasileiro, conforme a resolução nº 20/86, não devendo o corpo d'água ser necessariamente associado ao seu estado atual, mas ao nível de qualidade que atenda às necessidades da comunidade, da saúde e bem-estar humano, assim como, ao equilíbrio ecológico aquático, de forma que eles não sofram nenhum comprometimento.

### **2.7.1 Artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005**

Art. 15 - Aplica-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo 14 , à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com freqüência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm<sup>3</sup>/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

### **2.8 Análise dos dados de qualidade de água**

Segundo Rizzi e Remonatto (1994), uma das dificuldades do estudo do meio ambiente está em analisar variáveis que, em suas interações bióticas e abióticas, caracterizam os processos ecológicos e permitem uma melhor compreensão de sua dinâmica ambiental. Nesse sentido, torna-se importante a aplicação de técnicas que propiciem essa compreensão. Entre os métodos estatísticos e matemáticos disponíveis para o estudo de processos ecológicos, encontra-se a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP).

Segundo Yabe e Oliveira (1998), o método das componentes principais pode resumir em poucas e importantes dimensões a maior parte da variabilidade de uma matriz de dados de um grande número de variáveis.

Esse método de análise de dados permite tanto o estudo de correlações entre muitas variáveis, como identificar as variáveis mais importantes. A principal vantagem da ACP é a de proporcionar o estudo multivariado do problema, ou seja, verificar a relação entre amostras e variáveis de forma conjunta. O método fundamenta-se no estudo da distribuição espacial dos dados envolvidos. Desta forma, para representar as amostras em espaço de  $n$  variáveis a ACP emprega vetores orientados em função da variação dos dados, as componentes principais (CP), permitindo assim, que a informação seja concentrada em um pequeno número deles. Na prática, esta análise é efetuada por meio de dois tipos de gráficos, o primeiro de escores e o segundo de loadings, ou pesos. No primeiro é apresentada a distribuição das amostras nos vetores obtidos para representar os dados. O segundo representa a importância das variáveis para a distribuição apresentada no gráfico de escores. Em resumo, o gráfico de escores permite avaliar semelhanças e correlações entre as amostras, e o gráfico de pesos permite justificar a semelhança entre as amostras e ainda verificar semelhanças e correlações entre variáveis (SARMENTO et al., 1999).

## **2.9 O Açude de Apipucos**

Segundo TUNDISI (1996), os reservatórios por serem ecossistemas artificiais que integram as conseqüências do uso e ocupação do solo dentro dos limites da sua bacia de drenagem, são detectores sensíveis dos impactos antropogênicos.

Na Cidade do Recife os ambientes aquáticos compreendem as águas superficiais, formadas pelas águas salgadas do Oceano Atlântico e pelas águas doces dos rios, canais, lagoas e açudes. Desta forma, o Recife conta com mais de 500 km de convivência direta do homem com a água. Quase todos os bairros da cidade, sejam eles ricos ou pobres, antigos ou novos, são atravessados por rios, entre os quais se destacam o Capibaribe, o Beberibe, o Tejipió e o Jordão; por canais, riachos ou córregos; açudes, como o de Apipucos; e lagoas como a do Araçá. A presença generalizada desses espaços

aquáticos confere ao Recife o caráter peculiar de “Cidade Anfíbia” ou “Cidade da Águas” (VASCONCELOS, 2000; citado por SILVA, 2004).

Desde o final do século XVI, os arredores do Açude vêm sofrendo alterações em sua paisagem em função da ocupação do solo por meio de ação antrópica. Construção de loteamentos e ocupações irregulares, com bases em aterramento ainda, podem ser observadas na área, até os dias atuais.

Segundo Sperling (1996), a implantação de loteamentos implica em movimentos de terra para as construções. A urbanização reduz também a capacidade de infiltração das águas no terreno. As partículas de solo tendem, em consequência, a seguir pelos fundos de vale, até atingir o lago ou represa. Aí, tendem a sedimentar, devido às baixíssimas velocidades de escoamento horizontal. A sedimentação das partículas de solo causa o assoreamento, reduzindo o volume útil do corpo d'água, e servindo de meio suporte para o crescimento de vegetais fixos de maiores dimensões (macrófitas) próximos às margens. Estes vegetais causam uma evidente deteriorização no aspecto visual do corpo d'água.

A qualidade da água do açude de Apipucos é resultante do processo de uso e ocupação do solo de toda sua bacia hidrográfica, com repercussões que geram interferências tanto na vida específica deste ecossistema – fauna e flora, com consequências diretas para a pesca de subsistência que aí tenta sobreviver, como com relação às atividades de lazer aproveitando-se seu potencial hídrico e paisagístico. Assim, como ponto final desses processos de uso e ocupação, que é o ponto nevrálgico de todo o sistema, e, portanto termômetro indicador da saúde de toda a bacia (RECIFE, 1997).

Há várias décadas o Açude de Apipucos vem sofrendo os impactos das atividades urbanas desenvolvidas na bacia de drenagem como resultado do crescimento populacional da cidade do Recife, refletindo-se em deterioração da qualidade da água de seus cursos d'água. Dessa forma, o mesmo tem sido utilizado como lagoa de decantação de esgoto de origem doméstica e industrial, conflitando com os usos devidos fins ao qual é destinado (pesca, recreação e paisagístico). CARVALHO (2003) relata que com o constante crescimento do número de residências construídas nas áreas ao longo dos anos, sem implantação de uma infraestrutura adequada, principalmente no que tange ao esgotamento sanitário, a contribuição dos esgotos tem aumentado de

forma considerável, trazendo sérios prejuízos para o Açude, dentre eles está a carga orgânica que consome o oxigênio dissolvido na água causando assim a mortandade dos peixes. Outro problema grave está relacionado com a saúde dos usuários do açude (pescadores e banhistas) que são contaminados por organismos patogênicos existentes no esgoto.

Durante todo o ano pode ser observado no Açude a presença da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (aguapé ou baronesa) representa problema em muitos países da região tropical e subtropical. Seu crescimento excessivo está geralmente associado a locais enriquecidos por nutrientes, resultado do desenvolvimento inadequado das atividades urbanas, industriais e agropecuárias. Tal crescimento afeta o uso múltiplo dos recursos hídricos, resultando em uma série de danos ambientais e sócio-econômicos (GUTIÉRREZ *et al.*, 1994; PEST-CABWEB, 2002, citados por FILDEMAN, 2005).

Segundo RECIFE (1997), no início do século 20 já havia vestígios, em menor escala, dos problemas decorrentes dos agentes poluidores que permanecem atuando no Açude de Apipucos.

Essas contribuições afluem ao açude através do sistema de drenagem da bacia que é constituído por canaletas, galerias, canais e de talvegues naturais que cortam a área, sendo o principal afluente o canal da Macaxeira.

Entre os anos de 1990 a 1997, quatro propostas de revitalização foram elaboradas contemplando sua recuperação e da área em seu entorno. No entanto, nenhuma das propostas foi plenamente executada.

Em 2000, um diagnóstico elaborado pela Prefeitura da Cidade do Recife registrou a ausência de saneamento em 70% da área da bacia, o que vem confirmar o destino final dos efluentes de origem doméstica no Açude.

Dada a importância que hoje representa esse recurso natural para a cidade do Recife, de forma que possa ser também aproveitado por gerações futuras, é necessário avaliar o funcionamento desse ecossistema e os fatores que atuam sobre ele, a fim de obter referenciais que permitam a avaliação dos possíveis impactos ambientais decorrentes da intervenção antrópica.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do Açude de Apipucos, um dos afluentes do Rio Capibaribe, localiza-se no município de Recife entre as coordenadas geográficas latitude  $8^{\circ}01'14''\text{S}$  e longitude  $34^{\circ}56'00''\text{W}$ , com uma área correspondente a 360 ha (Figura 01).

Para o desenvolvimento desse estudo a área da bacia de drenagem considerada foi a de 324 ha, com perímetro de 8,690 km, levando-se em consideração a ocupação da bacia ao longo dos anos, de forma que determinadas áreas deixaram de contribuir na alimentação o Açude de Apipucos, por terem os cursos d'água naturais desviados, sendo direcionadas diretamente para o Rio Capibaribe.

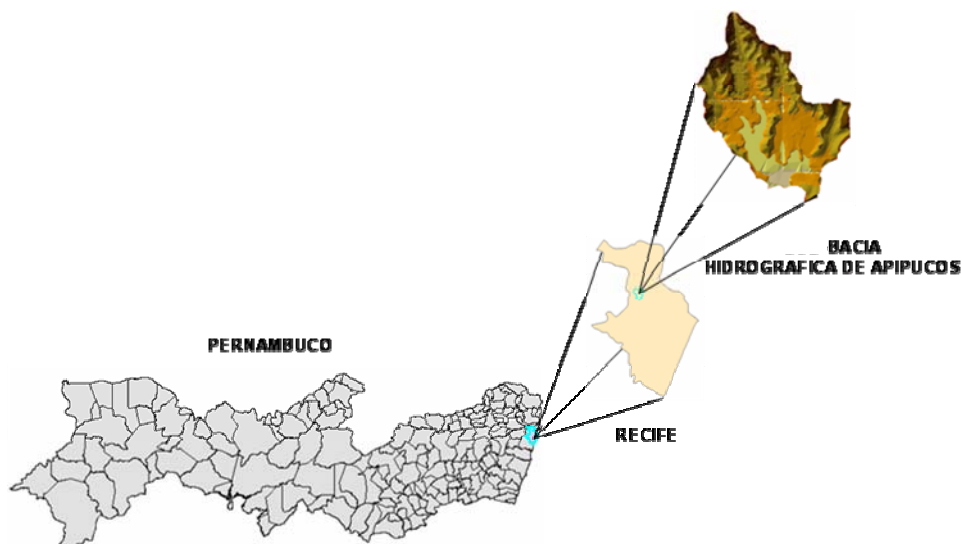


Figura 01. Localização da área de estudo, Bacia do Açude de Apipucos em Recife - PE.

Para as determinações fisiográficas da área de estudo, foram utilizadas ortofotocartas adquiridas na Fundação de Desenvolvimento Municipal da Prefeitura do Recife (FIDEM) do ano de 1974, escala 1:2000, com curvas de nível com equidistância de 2 m.

O curso d'água principal da bacia de drenagem apresenta extensão de 2,6 km, com uma rede de drenagem de 16,1 km. A bacia é de quarta ordem

com densidade de drenagem de  $6,2 \text{ km/km}^2$ . De acordo com o valor obtido da densidade de drenagem, observa-se que a bacia apresenta uma alta transmissibilidade, o que indica que o terreno apresenta um bom grau de infiltração. A Figura 02 apresenta a delimitação da área da bacia experimental com as linhas de drenagem.

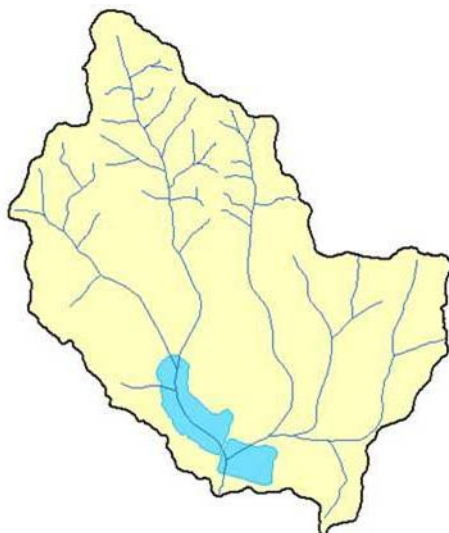


Figura 02. Delimitação da bacia hidrográfica do Açude de Apipucos e linhas de drenagem.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical chuvoso, situa-se entre os tipos  $As'$  (quente e úmido) e  $Am$ . Apresenta precipitação anual de aproximadamente 2460 mm e temperatura média anual elevada, da ordem de  $25,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . A umidade relativa do ar é alta, com valor médio anual em torno de 80% (INMET, 1992; COUTINHO e FRANÇA, 1998).

O relevo da bacia hidrográfica em estudo varia de plano a montanhoso, com altitude variando de 2 m a 104 m. Os solos predominantes na área são o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVA<sub>d</sub>) e o Neossolo Flúvico tb Distrófico (RU<sub>bd</sub>).

O uso do solo na sub-bacia está associado a áreas residenciais, industrias, instituições, comercio e ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social). As vegetações características da área são a arbórea, a arbustiva e a herbácea (Figura 03). Pode-se observar presença de áreas com solos descobertos, que entraram em processo erosivo e originaram voçorocas (Figura 04).

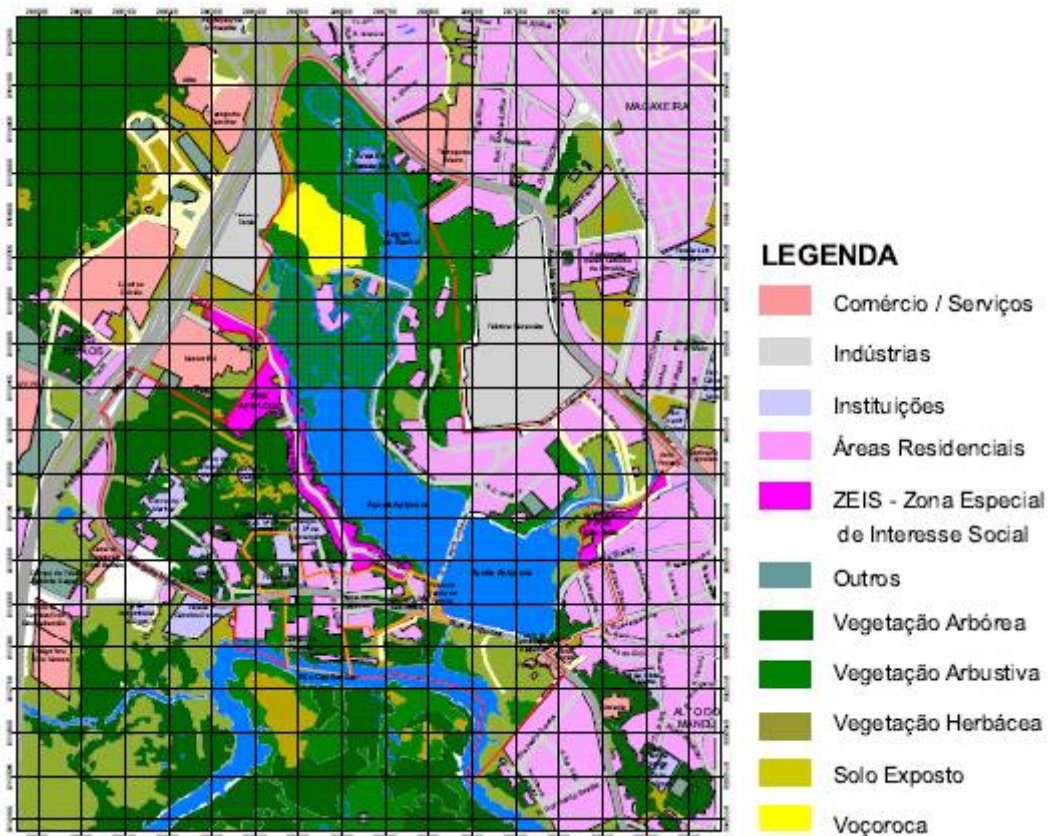


Figura 03. Carta de uso do solo da ZEPA (Zonas Especiais de Proteção Ambiental) do Açude de Apipucos (Fonte: GEOSERE/UFRPE, 2006).



Figura 04. Área de desmatamento, seguido de processo erosivo, localizada próxima ao Açude de Apipucos (Fonte: Google Earth, 2008).

O processo de erosão natural nas encostas, podendo ser agravados por desmatamentos, exposição de solos, cortes e aterros em regiões próximas a

corpos d'águas, são indicadores de degradação dos corpos hídricos por assoreamento.

A sub-bacia de Apipucos é composta por dois sub-sistemas (Açude de Apipucos e pela Lagoa do Banho) e está inserida na bacia do Capibaribe. Os dois corpos d'água que compõem o Açude de Apipucos são interligados por um canal, sendo esse volume hídrico desaguado no Rio Capibaribe, localizado ao sul deste manancial. Historicamente, tornou-se um eixo de estruturação da cidade do Recife, e transformada, através da Lei municipal Nº 16.609, de 18 de dezembro de 2000, em Unidade de Conservação Urbana (RAMOS, 2007).

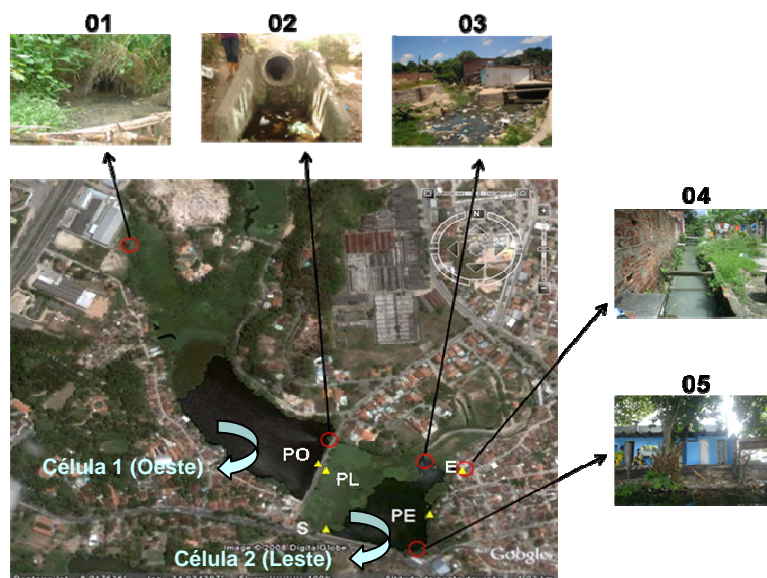
A sub-bacia tem aproximadamente 65.000 habitantes e é composta por 9 bairros distribuídos ao longo de toda a área. O Açude de Apipucos é parte integrante da bacia, e sendo um sistema aberto é diretamente influenciado pelas variáveis ambientais externas. Portanto, foi considerado como área objeto de estudo toda bacia hidrográfica, englobando as seguintes comunidades: Apipucos, Macaxeira, Alto do Mandu, Alto Santa Isabel, Nova Descoberta, Buriti, Vila São João.

### **3.2 Trabalhos exploratórios**

O trabalho exploratório consistiu em reconhecimento da área, com equipe de apoio, GPS de navegação e câmera digital. Foi realizado caminhamento por toda a área, onde foram observadas e registradas as principais fontes poluidoras do Açude e em seguida determinados os pontos de amostragem para o estudo da qualidade de água. Para tal, levou-se em consideração as entradas dos afluentes de esgoto e a massa líquida do corpo d'água.

Os pontos de entrada de afluentes no açude e os de coleta podem ser observados na Figura 05.





### LEGENDA



**Local de Poluição**



**Local de Coleta**

	Lat.	Long.		Lat.	Long.
<b>01</b>	286541.829	9113482.719	<b>PO</b>	286926.599	9113097.729
<b>02</b>	286949.586	9113159.254	<b>PL</b>	286941.112	9113090.948
<b>03</b>	287133.735	9113114.446	<b>S</b>	286936.557	9112903.931
<b>04</b>	287188.148	9113122.367	<b>PE</b>	287177.181	9113013.350
<b>05</b>	287141.473	9113122.367	<b>E</b>	287188.148	9113122.367

Figura 05. Localização dos pontos de poluição e coletas no Açude de Apipucos

Dentre os pontos de afluentes que correspondem a cargas poluentes, o ponto 01 relaciona-se a fontes de origem comerciais, 02 a fonte pluvial, 03, 04 e 05 esgoto doméstico.

