



**Universidade Federal do Ceará**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação**  
**PRODEMA – Programa Regional de Pós-Graduação**  
**em Desenvolvimento e Meio Ambiente**



**ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DA PEQUENA AÇUDAGEM NO**  
**SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO DOS AÇUDES DO ASSENTAMENTO**  
**25 DE MAIO, MADALENA-CE**

**LEONARDO SCHRAMM FEITOSA**

Fortaleza - CE  
2011

**LEONARDO SCHRAMM FEITOSA**

**ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DA PEQUENA AÇUDAGEM NO  
SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO DOS AÇUDES DO ASSENTAMENTO  
25 DE MAIO, MADALENA-CE**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Araújo

Fortaleza - CE  
2011

**LEONARDO SCHRAMM FEITOSA**

**ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DA PEQUENA AÇUDAGEM NO  
SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO DOS AÇUDES DO ASSENTAMENTO  
25 DE MAIO, MADALENA-CE**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

APROVADO EM: 25 / 01 / 2011

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Carlos de Araújo  
Orientador - UFC

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Sandra Tédde Santaella  
Examinadora Interna – Labomar/UFC

---

Prof. Dr. Francisco Maurício de Sá Barreto  
Examinador Externo - IFCE

## *Dedicatória*

*A Deus, minha família, amigos, colegas de trabalho e orientadores pelo apoio, força, incentivo, companheirismo e amizade. Sem eles nada disso seria possível.*

## *Agradecimentos*

*A Deus pela vida, bênção e proteção.*

*À minha família que sempre me apoiou nos meus estudos. À minha mãe Cláudia, por sua dedicação aos seus filhos. Ao meu pai Dário, em que o coração não cabe no peito. Às minhas irmãs Lillian e Livia, por sempre acreditarem em meu potencial e fazerem com que me sentisse especial.*

*A Universidade Federal do Ceará, por proporcionar uma excelente oportunidade de estudar e contribuir para o desenvolvimento da ciência.*

*Meus agradecimentos especiais ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) e seus Professores que contribuíram na ampliação dos conhecimentos nessa nova etapa da minha vida.*

*Aos professores do PRODEMA, pelos conhecimentos divididos.*

*Aos amigos do PRODEMA: Laldiane, Renata Aline, Renata Torquato, Déborah, Liana, Ademir, Miguel, Delano, Davi, Carol, Zoraia, Socorro, Cláudia, Francivan, Jaqueline, Hélio, Marta, pela amizade.*

*Ao Projeto DISPAB-SA que contribui com suporte científico sobre a pequena açudagem.*

*Ao Projeto Fossa Verde e ao FINEP que financiaram toda a pesquisa.*

*Ao DAAD (serviço alemão de intercâmbio acadêmico), que concedeu a bolsa de estudo por todo período de mestrado.*

*Aos amigos do HIDROSED: Mário Wiegand, Cicero, Cristian, Diego, Carol, Thiago (barqueiro), Marcão, Alexandre, Everton, Francisco Wellington, Déborah, José Wellington, Marcelo, Vidal, Yuri, pela amizade.*

*Aos amigos do EQUAL: Chagas, Rosa, Socorro, Mariany, Thalita, Paulo, Will, Ítalo, Guto, Davi, pela amizade, pela paciência comigo e pela grande ajuda que me deram durante todo ano de pesquisa.*

*Ao prof. Maurício, pela participação na banca e pela contribuição através das sugestões.*

*Aos professores Aldeney Andrade e Célia Maria, que me orientaram durante a graduação, me formaram como pesquisador e pelos materiais de coleta emprestados. Ao prof. Rui Costa pela realização das análises de coliformes em seu laboratório.*

*Em especial à prof<sup>a</sup> Sandra, que me recebeu muito bem e permitiu a realização de grande parte da pesquisa em seu laboratório. Além das brincadeiras e conversas que tivemos.*

*Agradecimento mais que especial ao professor José Carlos de Araújo que através de sua competência, organização e dedicação me orientou durante a elaboração desta dissertação.*

*A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.*

## RESUMO

---

Os estudos para pequena açudagem no semiárido nordestino ainda são escassos, principalmente com relação à qualidade de água. A presente pesquisa buscou conhecer os processos dinâmicos que ocorrem nos pequenos açudes, objetivando avaliar os usos múltiplos, o estado trófico e a qualidade da água de pequenos açudes representativos do assentamento 25 de Maio. Realizou-se o monitoramento sistemático de qualidade da água dos açudes Paus Branco e Mel, no período de abril de 2010 a outubro de 2010. As variáveis analisadas foram: temperatura, transparência, zona eufótica, pH, turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, ortofosfato solúvel, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio total, sólidos totais, clorofila "a", DQO, DBO<sub>5,20</sub> e coliformes termotolerantes. O pequeno açude beneficia a população do assentamento 25 de Maio quanto ao abastecimento da população, à piscicultura, ao cultivo de vazante e à irrigação. As atividades antrópicas de maior impacto na qualidade da água, nos dois açudes monitorados, se restringem: a criação de animais e a presença destes nas margens dos açudes, o cultivo de vazante, o uso de agrotóxicos pelos assentados, o aterro do lixo ou a sua presença ao ar livre, o despejo das águas usadas nas atividades domésticas no quintal e o desmatamento das matas ciliares dos açudes. Houve diferença significativa, entre os períodos chuvoso e seco, para os parâmetros: temperatura, pH, PT, NT, N-amoniaco, nitrito, nitrato, DBO, OD, clorofila "a" e coliformes termotolerantes. O índice de estado trófico de Lamparelli (2004) indica que os açudes Paus Branco e Mel podem estar eutrofizados, em todos os seus pontos, por se encontrarem nas classificações: eutrófico, para o açude Paus Branco, e entre supereutrófico e hipereutrófico, para o açude Mel. Os altos valores obtidos nas razões N:P dão indicativo de que o fósforo é o nutriente limitante nos dois açudes. Razões N:P maiores no período seco do que no período chuvoso, pode ser devido à sedimentação ou a assimilação do fósforo pelas algas e plantas aquáticas. O monitoramento sistemático no modelo usado no presente trabalho, com amostragens mensais em três pontos de cada açude, obtendo as amostras da zona limnética, coletadas em dois períodos, chuvoso e seco, foi bem sucedido, proporcionando informações sobre os açudes e de suas bacias hidrográficas. Os resultados corroboram com outros resultados de açudes do semiárido nordestino e reforçam a hipótese de que as variações sazonais alteram a qualidade da água dos açudes.

**Palavras-chave:** IET, eutrofização, pequena açudagem, semiárido, qualidade de água.

## ABSTRACT

---

The studies for small reservoirs in the semiarid northeast are still scarce, mainly in relation to water quality. This research aimed to discover the dynamic processes that occur in small reservoirs, to evaluate the multiple uses, the trophic state and water quality in small reservoirs representing the settlement on May 25. Carried out the systematic monitoring of water quality of the reservoirs Paus Branco and Mel, in the period April 2010 to October 2010. The variables analyzed were: temperature, transparency, euphotic zone, pH, turbidity, conductivity, total phosphorus, soluble orthophosphate, N-ammonia, nitrite, nitrate, total nitrogen, total solids, chlorophyll-a, COD, BOD<sub>5,20</sub> and thermotolerant coliforms. The small reservoir benefits the population of the settlement on May 25 on supplies of the population, to fish farming, cultivation of low water and irrigation. Human activities with the greatest impact on water quality in two reservoirs monitored, restricted: animal husbandry and the its presence on the banks of reservoirs, cultivation of low water, the use of pesticides by the settlers, the landfill waste or its outdoor presence, dumping of waste water for household chores in the yard and the deforestation of riparian forests of the reservoirs. There was significant difference between the wet and dry periods, the following parameters: temperature, pH, PT, NT, N-ammonia, nitrite, nitrate, BOD, DO, chlorophyll a and thermotolerant coliforms. The trophic state index of Lamparelli (2004) indicates that the reservoirs Paus Branco and Mel may be eutrophic in all their points, because they have the classifications: eutrophic, to the reservoir Paus Branco, and between supereutrófico and hypereutrophic, to the reservoir Mel. The high values obtained in the N:P ratios give an indication that phosphorus is the limiting nutrient in the two reservoirs. N:P ratios higher in the dry period than during the rainfall period may be due to sedimentation or the assimilation of phosphorus by algae and aquatic plants. The systematic monitoring in the model used in this study, with monthly sampling at three points of each reservoir, obtaining samples from the limnetic zone, collected in two periods, rainfall and dry periods, was successful, providing information on the reservoirs and their watersheds. The results corroborate other finding results of the semiarid northeastern reservoirs and reinforce the hypothesis that seasonal variations affect water quality in reservoirs.