As descrições dos pontos se encontram descritos abaixo:

#### *Pontos de poluição*

01 - Próximo ao frigorífico Masterboi;

02 - Canal pluvial;

03 - Próximo ao canal Nova descoberta;

04 - Próximo ao córrego Alto do Mandú;

05 - Próximo ao banheiro do bar localizado atrás do posto de gasolina.

#### *Pontos de coleta*

PO - Margem esquerda da ponte a oeste da Rua Cel. João B. do Rego Barros;

- PL - Margem direita da ponte, a leste da Rua Cel. João B. do Rego Barros. Esse ponto foi estabelecido com o intuito de verificar a existência de variações entre o mesmo e o ponto PO;
- S - Próximo ao sangradouro, em frente à Av. Estrada de Apipucos;
- PE - Próximo ao ponto E, ao bar e ao posto de gasolina, ao lado da Rua Massaranduba;
- E - Córrego Alto do Mandú, localizado na Vila de São José.

### **3.3 Qualidade da água**

O monitoramento foi desenvolvido ao longo do período de um ano, com o intuito de verificar o grau de poluição e qualidade da água do açude de Apipucos, efetuou-se levantamento de dados qualitativos da água em três campanhas.

Na primeira campanha, coletas bimestrais foram realizadas em três pontos do açude. Na segunda, realizaram-se leituras de dados (*in loco*) semanais em quatro pontos com o auxílio de equipamentos portáteis, dentre os quais três dos quatro pontos, correspondem aos mesmos pontos das coletas bimestrais. A terceira campanha correspondeu à leitura de variáveis em duas profundidades em pontos distribuídos no açude, totalizando 45 pontos.

As coletas bimestrais corresponderam a análises mais detalhadas da qualidade físico-química e microbiológica da água, realizadas nos laboratórios de Engenharia Ambiental e Química e no laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Pernambuco.

#### **3.3.1 Caracterização das campanhas bimestrais**

Foram avaliadas amostras de água superficiais em três pontos distintos do açude (PO, S e E). Salienta-se que após a terceira coleta o ponto E foi redirecionado, tendo em vista que esse se localizava em um córrego por onde fluía esgoto bruto e desejava-se coletar a amostra próximo ao encontro do esgoto com a água do açude, originando o ponto PE.

As caracterizações das variáveis físicas, químicas e microbiológicas da água, foram realizadas para os três pontos com uma periodicidade de amostragem bimestral, no período de janeiro de 2007 a janeiro de 2008,

totalizando 07 campanhas de campo, representando 03 amostras por campanha e um total de 21 amostras coletadas.

As amostras foram coletadas a uma profundidade de 15 a 30 cm em relação à superfície da lâmina d'água. O horário das coletas variou entre 08 h e 11 h da manhã.

Para as determinações físico-químicas, amostras de água foram coletadas em recipientes plásticos com capacidade para 5 litros, previamente lavados com solução de limpeza e ácido sulfúrico a 30%.

As variáveis ambientais avaliadas foram temperatura da água, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo total, oxigênio dissolvido, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos voláteis, sólidos dissolvidos fixos, sólidos solúveis totais, sólidos solúveis voláteis, sólidos solúveis fixos, sólidos sedimentáveis, cloretos, sulfatos, metais, coliformes totais e fecais.

As técnicas e metodologias empregadas em suas determinações encontram-se descritas no Tabela 01.

Tabela 01. Referência e metodologias empregadas na determinação dos parâmetros físico-químicos.

Parâmetro	Referência
DQO	SMEWW 5220 B: Refluxo fechado / titulometria (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )
DBO	SMEWW 5210 B: Incubação (20± 1° C) 5 dias
Sólidos totais	SMEWW 2540 B: Gravimetria
Sólidos fixos e voláteis	SMEWW 2540 E: Gravimetria
Sólidos dissolvidos totais	SMEWW 2540 C: Filtração em membrana de 0,45mm / gravimetria
Sólidos dissolvidos fixos e voláteis	Gravimetria
Sólidos suspensos totais	SMEWW 2540 D: Filtração em membrana de 0,45mm / gravimetria
Sólidos suspensos fixos e voláteis	Gravimetria
Nitrogênio total	SMEWW 4500 – Norg. B: Titulometria
Nitrogênio Amoniacal	SMEWW 4500 – NH <sub>3</sub> C: Titulometria
Fósforo total	SMEWW 4500 A, B e C: Digestão / colimetria (Vanadato e molibdato de amônio)
pH	SMEWW 4500 B: Potenciometria
Condutividade	Condutivímetro
Alcalinidade	SMEWW 2320 B: Titulometria (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Cloretos	SMEWW 4500-CI-B: Titulometria
Sulfatos	SMEWW 4500 – SO <sub>4</sub> E: Turbidimetria
Óleos e Graxas	Gravimetria
Temperatura	Eletrodo modelo handylab LF1, marca SCHOTT

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

Para a determinação de Oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em frascos de vidro. Depois de encher o frasco com o devido cuidado para evitar formação de bolhas, adicionou-se 1 mL da solução de sulfato de manganês e 1 mL da solução de iodeto alcalino, agitando-se em seguida para homogeneizar. Os frascos foram armazenados em caixa térmica, protegidos da luz, para posterior determinação do OD em laboratório.

Para realização das análises microbiológicas, as amostras foram coletadas em sacos apropriados, estéreis e, posteriormente acondicionadas em caixa térmica com gelo, em seguida, conduzidas ao laboratório de microbiologia da UFPE.

Os metais determinados neste estudo foram selecionados atendendo-se as exigências da Resolução do CONAMA nº 357/2005 que avalia a qualidade



da água, estabelecendo limites máximos permissíveis para a concentração de metais. Dessa forma, foram realizadas medidas de 12 elementos. Salienta-se que as análises de metais foram realizadas apenas no período seco.

Para determinação dos metais, as amostras de água foram previamente acidificadas com ácido nítrico, digeridas e posteriormente os metais (Ag, Sb, Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fé, Mn, Ni, Pb, Zn) foram determinados por espectrômetro de absorção atômica de chama.

Para a digestão das amostras, em um balão volumétrico (250 mL), aferiu-se 250 mL da amostra. Adicionaram-se 5 mL de ácido nítrico concentrado. Em seguida, homogeneizou-se a amostra, colocando-a em um Becker de 250 mL e levando-a para aquecimento em chapa a uma temperatura de 100 °C até que a amostra evaporasse à aproximadamente 20 mL. Obteve-se uma amostra límpida. Após retirá-la da chapa, deixou-se a amostra esfriar e transferiu-se a mesma para um balão de 100 mL, submetendo-a a filtração para separar algum tipo de material em suspensão. Em seguida, adicionou-se água destilada até aferir 100 mL.

Para determinação dos coliformes totais e fecais, utilizou-se a técnica dos tubos múltiplos, que consiste no inóculo de volumes decrescentes da amostra, em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos (série de 05 ou de 03). A contagem foi expressa em número mais provável (NMP 100 mL<sup>-1</sup>). As metodologias seguiram as recomendações do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA et al, 2005).

### **3.3.2 Caracterização das campanhas semanais**

Foram avaliadas semanalmente, cinco variáveis físico-químicas determinadas a uma profundidade de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água. Para tal, foram estabelecidos quatro pontos de leituras. Dos quatro pontos, três correspondem aos mesmos empregados na caracterização da campanha 01. Além desses, foi estabelecido um novo ponto (PL) com o intuito de verificar a existência de variações entre o mesmo e o ponto PO.

As variáveis avaliadas nesta etapa foram oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, condutividade (CE) e sólidos dissolvidos totais (SDT), com

auxílio de equipamentos portáteis, realizando as medidas em campo (Figura 06).

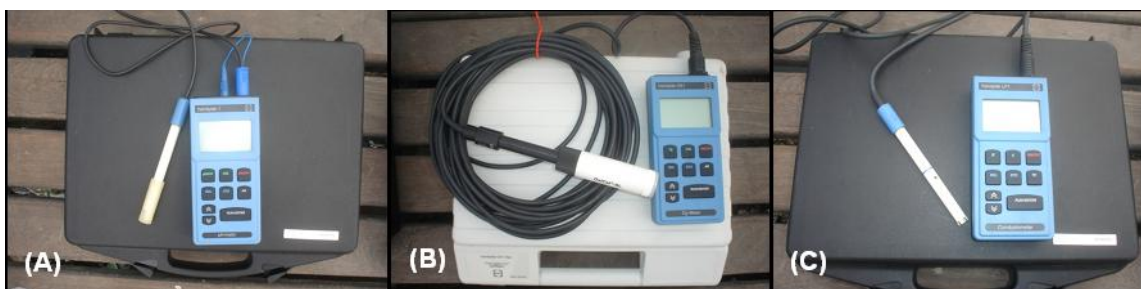


Figura 06. Equipamentos portáteis utilizados nas coletas em campo: pH-metro (A), oxímetro (B), condutivímetro (C).

As medições das variáveis foram realizadas de abril de 2007 a janeiro de 2008. Para tal, seguiram-se os seguintes métodos:

- *Temperatura da água*: medição diretamente no campo com auxílio de um eletrodo modelo handylab LF1, marca SCHOTT;
- *Potencial Hidrogeniônico (pH)*: extraído diretamente no campo com auxílio de sonda exploratória modelo handylab LF2, marca SCHOTT;
- *Oxigênio Dissolvido (OD)*: extraído diretamente no campo com auxílio de um eletrodo modelo handylab OX1, marca SCHOTT;
- *Condutividade*: extraído diretamente no campo com auxílio de um eletrodo modelo handylab LF1, marca SCHOTT;
- *Sólidos Dissolvidos*: extraído diretamente no campo com auxílio de sonda exploratória modelo handylab LF1, marca SCHOTT.

### 3.3.3 Caracterização da qualidade da água em duas profundidades

O estudo foi realizado no dia 07 de dezembro de 2007. Com o auxílio de um bote motorizado do Grupamento do Corpo de Bombeiros de Pernambuco (Figura 04), foi realizado o levantamento de quatro variáveis físico-químicas, em duas profundidades (30 e 60 cm abaixo da superfície da lâmina d'água), em 45 pontos distribuídos ao longo de todo o Açude de Apipucos. Sendo 26 pontos localizados na célula 01 e 19 pontos na célula 02. Todos os pontos foram georreferenciados com auxílio de um GPS de navegação, modelo Garmim.

As variáveis avaliadas foram oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água, sólidos dissolvidos totais (SDT) e condutividade (CE). Os equipamentos e metodologias utilizadas para medição em campo foram os mesmos empregados na segunda campanha.

### **3.4 Caracterização Pluviométrica**

Durante o período de monitoramento, analisou-se a ocorrência de precipitação, de forma que possibilitasse observar sua influência na qualidade das águas no período de amostragem. Para tal, foram utilizados dados pluviométricos de um pluviômetro automático, modelo TB4-L pluviógrafo de Bascula da Campbell Scientific, com resolução de 0,254 mm e capacidade de acumulação de 0 à 700 mm/h de pluviosidade. Cada pluviógrafo é dotado de um datalogger, que, a cada evento de chuva, registra a lâmina precipitada em um intervalo de tempo de 15 minutos, localizado na Estação Meteorológica do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) da UFRPE a 02 km do Açude de Apipucos.

Alguns trabalhos mostram que o efeito das chuvas nas águas lânticas da bacia de drenagem se manifestam até três dias posteriores à ocorrência das chuvas (TAVARES et al., 1998; citado por GUIMARÃES et al., 2005). Desta forma, na relação entre as precipitações ocorridas e as variáveis estudadas, utilizou-se neste estudo, dados de chuvas acumulados no período de 72 horas anteriores às coletas até o momento em que as mesmas foram realizadas.

A variação da precipitação total mensal, durante todo o ano de 2007 e janeiro de 2008, pode ser observada na Figura 07. Observa-se que os meses mais chuvosos na região, concentraram-se entre os meses de abril e setembro. No entanto, o mês de fevereiro também apresentou precipitação elevada quando comparada com os demais meses. A precipitação total registrada no ano de 2007 correspondeu a 2.130 mm.

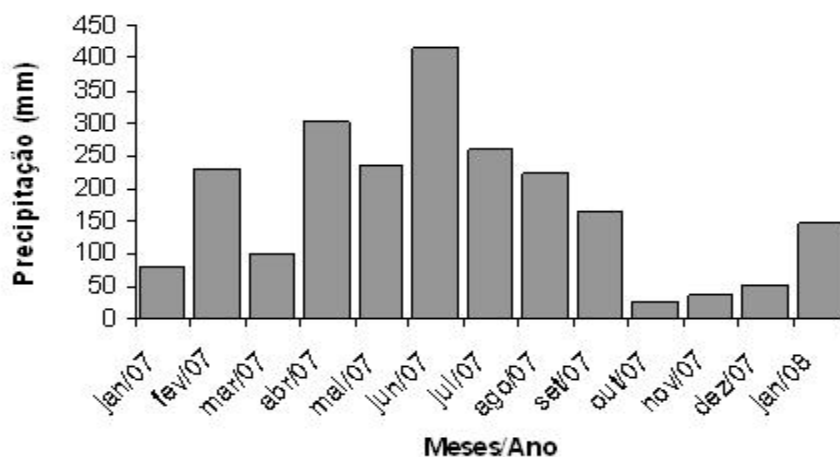


Figura 07. Precipitação total mensal (mm) no período de janeiro de 2007 a janeiro de 2008.

### 3.5 Análise dos dados

Foi utilizada a Análise de Componentes Principais – ACP para avaliar a associação entre as variáveis e para escolher parâmetros ambientais mais significativos (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

Buscando reduzir a dimensionalidade dos dados, reconhecer padrões de comportamento e detectar anomalias, foi utilizado o programa THE UNSCRAMBLER, versão 7.01 e o STATISTIC FOR WINDOWS, versão 5.1 para realizar a análise de componentes principais.

Os valores encontrados dos parâmetros avaliados nesse estudo foram comparados com os padrões da Resolução CONAMA nº 357/05, estabelecidos para águas doces da Classe 2.

### 3.6 Levantamento Batimétrico

A fim de determinar o relevo da sub-superfície do Açude, realizou-se um estudo batimétrico do corpo d'água, para obter um mapa de profundidade do açude e dar subsídios a uma análise preliminar de aportes de sedimentos provenientes de esgotos domésticos e de escoamento superficial.

O trabalho de campo foi realizado nos dias 05 e 06 de dezembro de 2007. Com o auxílio de um bote motorizado do Grupamento do Corpo de Bombeiros de Pernambuco e uma sonda mecânica, lançada ao fundo de cada ponto. Determinaram-se as profundidades de 58 pontos (32 pontos na célula 1

e 26 na célula 2), os quais foram georreferenciados com o auxílio de um GPS geodésico.

O levantamento batimétrico foi desenvolvido seguindo-se linhas paralelas à Rua Cel. João do Rego Barros. Os pontos distanciavam-se aproximadamente 25 a 30 metros um do outro e entre seção transversal.

As coordenadas foram obtidas pelo pós-processamento dos dados coletados em campo por um par de GPS DL4plus da NovAtel, com o auxílio do programa EZSurv.

As curvas de níveis e os perfis do estudo batimétrico foram gerados através do Software AutoCad versão 2006.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Levantamento batimétrico do Açude

O levantamento batimétrico tem a finalidade de mostrar a morfologia da subsuperfície aquática através de perfis transversais e longitudinais nas áreas passíveis de navegação (FORTALEZA, 2007). Nesse contexto, através do levantamento batimétrico realizado foram obtidos 09 perfis transversais da área (Anexo).

Verificou-se que o volume e a área total do Açude de Apipucos compreendem, em valores aproximados, a respectivamente 314.447,85 m<sup>3</sup> e 15,94 ha.

A célula 1 possui um volume de aproximadamente 198.816,79 m<sup>3</sup> e área do espelho d'água de 9,18 ha. Já a célula 2 apresenta um volume de 115.631,06 m<sup>3</sup> e área do espelho d'água de 6,77 ha.

Valores semelhantes de área do Açude foram encontrados por Araújo (2000), na célula 2 área de 6,20 ha e célula 1 área de 9,60 ha, corroborando com este estudo.

A profundidade média entre os pontos avaliados variou entre 1,68 m a 2,50 m, respectivamente, nas células 1 e 2. Valores próximos a esses foram encontrados por RECIFE (1997) em estudo batimétrico realizado no final da década de 1980, onde o Açude apresentava uma profundidade média em torno de 1,5 a 2,0 metros, considerado pelo autor bastante assoreado.

De acordo com estudos comparativos de levantamentos batimétricos realizados em 1998 e 2000 respectivamente, cerca de 70% da área do espelho líquido do Açude encontrava-se em avançado processo de assoreamento por material que contribuía para o comprometimento da qualidade das suas águas, para usos paisagísticos e de lazer (ARAÚJO, 2000), corroborando com o que foi evidenciado por RECIFE (1997).

No entanto, os valores de área e profundidades do Açude encontrados nesse estudo, não foram indicativos de que o mesmo sofreu assoreamento significativo, ou este não foi notório

Segundo RECIFE (1997) a composição dos sedimentos encontrados no fundo do Açude, caracteriza-se predominantemente pela presença de lama,

composta de matéria orgânica e inorgânica. Sendo os índices de cascalho e areia inexpressivos.

## **4.2 Qualidade das águas**

### **4.2.1 Comparação dos Parâmetros com a Resolução CONAMA 375/05**

Para algumas das variáveis que se mostraram fora dos padrões da Resolução CONAMA 375/05 para água de Classe 2, optou-se por atribuir as variáveis um maior detalhamento.

Em todos os pontos, durante todo o período estudado, os valores de fósforo total apresentaram-se superiores ao estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para águas da Classe 2 que é de 0,030 mg/L para ambiente lântico (Figura 09). Segundo Sperling (1996), valores elevados de P total podem ser utilizados como indicadores do estado eutrófico de lagos, sendo valores acima de 0,05 mg/L indicativo de eutrofização. No Brasil os esgotos sanitários apresentam concentrações de fósforo normalmente nas faixas de 6 a 10 mg/L (PIVELI e KATO, 2006).

Foram observados picos de fósforo total nos mês de maio e julho de 2007 (17,64 e 15,95 mg/L) respectivamente, nos pontos E e PE. Esses valores foram obtidos em períodos de maiores quantidades de chuvas, correspondendo a 38,61 e 53,60 mm (chuva contabilizada em até 72 horas anteriores à coleta). Esses pontos são caracterizados por receberem maior contribuição de carga orgânica oriundas de esgoto doméstico.

Hahn et al (2001), observaram que no verão, onde ocorreu o menor pico de chuvas, as concentrações de nitrogênio e fósforo total foram menores que no inverno. O autor associa os altos valores de nitrogênio e fósforo registrados durante o inverno, ao excesso de chuvas registrados na época, o que provoca o revolvimento destas substâncias até então depositadas nos sedimentos. Guimarães et al. (2005), estudando a qualidade da água do Açude Epitácio Pessoal na Paraíba, observou que no período chuvoso o fósforo total apresentou suas maiores concentrações.

Segundo Chapman (1992), citado por Peláez-Rodríguez (2001), as concentrações de fósforo, na maioria das águas naturais, encontram-se entre 0,005mg/L e 0,020 mg/L. O menor valor de fósforo total encontrado nas águas

do Açude de Apipucos foi de 0,05 mg/L no sangradouro e a oeste da ponte, nos meses que ocorre o verão.

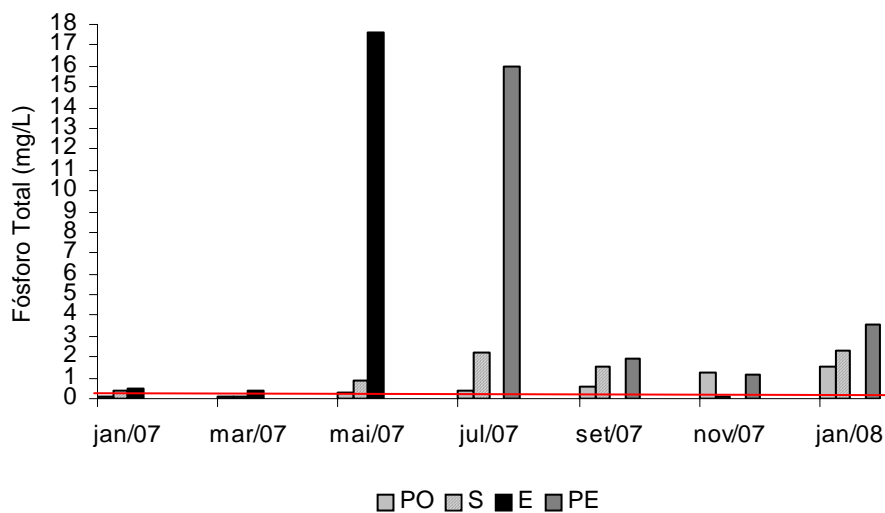


Figura 08. Evolução dos teores de fósforo total no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento.

Os maiores valores de N-total foram 17,20 e 20,01 mg/L respectivamente no sangradouro e no esgoto do Córrego Alto do Mandu. Neste período não houve ocorrência de chuvas.

Nos pontos S, E e PE, o nitrogênio amoniacal mostrou-se superior ao valor estabelecido pelo CONAMA 375/05 (Figura 10), os quais variam com pH encontrado no ambiente. De acordo com a resolução para valores de pH menores ou iguais a 7,5 não é aceitável valores de nitrogênio amoniacal superiores a 3,7 mg/L.



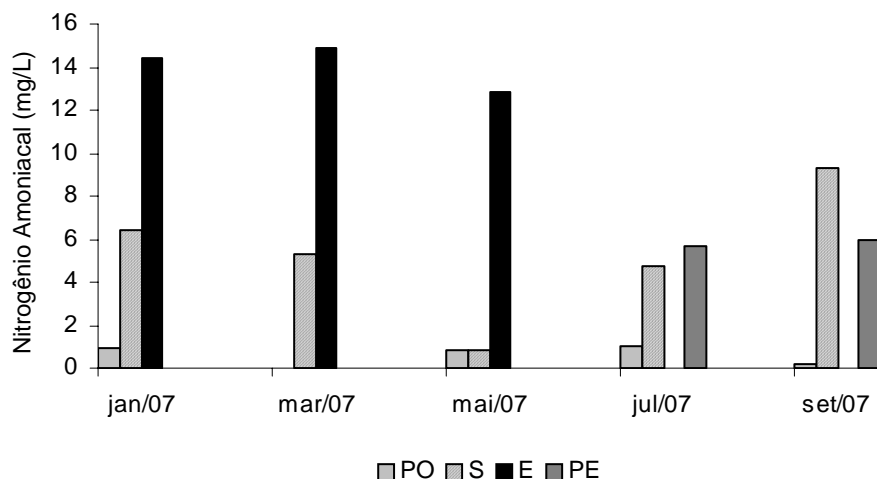


Figura 09. Evolução dos teores de nitrogênio amoniacoal no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento.

A alcalinidade foi medida em termos de alcalinidade total, constituída por bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). A distribuição entre as três formas na água, dar-se em função do pH. Os valores de pH nesta avaliação variaram entre 6,47 e 7,70. Segundo Sperling (1996), valores de pH entre 4,4 e 8,3 indicam presença apenas de bicarbonatos em água, representando 100% da alcalinidade total (FARIAS, 2006). Os valores máximos de alcalinidade total foram encontrados nos pontos S e E, (Figura 11).

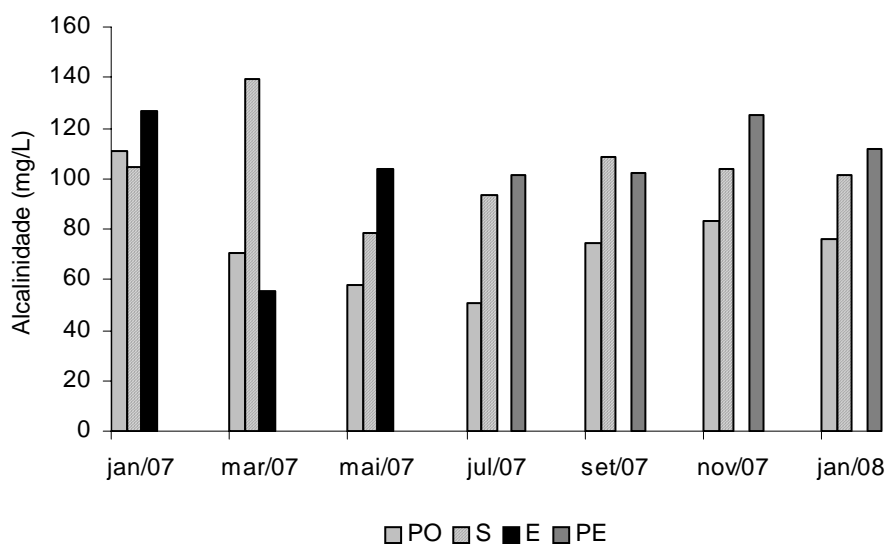


Figura 10. Evolução dos teores de alcalinidade total no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento.

O OD só mostrou-se dentro das condições de exigência do CONAMA para classe 2, no ponto PO, no mês de maio de 2007 (6,38 mg/L do O<sub>2</sub>) no ponto S no mês de janeiro de 2007 (6,0 mg/L de O<sub>2</sub>).

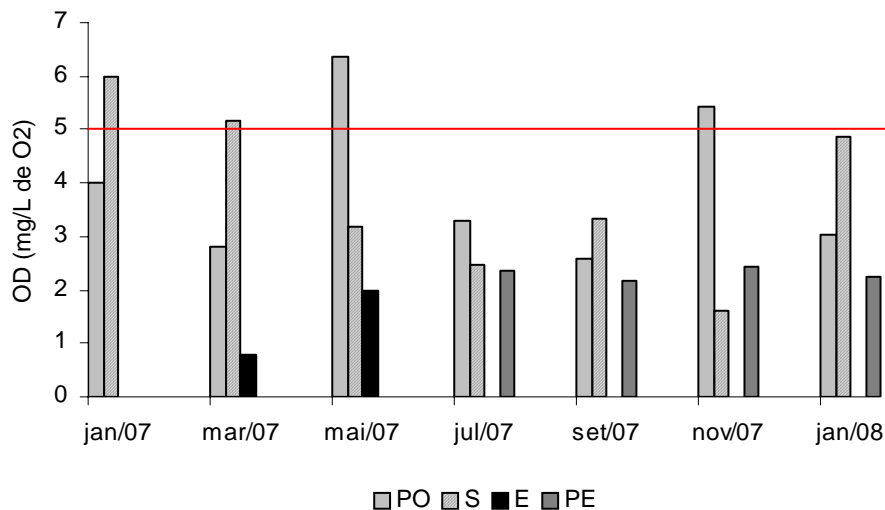


Figura 11. Evolução dos teores de oxigênio dissolvido no Açude de Apipucos ao longo do período de monitoramento.

Todas as amostras avaliadas de setembro a janeiro apresentaram valores de ferro superiores aos estabelecidos pelo CONAMA 2005 (Figura 13). O ponto que apresentou maiores concentrações de ferro foi o PE, variando entre 2,382 a 3,152 mg/L, provavelmente por estar mais próximo a área de despejo do esgoto. O menor valor observado foi de 0,832 mg/L no ponto PO. Araújo (2000) observou que os valores de ferro próximo ao sangradouro, nos meses de junho a setembro de 1987, variaram de 0,90 mg/L a 3,0 mg/L.

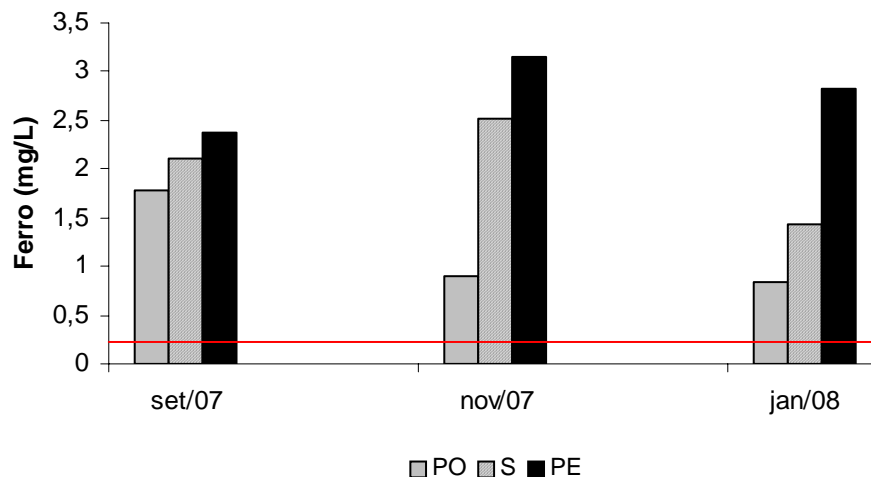


Figura 12. Evolução dos teores de Ferro no Açude de Apipucos entre setembro de 2007 e janeiro de 2008.

Os cloretos e sulfatos, apesar de presentes em todas as avaliações, apresentaram-se dentro das exigências para águas da classe 2, encontrando-se em valores inferiores a 250 mg/L.

Os valores de pH apresentaram-se próximos a neutralidade, variando entre 5,38 e 7,70. Estes resultados corroboram com os encontrados no Açude por RECIFE (1997), que foi de 5,7 a 7,0.

A temperatura alcançou valores de 30,10°C no sangradouro.

### **Coliformes**

A contaminação por Coliforme fecal das amostras observada através do indicador de Coliformes Termotolerantes (Tabela 03), foi evidenciada em todos os pontos, durante todo o período de estudo, apresentando desconformidade com a Resolução CONAMA 357/05 que limita a contaminação dos Coliformes Termotolerantes a 1000 coliformes por 100 mL da amostra, evidenciando a importância da mensuração deste parâmetro na qualidade da água da bacia hidrográfica, que prove uma noção da ordem de grandeza da população bacteriana de um manancial (NIEWEGLOWSKI, 2006).

Valores acima de 1600 NMP de Coliformes fecais em 100 mL das amostras também foram observados em todos os pontos, ficando evidente a contaminação do Açude de Apipucos com organismos patogênicos, que podem causar enfermidades de veiculação hídrica (NIEWEGLOWSKI, 2006; PINTO, 2005).

Tabela 03. Resultado dos valores de coliformes termotolerantes.

Meses	Pontos de coleta			* Valores de referencia
	PO	S	E	(NMP)
2007/2008				
Março	1600	1600	1600	1000
Maio	1600	1600	1600	1000
Julho	1600	1600	1600	1000
Setembro	1600	1600	1600	1000
Novembro	>1600	>1600	>1600	1000
Janeiro	>1600	>1600	>1600	1000

\*Resolução CONAMA nº357/05

#### 4.2.2 Análise das Componentes Principais (ACP)

Em função do grande número de variáveis estudadas e do número de dados obtidos em pontos e períodos diferentes, optou-se por trabalhar com análise multivariada (ACP) para manipular e interpretar o grande volume de dados obtidos, já que a técnica procura diminuir a dimensionalidade da matriz de dados.

Em geral, espera-se que um menor número de componentes principais possa explicar a maior parte da variância dos dados, sem perda de informação relevante (GUIRAUD et al., 2003).

Para realizar a análise de componentes principais dos dados físico-químicos, considerou-se a chuva precipitada em 72 horas anteriores à coleta e a presença ou ausência de baronetas no momento em que as mesmas foram realizadas (Apêndice XXX). Salienta-se também que os dados das coletas bimestrais foram em função do tempo e as demais avaliações foram relacionadas com o espaço.

As variáveis coliformes totais e fecais não foram utilizadas na ACP, pois não apresentou boa correlação com as demais variáveis, sendo descartadas pelo programa. Lira (2000) também não observou nenhuma correlação significativa entre coliformes fecais e as variáveis físico-químicas avaliadas nas águas do Açude do Prata em Bonito-PE, nem tampouco observou correlação evidente de coliformes fecais com a ocorrência de chuvas.

Foram utilizadas abreviaturas para as variáveis, necessárias na representação matemática dos pesos (Tabela 04).

Tabela 04. Abreviações das variáveis utilizadas na ACP e na representação matemática dos pesos (*loadings*).

Variável	Abreviações	Variável	Abreviações
Demanda Química de Oxigênio	DQO	Oxigênio Dissolvido	OD
Demanda Biológica de Oxigênio	DBO	Temperatura	Temp
Potencial Hidrogeniônico	pH	Precipitação	Prec
Condutividade	CE	Baronesa	Bar
Nitrogênio Total	NT	Níquel	Ni
Nitrogênio Amoniacal	NH3	Ferro	Fe
Fósforo Total	PT	Alumínio	Al
Sólidos Totais	ST	Cobre	Cu
Sólidos Voláteis	SV	Cobalto	Co
Sólidos Fixos	SF	Antimônio	Sb
Sólidos Solúveis Totais	SST	Zinco	Zn
Sólidos Solúveis Voláteis	SSV	Manganês	Mn
Sólidos Solúveis Fixos	SSF	Cádmio	Cd
Sólidos Dissolvidos Totais	SDT	Cromo	Cr
Sólidos Dissolvidos Voláteis	SDV	Prata	Ag
Sólidos Dissolvidos Fixos	SDF	Chumbo	Pb

Para melhor visualização e identificação dos agrupamentos realizados na ACP, atribuíram-se letras, variando entre A e J.

### ***Análises realizadas em profundidades diferentes***

A primeira componente retém 63% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis sólidos dissolvidos e oxigênio dissolvido.

$$\mathbf{PC1 = - 0,522SDT - 0,449CE + 0,534OD + 0,491Temp}$$

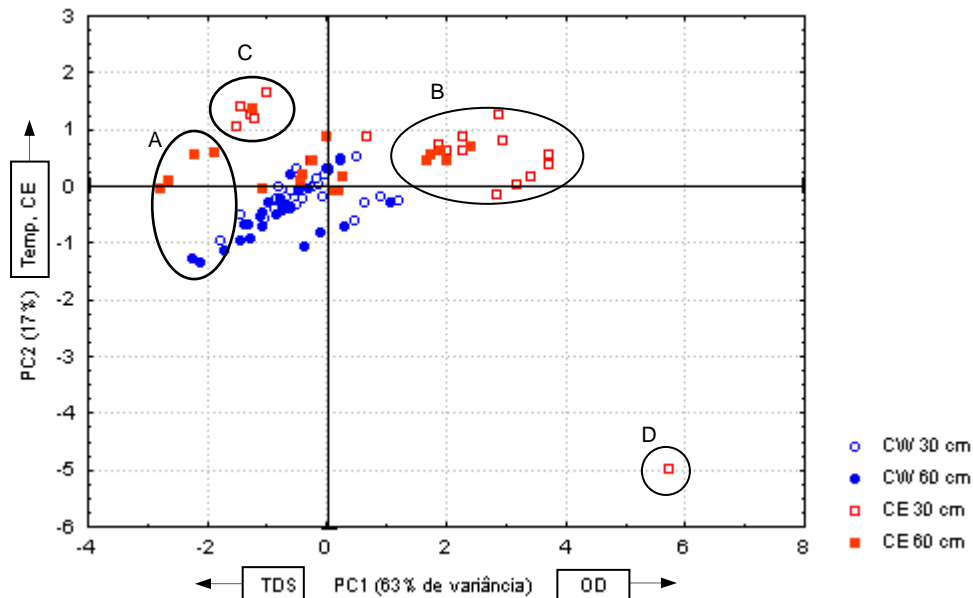


Figura 13. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos, baseada na distribuição espacial de amostragens em duas profundidades (30cm e 60cm), nas células 1 (Oeste) e 2 (Leste) do Açude de Apipucos.

O grupo A, composto por amostras coletadas, em sua maioria, a 60 cm de profundidade do Açude apresenta maiores quantidades de SDT. Provavelmente, esses valores estão atribuídos a influencia de sedimentos, por estarem mais próximos do fundo.

O grupo B, em sua maioria, composto por amostras realizadas a 30 cm da superfície, apresentaram maior OD e baixo SDT. Esses parâmetros apresentaram correlação negativa na PC1.

Os valores de OD confrontam com a presença de temperaturas mais elevadas. Isso pode ser decorrente da presença de microalgas neste local.

As amostras do grupo C apresentam baixa temperatura e condutividade elétrica.

De acordo com Macêdo (2002), a solubilidade dos gases decresce e a dos sais minerais cresce com o aumento da temperatura da água.

O grupo D apresenta valores de OD atípico, sendo bastante elevados em relação às demais amostras.

A segunda componente retém 17% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis condutividade e temperatura.

$$PC2 = 0,190SDT + 0,749CE + 0,300OD + 0,560Temp$$

Foram necessárias apenas duas componentes para representar 80% das variações sistemáticas dos dados. Vinte por cento dos dados restantes devem indicar flutuações aleatórias.

### **Análises semanais**

A primeira componente retém 45% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis pH e temperatura.

$$PC1 = 0,426pH + 0,435Temp + 0,345CE + 0,320OD + 0,384SDT + 0,365Bar - 0,357Prec$$

O pH e a temperatura apresentaram uma correlação positiva. O pH, nos períodos amostrais, variou entre levemente ácido e básico, apresentando entre os pontos a menor média em 6,86 e a maior em 7,11. Os valores encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2 que é de 6,0 a 9,0.

Segundo Lira (2008), valores de pH alcalino podem estar associados ao aumento da atividade fotossintética. Processo de eutrofização (aporte de N e P), com aumento da biomassa vegetal, também fornecem o aumento do pH.

Guimarães et al. (2005), estudando a qualidade da água do açude Epitácio Pessoal na Paraíba, observou que o pH apresentou variações semanais, variando de 7,7 a 8,3.

A temperatura no Açude de Apipucos variou entre 27,10°C e 28,70°C. Valores semelhantes foram obtidos por LIRA (2000), na superfície do açude do Prata, onde os valores de temperatura variaram de 27,2 a 28,2°C.

Lira (2008) observou que a temperatura da água da Lagoa do Araçá apresentou valor médio de 29,5°C. A temperatura mínima registrada foi de 27°C no mês de julho e a temperatura máxima foi de 31,7°C no mês de outubro. Os valores de temperatura apresentaram um ciclo sazonal bem definido.

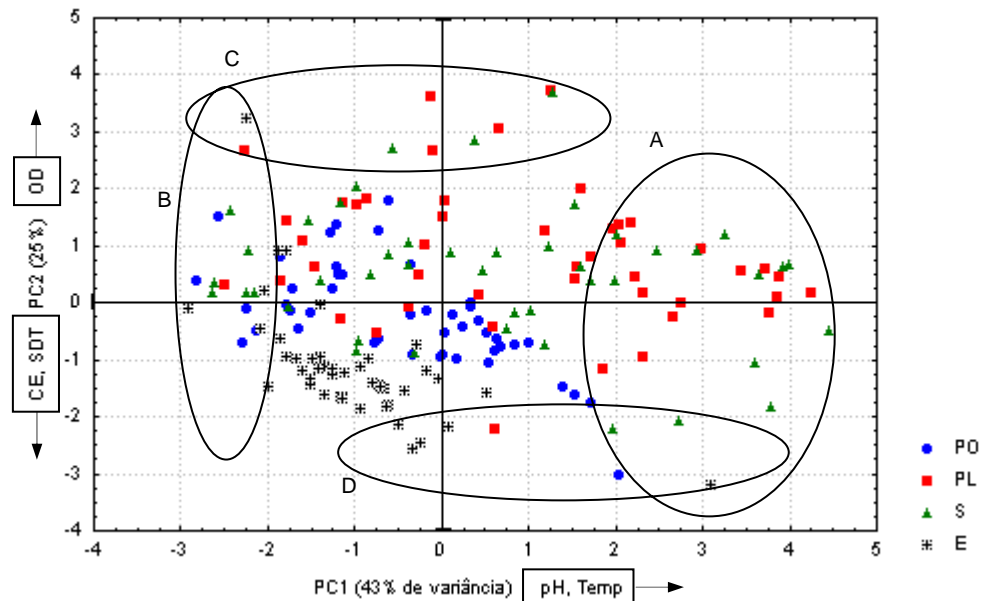


Figura 14. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronezas, baseada na distribuição temporal das amostragens de frequência semanal. Ponte lado oeste (PO), Ponte lado Leste (S), esgoto (E).