**Keywords:** TSI, eutrophication, small reservoirs, semiarid, water quality.



## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1	Dados morfométricos dos açudes localizados no Assentamento 25 de Maio – CE.....	44
TABELA 3.2	Pontos de coleta dos açudes Paus Branco e Mel no Assentamento 25 de Maio – CE.....	46
TABELA 3.3	Parâmetros físico-químicos utilizados para o monitoramento dos açudes Paus Branco e Mel, seguido dos métodos utilizados nas determinações e sua referência.....	49
TABELA 3.4	Classificação adotada pelo Índice de Estado Trófico, segundo Lamparelli (2004).....	52
TABELA 4.1	Precipitação pluviométrica mensal (2010) e média histórica (1988 – 2010), observada no município de Madalena.....	61
TABELA 4.2(a)	Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período chuvoso (abril a junho/2010).....	66
TABELA 4.2(b)	Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período chuvoso (abril a junho/2010).....	67
TABELA 4.3(a)	Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período seco (julho a outubro/2010).....	68
TABELA 4.3(b)	Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período seco (julho a outubro/2010).....	69
TABELA 4.4	Correlações de Spearman entre clorofila “a” e as variáveis fósforo total, ortofosfato, pH e turbidez, durante o período seco.....	93
TABELA 4.5	Razão N:P para os pontos monitorados nos açudes Paus Branco e Mel, no período de abr/10 a out/10.....	96
TABELA 4.6	Classificação do Estado Trófico dos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) através do IET de Lamparelli (2004), no período de abril a outubro de 2010.....	103

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Foto da presença do gado na margem do açude Mel, prática de pecuária extensiva, Ceará, abril/2010.....	37
FIGURA 3.1	Mapa do Estado do Ceará, com destaque no Município de Madalena, onde se situa a maior parte do Assentamento 25 de Maio, com os açudes numerados.....	41
FIGURA 3.2	Foto do açude Paus Branco, julho/2010, Ceará.....	45
FIGURA 3.3	Foto do açude Mel, julho/2010, Ceará.....	45
FIGURA 3.4	Localização dos pontos de coleta nos açudes Paus Branco e Mel/CE.....	47
FIGURA 4.1	Percentual dos entrevistados para a origem da água de beber (a) e percentual dos entrevistados para água encanada (b).....	55
FIGURA 4.2	Percentual dos entrevistados que realizam algum tipo de tratamento da água de beber (a) e percentual dos entrevistados que afirmam o tipo de tratamento da água de beber (b).....	56
FIGURA 4.3	Percentual dos entrevistados para a origem da água que utilizam em casa (a) e percentual dos entrevistados para quais as atividades que utilizam a água do açude (b).....	56
FIGURA 4.4	Percentual do destino das águas usadas nas casas (a) e percentual do destino da água do sanitário (b).....	57
FIGURA 4.5	Percentual do destino do lixo doméstico.....	58
FIGURA 4.6	Percentual dos entrevistados que fazem irrigação.....	58
FIGURA 4.7	Percentual dos entrevistados que utilizam agrotóxicos (a) e percentual dos tipos de agrotóxicos utilizados no assentamento 25 de Maio (b).....	59
FIGURA 4.8	Percentual da criação de animais.....	60
FIGURA 4.9	Precipitação pluviométrica mensal (2010) e média histórica (1988 – 2010), observada no município de Madalena.....	61
FIGURA 4.10	Evolução da transparência de Secchi e zona eufótica nos pontos monitorados dos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período de abr/10 a out/10.....	63
FIGURA 4.11	Variação temporal das Transparências (Transp) e dos Sólidos Totais (ST) determinados no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).....	65
FIGURA 4.12	Variação espacial e temporal da Temperatura no período de abr/10 a out/10.....	70
FIGURA 4.13	Variação espacial e temporal de pH no período de abr/10 a out/10.....	72
FIGURA 4.14	Variação espacial e temporal de Fósforo Total no período de abr/10 a out/10.....	74
FIGURA 4.15	Variação espacial e temporal de Nitrogênio Total no período de abr/10 a out/10.....	76
FIGURA 4.16	Variação espacial e temporal de N-amoniaco (amônia) no período de abr/10 a out/10.....	77
FIGURA 4.17	Variação espacial e temporal de Nitrito no período de abr/10 a out/10.....	78

FIGURA 4.18	Varição espacial e temporal de Nitrato no período de abr/10 a out/10.....	79
FIGURA 4.19	Varição espacial e temporal de DQO no período de abr/10 a out/10.....	81
FIGURA 4.20	Varição espacial e temporal de DBO no período de abr/10 a out/10.....	82
FIGURA 4.21	Varição espacial e temporal de Ortofosfato no período de abr/10 a out/10.....	83
FIGURA 4.22	Varição espacial e temporal de Oxigênio Dissolvido (OD) no período de abr/10 a out/10.....	85
FIGURA 4.23	Varição espacial e temporal de Condutividade Elétrica (CE) no período de abr/10 a out/10.....	87
FIGURA 4.24	Varição espacial e temporal de Sólidos Totais (ST) no período de abr/10 a out/10.....	89
FIGURA 4.25	Varição espacial e temporal de Turbidez no período de abr/10 a out/10.....	90
FIGURA 4.26	Varição espacial e temporal de Clorofila “a” no período de abr/10 a out/10.....	92
FIGURA 4.27	Varição temporal das concentrações de Fósforo Total (PT) e de Clorofila “a” (Cla) determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).....	93
FIGURA 4.28	Varição temporal das concentrações de Nitrogênio Total (NT) e de Clorofila “a” (Cla) determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).....	94
FIGURA 4.29	Varição temporal das Transparências (Transp) e das concentrações de Clorofila “a” (Cla) determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).....	95
FIGURA 4.30	Varição temporal das razões de N:P e das concentrações de Clorofila “a” (Cla) determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).....	98
FIGURA 4.31	Varição espacial e temporal de Coliformes Termotolerantes no período de abr/10 a out/10.....	100
FIGURA 4.32	Varição temporal de Coliformes Termotolerantes nos açudes Paus Branco (a) e Mel (b), no período de abr/10 a out/10.....	101
FIGURA 4.33	Classificação do açude Paus Branco através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004).....	104
FIGURA 4.34	Classificação do açude Mel através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004).....	105
FIGURA 4.35	Foto do local próximo ao ponto P1-entrada do açude Paus Branco, com presença de muitas macrófitas, abril/2010, Ceará.....	107
FIGURA 4.36	Foto do local do ponto P6-barragem do açude Mel, com água de coloração mais escura devido à grande quantidade de sedimentos na coluna d’água, julho/2010, Ceará.....	107

**LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS**

DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra Secas
IFOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra Secas
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos - CE
PROURB	Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos
PROGERIRH	Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos
PROÁGUA	Programa Nacional de Desenvolvimento de Recursos Hídricos
EQUAL	Laboratório de efluentes e qualidade de água
LECOM	Laboratório de eletroquímica e corrosão microbiana
THM	Trihalometanos
T	Temperatura
pH	Potencial hidrogeniônico
OD	Oxigênio dissolvido
CE	Condutividade elétrica
Turb	Turbidez
Transp	Transparência
NT	Nitrogênio total
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrito
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
NH <sub>3</sub>	N-amoniacal
PT	Fósforo total
oP	Ortofosfato
DQO	Demanda química de oxigênio
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
ST	Sólidos totais
Cla	Clorofila "a"