As amostras contidas no grupo B, apresentam pH e temperatura mais baixos que as encontradas no grupo A e D, que encontram valores mais elevados. Esta última, também apresentam quantidades de sais mais elevados.

As amostras do grupo D apresentam Condutividade elétrica e SDT altos.

A segunda componente retém 29% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis condutividade, oxigênio dissolvido e sólidos dissolvidos.

$$\text{PC2} = 0,398\text{pH} + 0,228\text{Tem} - \mathbf{0,463\text{CE}} + \mathbf{0,544\text{OD}} - \mathbf{0,458\text{SDT}} - 4,54\text{E-}02\text{Bar} + 0,260\text{Prec}$$

A condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais apresentam uma correlação negativa com o oxigênio dissolvido, estando inversamente proporcionais. Baixos valores de SDT são responsáveis por uma maior quantidade de OD na água, possivelmente por ser um período de maiores ocorrências de chuvas. Guimarães et al. (2005), observou que concentração de sólidos dissolvidos totais decresceu com as chuvas.



Os altos valores de OD encontrados no ponto PE podem estar associados à presença de baroneas próximas ao ponto, já que a ocorrência de atividade fotossintética proporciona uma maior produção deste elemento. Outros fatores que podem estar associados a esse efeito são os desenvolvimentos de algas e turbulência na água no momento das leituras provocada por fortes ventos.

$$\mathbf{PC3} = 6,57\mathbf{E-02pH} - 0,277\mathbf{Temp} + 6,68\mathbf{E-01CE} - 5,10\mathbf{E-02OD} + 8,77\mathbf{E-02SDT} + \mathbf{0,733Bar} + \mathbf{0,610Prec}$$

Na PC3 observa-se uma forte correlação positiva entre a baronesa e a precipitação. O que demonstra que o aumento das chuvas promove maior desenvolvimento da macrófitas.

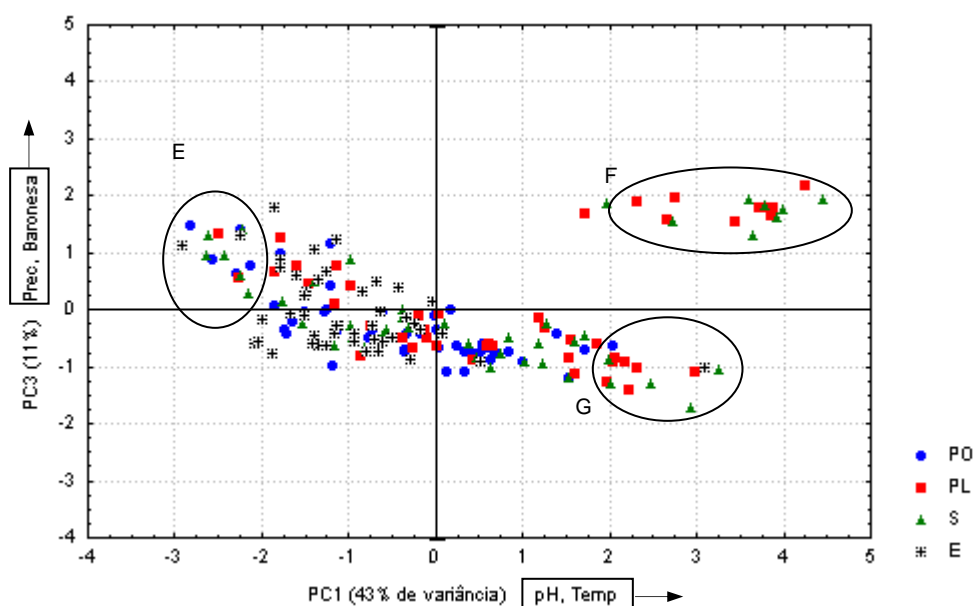


Figura 15. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 3, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baroneas, baseada na distribuição temporal das amostragens de frequência semanal. Ponte lado oeste (PO), Ponte lado Leste (S), esgoto (E).

As mostras do agrupamento E, estão influenciadas pelas chuvas ocorridas no período e em menor dimensão por valores baixos de pH e temperatura.

Guimarães et al. (2005), observaram que os fatores climáticos, morfológicos e antropogênicos influenciaram a grande variabilidade no tempo e

no espaço da qualidade da água no açude Epitácio Pessoa. E que as chuvas ocorridas no período de estudo, produziram forte impacto nas suas características qualitativas.

Os agrupamentos F e G apresentam maiores valores de pH e temperatura, entretanto, o grupo F apresenta uma forte correlação com as baroneas e estes compreendem dos pontos PL e S.

Durante todo o período de estudo, observou-se que o desenvolvimento de baroneas dá-se em maior proporção na célula 2, onde ocorre grande contribuição de esgoto doméstico bruto. Na célula 1 a presença de baroneas é mais evidenciada em suas margens.

De acordo com Chamixais (1984) o açude de Apipucos apresenta um elevado nível de eutrofização, sendo esta mais acentuada nas margens, evidenciadas pela maior densidade de macrofitas como *Euchhornia crassipes Solms* (baronesa), ocupando, em alguns períodos toda a lamina d'água.

Segundo RECIFE (1997), numa avaliação do Açude de Apipucos durante 3 meses, realizada no fim da década de 80 (Rua João. B. do Rego Barros) no açude de Apipucos, que em nossa avaliação atual corresponde ao ponto PL de coleta, observou-se no terceiro mês, que houve um aumento na DBO e redução de OD, o que foi justificado pelo autor pela retirada da baronesa no local que se comporta como filtro biológico, deixando de combater o excesso de coliformes fecais trazidas pelos canais de esgoto.

Foram necessárias apenas duas componentes para representar 74% das variações sistemáticas dos dados. Vinte e seis por cento dos dados restantes devem indicar flutuações aleatórias.

### **Análises bimestrais**

A primeira componente retém 42% da informação original e é constituída pelas variáveis demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais, voláteis e fixos, sólidos suspensos totais, voláteis e fixos, sólidos sedimentáveis e nitrogênio total.



A segunda componente retém 14% da informação original e é constituída pelas variáveis sólidos dissolvidos fixos, óleos e graxas, precipitação e temperatura.

$$\begin{aligned} \mathbf{PC2} = & 7,41\text{E-}02\text{DQO} + 9,49\text{E-}02\text{DBO} - 9,32\text{E-}02\text{ST} - 5,32\text{E-}01\text{SV} - 0,217\text{SF} \\ & + 3,01\text{E-}02\text{SST} + 1,76\text{E-}02\text{SSV} + 4,49\text{E-}02\text{SSF} - 0,263\text{SDT} - 5,50\text{E-}02\text{SDV} - \\ & \mathbf{0,389\text{SDF}} + 9,76\text{E-}01\text{S.Sed.} + 0,285\text{CE} + 7,89\text{E-}02\text{pH} + 0,15\text{NT} + 0,127\text{NH}_3 - \\ & 4,83\text{E-}02\text{PT} + 0,215\text{Alc} + 0,265\text{Cl} + 4,93\text{E-}02\text{SO}_4 - 9,15\text{E-}01\text{OD} + \mathbf{0,463\text{O\&G}} + \\ & 3,25\text{E-}02\text{Bar} - \mathbf{0,404\text{Prec}} + \mathbf{0,276\text{Temp}} \end{aligned}$$

A amostra referente a janeiro de 2008 grupo D apresenta temperatura mais elevadas e maior presença de óleos e graxas, exercendo maior influência na PC2.

O grupo E apresenta maiores precipitações e SDF na PC2. Os altos valores de SDF podem estar associados à entrada de material inorgânico ou mineral nos pontos PO e S (Figura 17).

A correlação positiva entre a precipitação e os SDF, sugere a influência das chuvas no aumento de material inorgânico na água, o que pode ser justificado pelo carreamento dos mesmos através das águas de chuvas pelo escoamento superficial.

A terceira componente retém 10% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos voláteis, pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade e oxigênio dissolvido.

$$\begin{aligned} \mathbf{PC3} = & - 2,69\text{E-}02\text{DQO} + 7,21\text{E-}02\text{DBO} - 4,94\text{E-}02\text{ST} + 2,29\text{E-}02\text{SV} - 3,17\text{E-} \\ & 02\text{SF} - 0,169\text{SST} - 0,16\text{SSV} - 0,175\text{SSF} + \mathbf{0,292\text{SDT}} + \mathbf{0,4\text{SDV}} + 0,174\text{SDF} - \\ & 0,188\text{S.Sed.} + 1,44\text{E-}02\text{CE} - \mathbf{0,358\text{pH}} + 0,172\text{NT} + \mathbf{0,362\text{NH}_3} - 0,121\text{PT} + \\ & \mathbf{0,23\text{Alc}} + 2,3\text{E-}02\text{Cl} + 9,72\text{E-}02\text{SO}_4 - \mathbf{0,363\text{OD}} + 4,35\text{E-}02\text{O\&G} + 0,242\text{Bar} - \\ & 0,142\text{Prec} - 0,124\text{Temp} \end{aligned}$$

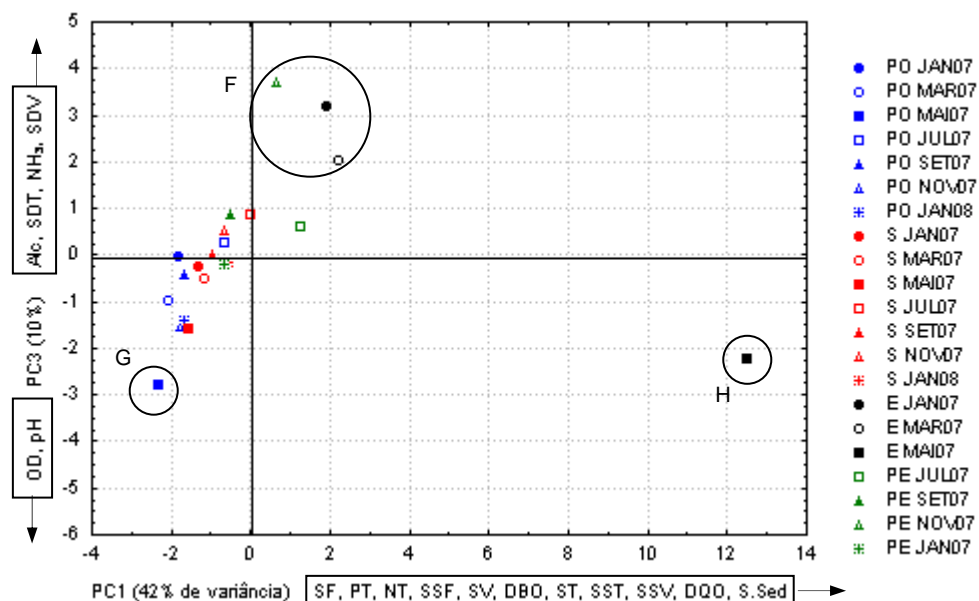


Figura 17. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 3, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), esgoto (E), ponto próximo ao esgoto (PE).

O grupo G é composto pela amostra do mês de maio de 2007 e apresenta maior OD e pH, e menores quantidades de nutrientes, sais, DBO e DQO.

O aumento do nitrogênio amoniacal está diretamente associado à maior concentração de sólidos dissolvidos voláteis, o que pode ser observado na correlação positiva entre os dois parâmetros.

A quarta componente retém 9% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis condutividade, fósforo total, cloretos, sulfatos e pela baronesa.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{PC4} = & -3,62\text{E-}02\text{DQO} - 0,129\text{DBO} - 0,122\text{ST} + 5,01\text{E-}02\text{SV} - 0,111\text{SF} - \\
 & 2,19\text{E-}02\text{SST} - 2,81\text{E-}02\text{SSV} - 1,38\text{E-}02\text{SSF} - 0,216\text{SDT} + 0,21\text{SDV} - \\
 & 0,231\text{SDF} - 3,72\text{E-}02\text{S.Sed.} - \mathbf{0,349\text{CE}} + 0,321\text{pH} - 3,52\text{E-}02\text{NT} - 2,23\text{E-} \\
 & 02\text{NH}_3 + \mathbf{0,23\text{PT}} - 1,82\text{E-}01\text{Alc} - \mathbf{0,287\text{Cl}} + \mathbf{0,266\text{SO}_4} - 0,103\text{OD} + 0,295\text{O\&G} \\
 & + \mathbf{0,497\text{Bar}} + 0,138\text{Prec} - 9,46\text{E-}02\text{Temp}
 \end{aligned}$$

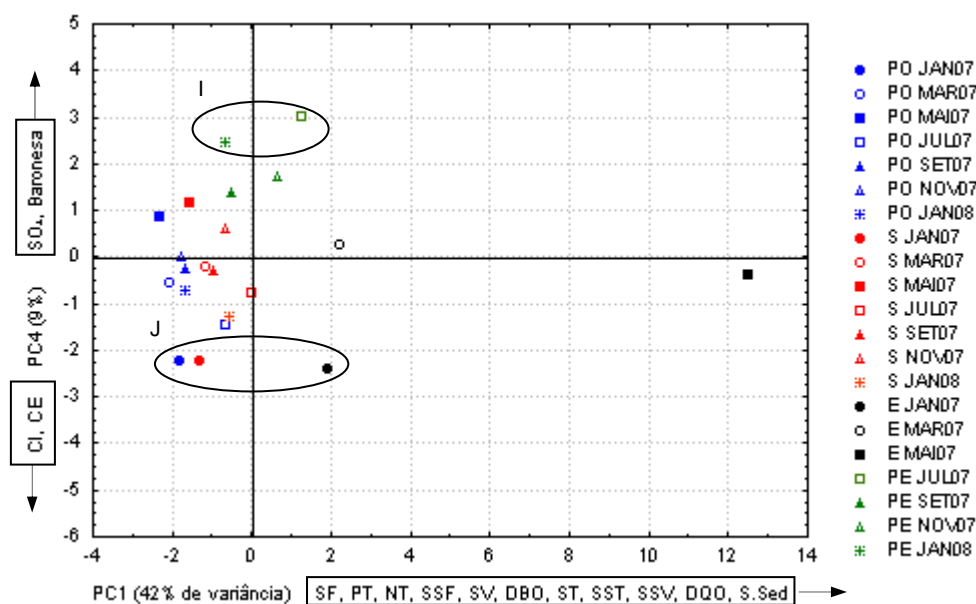


Figura 18. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 4, dos dados físico-químicos, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), esgoto (E), ponto próximo ao esgoto (PE).

As amostras do grupo I apresentam quantidades mais significativas de sulfato e também foram mais influenciadas pelas baronesas.

O grupo J é composto por amostras dos pontos PO, S e E no mês de janeiro de 2007. São amostras que apresentam maiores concentrações de sais. A correlação positiva entre CE e Cl é justificada pela maior presença de íons na água.

Foram necessárias quatro componentes para representar 75% das variações sistemáticas dos dados. Vinte e cinco por cento dos dados restantes devem indicar flutuações aleatórias.

### **Análises de metais e demais variáveis**

A primeira componente retém 33% da informação original e é constituída, principalmente, pelas variáveis nitrogênio amoniacal, cloretos e sulfatos.

$$\begin{aligned}
 \text{PC1} = & - 4,41\text{E-}01\text{DQO} - 1,50\text{E-}02\text{DBO} - 4,31\text{E-}02\text{ST} - 4,90\text{E-}02\text{SV} - 2,92\text{E-} \\
 & 02\text{SF} + 8,98\text{E-}01\text{SST} + 1,41\text{E-}02\text{SSV} + 4,28\text{E-}01\text{SSF} - 4,87\text{E-}02\text{SDT} - 4,93\text{E-} \\
 & 02\text{SDV} - 4,33\text{E-}02\text{SDF} - 4,42\text{E-}01\text{S,Sed,} + 1,20\text{E-}02\text{CE} + 1,02\text{E-}01\text{pH} - \\
 & 2,43\text{E-}02\text{NT} - \mathbf{0,584\text{NH}_3} + 1,94\text{E-}02\text{PT} - 3,50\text{E-}02\text{Alc} + \mathbf{0,689\text{Cl}} - \mathbf{0,449\text{SO}_4} + \\
 & 1,55\text{E-}02\text{OD} + 1,11\text{E-}02\text{O\&G} + 2,39\text{E-}02\text{Temp} - 2,79\text{E-}02\text{Prec} - 2,03\text{E-}02\text{Bar} \\
 & - 2,96\text{E-}01\text{Co} - 4,28\text{E-}02\text{Al} - 3,45\text{E-}02\text{Fe} + 1,80\text{E-}02\text{Cu} - 3,82\text{E-}02\text{Mn} + 5,51\text{E-} \\
 & 01\text{Zn} + 4,93\text{E-}01\text{Pb} + 2,56\text{E-}02\text{Cd} + 265\text{E-}02\text{Ni}
 \end{aligned}$$

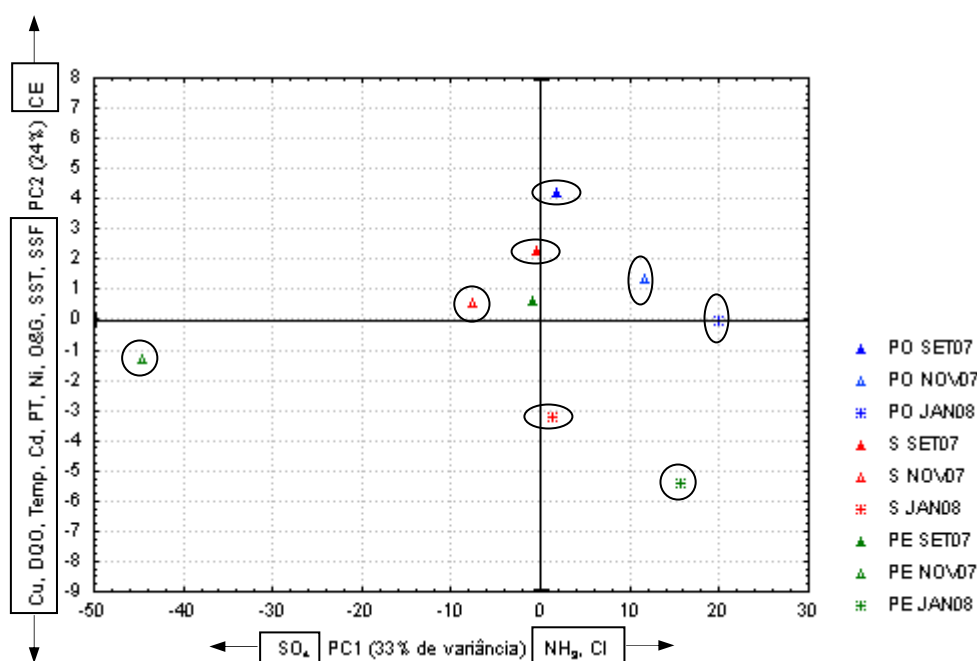


Figura 19. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 2, dos dados físico-químicos incluindo metais, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), ponto próximo ao esgoto (PE).

Maiores concentrações de  $\text{NH}_3$  e Cl podem ser observadas nas amostras do ponto PO de janeiro de 2007 e setembro de 2007 e PE de janeiro de 2008.

A segunda componente retém 24% da informação original e é constituída pelas variáveis DQO, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos, condutividade, fósforo total, óleos e graxas, temperatura, baronesa e os metais Al, Cu, Cd e Ni.

As amostras S e PE do mês de novembro de 2007 apresentam maiores quantidades de Sulfatos, possivelmente em função da quantidade de enxofre

disponível no meio, possivelmente pela descarga de esgoto doméstico (PIVELI e KATO, 2006).

$$\begin{aligned} \text{PC2} = & - 0,198\text{DQO} + 8,34\text{E-}02\text{DBO} - 0,139\text{ST} - 9,33\text{E-}02\text{SV} - 0,184\text{SF} - \\ & 0,305\text{SST} - 7,29\text{E-}02\text{SSV} - 0,308\text{SSF} - 5,61\text{E-}02\text{SDT} - 7,77\text{E-}02\text{SDV} - 7,55\text{E-} \\ & 02\text{SDF} - 8,82\text{E-}02\text{S,Sed.} + 0,168\text{CE} + 2,47\text{E-}02\text{pH} - 0,164\text{NT} + 3,55\text{E-}02\text{NH}_3 \\ & - 0,262\text{PT} - 0,187\text{Alc} - 1,41\text{E-}02\text{Cl} - 2,76\text{E-}02\text{SO}_4 + 3,20\text{E-}01\text{OD} - \\ & 0,285\text{O\&G} - 0,240\text{Temp} + 2,06\text{E-}02\text{Prec} - 0,177\text{Bar} + 0,224\text{Co} - 0,176\text{Al} - \\ & 0,112\text{Fe} - 0,191\text{Cu} + 4,28\text{E-}02\text{Mn} - 0,103\text{Zn} + 0,248\text{Pb} - 0,255\text{Cd} - 0,284\text{Ni} \end{aligned}$$

O ponto PE de janeiro de 2008 também apresentou maiores concentrações de nutrientes, sais e material de origem orgânica e inorgânica, assim como o ponto S de janeiro de 2008.

As amostras dos pontos PO e S do mês de setembro de 2007 apresentam maiores condutividades.

A terceira componente retém 16% da informação original e é constituída principalmente pelas variáveis DBO, SDF, sólidos sedimentáveis, pH, nitrogênio total, oxigênio dissolvido e os metais Co, Fe, Zn e Pb.

$$\begin{aligned} \text{PC3} = & - 7,01\text{E-}02\text{DQO} + 0,100\text{DBO} - 7,34\text{E-}02\text{ST} - 2,38\text{E-}02\text{SV} - 0,134\text{SF} - \\ & 7,40\text{E-}02\text{SST} + 3,11\text{E-}02\text{SSV} - 9,54\text{E-}02\text{SSF} - 5,60\text{E-}02\text{SDT} - 2,78\text{E-}02\text{SDV} - \\ & 0,108\text{SDF} - 0,114\text{S,Sed.} - 0,128\text{CE} + 0,187\text{pH} + 0,332\text{NT} + 5,60\text{E-}02\text{NH}_3 + \\ & 3,49\text{E-}02\text{PT} + 7,64\text{E-}02\text{Alc} - 1,80\text{E-}02\text{Cl} - 5,18\text{E-}02\text{SO}_4 - 0,106\text{OD} + 8,26\text{E-} \\ & 02\text{O\&G} - 2,12\text{E-}02\text{Temp} + 4,61\text{E-}02\text{Prec} + 0,119\text{Bar} - 0,584\text{Co} - 1,01\text{E-}02\text{Al} + \\ & 0,130\text{Fe} - 0,108\text{Cu} + 3,90\text{E-}02\text{Mn} + 0,149\text{Zn} - 0,557\text{Pb} + 5,78\text{E-}02\text{Cd} + \\ & 7,26\text{E-}01\text{Ni} \end{aligned}$$



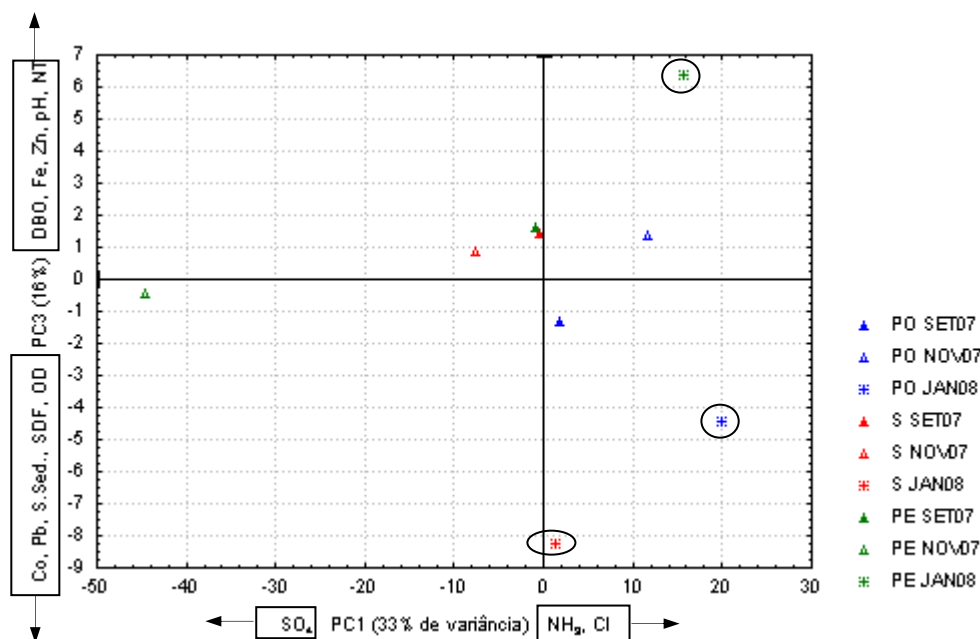


Figura 20. Análise das componentes principais (ACP) 1 e 3, dos dados físico-químicos incluindo metais, precipitação e presença/ausência de baronesas, baseada na distribuição temporal das amostras. Ponte lado oeste (PO), sangradouro (S), ponto próximo ao esgoto (PE).

A amostra do ponto PE do mês de janeiro de 2008 apresentou maiores quantidades de Fe, Zn, pH, NT e DBO. Também nas amostras do mês de janeiro de 2008, nos pontos PO e S pode ser observado as maiores concentrações de Co, Pb, sólidos sedimentáveis e OD.

Lermontov et al. (2005), realizando monitoramento da qualidade das águas do Rio Palatinato – Petrópolis/RJ, observaram que parâmetros como DBO, N amoniacal e fósforo estão correlacionados com o oxigênio dissolvido e que foram fortemente associados à presença de efluentes industriais e domésticos.

Foram necessárias três componentes para representar 73% das variações sistemáticas dos dados. Aproximadamente trinta por cento dos dados restantes devem indicar flutuações aleatórias.

## **5. CONCLUSÃO**

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A qualidade da água do Açude encontra-se fora dos padrões de referência para águas da Classe 2 para os parâmetros: OD, fósforo total, nitrogênio amoniacal e ferro;
- O espelho d'água localizado à leste do Açude sofre maiores impactos decorrentes da ação antrópica, onde se observa maior contribuição de esgoto doméstico e ocupações irregulares com bases em aterramento;
- Os baixos teores de metais observados indicam que a maior fonte de poluição do açude é proveniente de esgoto de origem doméstica promovendo a degradação da qualidade da água, tornando-a imprópria para seus diversos fins;
- Os estudos batimétricos indicaram que o Açude de Apipucos não sofreu assoreamento significativo ou este não foi notório.

## **6. SUGESTÕES**

- Realizar estudos que visem avaliar as concentrações de metais nos sedimentos e em víceras de peixes, visto que a comunidade do entorno do açude pratica pesca de subsistência.
- Instalar no canal da Macaxeira e no Córrego do Alto do Mandú grades com objetivo de reter material sólido (ex: garrafas pet) para diminuir a poluição do açude. Para tanto, seriam necessárias limpezas periódicas para retirada do material retido.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AIRES, R.; PESSOA, P.R.S.; ZANELLA, M.E. Discutindo a relação sociedade / natureza e suas implicações no ambiente fluvial urbano do Riacho Pajeú. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8º, 2006, Gravatá. **Anais...** Gravatá: ABRH, 2006. p.1-10. CD-ROM.

AGUIAR NETTO, A.O.; COSTA, P.R.S.M. Água e identidade. **Jornal CINFORM**, Aracaju, v. 1177, p. 6 - 6, out. 2005.

ALMEIDA, R.M.A.A. et al. Qualidade microbiológica do córrego “Ribeirão dos Porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. **Eng. Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p. 051-056, 2004.

APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater.** 19<sup>th</sup> ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1995.

APHA. 1992. **Standard methods for examination of water and wastewater.** 18.<sup>th</sup> Ed. Washington, DC: American Public Health Association, Washington, 1992..

ARAÚJO, A.M. Qualidade das águas estuarinas em Recife (1995/1996), **Ciência e Engenharia**, Uberlândia, v.9, n.1, p.32-39, 2000.

ARAÚJO, A.M. Levantamentos **hidrográficos batimétricos para a dragagem do Açude de Apipucos.** Recife: DIRMAM, 2000. 15f. Apostila.

BARBIN, H.S. **Histórico da evolução do uso do solo e estudo dos espaços livres públicos de uma região do município de Piracicaba.** 196 f. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BILICH, M.R; LACERDA, M.P.C. **Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento.** Goiânia: INPE, 2005. p. 2059.

BONUMÁ, N.B. **Avaliação da qualidade da água sob impacto das atividades de implantação de garimpo no município de São Martinho da Serra.** 107 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BRAGA, B. **Introdução à engenharia ambiental.** 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 305p.

BOLLMANN; H.A. MARQUES, D.M. Bases para a estruturação de indicadores ambiental. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 37-60, 2000.

BUENO, L.F.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde – Conchal – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, 2005.

CANADA (New Brunswick Water/Economy Agreement). Monitoring Surface Water Quality – **A guide for citizens, students and communities in Atlantic Canada**. New Brunswick: Environment Canada, 1994. 76 p.

CARVALHO, C.M.A. **Estudo das águas afluentes do açude de apipucos**. Recife: Secretaria de Transportes Urbanos e Obras, 2003. 43 f. Apostila.

COPERTINO, V.A.; MOLINO, B.; TELESCA, V.. Spatial and Temporal Evolution of Water Quality in Reservoirs. **Phys. Chem. Earth**, vol. 23, N. 4, p. 475-478, 1998.

COUTINHO, R.Q.; FRANÇA, A. Estudo da erosão do Horto Dois Irmãos. Recife: UFPE, 1998. v.1. **Relatório**.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

FARIAS, M.S.D.S. **Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. 2006. 152f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FIDELMAN, P.I.J. Contribuição para mitigação dos impactos da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* sobre a zona costeira da Região Sul da Bahia. **Revista de Gestão Costeira Integrada** para Países de Língua Portuguesa, Itajaí, v. 4, p. 1-5, 2005.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal. Secretaria de Meio Ambiente e Controle Urbano. **Relatório do mapeamento batimétrico**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2007. 16 f. (Programa Lagoas de Fortaleza).

GUIMARÃES, A.O. et al. Aspectos da gestão do Açude Epitácio Pessoa (PB) e variação da qualidade da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23<sup>o</sup>, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-8. CD-ROM.

GUIRAUD, D.M.C. et al. Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, utilizando-se análise de componentes principais (PCA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 22º, 2003. p 1–7. Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003. p. 1-5. CD-ROM

GUSMÃO, L.F.M. **Efeitos do Cobre e Cromo na Comunidade Zooplanctônica**: um estudo experimental em mesocosmos. 288 f. 2004. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

HAHN, L. et al. Monitoramento ictiofaunístico e limnológico no reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Fundo, Gerasul, RS. In: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2001, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: CITENEL, 2001. p. 1-4. CD-ROM.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normas climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992.84p.

LEMES, M.J.L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogiguaçu e Pardo, São Paulo**. 2001. 248f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto Enérgica e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; CALADO, V.M.A. Monitoramento da qualidade das águas do Rio Palatinato - Petrópolis/RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23º, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-7. CD-ROM.

LIKENS, G.R.; BORMANN, F.H. .Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. **Bioscience**, Washington, us, v. 24, p. 447-456, 1974.

LIMA, E.C.R. **Qualidade de água da Baía de Guanabara e saneamento**: uma abordagem sistêmica: 2006, 183f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LIRA, M.M.P. **Aspectos da gestão dos recursos hídricos na sub bacia do prata (bonito/PE) - estudo de qualidade da água**. 2000. 113f. Dissertação (Mestrado em.Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LIRA, J.B.M.L. **Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife - Pernambuco, Brasil**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

MACÊDO, J.A.R. **Introdução à Química Ambiental** (Química & Meio Ambiente & Sociedade). 1 ed. Juiz de Fora: o lutador, 2002., 487 p.

MAGALHÃES, V.S. **Hidroquímica e qualidade das águas superficiais e subterrâneas em áreas sob influência de lavras pegmatíticas nas bacias dos córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG)**. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MARGALEF, R. The place of epicontinental waters in global ecology. In: **Limnology now: a paradigm of planetary problems**. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. p.1-8.

MARIANI, C.F. **Reservatório Rio Grande**: (caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E. O sistema hidrográfico do rio Matinhos: uma análise morfométrica. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 4, p. 139-152, 2000.

MIRANDA, A.B.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9 – n. 4, p.269-279, out./dez. 2004.

NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. Controle da qualidade da água do arroio Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 32, n1, p. 27-35, 2005.

NAVAS-PEREIRA, D. et al. **Níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas na água, sedimento e peixes da Represa de Barra Bonita**, São Paulo : CETESB, 1985. 1985. 21p.

NETO, A.O.et al. Qualidade da água e uso do solo na sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim-Mirim-Sergipe. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8º, 2006, Gravatá. **Anais ...** Gravatá: ABRH, 2006. CD-ROM.

NIEWEGLOWSKI, A.A. **Indicadores de qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Toledo - PR**. 2006. 218 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PEDROSO, F.; BONETTO, C.A.; ZALOCAR, Y.A. **Comparative study on phosphorus and nitrogen transport in the Parana, Paraguay and Bermejo rivers. Limnologia e manejo de represas**. São Paulo: ACIESP, 1988. v.1, t.1, p.91-117 (Série: Monografia em limnologia).

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** 2001. 147f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PINTO, J.O.M.S; MARTINEZ, M.S.; PASCHOALATO, C.F.P.R. Avaliação das variáveis físico-químicas e microbiológicas do córrego Bebedouro da Bacia hidrográfica do Baixo Pardo/Grande, município de Bebedouro-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23<sup>o</sup>, 2005, Campo Grande - Mato Grosso. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-7. CD-ROM.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: ABES, 2005. 285p.

RAMOS, A.B.B. **Contribuição para gestão de Unidades de Conservação urbanas: caso do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE.** Recife, 2007, 201f. Dissertação (Mestrado em Gestão Políticas e Ambientais) Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Coord). **Águas doces no Brasil capital ecológico, uso e conservação.** 3. ed., São Paulo: Escrituras ed.,2006.

RECIFE; Prefeitura. **Apipucos 2000: uma janela para o Capibaribe:** Recife: Secretaria de Planejamento Urbano e do Meio Ambiente, 1997. 49p. Apostila.

REID, G. K.; WOOD, R. D. **Ecology of Island waters and estuaries.** New York: D. Van Nostrand, 1976. 485 p.

RODRIGUES PRIMO, A.R. **Avaliação da influência do reservatório do Funil na qualidade da água do Rio Paraíba do Sul.** 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, R. D.et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100p.

SANTOS, W.L. **O processo de urbanização e impactos ambientais em bacias hidrográficas: o caso do Igarapé Judia-Acre-Brasil.** 2005. 163f.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais).  
Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

SANTOS, C.L.M. **Revitalização do Açude de Apipucos**: avaliação da poluição. Recife: Secretaria de Transportes Urbanos e Obras, 1988. 28f. (Sub-programa, 03) Apostila.

SARMENTO, S.B.S. et al. Análise quimiométrica de propriedades físico-químicas e funcionais de féculas de mandioca. **Brazilian Journal Of Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1/2, p. 131-137, 1999.

SILVA, F.J.A.S.; ALMEIDA, M.M.M.; SILVA, A.E.L. Comparação da qualidade de águas das Bacias cearenses. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7º, 2004, São Luiz - Maranhão. **Anais ...** São Luiz: ABRH, 2004. CD-ROM.

SILVA, M.C.L. **Avaliação de processos biológicos na melhoria da qualidade hídrica do canal Derby-Tacaruna**. 2004. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SIMONASSI, J.C. **Caracterização da Lagoa do Peri, através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos da Ilha de Santa Satarina, SC, Brasil**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SOUZA, A.D.G.; TUNDISI, J.G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré- Guaçu River watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 563-570, nov., 2000.

SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Local: UFMG, 1996.243p.

TUCCI, C.E.M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Coord.). **Águas doces no Brasil capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo, Escrituras. Ed., 2006.

TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília, DF : UNESCO, 2001. 156p.

TUNDISI, J.G. O futuro dos recursos: recursos hídricos. São Paulo, n. 1, out. 2003. Disponível em: **Rev. MultiCiência**.  
<[http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A3\\_Tundisi\\_port.PDF](http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF)>. Acesso em: 23 set.2007.



TUNDISI, J.G. Reservoirs as complex systems. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.48, n.5/6, p.383-387, 1996.

YABE, M.J.S.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Química Nova**, São Paulo, v.21, p.551-556, 1998.

# APÊNDICES





Apêndice 03. Resultados das análises de água coletadas no esgoto do Córrego Alto do Mandú (E).

Variáveis	29/01/2007	27/03/2007	28/05/2007
DQO (mg de O <sub>2</sub> /L)	238,60	353,30	595,16
DBO (mg de O <sub>2</sub> /L)	166,60	123,40	233,49
ST (mg/L)	381,00	323,00	1305,00
SV (mg/L)		120,50	618,00
SF (mg/L)		202,50	686,99
SST (mg/L)	85,75	96,50	1024,00
SSV (mg/L)	64,00	72,00	570,00
SSF (mg/L)	21,76	24,50	454,00
SDT (mg/L)	295,30		28,00
SDV (mg/L)	58,50		48,00
SDF (mg/L)	236,70		232,99
S. Sedimentáveis (mL/L)	0,50	1,30	14,00
Condutividade (µS/cm) <sup>-1</sup>	54,40	49,30	53,50
pH	5,38	6,66	7,28
N Total (mg/L)	20,01	26,40	34,57
N Amoniacal (mg/L)	14,40	14,90	12,86
Fósforo Total (mg/L)	0,45	0,42	17,64
Alcalinidade (mg/L)	126,80	55,20	103,73
Cloreto (mg/L)	80,40	51,20	40,44
Sulfato (mg/L)	21,40	36,10	43,77
OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	0,00	0,80	1,99
Óleos e Graxas (mg/L)	8,20	20,60	17,30
Temperatura (°C)	28,50	27,80	26,65
Precipitação (mm)	0,00	11,00	38,61
Baronesa	0,00	0,00	0,00

Apêndice 04. Resultados das análises de água coletadas no ponto próximo ao esgoto do Córrego Alto do Mandú (PE).