CTT	Coliformes termotolerantes
NMP	Número mais provável
CL	Caldo lactosado
VB	Caldo verde brilhante
ln	Logaritmo natural
N	Número de dados
CV	Coefficiente de variação
DP	Desvio padrão
R	Coefficiente de correlação de Spearman
P	p-value
$\alpha$	Nível de significância
M	IET médio
Z secchi	Zona da profundidade de extinção do disco de Secchi
Z euf	Zona eufótica
N:P	Razão nitrogênio/fósforo
IET	Índice de Estado Trófico

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 Relação Homem-Seca: Escassez de Água na Região Nordeste .....	20
2.2 A Política de Açudagem no Nordeste e no Estado do Ceará .....	22
2.3 Monitoramento da Qualidade de Água.....	29
2.4 Poluição e Eutrofização dos Açudes.....	34
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
3.1 Caracterização da Área de Estudo .....	40
3.1.1 <i>Dados Pluviométricos</i> .....	42
3.1.2 <i>Usos Múltiplos da Água dos Açudes Paus Branco e Mel e Impactos Ambientais no Assentamento 25 de Maio</i> .....	43
3.1.3 <i>Caracterização Física dos Açudes</i> .....	44
3.2 Caracterização da Qualidade de Água dos Açudes .....	46
3.2.1 <i>Pontos de Amostragem e Período de Coleta nos Açudes</i> .....	46
3.2.2 <i>Procedimentos de Coleta e Preservação das Amostras</i> .....	48
3.2.3 <i>Variáveis Físico-Químicas, Biológicas e Métodos Analíticos</i> .....	48
3.3 Índice de Estado Trófico – IET.....	51
3.4 Tratamento Estatístico e Análise dos Dados.....	52
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
4.1 Análise dos Usos Múltiplos da Água dos Açudes Paus Branco e Mel e dos Impactos Ambientais no Assentamento 25 de Maio .....	54
4.2 Análise Pluviométrica.....	60
4.3 Análise Sazonal das Variáveis Físico-Químicas nos Açudes Paus Branco e Mel.....	62
4.4 Análise Sazonal das Variáveis Biológicas nos Açudes Paus Branco e Mel .....	92
4.5 Análise do Índice de Estado Trófico.....	101
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>108</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>122</b>

## Capítulo 1

### INTRODUÇÃO

A ocupação humana no semiárido nordestino é acompanhada da construção de açudes ao longo do tempo, por motivos históricos, climáticos, políticos e desenvolve-se de forma intensa, porém desordenada, tornando estes reservatórios parte das comunidades. A açudagem caracteriza-se como uma das melhores alternativas para solução de escassez de água no semiárido, favorecendo, assim, a uma distribuição espacial da água, onde as comunidades ocupam o espaço de forma difusa e não possuem um sistema de abastecimento planejado. Evidencia-se assim, a importância da implantação destes reservatórios para a melhoria das condições socioeconômicas dessas populações.

A água desempenha papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico de qualquer civilização. Sua disponibilidade em quantidade e qualidade compatíveis com a demanda é um dos fatores que determinam o nível de qualidade de vida em um agrupamento humano (CARVALHO, 1994). Os açudes têm uma grande importância, principalmente nos períodos de estiagem, pois suas águas passam a ser utilizadas para múltiplos usos, tais como irrigação, dessedentação de animais, consumo humano e piscicultura (CEBALLOS, 1995).

Nesse contexto, consoante ao semiárido brasileiro, a gestão de recursos hídricos está, em grande parte, associada à gestão de reservatórios superficiais construídos para o armazenamento de água, responsáveis pela maior parcela da oferta hídrica nessa região. A alta variabilidade temporal das precipitações associada à ocorrência de solos rasos, o que impossibilita o armazenamento subterrâneo de água em quantidade satisfatória, confere à região características de intermitência dos rios e uma situação de escassez hídrica (MEDEIROS & VIEIRA, 2006).

Segundo Silans (2003), os projetos SERTANEJO e PROHIDRO, realizados entre 1978 e 1983, relataram, respectivamente, a construção de 3.643 e 8.261 açudes no Nordeste. Estima-se que no início da década de 90, existiam

aproximadamente 70.000 açudes no Nordeste entre pequenos, médios e grandes açudes. Com essas características, o Nordeste brasileiro destaca-se, como uma das regiões com maior quantidade de açudes do mundo (MOLLE & CADIER, 1992), açudes estes que podem ser subutilizados, ocorrendo perdas de grande parte de suas águas por evaporação ou sangria (CADIER, 1994).

As construções de pequenos açudes em uma área saturada de açudes, ocorrem após períodos de estiagem mais longos. A busca de soluções para as recorrentes secas no Nordeste brasileiro levou à prática de construção de um grande número de reservatórios sem, entretanto, se enquadrarem em uma política hídrica para as bacias hidrográficas. A prática tem demonstrado que a pequena e a média açudagem têm sido um dos fatores responsáveis pela redução do volume afluente aos grandes reservatórios, de característica interanual, os quais são de interesse estratégico (CAMPOS *et al.*, 2000).

Há uma diversidade de termos para definir açude (barreiro, tanque, açudeco, barragem, represa etc), além de uma grande variabilidade com relação à capacidade de armazenamento (MOLLE & CADIER, 1992). Em função do volume de água armazenado Lima Neto *et al.* (2011) e Malveira *et al.* (2011) propõem quatro classes de tamanho de açudes: micro (menor do que  $1\text{hm}^3$ ), pequeno (de 1 a  $10\text{hm}^3$ ), médio (de 10 a  $50\text{hm}^3$ ), grande ou estratégico (acima de  $50\text{hm}^3$ ). Güntner e Bronstert (2004) também propõem outra classificação em função do volume de água armazenado: micro A (de 0 a  $100.000\text{m}^3$ ), micro B (de  $100.000$  a  $1\text{hm}^3$ ), pequeno A (de 1 a  $3\text{hm}^3$ ), pequeno B (de 3 a  $10\text{hm}^3$ ), médio (de 10 a  $50\text{hm}^3$ ), grande (acima de  $50\text{hm}^3$ ). De acordo com os volumes dos açudes, associados às condições climáticas, como altas taxas evapotranspiração e baixas precipitações, favorecem no aumento da concentração de solutos, afetando a qualidade das águas para os diferentes usos.

Os órgãos de gestão das águas não dão a devida importância aos pequenos açudes por considerarem que os mesmos não oferecem segurança hídrica ao Estado, devido à sua pequena capacidade de armazenamento. No entanto, esta linha de raciocínio seria válida caso houvesse número reduzido, principalmente de pequenos açudes, mas caso o número de pequenos açudes



seja elevado, muitas vezes a soma dos volumes acumulados por estes supera o volume acumulado por um grande reservatório em uma mesma bacia hidrográfica. Malveira (2009), estudando a bacia do açude Orós, no Ceará, cita que o volume potencial de armazenamento na bacia, com pequenos e grandes açudes, é da ordem de 5,9 bilhões de metros cúbicos, sendo que cerca de 3,2 bilhões de metros cúbicos na pequena açudagem e 2,6 bilhões de metros cúbicos nos grandes açudes (maiores que 50 milhões de metros cúbicos).

O grande problema da pequena açudagem é a eficiência hidráulica que é seriamente comprometida devido às perdas por evaporação serem muito mais elevadas. Segundo Araújo *et al.* (2003), muitos entre os pequenos açudes têm bacia hidráulica bastante plana, com relação à topografia, e em cerca de três meses depois do fim da estação chuvosa estes açudes podem secar completamente. Outro problema da pequena açudagem é o assoreamento, segundo Wiegand (2009) os pequenos açudes retêm mais sedimentos do que os grandes açudes. Considerando-se a importância econômica, social e cultural dos pequenos açudes para o semiárido brasileiro e os modernos instrumentos de gestão de recursos hídricos vigentes no País, torna-se necessário discutir, estudar e pesquisar seu papel no atual contexto.

No Brasil, especificamente na área do semiárido, muitos esforços foram depreendidos pelos governos, ao longo do tempo, na tentativa de reduzir os efeitos da irregularidade das chuvas no tempo e no espaço. Neste sentido, várias iniciativas foram implementadas, como a política da açudagem iniciada há mais de dois séculos, a perfuração de poços profundos e, mais recentemente, o programa “um milhão de cisternas”, entre outros, com o objetivo principal de fornecer água para o consumo humano, animal como também para produção de alimentos. Porém, essas iniciativas continham pouca ou nenhuma diretriz contemplando aspectos relacionados com a qualidade das águas.