Variáveis	31/07/2007	25/09/2007	27/11/2007	22/01/2008
DQO (mg de O <sub>2</sub> /L)	147,90	54,90	54,40	78,80
DBO (mg de O <sub>2</sub> /L)	37,78	8,52	10,30	8,49
ST (mg/L)	189,00	285,50	589,00	302,99
SV (mg/L)		82,00	264,00	71,99
SF (mg/L)		203,50	325,00	230,99
SST (mg/L)	68,46	57,00	65,30	95,00
SSV (mg/L)	61,59	32,50	17,80	29,00
SSF (mg/L)	6,92	24,50	47,50	66,00
SDT (mg/L)	120,54	228,50	523,80	207,99
SDV (mg/L)		49,50	246,30	42,99
SDF (mg/L)		179,00	277,50	164,99
S. Sedimentáveis (mL/L)	0,80	0,09	0,10	0,10
Condutividade (µS/cm) <sup>-1</sup>	46,20	54,70	47,00	42,00
pH	6,55	7,14	7,36	7,50
N Total (mg/L)	14,35	12,90	13,20	
N Amoniacal (mg/L)	5,67	5,91		
Fósforo Total (mg/L)	15,95	1,90	1,19	3,60
Alcalinidade (mg/L)	101,20	102,50	125,20	111,32
Cloreto (mg/L)	41,69	54,90		
Sulfato (mg/L)	27,05	25,90		
OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	12,37	2,17	2,42	2,24
Óleos e Graxas (mg/L)		6,20	5,60	27,40
Temperatura (°C)	26,80	26,50	26,90	30,10
Precipitação (mm)	53,60	0,00	2,54	0,00
Baronesa	1,00	1,00	1,00	1,00

Apêndice 05. Resultados das análises de metais em água coletada bimensalmente de setembro de 2007 a janeiro de 2008.

VARIÁVEIS	PONTE LADO OESTE (PO)			SANGRADOURO (S)			PRÓXIMO AO ESGOTO (PE)		
	25/09/2007	27/11/2007	22/01/2008	25/09/2007	27/11/2007	22/01/2008	25/09/2007	27/11/2007	22/01/2008
<b>Fe (mg/L)</b>	1,789	0,894	0,832	2,103	2,508	1,434	2,382	3,152	2,822
<b>Cu (mg/L)</b>	0,003	0,002	0,052	0,005	0,01	0,029	0,005	0,015	0,029
<b>Mn mg/L)</b>	0,104	0,05	0,034	0,07	0,091	0,066	0,054	0,107	0,07
<b>Zn (mg/L)</b>	0,0579	0,1113	0,0478	0,0592	0,0671	0,0434	0,0379	0,0758	0,1115
<b>Pb (mg/L)</b>	0,012	ND		0,004	0,003		ND	0,002	
<b>Cd ( mg/L)</b>	0	ND	0,002	0	ND	0,001	ND	ND	0,005
<b>Ni mg/L)</b>	0	0,006	0,013	0	0,006	0,019	ND	ND	0,034
<b>Ag (mg/L)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Sb (mg/L)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Cr (mg/L)</b>	0,02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Co (mg/L)</b>	0,003	0		0,001	0,001		0	0,001	
<b>Al (mg/L)</b>	0,08	0,216		0,214	0,743		0,466	1,682	

ND – não detectável

Apêndice 10. Resultados das análises de água coletadas e duas profundidades (30cm e 60cm) na Célula 1 do Açude de Apipucos.

Ponto / profundidade	SDT (mg/L)		CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		OD (mg/L de $\text{O}_2$ )		Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	
	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm
1	540,00	540,00	55,50	55,50	9,90	9,20	30,20	30,20
2	540,00	540,00	55,60	55,60	11,20	7,50	29,70	29,60
3	540,00	540,00	55,50	55,40	9,30	4,80	29,70	29,30
4	540,00	540,00	55,60	55,50	3,80	1,70	29,50	29,20
5	540,00	540,00	55,70	55,60	3,90	0,40	30,10	29,30
6	540,00	540,00	55,20	55,10	10,30	4,60	30,10	29,90
7	540,00	540,00	55,00	55,20	13,80	6,30	30,30	30,00
8	530,00	530,00	54,90	54,90	11,70	10,00	30,30	30,30
9	540,00	540,00	55,50	55,40	9,70	6,10	30,10	30,10
10	540,00	540,00	55,20	55,40	11,20	11,30	30,30	29,80
11	540,00	540,00	55,50	55,40	10,50	10,60	30,30	30,40
12	540,00	540,00	55,40	55,30	12,80	11,90	30,50	30,40
13	540,00	540,00	55,20	55,40	12,00	10,80	30,60	30,00
14	530,00	540,00	55,00	55,20	13,90	4,00	30,70	29,80
15	540,00	530,00	55,20	55,10	10,30	6,50	30,70	29,90
16	540,00	540,00	55,40	55,50	8,00	7,40	30,60	30,00
17	540,00	540,00	55,20	55,30	10,60	8,90	30,20	30,00
18	540,00	540,00	55,40	55,20	14,30	9,10	30,60	30,30
19	540,00	540,00	55,30	55,40	12,70	13,70	30,70	30,70
20	530,00	530,00	54,50	54,60	12,90	12,40	31,10	31,00
21	540,00	540,00	55,10	55,20	14,30	12,20	31,20	31,20
22	540,00	540,00	55,30	55,30	13,10	11,40	31,10	31,00
23	530,00	530,00	54,90	54,90	9,10	3,80	31,00	30,70
24	540,00	540,00	55,70	55,70	8,40	7,90	30,90	30,80
25	540,00	540,00	55,60	55,50	6,10	5,90	30,70	30,40
26	540,00	540,00	55,40	55,40	5,80	3,60	30,60	30,10

Apêndice 11. Resultados das análises de água coletadas e duas profundidades (30cm e 60cm) na Célula 2 do Açude de Apipucos.

Ponto / profundidade	SDT (mg/L)		CE ( $\mu\text{S/cm}$ )		OD (mg/L de $\text{O}_2$ )		Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	
	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm	30 cm	60 cm
27	530,00	530,00	54,60	54,60	20,00	18,20	31,70	31,60
28	530,00	530,00	54,80	54,90	18,20	16,30	31,70	31,50
29	530,00	530,00	55,00	54,80	16,90	16,60	31,80	31,80
30	550,00	550,00	56,70	56,60	10,30	8,90	31,50	31,30
31	550,00	550,00	56,50	56,50	8,80	2,40	31,20	30,70
32	550,00	550,00	56,50	56,30	7,70	5,00	31,00	30,70
33	530,00	540,00	54,60	55,80	21,50	10,00	32,50	31,50
34	530,00	530,00	54,80	54,80	19,00	14,50	32,00	31,90
35	520,00	530,00	53,80	54,50	21,00	20,00	32,30	31,90
36	520,00	540,00	54,00	55,20	21,00	3,00	32,40	32,00
37	530,00	530,00	44,50	55,30	17,10	4,10	32,20	31,40
38	530,00	530,00	54,00	55,30	20,50	2,20	32,40	31,60
39	550,00	550,00	56,40	56,40	9,00	0,30	31,20	30,30
40	550,00	550,00	56,60	56,40	4,50	0,20	31,70	30,10
41	540,00	-	55,60	-	8,40	-	31,20	-
42	540,00	540,00	55,00	55,80	10,00	4,70	32,20	30,60
43	520,00	540,00	53,70	55,50	15,00	10,00	32,40	30,60
44	520,00	530,00	53,70	55,70	17,20	7,20	32,40	31,20
45	520,00	540,00	54,00	55,60	16,00	10,00	31,80	30,70

(-) Profundidade máxima de 40cm



Apêndice 06. Resultados das análises de água semanais no ponto localizado a oeste da ponte (PO).

Data	pH	Temp (°C)	CE (µS/cm)	OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	SDT (mg/L)	Prec. (mm)	Baronesa
02/03/2007	7,00	29,00	42,70	2,80	530,00	38,20	0,00
09/03/2007	7,36	29,10	43,60	3,20	440,00	7,20	0,00
16/03/2007	7,61	28,70	42,20	3,10	420,00	5,00	0,00
27/03/2007	7,28	29,05	51,00	2,79	450,00	11,00	0,00
04/04/2007	7,09	29,30	41,80	3,40	410,00	0,00	0,00
11/04/2007	7,28	29,60	41,80	3,00	410,00	0,76	0,00
19/04/2007	7,11	28,70	45,50	2,70	370,00	11,18	0,00
25/04/2007	6,97	29,50	34,20	7,30	370,00	42,16	0,00
02/05/2007	6,97	28,00	23,00	2,90	360,00	83,82	0,00
09/05/2007	7,21	28,30	31,00	5,20	360,00	43,94	0,00
16/05/2007	6,76	29,00	29,20	2,90	360,00	8,64	0,00
23/05/2007	6,78	28,60	30,00	2,80	360,00	53,39	0,00
31/05/2007	6,84	27,40	40,60	2,70	370,00	34,54	0,00
06/06/2007	6,94	27,60	40,40	4,80	370,00	38,61	0,00
14/06/2007	6,86	26,70	39,00	1,60	370,00	19,30	0,00
22/06/2007	6,88	26,60	36,80	2,50	350,00	13,97	0,00
29/06/2007	6,95	26,80	36,00	3,50	330,00	14,73	0,00
04/07/2007	7,32	27,10	36,80	4,10	350,00	15,74	0,00
13/07/2007	7,40	27,70	37,70	12,00	350,00	40,64	0,00
18/07/2007	7,31	27,50	38,10	8,30	350,00	58,42	0,00
27/07/2007	6,62	27,20	38,40	2,10	360,00	103,38	0,00
31/07/2007	6,47	26,30	40,00	2,15	400,00	53,60	0,00
07/08/2007	6,80	26,00	40,70	2,33	400,00	56,64	0,00
15/08/2007	7,14	25,60	41,30	2,50	400,00	79,25	0,00
22/08/2007	6,83	26,20	42,60	6,20	410,00	68,06	0,00
27/08/2007	7,00	26,40	43,20	4,85	410,00	1,27	0,00
01/09/2007	7,18	26,60	43,80	3,50	410,00	9,14	0,00
12/09/2007	7,13	26,20	44,10	10,60	420,00	75,44	0,00
22/09/2007	7,15	27,40	46,10	6,30	430,00	0,00	0,00
25/09/2007	7,12	26,40	46,20	5,30	440,00	0,00	0,00
11/10/2007	7,28	27,50	47,80	3,34	470,00	21,08	0,00
18/10/2007	7,27	28,40	48,20	5,24	470,00	1,27	0,00
24/10/2007	7,16	28,80	49,00	6,32	475,00	0,51	0,00
31/10/2007	7,06	29,10	49,70	7,40	480,00	1,78	0,00
08/11/2007	7,26	28,40	49,90	3,30	470,00	6,60	0,00
23/11/2007	7,30	28,30	21,90	5,53	470,00	4,57	0,00
27/11/2007	7,30	28,60	48,20	5,58	480,00	2,54	0,00
05/12/2007	7,20	27,30	46,15	7,92	445,00	0,00	0,00
12/12/2007	7,10	28,25	47,90	7,40	455,00	3,05	0,00
19/12/2007	7,19	27,40	48,05	4,30	455,00	10,42	0,00
26/12/2007	7,29	27,90	34,85	4,44	470,00	11,94	0,00
10/01/2008	7,23	28,90	56,90	5,60	560,00	1,30	0,00
19/01/2008	7,31	28,70	55,50	5,20	540,00	11,90	0,00
22/01/2008	7,16	28,70	75,80	3,05	540,00	0,00	0,00
31/01/2008	7,30	28,80	55,60	5,67	550,00	17,27	0,00

Baronesa – ausência (0) / presença (1)

Apêndice 07: Resultados das análises de água semanais no ponto localizado ao leste da ponte (PL).

Data	pH	Temp (°C)	CE (µS/cm)	OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	SDT (mg/L)	Prec. (mm)	Baronesa
02/03/2007	8,10	29,40	43,30	9,20	450,00	38,20	0,00
09/03/2007	8,30	29,90	45,20	9,40	460,00	7,20	0,00
16/03/2007	8,50	29,90	43,50	10,00	450,00	5,00	0,00
27/03/2007	8,27	30,40	43,75	9,65	445,00	11,00	0,00
04/04/2007	8,08	30,70	42,70	9,40	430,00	0,00	0,00
11/04/2007	7,92	30,06	50,00	9,30	500,00	0,76	0,00
19/04/2007	7,39	28,90	40,10	10,30	410,00	11,18	1,00
25/04/2007	7,53	30,00	32,40	11,80	330,00	42,16	0,00
02/05/2007	7,15	29,00	22,00	6,10	300,00	83,82	0,00
09/05/2007	7,96	29,40	28,40	14,10	300,00	43,94	0,00
16/05/2007	7,70	30,10	43,80	15,90	390,00	8,64	0,00
23/05/2007	7,45	29,70	39,10	10,20	380,00	53,39	0,00
31/05/2007	7,52	28,10	39,00	8,40	400,00	34,54	0,00
06/06/2007	6,90	27,40	42,70	3,70	400,00	38,61	0,00
14/06/2007	8,15	28,50	35,70	16,20	330,00	19,30	0,00
22/06/2007	7,11	26,90	43,50	3,80	410,00	13,97	0,00
29/06/2007	7,16	28,30	33,00	10,20	300,00	14,73	0,00
04/07/2007	7,47	28,10	39,10	11,80	360,00	15,74	0,00
13/07/2007	8,50	29,40	38,20	18,30	340,00	40,64	0,00
18/07/2007	7,46	27,50	37,80	10,00	350,00	58,42	0,00
27/07/2007	7,03	28,20	39,20	7,10	360,00	103,38	0,00
31/07/2007	7,20	27,10	38,60	5,10	370,00	53,60	0,00
07/08/2007	7,15	26,40	38,50	4,15	370,00	56,64	0,00
15/08/2007	7,11	25,60	38,40	3,20	370,00	79,25	0,00
22/08/2007	7,27	26,60	38,90	13,90	370,00	68,06	0,00
27/08/2007	7,25	27,00	40,90	9,90	385,00	1,27	0,00
01/09/2007	7,24	27,30	42,80	5,90	400,00	9,14	0,00
12/09/2007	7,10	27,60	38,90	6,60	360,00	75,44	0,00
22/09/2007	7,75	28,60	49,70	11,40	450,00	0,00	0,00
25/09/2007	7,10	27,30	49,30	10,90	460,00	0,00	0,00
11/10/2007	7,76	29,40	48,30	10,81	460,00	21,08	0,00
18/10/2007	7,44	29,10	48,80	9,60	470,00	1,27	1,00
24/10/2007	7,77	29,80	50,20	12,10	490,00	0,51	0,00
31/10/2007	8,10	30,40	51,50	14,50	500,00	1,78	0,00
08/11/2007	8,31	29,30	52,00	12,40	510,00	6,60	1,00
23/11/2007	6,90	28,50	53,00	0,85	530,00	4,57	0,00
27/11/2007	8,10	29,20	52,80	0,90	530,00	2,54	0,00
05/12/2007	7,27	28,35	43,85	8,10	420,00	0,00	0,00
12/12/2007	7,93	29,50	50,60	12,95	475,00	3,05	1,00
19/12/2007	7,71	28,30	50,65	11,65	485,00	10,42	1,00
26/12/2007	7,33	28,95	50,65	5,83	500,00	11,94	1,00
10/01/2008	8,31	29,10	52,10	9,12	530,00	1,30	1,00
19/01/2008	8,10	29,60	51,60	13,30	500,00	11,90	1,00
22/01/2008	8,21	29,35	51,85	11,21	520,00	0,00	1,00
31/01/2008	8,45	29,20	51,50	11,50	520,00	17,27	1,00

Baronesa – ausência (0) / presença (1)

Apêndice 08. Resultados das análises de água semanais no ponto localizado no sangradouro (S).

Data	pH	Temp (°C)	CE (µS/cm)	OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	SDT (mg/L)	Prec. (mm)	Baronesa
02/03/2007	7,30	29,30	36,90	8,10	440,00	38,20	0,00
09/03/2007	7,36	29,60	39,20	8,90	410,00	7,20	0,00
16/03/2007	7,34	28,60	41,10	9,40	420,00	5,00	0,00
27/03/2007	7,35	30,10	47,90	5,18	445,00	11,00	0,00
04/04/2007	7,94	30,80	43,20	10,00	440,00	0,00	0,00
11/04/2007	7,97	31,10	48,50	10,50	460,00	0,76	0,00
19/04/2007	7,26	28,20	32,30	3,00	380,00	11,18	0,00
25/04/2007	7,20	28,90	30,60	3,20	310,00	42,16	0,00
02/05/2007	7,23	27,90	23,00	2,30	360,00	83,82	0,00
09/05/2007	7,49	29,30	29,80	11,50	320,00	43,94	0,00
16/05/2007	7,62	30,50	44,10	13,70	390,00	8,64	0,00
23/05/2007	7,36	29,60	40,10	5,20	380,00	53,39	0,00
31/05/2007	7,51	28,50	39,70	4,40	390,00	34,54	0,00
06/06/2007	7,03	27,10	38,80	0,90	360,00	38,61	0,00
14/06/2007	7,97	28,10	35,70	16,30	330,00	19,30	0,00
22/06/2007	6,95	26,90	43,50	2,30	410,00	13,97	0,00
29/06/2007	7,20	27,30	32,50	10,60	300,00	14,73	0,00
04/07/2007	7,35	27,50	38,30	7,50	360,00	15,74	0,00
13/07/2007	8,46	29,10	38,60	19,40	350,00	40,64	0,00
18/07/2007	7,12	27,50	40,60	4,00	380,00	58,42	0,00
27/07/2007	7,01	27,60	39,30	3,70	360,00	103,38	0,00
31/07/2007	6,56	27,50	36,20	3,10	360,00	53,60	0,00
07/08/2007	6,84	26,60	36,90	2,80	360,00	56,64	0,00
15/08/2007	7,11	25,70	37,60	2,40	360,00	79,25	0,00
22/08/2007	6,87	26,10	35,80	1,90	360,00	68,06	0,00
27/08/2007	7,05	26,50	41,20	3,00	400,00	1,27	0,00
01/09/2007	7,16	26,90	46,60	4,10	440,00	9,14	0,00
12/09/2007	7,60	27,10	38,60	12,10	360,00	75,44	0,00
22/09/2007	7,36	28,20	49,30	7,00	450,00	0,00	0,00
25/09/2007	7,63	27,00	49,10	9,80	460,00	0,00	0,00
11/10/2007	7,75	29,60	48,10	10,60	470,00	21,08	0,00
18/10/2007	7,90	30,60	49,50	11,00	480,00	1,27	1,00
24/10/2007	8,11	30,60	49,80	13,00	496,00	0,51	0,00
31/10/2007	8,33	30,50	50,00	15,00	512,00	1,78	0,00
08/11/2007	8,26	29,30	50,90	14,50	520,00	6,60	1,00
23/11/2007	7,10	28,70	53,60	0,10	520,00	4,57	1,00
27/11/2007	8,60	29,20	54,10	0,90	540,00	2,54	1,00
05/12/2007	7,75	28,85	44,05	11,55	420,00	0,00	0,00
12/12/2007	7,85	29,35	49,65	11,00	481,00	3,05	0,00
19/12/2007	7,95	28,15	50,00	12,15	490,00	10,42	0,00
26/12/2007	7,43	29,15	50,85	5,35	495,00	11,94	0,00
10/01/2008	8,00	29,50	59,50	2,70	580,00	1,30	1,00
19/01/2008	8,09	30,50	51,10	12,30	500,00	11,90	1,00
22/01/2008	6,90	29,50	60,70	4,88	520,00	0,00	1,00
31/01/2008	8,40	29,60	55,40	9,12	540,00	17,27	1,00

Baronesa – ausência (0) / presença (1)

Apêndice 09. Resultados das análises de água semanais no esgoto do Córrego Alto do Mandú (E).

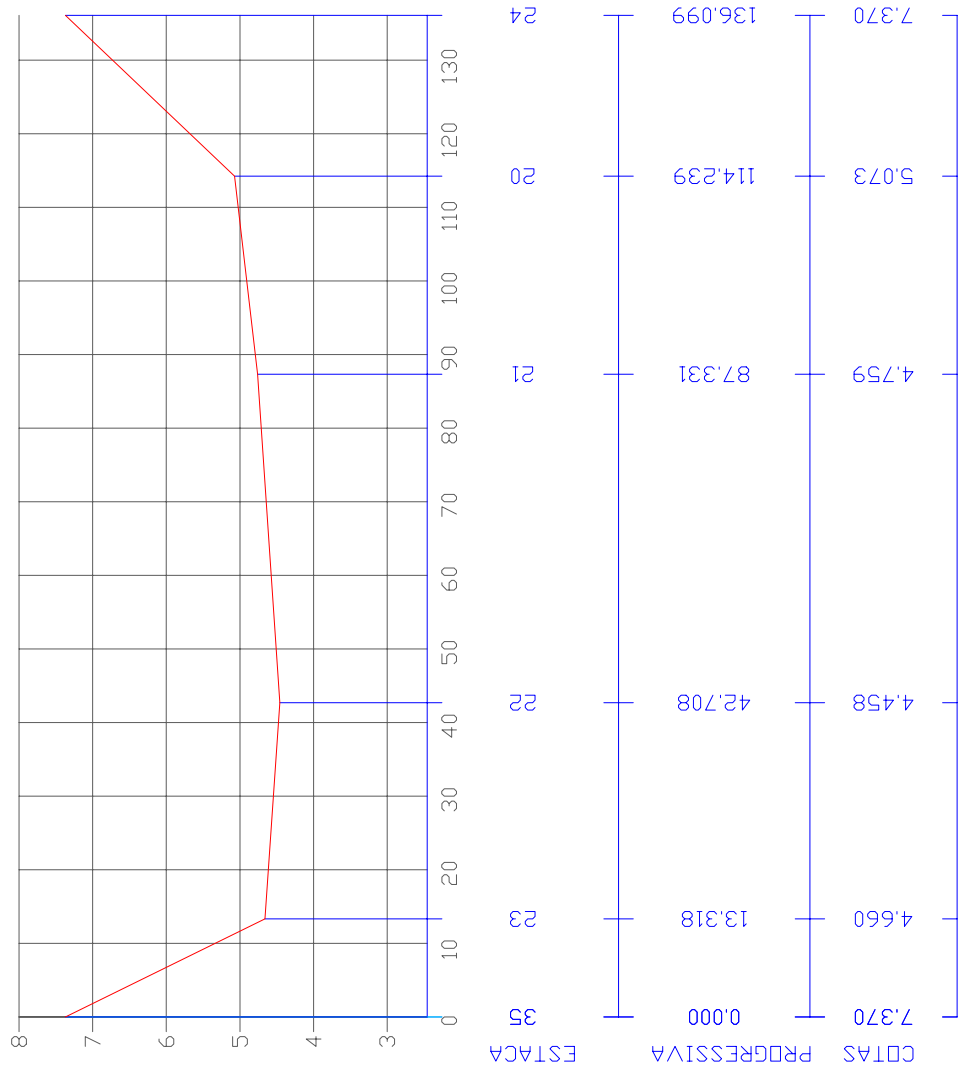
Data	pH	Temp (°C)	CE (µS/cm)	OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	SDT (mg/L)	Prec. (mm)	Baronesa
02/03/2007	6,50	27,10	39,40	0,80	470,00	38,20	0,00
09/03/2007	7,20	27,70	26,30	0,60	300,00	7,20	0,00
16/03/2007	7,04	26,60	30,80	0,80	320,00	5,00	0,00
27/03/2007	6,66	27,80	49,30	0,80	420,00	11,00	0,00
04/04/2007	7,06	28,60	41,10	0,70	420,00	0,00	0,00
11/04/2007	6,93	29,30	48,20	0,60	490,00	0,76	0,00
19/04/2007	7,21	27,70	46,00	0,80	460,00	11,18	0,00
25/04/2007	6,99	27,60	42,80	0,90	470,00	42,16	0,00
02/05/2007	7,07	28,00	42,00	1,80	430,00	83,82	0,00
09/05/2007	6,96	27,70	49,70	0,90	500,00	43,94	0,00
16/05/2007	6,80	27,80	53,50	0,80	500,00	8,64	0,00
23/05/2007	6,90	26,90	45,50	0,80	460,00	53,39	0,00
31/05/2007	6,92	26,40	42,00	0,80	430,00	34,54	0,00
06/06/2007	7,02	26,50	50,60	2,20	480,00	38,61	0,00
14/06/2007	6,19	26,50	42,70	1,10	400,00	19,30	0,00
22/06/2007	6,67	26,10	43,50	0,90	420,00	13,97	0,00
29/06/2007	6,97	26,40	49,80	0,90	470,00	14,73	0,00
04/07/2007	7,66	26,10	50,40	1,60	480,00	15,74	0,00
13/07/2007	6,77	26,20	47,80	0,70	460,00	40,64	0,00
18/07/2007	6,89	26,10	44,80	1,10	430,00	58,42	0,00
27/07/2007	6,93	26,70	47,80	1,70	450,00	103,38	0,00
31/07/2007	6,55	26,80	46,20	1,90	440,00	53,60	0,00
07/08/2007	7,52	26,20	36,50	4,40	350,00	56,64	0,00
15/08/2007	8,50	25,50	26,70	6,90	260,00	79,25	0,00
22/08/2007	6,91	26,10	52,20	1,90	500,00	68,06	0,00
27/08/2007	6,81	26,30	53,30	1,40	505,00	1,27	0,00
01/09/2007	6,71	26,50	54,30	0,90	510,00	9,14	0,00
12/09/2007	6,67	25,90	38,20	1,50	360,00	75,44	0,00
22/09/2007	6,71	26,90	50,40	0,55	470,00	0,00	0,00
25/09/2007	6,69	26,50	44,50	0,60	460,00	0,00	0,00
11/10/2007	6,68	27,90	46,50	0,62	450,00	21,08	0,00
18/10/2007	6,63	27,80	43,20	0,50	430,00	1,27	0,00
24/10/2007	6,63	27,90	43,90	0,55	440,00	0,51	0,00
31/10/2007	6,63	27,90	44,60	0,60	440,00	1,78	0,00
08/11/2007	6,56	26,90	44,80	0,47	430,00	6,60	0,00
23/11/2007	6,60	26,70	34,60	0,70	340,00	4,57	0,00
27/11/2007	6,61	26,90	40,00	0,70	400,00	2,54	0,00
05/12/2007	6,65	26,85	40,70	1,00	395,00	0,00	0,00
12/12/2007	6,67	27,40	47,50	0,58	455,00	3,05	0,00
19/12/2007	6,63	26,70	44,65	0,54	445,00	10,42	0,00
26/12/2007	6,64	27,30	40,55	0,66	395,00	11,94	0,00
10/01/2008	6,60	27,10	41,00	0,60	410,00	1,30	0,00
19/01/2008	6,63	28,00	42,80	0,70	420,00	11,90	0,00
22/01/2008	7,50	30,10	105,40	2,24	410,00	0,00	0,00
31/01/2008	6,50	27,60	43,20	0,70	400,00	17,27	0,00

Baronesa – ausência (0) / presença (1)

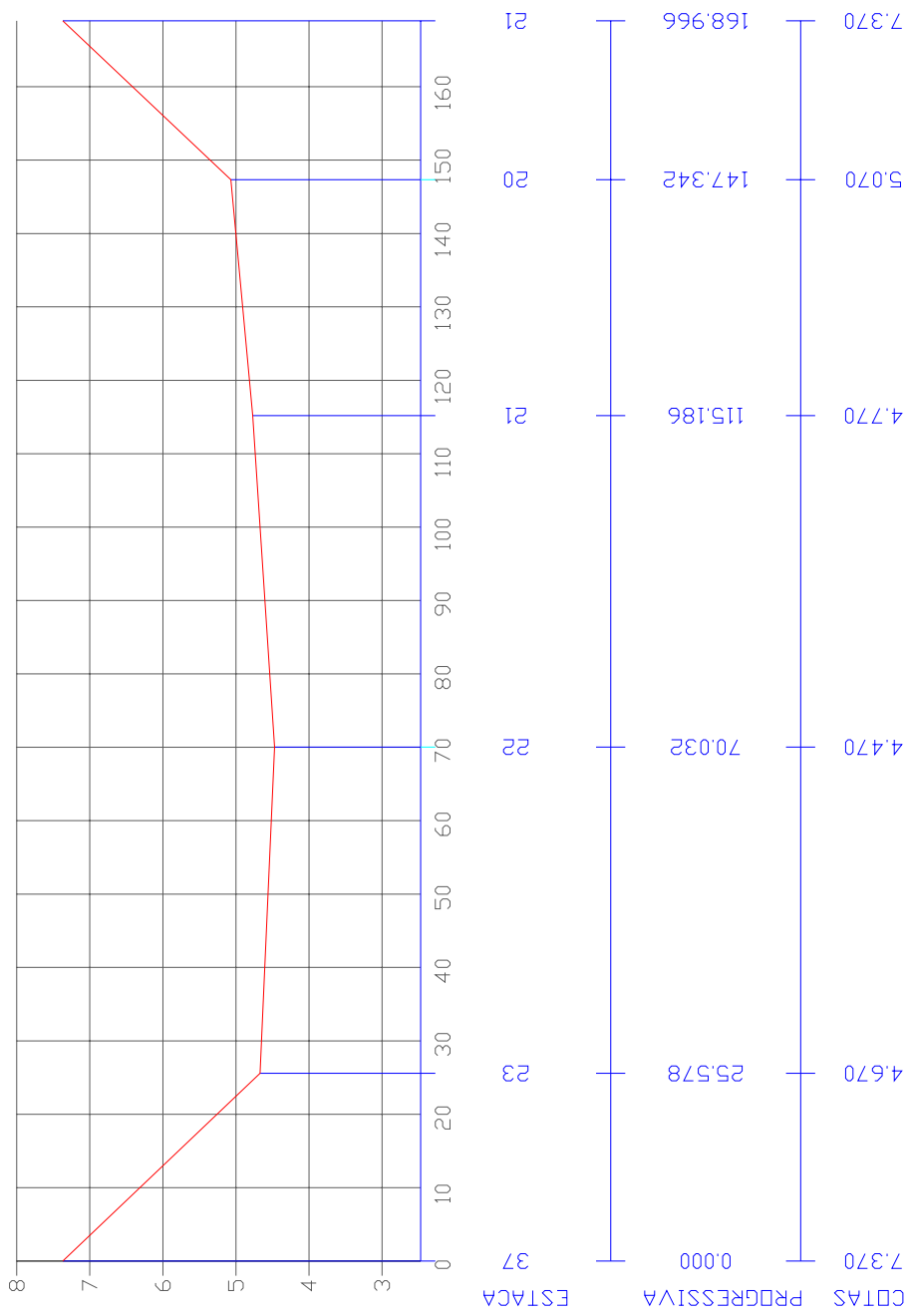
# ANEXOS



Anexo 01. Delimitação do Açude de Apipucos com respectivas curvas de nível e pontos cotados.

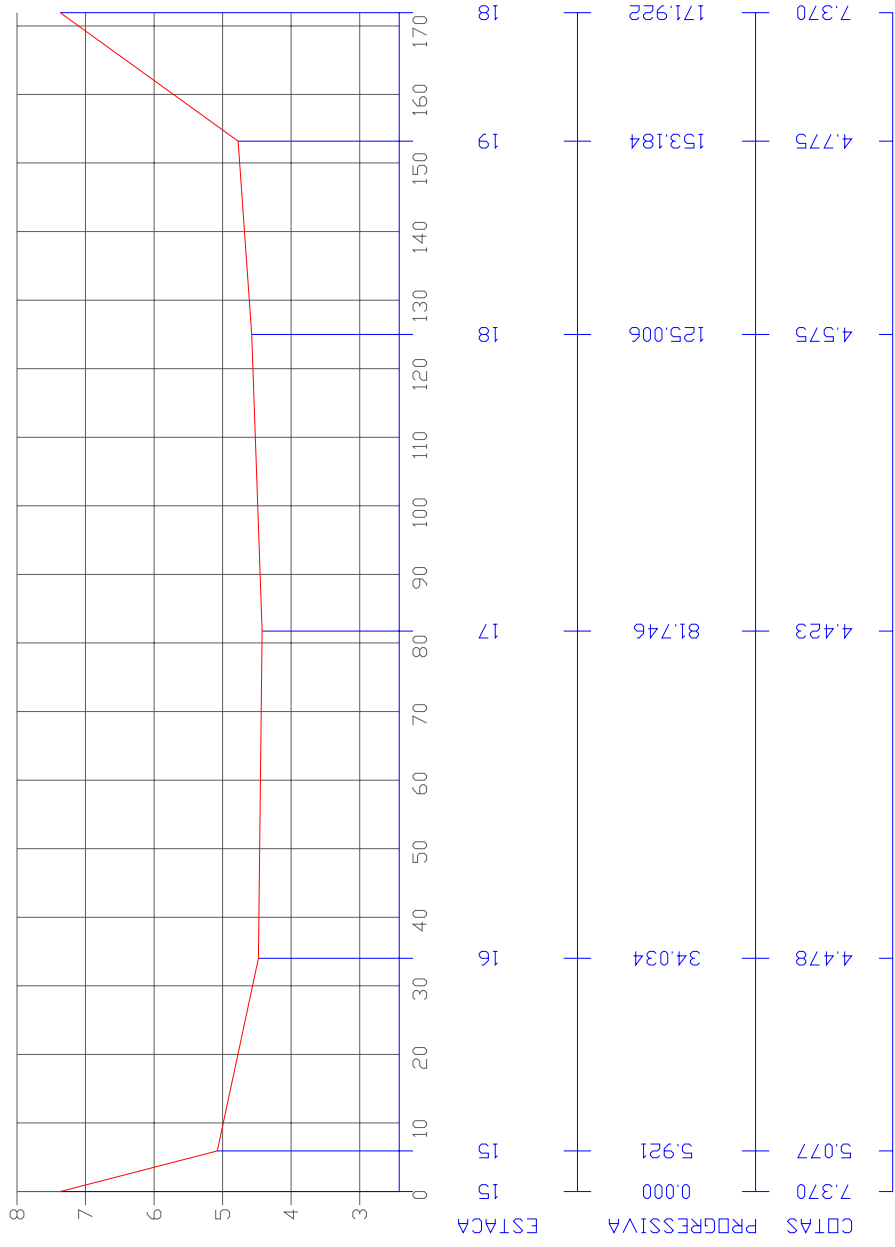


Anexo 02. Levantamento batimétrico do perfil 1, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.

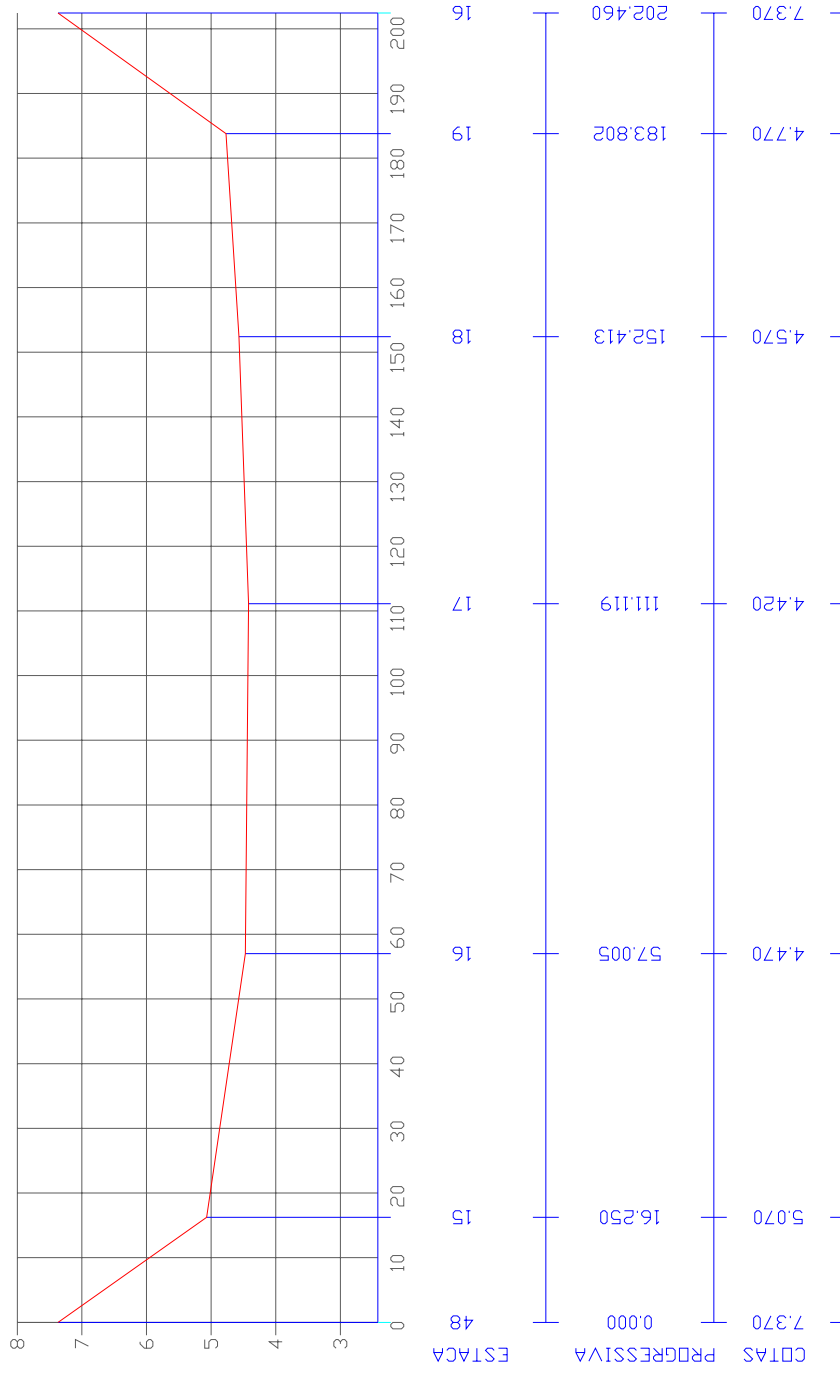


Anexo 03. Levantamento batimétrico do perfil 2, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.