Tundisi e Matsumura-Tundisi (1995) observaram que o número e o tamanho dos ecossistemas aquáticos artificiais têm aumentado em todas as regiões do planeta. Os autores também destacam a grande importância de estudos limnológicos e sanitários nestes ecossistemas, pois constituem

informações básicas que servem para providenciar medidas de proteção da qualidade da água.

Para a realização de estudos de qualidade de água em reservatórios é necessário que se faça um monitoramento de diversos parâmetros físico-químicos e biológicos que caracterizem a qualidade do corpo hídrico estudado, permitindo verificar o grau e a intensidade de contaminação das águas.

O monitoramento da qualidade de água é uma ferramenta importante tanto para o controle da qualidade do corpo hídrico quanto para definir os programas e as atividades para a manutenção e a melhoria da qualidade da água de reservatórios. Dentre os principais parâmetros, de caráter limnológico, a serem monitorados para controle da qualidade de água podemos citar: turbidez, sólidos suspensos, sólidos totais, DQO, DBO, pH, oxigênio dissolvido, clorofila “a” e os nutrientes nitrogenados e fosforados. Os nutrientes nitrogenados e fosforados são de grande importância para os problemas relacionados à eutrofização, pois são os principais nutrientes a serem controlados, em razão da essencialidade à produção de fitoplâncton.

As principais fontes poluidoras da pequena açudagem no semiárido são: a presença de animais nas margens dos açudes, onde defecam e urinam nas águas dos açudes, os efluentes domésticos (lavagem de roupas, águas utilizadas nas atividades domésticas, etc), o desmatamento da mata ciliar, que protege os açudes contra o assoreamento e da entrada de matéria orgânica, a presença de lixo ao ar livre e o uso de insumos agrícolas. As condições socioeconômicas das comunidades vizinhas, a geomorfometria da bacia, dentre outros fatores, interferem na qualidade de água dos reservatórios (DI BERNARDO, 1995; STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

A definição de qualidade da água está associada ao uso. Para consumo humano, a legislação brasileira, por meio da Portaria 518, do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, dispõe que “toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”, e define como água potável “aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade e que não

ofereça risco à saúde” (BRASIL, 2004). No semiárido brasileiro, a maioria dos açudes tem também como função fornecer água para a dessedentação dos animais e para produção de alimentos seja por meio da irrigação ou cultivando na vazante. Estas atividades se não forem realizadas de forma adequada, podem comprometer a qualidade da água armazenada nos reservatórios. A dessedentação dos animais ocorre diretamente na fonte, e muitas vezes defecam e urinam nas águas dos açudes. Nestes casos, o ideal seria que as propriedades localizadas às margens dos açudes dispusessem de cercas e de bebedouros para evitar o contato dos animais com a água, reduzindo os riscos de contaminação. A contaminação das águas também pode ocorrer pelo uso inadequado de agroquímicos como fertilizantes e pesticidas aplicados nas lavouras.

Baseado no pressuposto de que os estudos para pequena açudagem no Nordeste ainda são escassos, principalmente com relação à qualidade de água, a presente pesquisa buscou conhecer os processos dinâmicos que ocorrem nos pequenos açudes em estudo, adquirindo conhecimentos e levantando dados a fim de um melhor manejo e gerenciamento dos recursos hídricos de pequenos açudes.

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar os usos múltiplos, o estado trófico e a qualidade da água de pequenos açudes representativos do assentamento 25 de Maio. Para isso realizou-se estudo de caso nos pequenos açudes de Paus Branco e Mel, localizados na área do assentamento 25 de Maio. São objetivos específicos desta pesquisa:

- a) analisar os usos múltiplos e os impactos ambientais na qualidade da água dos açudes Paus Branco e Mel, do assentamento 25 de Maio;
- b) analisar a variação sazonal das características físico-químicas e biológicas da água dos açudes Paus Branco e Mel;
- c) caracterizar, segundo critérios limnológicos, os açudes Paus Branco e Mel, através do Índice de Estado Trófico (IET).

## Capítulo 2

### REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 Relação Homem-Seca: Escassez de Água na Região Nordeste

O Nordeste semiárido tem sido caracterizado, desde o início de sua história, pelo estigma da seca. A primeira marca, que antecede à colonização portuguesa é relatada por Fernão Cardin, citada por SOUZA (1979): “houve uma grande seca e esterilidade na província (Pernambuco) e desceram do sertão, ocorrendo-se aos brancos cerca de quatro ou cinco mil índios”. Uma outra citação merece destaque: “os primeiros colonizadores lusos testemunharam, por certo, a luta tremenda, dentro das selvas, dos Tabajaras, dos Kariris, indígenas sertanejos, estes últimos acossados pelos efeitos das secas, famintos errantes, em contínuos entrechoques de raças do Jaguaribe, do Apodi, e do Açu, ao Norte, às ribeiras do São Francisco ao Sul e Leste”, do professor João de Deus de Oliveira, citado por PAULINO (1992).

As narrativas acima demonstram, que mesmo em condições de baixa densidade demográfica, em áreas sem degradação antrópica, na ausência de infraestrutura de acumulação de águas, as secas, desde quando se conhece o Nordeste, têm resultado em movimentos migratórios.

A região Nordeste ocupa 18% do território brasileiro, com uma área de 1.561.177 km<sup>2</sup>. Deste total, 962.857 km<sup>2</sup> situam-se no Polígono das Secas, conforme delimitado em 1936, através da Lei 175, e revisado em 1951, como área de atuação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, abrangendo assim, oito estados nordestinos, exceto o Maranhão e uma área de 121.490 km<sup>2</sup> em Minas Gerais. Tal delimitação foi alterada várias vezes, obedecendo sempre a critérios mais políticos do que ecológicos (SUDENE, 2003). O semiárido ocupa uma área total de 982.563 km<sup>2</sup>, desse total, cerca de 878.973 km<sup>2</sup> de área no Nordeste e outros 103.590 km<sup>2</sup> em Minas Gerais (BRASIL, 2005).

A seca é um fenômeno caracterizado pela ausência parcial de chuvas ou por sua má distribuição durante o período em que as precipitações deveriam ocorrer. Esta pode atingir os mais diversos ambientes uma vez que pode ser provocada pelo clima, relevo e mudanças bruscas nas condições ambientais advindas da degradação dos solos, processos acelerados de desertificação e mudanças climáticas globais (CARVALHO, 1988).

Nas regiões secas do planeta se faz necessária gestão adequada dos ecossistemas aquáticos continentais em virtude não só da escassez natural de recursos hídricos, mas também da elevada pressão antrópica que ocorre sobre esses ecossistemas para usos múltiplos de seus bens e serviços (VIEIRA, 2002).

A região semiárida brasileira caracteriza-se pela deficiência e/ou irregularidade de chuvas, onde a evaporação normalmente supera a precipitação, provocando a perda de grande parte da água superficial e a intermitência de quase toda a rede hidrográfica, constituindo um problema severo para captação e armazenamento desse recurso essencial. Nessas áreas o fenômeno da seca assola a população periodicamente (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

Com base na nova delimitação do semiárido brasileiro, proposta pelo Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), são utilizados três critérios para definir as áreas semiáridas: 1) precipitações pluviométricas médias anuais igual ou inferior a 800mm; 2) Índice de Aridez de Thorntwaite, de 1941, considerando-se semiárido o município com índice de até 0,50, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial; 3) Risco de Seca superior a 60%. Assim, passará a integrar a região semiárida brasileira, todo município que atender a pelo menos um desses três critérios. Esses três critérios foram aplicados a todos os municípios que pertencem à área da antiga SUDENE, inclusive os municípios do norte de Minas Gerais (BRASIL, 2005).