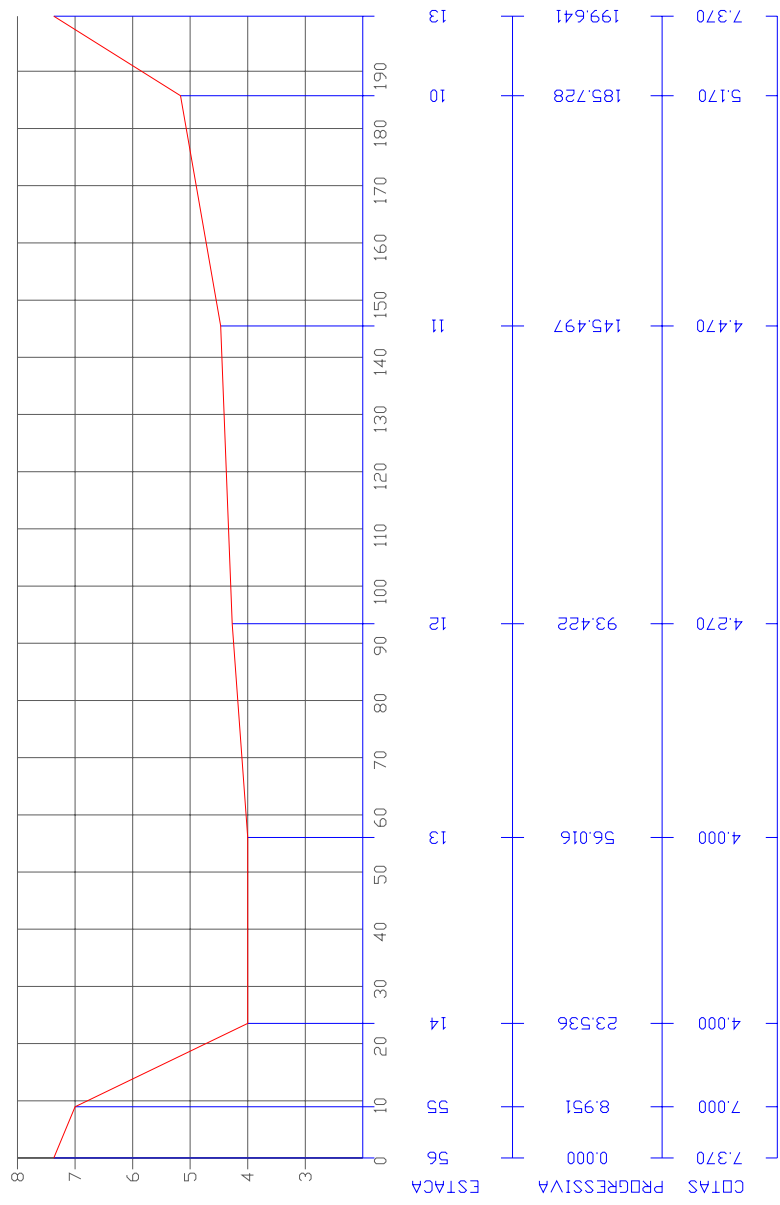




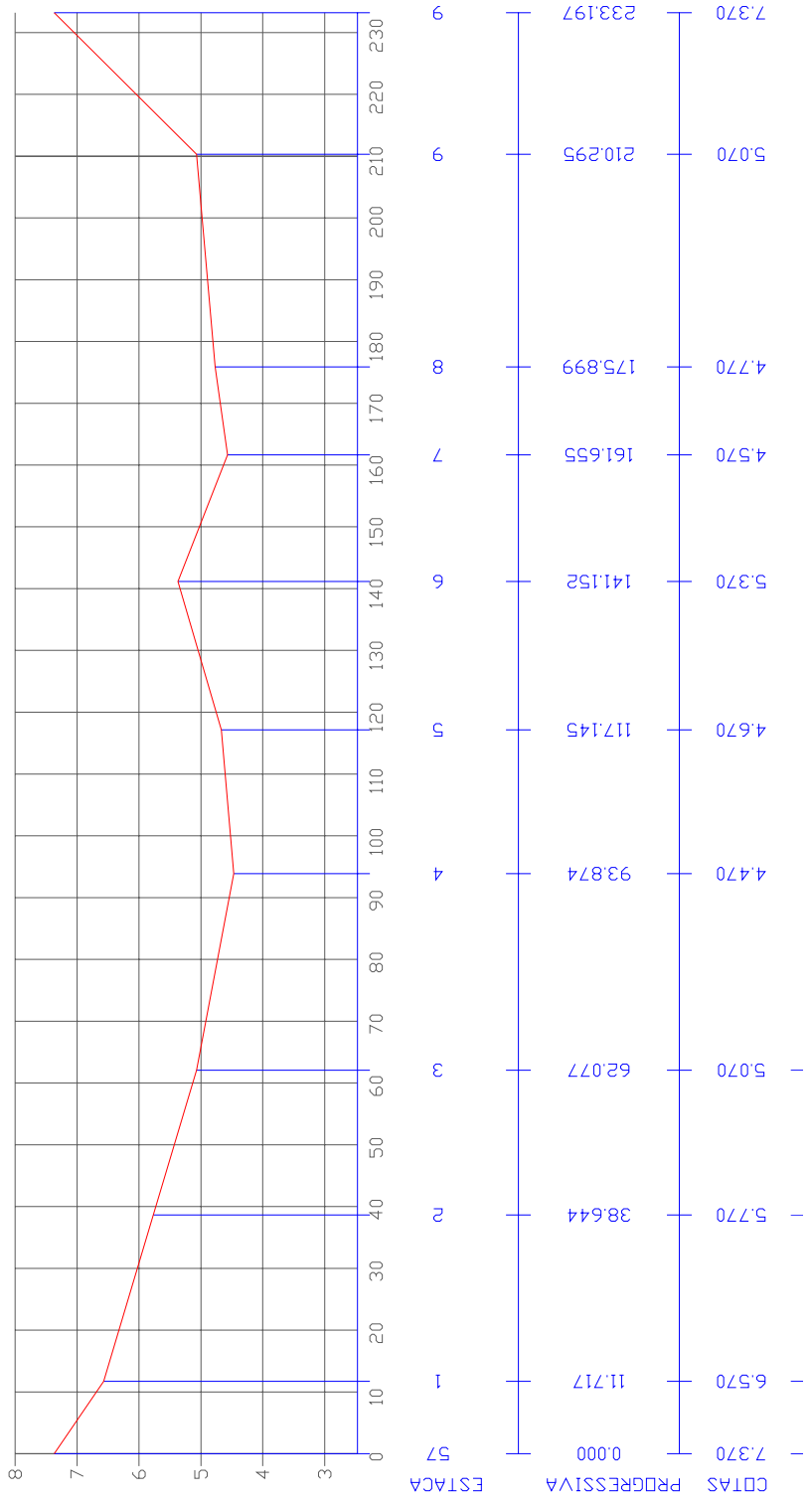
Anexo 04. Levantamento batimétrico do perfil 3, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.



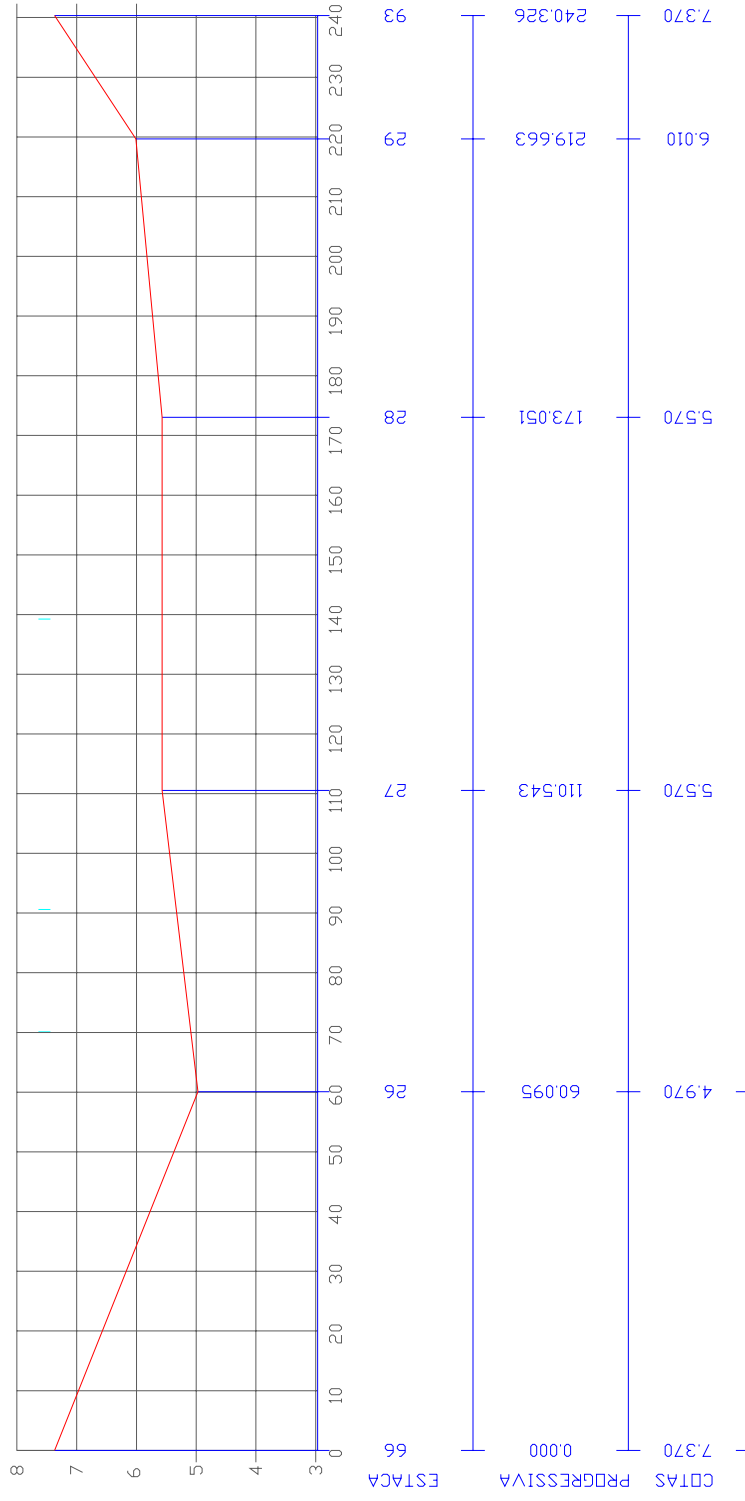
Anexo 05. Levantamento batimétrico do perfil 4, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.



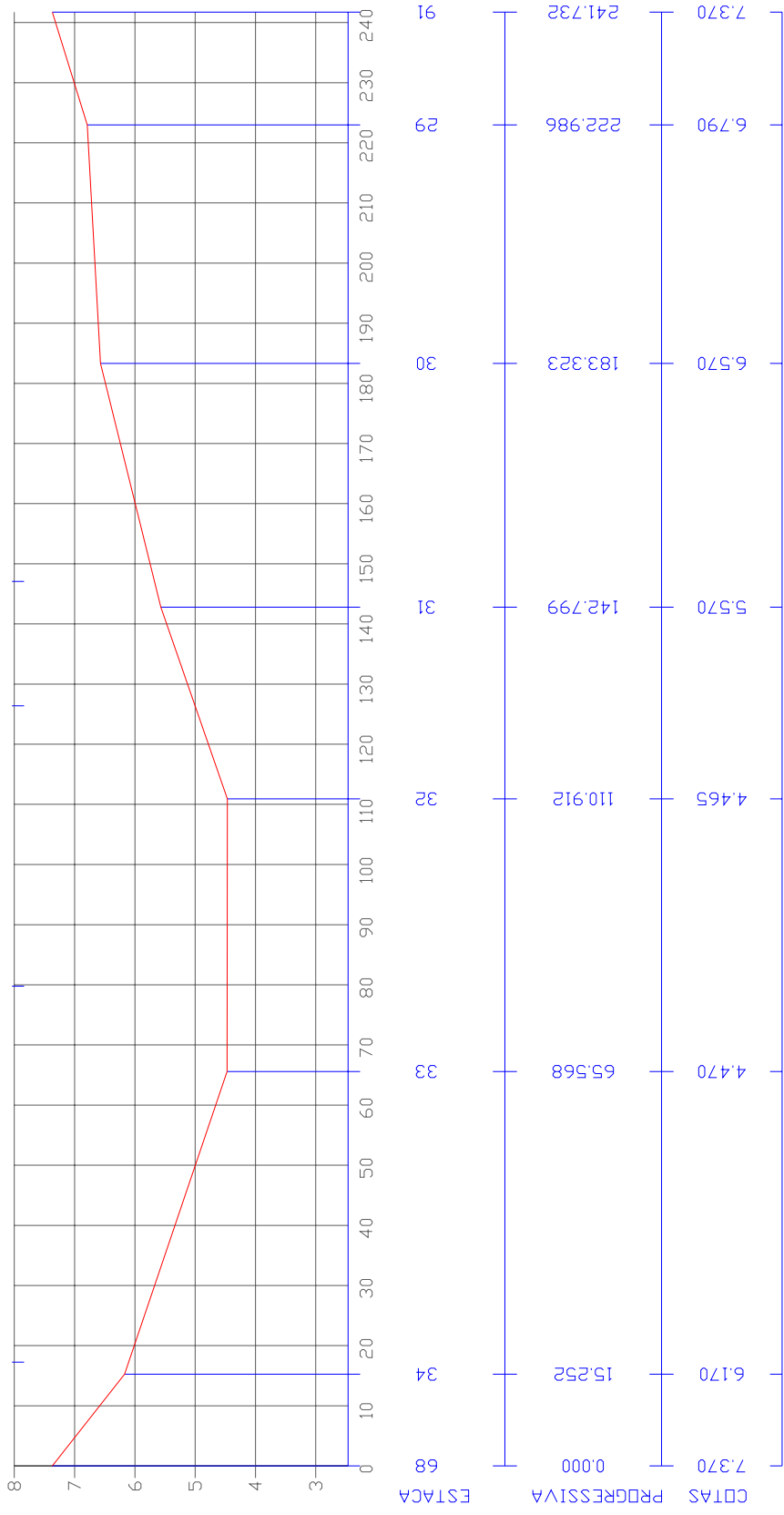
Anexo 06. Levantamento batimétrico do perfil 5, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.



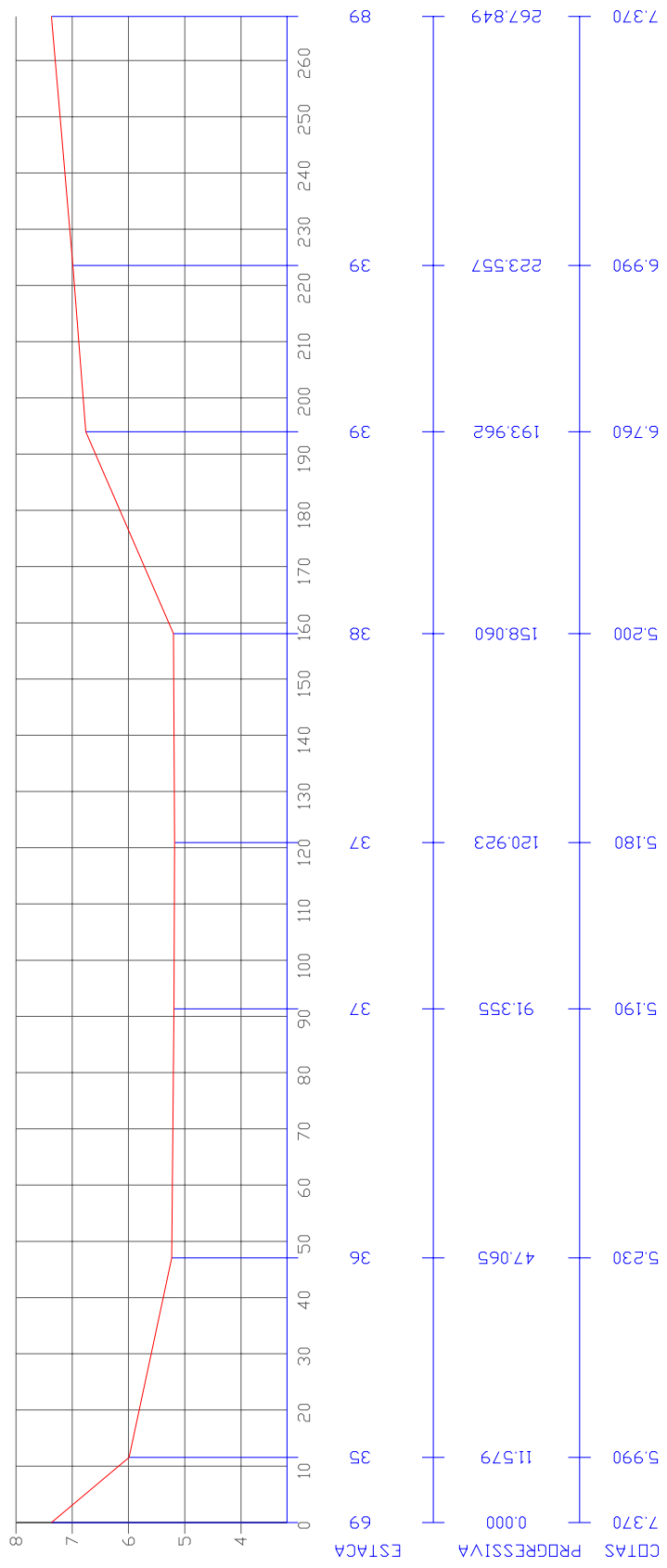
Anexo 07. Levantamento batimétrico do perfil 6, localizado na célula 1 do Açude de Apipucos.



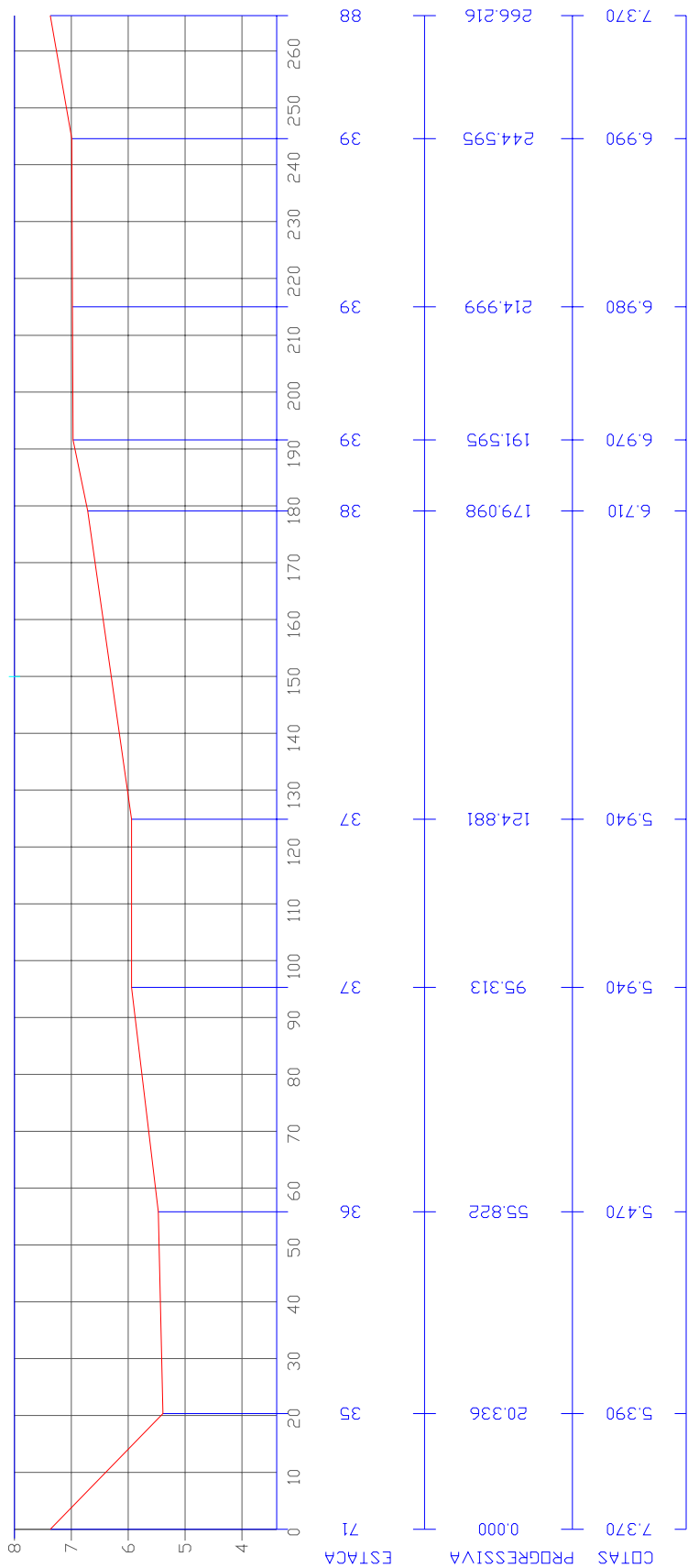
Anexo 08. Levantamento batimétrico do perfil 7, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.



Anexo 09. Levantamento batimétrico do perfil 8, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.



Anexo 10. Levantamento batimétrico do perfil 9, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.



Anexo 11. Levantamento batimétrico do perfil 10, localizado na célula 2 do Açude de Apipucos.