A disponibilidade de água no semiárido nordestino é reduzida e caracterizada pela diferença marcante entre o período chuvoso, com precipitações concentradas em 3 a 4 meses do ano, podendo ocorrer chuvas muito intensas, e o período seco prolongado, com alta taxa potencial de evapotranspiração, acima dos 2000 mm (VIEIRA, 2002; WERNER & GERSTENGARBE, 2003). Os

processos de evaporação e evapotranspiração se destacam em regiões semiáridas, uma vez que são responsáveis pela retenção de até 80% da precipitação (PILGRIM *et al.*, 1998). As características climáticas são retratadas no quadro natural pela vegetação xerofítica (caatinga), embasamento cristalino predominante, solos agrícolas rasos e pelo escoamento hidrográfico intermitente (TUCCI & BRAGA, 2003).

A variabilidade climática do semiárido brasileiro introduz vulnerabilidade significativa ao ambiente. As incertezas associadas às disponibilidades hídricas impõem uma utilização conservadora dos estoques de água disponíveis (TUCCI & BRAGA, 2003). Para otimizar o uso da água pelas populações das regiões semiáridas, foram construídos açudes ao longo do curso dos rios das principais bacias hidrográficas do Nordeste, adotando-se uma política de açudagem.

Nessas condições, a avaliação do problema da água de uma dada região já não pode se restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Deve abranger também os inter-relacionamentos entre os seus recursos hídricos com as demais peculiaridades ambientais e socioculturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade e a conservação das suas reservas hídricas e ecológicas.

## **2.2 A Política de Açudagem no Nordeste e no Estado do Ceará**

Em 1888 uma severa e duradoura seca atingiu o Nordeste, conhecida como a “seca dos três oitos”. A partir de então, o debate de uma solução para o problema tornou-se mais profícuo (CAMPOS *et. al*, 1994). As primeiras ações tomadas foram no período imperial, e remontam ao ano de 1877, ano em que a região foi assolada por uma grande seca. Dessa data até a metade do século XX, a política de combate às secas contemplava, principalmente, a formação de infraestrutura hidráulica na região. O período em que predominou essa política foi, posteriormente, denominado de período da solução hidráulica (MAGALHÃES & GLANTZ, 1992).

Molle (1994) cita Irineu Joffily mostrando que a construção de açudes na região coincidiu com a colonização das terras do sertão e do interior do Nordeste:

*“os açudes sempre foram meios empregados pelos sertanejos para neutralizar os efeitos das secas, desde os primeiros tempos da colonização. Com o seu bom senso prático, compreenderam que era esse o único meio de suprir a falta de rios perenes, de lagos e lagoas permanentes e, aguilhoados pela imperiosa lei da necessidade, iniciaram as represas, trabalho que afinal tornou-se o primeiro e mais necessário em qualquer situação nascente”.*

Em uma grande porção do Nordeste brasileiro, a construção de açudes é condição essencial à obtenção de águas confiáveis e de outros recursos. Por essa razão, a ocupação dos sertões nordestinos se deu continuamente à implementação da política de açudagem, inserida na política de combate às secas.

A construção de açudes no Nordeste brasileiro teve início na época do Brasil Império, com a criação do açude do Cedro, no Ceará. A construção foi iniciada no ano de 1890, ainda no Império, a mando de D. Pedro II, mas os trabalhos foram concluídos já na República, em 1906. O período entre o primeiro projeto e a inauguração foi de 25 anos e as obras contaram, em grande parte, com o emprego de mão-de-obra dos flagelados da seca. No entanto, somente após a grande seca de 1944/1945, iniciou-se efetivamente a construção dos açudes. Esses reservatórios passaram a contribuir como suporte hídrico para as atividades humanas e dessedentação animal (ESTEVES, 1998).

O regime de construção de açudes em cooperação, desativado em 1967, pretendia distribuir melhor, sob o ponto de vista espacial, a oferta d'água e subsidiava a construção de açudes particulares de capacidade máxima de 3 milhões de metros cúbicos. Não havia desapropriação de terras. O projeto e o orçamento eram fornecidos gratuitamente pela Inspeção Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), atualmente, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), e um prêmio equivalente à metade do orçamento era concedido no fim da construção ou, a título de adiantamento, quando metade da obra estivesse

pronta. Os proprietários, em contrapartida, comprometiam-se a fornecer água para as necessidades domésticas das populações circunvizinhas. Entretanto, normalmente os pedidos deferidos só atendiam aos partidários políticos do governo, de modo que a política em questão redundava no aumento da fortuna dos senhores de terra, sem beneficiar o sertanejo pobre, tendendo a criar a “classe dos senhores de água” (ALMEIDA, 1982).

O DNOCS foi responsável pela construção, no semiárido nordestino, de 310 açudes públicos e 622 açudes em regime de cooperação, com um represamento total da ordem de 20 bilhões de m<sup>3</sup> d’água. Paralelamente ao desenvolvimento da açudagem pública, apesar das prioridades oficiais voltadas para os grandes reservatórios, houve, ao longo do tempo, o surgimento da pequena açudagem privada (PARAÍBA, 2004).

O aproveitamento dos açudes públicos não progredia em virtude da questão da propriedade da terra, uma vez que a maior parte das terras ribeirinhas pertencia a grandes proprietários. Segundo Guerra (1981), não seria justo que poucos se beneficiassem com serviços que tomaram investimento de dinheiro público, conservando terras que poderiam abrigar e sustentar populações muitas vezes superiores, com plena autonomia econômica e social. Os açudes públicos deveriam ter uma função verdadeiramente pública. Não se compreende o grande proprietário nas bacias de irrigação de tais açudes a concorrer, a afastar, a tomar lugar daqueles que constituem a figura potencial do flagelado do Nordeste.

A primeira lei que tentava regulamentar o uso da água nos açudes construídos com dinheiro público foi aprovada no governo de Epitácio Pessoa, presidente em 1919. Ela estipulava que os proprietários dos açudes deveriam permitir o acesso à água pela população local (GUERRA, 1981).

O marco histórico da evolução do quadro institucional da gestão dos recursos hídricos no Ceará, foi a criação da Secretaria Estadual dos Recursos Hídricos (SRH), em 1987. A SRH tem objetivos de: promover o aproveitamento racional e integrado dos recursos hídricos do estado do Ceará; coordenar, gerenciar e operacionalizar estudos, pesquisas, programas, projetos, obras, produtos e serviços tocantes a recursos hídricos; e promover a articulação dos órgãos e



entidades do setor com os federais e municipais. No mesmo ano, foi criada a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), vinculada a SRH (SILVA, 2004).

Outro fato importante para a estruturação de um sistema de gestão de água no Ceará, foi a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH. Este estudo foi realizado no período de janeiro de 1988 a fevereiro de 1991, e teve como objetivos: determinar quais as efetivas potencialidades e disponibilidades hídricas do Ceará; conceber e analisar quais as alternativas de infra-estrutura hídrica viáveis; definir o aparato jurídico-institucional para a criação de um Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos no Estado (SILVA, 2004).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH) do estado do Ceará, aprovado em 1992, introduz propostas de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Os diagnósticos elaborados no Plano Estadual forneceram informações para a implantação de mais estruturas hidráulicas de acumulação, além da introdução de uma política de monitoramento e controle de bacias hidrográficas (CEARÁ, 1996).

Um dos resultados do PLANERH foi a proposta de Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos, que foi instituída em 1992. A Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos estabelece os dispositivos legais que disciplinam o processo de gestão dos recursos hídricos no Ceará.

O estado do Ceará tem desenvolvido programas e projetos de construção de reservatórios para o abastecimento humano e industrial. Três programas são mais recentes, adotados pela política de aqüedagem do estado, sendo o PROURB, o PROGERIRH e o PROÁGUA.

O Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos (PROURB), foi um programa financiado pelo Banco Mundial. Este programa teve início em 1995 e durou até 2002. O PROURB foi o primeiro programa desenvolvido pelo estado do Ceará, cujo objetivo global consiste em fortalecer os governos locais e a gestão dos recursos hídricos no Estado. No setor de recursos hídricos, o PROURB, inicialmente previa a construção de quarenta açudes, com volumes variando de 10 a 50 milhões de metros cúbicos, mas só foram

construídos dezesseis açudes, sendo o açude Sítios Novos (cerca de 123 hm<sup>3</sup>), em Caucaía, o maior açude construído pelo programa.

O Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos (PROGERIRH), foi resultado de um contrato de empréstimo com o Banco Mundial, assinado em 1997, e com data de término marcada inicialmente para 2000, mas foi prorrogado até o ano de 2002.

O PROGERIRH tem como objetivos principais: a interligação de bacias hidrográficas do estado do Ceará, através da construção de vários açudes de grande porte, a utilização de açudes já construídos e a construção de canais, que teriam o objetivo de levar água de uma bacia hidrográfica para outra, realizando transposições entre as bacias hidrográficas situadas no Ceará. Nesse sistema de interligação, o açude Castanhão tem uma função fundamental, através do eixo de transposição, de fornecer água para a Região Metropolitana de Fortaleza (SILVA, 2004).

Em relação às obras do PROGERIRH, foram construídos quatro açudes (Catu-Cinzento, Malcozinhado, Aracoiaba, Carmina), e mais doze açudes permaneceram em fase de planejamento até 2002. Em 2008, o governo do estado do Ceará pediu um financiamento adicional ao Banco Mundial, para construção de mais seis açudes (Gameleiro, Genipapeiro, Umari, Mamoeiro, Jatobá e Amarelas), dentro do programa PROGERIRH II (CEARÁ, 2011).

O Programa Nacional de Desenvolvimento de Recursos Hídricos – PROÁGUA, um programa do governo federal, iniciado em 1998, resultante de um empréstimo junto ao Banco Mundial, tem como objetivos: assegurar a ampliação da oferta de água de boa qualidade em todo o território nacional, promovendo o uso racional dos recursos hídricos, disponibilizados de tal forma que a escassez relativa de água deixe de representar obstáculos ao desenvolvimento econômico e social do país; e dotar o semiárido de água para consumo humano, para produção de alimentos e para conclusão de obras inacabadas e prioritárias, tais como açudes e adutoras.

O PROÁGUA foi dividido em dois diferentes contextos: o PROÁGUA nacional e o PROÁGUA semiárido, que contemplou as ações orientadas para o uso

sustentável dos recursos hídricos do semiárido brasileiro, com prioridade no semiárido da região Nordeste, a partir do ano de 2001.

No Ceará, as ações desenvolvidas pelo PROÁGUA mais significativas foram: a realização de cursos de capacitação em diversas áreas; a contratação do cadastro de usuários de água bruta nas bacias do Alto Jaguaribe, Metropolitanas, Salgado e Acaraú; e a construção de açudes e adutoras. Em relação aos açudes, foi construído o açude Arneiroz II e os açudes Missi, em Miraíma, e Riacho da Serra, em Alto Santo, estão com previsão de término de construção em 2011 (CEARÁ, 2011).

A construção de pequenos açudes está inserida nas políticas de desenvolvimento federais, estaduais e municipais, tendo sido instituída formalmente a partir de 1931 através de decreto federal e, intensivamente, nas décadas de 1950 e 1960, quando foram iniciados os grandes programas de açudagem pública e particular (MALVEIRA & VIEIRA, 2004).

A construção de pequenos açudes acarreta em vários impactos, sejam eles ambientais, hidrológicos ou sociais. As modificações ocasionadas pelas barragens variam desde alterações perceptíveis como rios que se transformam em lagos, mudanças nos ciclos hidrológicos e no transporte de sedimentos, que são retidos pelas barragens, passando por mudanças ambientais sutis, porém ainda controversas, como as alterações nos ciclos biogeoquímicos e na estrutura física e ecológica de ecossistemas continentais (FRIEDL & WÜEST, 2002).

A construção dos açudes normalmente implica em impactos ambientais negativos e positivos, como se constata em alguns açudes, cuja construção ocasiona mudanças dos ecossistemas onde estes estão inseridos, sendo verificado o aumento no número de árvores e da presença do verde, como também, no aumento da diversidade de pássaros que fazem seus ninhos e vivem nos açudes ou nas redondezas dos mesmos. A vida aquática nos açudes também se destaca com a diversidade de peixes, suas ovas e vegetação aquática, entre outras formas de vida (SILVA *et al.*, 2009).

Segundo Malveira (2009) e Malveira *et al.* (2011), os pequenos açudes constituem importante elemento no balanço hídrico da bacia hidrográfica, devido à

retenção dos sedimentos que poderiam assorear os grandes reservatórios, diminuindo a disponibilidade hídrica nos grandes reservatórios, ou por serem locais que acumulam água, mas também a perdem por evaporação. Ou seja, a disponibilidade hídrica das grandes bacias hidrográficas no semiárido está associada às intervenções antrópicas, com destaque para a infraestrutura de pequena açudagem. Segundo a autora, existe uma condição ótima de estrutura de pequenos, médios e grandes açudes, capaz de maximizar a sustentabilidade hídrica das bacias hidrográficas do semiárido.

Em pesquisas realizadas na bacia do açude Orós, no Ceará, Wiegand (2009) e Lima Neto *et al.* (2011) demonstrou que os pequenos açudes a montante do açude Orós são responsáveis pela retenção de quase 66% dos sedimentos produzidos na bacia, enquanto que os reservatórios estratégicos (grandes açudes), retêm cerca de 5%. Isso significa que, se não fossem os pequenos açudes, os estratégicos estariam com nível de assoreamento mais de dez vezes superiores. Ou seja, os pequenos açudes fazem o papel de retenção dos sedimentos que deveriam ir para os grandes açudes.

A construção de açudes de pequeno, médio e grande porte surgiu como uma das melhores alternativas para solução dos problemas gerados pela falta de água no semiárido, permitindo favorecer a permanência e a distribuição espacial da água numa região semiárida, onde as comunidades ocupam o espaço de forma difusa e não possuem um sistema de abastecimento planejado. Evidencia-se assim, a importância destes reservatórios para a melhoria das condições socioeconômicas destas populações (SILVA, 2009).

Os pequenos açudes distribuídos no semiárido brasileiro representam garantia da disponibilidade de água nos períodos secos, seja para consumo humano, animal ou para produção de alimentos. Molle e Cadier (1992), afirmam que “o pequeno açude serve principalmente para assegurar o abastecimento durante a estação seca, de maneira a estabelecer uma ligação entre os dois períodos chuvosos; já o açude médio tem a capacidade de suportar um período de aproximadamente vinte meses sem receber água e tem também como principal função o abastecimento da comunidade, além do consumo animal, as atividades

domésticas e irrigação”. Porém, não existem critérios para priorizar os diferentes usos e, muitas vezes, o homem concorre com os animais e outras atividades pela água com baixa qualidade para o consumo.

Malveira (2009) cita que os pequenos açudes promovem a democratização da água por permitir a distribuição espacial na bacia. O pequeno açude contribui para a sociedade de duas maneiras: como uma fonte distribuidora de água com forte impacto social e como uma fonte eficiente de disponibilidade hidrológica, por desacelerar a sedimentação dos açudes estratégicos.

As altas taxas de evaporação e as irregularidades das vazões naturais dos rios interferem significativamente nas eficiências destes açudes na região Nordeste. Na busca de uma política ótima, segundo Campos (2003), surgiu ainda no século XIX um interessante debate: o que seria melhor para região, os grandes ou os pequenos açudes? Segundo Campos (2003), há situações nas quais o pequeno reservatório pode atender melhor o objetivo de planejamento, do que o grande reservatório. Por outro lado, há também situações em os grandes reservatórios se mostram mais apropriados. Malveira (2009), demonstra em seu trabalho realizado na bacia do açude Orós, no Ceará, que é possível promover uma gestão integrada entre pequenos, médios e grandes açudes nas bacias do semiárido nordestino, demonstrado nos seus resultados através de índices de sustentabilidade. Por isso é importante questionar além de aspectos físicos sobre volume, estado de conservação e possibilidades de enchentes, questões sociais e ambientais que envolvem a pequena açudagem.

### **2.3 Monitoramento da Qualidade de Água**

Devido ao caráter efêmero dos recursos hídricos do Nordeste brasileiro e suas peculiaridades sazonais, a construção de açudes passou a ser uma das estratégias utilizadas pelos governantes para aumentar a disponibilidade de água na região, visando à promoção do desenvolvimento, no entanto, pouco se conhece sobre as qualidades físicas, químicas e biológicas de muitos corpos hídricos (BARBOSA, 2002). Entre as principais causas controladoras da oferta de

água em curto prazo, destacam-se as variações regionais da precipitação pluviométrica, apresentando forte impacto nos ecossistemas aquáticos nordestinos, por se concentrar em poucos meses do ano (CEBALLOS *et al.*, 1995).

Rodriguez *et al.* (1998) observaram a importância da criação de planos diretos para o melhor planejamento dos diversos usos, manutenção e recuperação dos recursos hídricos, objetivando conciliar os usos múltiplos dos corpos d'água com a escassez e a má distribuição geográfica destes. Este planejamento deve ser feito sobre uma base de dados precisa a partir de estudos das variáveis físicas, químicas e microbiológicas para expressar, da forma mais precisa possível, a realidade de cada ecossistema (TUNDISI, 1999).

Tundisi e Matsumura-Tundisi (1995), estudando a represa de Broa (SP), apresentam alguns dos objetivos de se estudar os corpos aquáticos lênticos:

- ✓ obter informações sobre o mecanismo de funcionamento destes ecossistemas tais como a relação entre fatores climatológicos, físicos, químicos, biológicos e hidrológicos;
- ✓ estudar as principais relações entre o reservatório e sua bacia de drenagem, incluindo os impactos antrópicos, e medir os efeitos destas associações nos processos ecológicos no manancial;
- ✓ desenvolver estratégias de gestão para prevenção ou correção dos efeitos da eutrofização além de fornecer uma base de dados para o melhor aproveitamento do ecossistema através dos usos múltiplos.

Branco (1986) destaca a importância da existência de uma rotina de análises da qualidade da água de açudes, com frequências de amostragens mensais até diárias, quando os problemas são mais graves.

No estado do Ceará, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) é o órgão que realiza o monitoramento da qualidade da água dos açudes. No estado do Ceará são 134 açudes monitorados pela COGERH. O setor responsável pelo monitoramento dos açudes é o Departamento de Monitoramento que tem como objetivo produzir informações quanti-qualitativas referentes aos corpos d'água gerenciados pela COGERH. O Departamento de Monitoramento

conta com o apoio logístico de cinco gerências interioranas, para as coletas de amostras de água, e de laboratórios conveniados, para a realização das determinações dos parâmetros físico-químico e biológicos da água dos açudes.

Na utilização racional dos recursos hídricos é fundamental a distinção entre padrões de qualidade e padrões de potabilidade. O primeiro se refere a todos os usos possíveis do corpo d'água, enquanto o segundo se refere restritamente ao uso para alimentação.

Na medida em que se torna mais intenso e diversificado o uso dos mananciais e de suas bacias hidrográficas, maior é a necessidade de se definir formas de manejo sustentável e de gestão ambiental para esses ecossistemas. Um fator que torna relevante a definição de um manejo sustentável para os açudes, é a eutrofização, que constitui num problema grave que acomete os corpos d'água de todo semiárido brasileiro.

O processo de eutrofização tem como principal característica o excesso de nutrientes nos corpos d'água que podem ocasionar o crescimento excessivo de alguns organismos aquáticos, entre eles algas, que apesar de terem grande importância para o equilíbrio ecológico do corpo hídrico, sua multiplicação excessiva pode acarretar na liberação de vários compostos orgânicos, que podem ser tóxicos ou produzir sabor e odor desagradáveis (BRAGA *et al.*, 2005).

O monitoramento da qualidade da água dos açudes para consumo humano deve ser uma atividade rotineira, preventiva, de ação sobre os sistemas públicos, a fim de garantir o conhecimento da situação da água, resultando na redução das possibilidades de enfermidades transmitidas pela água (BRASIL, 2005).

Tundisi (1999) argumenta que a implantação de estudos de monitoramento e avaliação trófica em sistemas aquáticos tem como relevância a detecção e predição dos processos de eutrofização e busca de propostas de soluções que viabilizem o aumento da vida útil dos sistemas aquáticos, minimizando os impactos e entendendo a dinâmica desses ecossistemas.

O monitoramento limnológico constitui uma importante ferramenta de gestão ambiental, levando em conta os aspectos da qualidade de água e elaborando estratégias para o uso sustentável desse recurso (LINS, 2006). Para

facilitar a interpretação dos parâmetros limnológicos pode-se recorrer aos índices de qualidade de água que resumem em um único ou em poucos valores o conjunto de informações obtidas. Dentre os vários índices de qualidade de água, há o Índice de Estado Trófico-IET, que permite uma avaliação limnológica bastante aproximada do nível de enriquecimento nutricional de um corpo aquático (DUARTE *et al.*, 2008).

Em 1977, Carlson desenvolveu um índice que define o estado trófico segundo a concentração de biomassa, avaliada através das medidas de transparência do disco de Secchi. O índice do estado trófico (IET de Carlson), permite uma avaliação limnológica bastante aproximada do nível de enriquecimento nutricional de um corpo aquático e abrange apenas três parâmetros (transparência, clorofila “a” e fósforo total). Trata-se de uma forma simples de analisar um conceito multidimensional que envolve aspectos de carga e transporte de nutrientes, de oxigenação, de transparência, de nutrientes eutrofizantes, de biomassa, de composição e concentração de fito e zooplâncton, morfometria do lago, entre outros dados (VON SPERLING, 1994).

Um índice de estado trófico funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de se constituir como uma base para o planejamento e para o controle da eutrofização e dos usos de bacias hidrográficas. O índice do estado trófico tem por finalidade classificar corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2010).

O índice de estado trófico constitui numa metodologia de avaliação da qualidade de corpos de água bastante prática, facilitando a interpretação e divulgação dos resultados obtidos e, quando aplicado a corpos aquáticos de uma mesma região, permite a rápida avaliação comparativa do estado limnológico dos mesmos. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, vem gradativamente usando outros índices junto com o índice de qualidade de água (IQA), para monitorar rios e reservatórios do estado, para formular dados mais



abrangentes, como a inclusão de testes de toxicidade e do índice de estado trófico (IET). A adoção do índice de estado trófico pela CETESB foi proposta, principalmente, a partir das pesquisas realizadas pelos grupos de estudos criados em 1998 pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (ZAGATTO *et al.*, 1999).

A idéia básica dos índices de qualidade de água é agrupar uma série de variáveis numa escala comum, combinando-as em um único valor (ALMEIDA & SCHWARZBOLD, 2003). House e Ellis (1980) destacam também a importância desses índices como ferramenta de informação ao público, promovendo um entendimento melhor entre a população leiga e as pessoas que gerenciam o ambiente.

A implementação de estudos de avaliação trófica em sistemas aquáticos tem como relevância a detecção e a predição dos processos de eutrofização e busca de propostas de soluções que viabilizem o aumento da vida útil desses ecossistemas (TUNDISI *et al.*, 1999).

Na região Nordeste, a questão da eutrofização dos açudes é importante, pois a água acumulada nesses corpos d'água fica submetida à intensa evaporação o que, juntamente com as escassas precipitações, concentra sais e compostos de fósforo e de nitrogênio, acelera a eutrofização e o consequente crescimento de microalgas e cianobactérias. O alto tempo de residência da água nos açudes e a alta insolação também colaboram para a proliferação das algas.

O índice de estado trófico de Carlson (1977) foi modificado por Toledo Jr. *et al.* (1983) para países tropicais e considerou, além dos três parâmetros já existentes, mais um sendo calculado com as variáveis de: transparência (disco de Secchi), clorofila "a", fósforo total e ortofosfato. O IET de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1983), é um dos mais utilizados no Brasil para estimar o estado trófico de corpos aquáticos (DINIZ, 2005). Outro índice bastante conhecido é o IET de Lamparelli (2004), que utiliza três variáveis: transparência (disco de Secchi), fósforo total e clorofila "a".

## 2.4 Poluição e Eutrofização dos Açudes

Muitos açudes do Nordeste vêm sofrendo acelerado processo de eutrofização e a qualidade da água desses ambientes está sendo seriamente comprometida pelo enriquecimento por compostos químicos, principalmente pelos derivados de fósforo e nitrogênio, ocasionando florações de microalgas e plantas aquáticas, além de oferecerem riscos à saúde humana e animal, também causam prejuízos econômicos e alteram a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (BOUVY *et al.*, 2003).

As fontes poluentes têm origem antrópica e podem ser pontuais ou difusas. As fontes pontuais referem-se aos despejos de esgoto domésticos, despejos dos resíduos animais *in natura*, efluentes industriais e lixões rurais, enquanto que as difusas relacionam-se com os insumos agrícolas aplicados nos agroecossistemas do entorno desses reservatórios. Segundo Cavenaghi (2003), o carregamento de parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas e a grande carga de esgotos residenciais e industriais têm levado cursos e reservatórios d'água, naturais ou artificiais, a uma condição de desequilíbrio, caracterizada pela grande disponibilidade de nutrientes, que normalmente acelera o crescimento da vegetação aquática indesejável. As elevadas cargas externas pontuais e difusas de nutrientes e os elevados índices de evaporação, que favorecem a concentração de nutrientes na água, são as principais causas de eutrofização dos açudes (BOUVY *et al.*, 2003).

Segundo Vollenweider (1981) a eutrofização de um corpo d'água é o resultado do aumento da concentração de nutrientes, especialmente, nitrogênio e fósforo. Estes provocam um aumento da produtividade do manancial. A eutrofização artificial é de maior interesse pois ocorre em curtos períodos de tempo, em poucos anos ou décadas.

A eutrofização pode ser natural ou artificial. A eutrofização natural ou autóctone é um processo lento e contínuo, ocasionado pelo aumento de nutrientes, principalmente pela entrada de folhas, galhos, animais etc, no corpo d'água. A eutrofização artificial ou alóctone, que também é chamada de antrópica,

é ocasionada pelo aporte de nutrientes com os despejos de esgotos domésticos e industriais, do uso de produtos de limpeza contendo compostos polifosfatados, além do escoamento superficial que arrasta materiais de áreas agrícolas e urbanas (ver, p. ex., ODUM, 1971; e ESTEVES, 1998).

A eutrofização pode trazer sérios problemas aos reservatórios artificiais, principalmente aos de pequeno porte devido ao menor efeito atenuante da massa de água. O crescimento excessivo de algas, por exemplo, pode encarecer substancialmente os custos no tratamento da água para abastecimento, também pode ocasionar a liberação de toxinas prejudiciais aos seres humanos, gerando um sério problema de saúde pública, além de poder gerar odor e sabor na água (VOLLENWEIDER, 1981).

Segundo Kuroda (2006) o tratamento de águas brutas com presença de organismos fitoplanctônicos ou seus metabólitos, de ambientes aquáticos muito eutrofizados, também pode formar subprodutos, como os trihalometanos. Viana *et al.* (2008) estudaram dez pontos em Fortaleza, sobre os riscos de câncer através da ingestão oral, inalação ou absorção dermal por trihalometanos (THMs) a partir de águas tratadas, e em seus resultados todos os dez pontos estão com concentrações acima ou próximas do máximo permitido pela portaria 518/2004 (BRASIL, 2004). Segundo os mesmos autores, os resultados mostraram que as residências em Fortaleza tiveram um maior risco de câncer por inalação do que por ingestão oral e absorção dermal, sendo o clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ) o trihalometano que mais contribui para o risco de câncer.

Tavares *et al.* (1998) destacam a importância das chuvas como fator modificador da qualidade da água em represas do Nordeste brasileiro, onde na época chuvosa o arraste de material fecal e orgânico, rico em nutrientes eutrofizantes, a partir das margens provoca alterações acentuadas na qualidade da água. Ceballos (1995) observa que embora nas primeiras chuvas ocorra uma piora na qualidade da água, com o aumento da turbidez, da  $\text{DBO}_{5,20}$ , dos sólidos suspensos etc, se houver a periodicidade das chuvas, há uma tendência da massa líquida diluir e atenuar os efeitos do material aportante trazido pelo escoamento superficial.

Straskraba & Tundisi (2000) alertam que, dentre os vários aspectos que devem ser assistidos, as atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica merecem especial atenção, pois, além de propiciar focos de poluição claramente detectáveis, a poluição difusa pode ser também muito significativa e difícil de gerenciar.

O crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas é o sintoma mais evidente de eutrofização em lagos e represas, e vem causando interferências sobre os usos múltiplos, especialmente em áreas agrícolas e próximas aos centros urbanos (THOMANN & MUELLER, 1987).

Os nutrientes mais importantes para a produtividade primária são fosfatos, nitratos, amônia e silicatos, geralmente considerados como limitantes. Os silicatos são limitantes apenas para as diatomáceas, enquanto o nitrogênio pode ser naturalmente fixado por algumas plantas e cianobactérias, especialmente em corpos de água com extensa área superficial (ESTEVES, 1998). Segundo Margalef (1983), o fósforo pode ser considerado o nutriente limitante da produtividade primária na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais, não somente por ser menos abundante no meio, mas pelo fato da carga de fósforo ser facilmente consumida nos corpos hídricos. O fósforo na natureza se encontra quase unicamente na forma de fosfato, que pode ser classificado como ortofosfato (forma iônica, representada por  $\text{PO}_4^{3-}$ ), sendo mais comum em águas naturais os íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ , fosfatos condensados (polifosfatos) e fosfatos organicamente ligados (APHA, 1999).

Com relação aos açudes, Prado (2004) ressalta que a situação é delicada, pois impactos negativos consideráveis como a redução da capacidade de depuração do curso d'água, o aumento da capacidade de retenção de sedimentos e nutrientes e alteração das características físicas, químicas e biológicas do sistema podem levar a um incremento do processo de eutrofização do reservatório e, dependendo do nível atingido, comprometer os usos múltiplos do mesmo, afetando assim a sustentabilidade dos agroecossistemas do seu entorno.

As atividades agrícolas são reconhecidamente uma fonte potencial importante de degradação da qualidade da água. Os poluentes provenientes do

uso do solo para agricultura são, principalmente, os sólidos em suspensão, os nutrientes e os produtos fitossanitários. Em razão de sua natureza difusa, os poluentes oriundos do manejo do solo são considerados como fontes não-pontuais. Esse tipo de poluição gera problemas relacionados como a eutrofização dos açudes e cursos d'água e conseqüentemente com a qualidade da água. Outro grave problema para pequena açudagem do semiárido nordestino é a presença do gado nas margens dos açudes (ARAÚJO, 2000), pois estes acabam defecando no local e esses resíduos entram no açude junto com o escoamento superficial e geram eutrofização. A Figura 2.1 mostra, por exemplo, a presença do gado no açude Mel, no assentamento 25 de Maio, Ceará.



**Figura 2.1** – Foto da presença do gado na margem do açude Mel, prática de pecuária extensiva, Ceará, abril/2010.

A disposição inadequada dos efluentes domésticos na área rural pode contribuir para a contaminação dos corpos d'água, dos poços pouco profundos e disseminação de algumas doenças. Essa disposição sem o devido tratamento pode provocar a proliferação de organismos patogênicos e de doenças veiculadas a estes, devido à poluição do solo e dos corpos d'água, além de provocarem o

processo de eutrofização dos recursos hídricos ao impactar, de maneira direta, nos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas, impossibilitando seu uso para consumo e lazer (PHILIPPI & MALHEIROS, 2005). Por exemplo, na bacia hidrográfica do Córrego Rico, localizada no município de Jaboticabal, houve a interrupção dos lançamentos dos efluentes domésticos rurais, o que possibilitou uma melhora considerável na qualidade da água, apresentando resultados positivos em relação à degradação do meio ambiente (SAAEJ, 2002).

Reservatórios situados em bacias hidrográficas ocupadas por matas e florestas, usualmente, apresentam baixa produtividade primária em função da limitação dos nutrientes. Já nos reservatórios situados em proximidades de centros urbanos ou de áreas agrícolas, comumente, se verifica uma progressiva acumulação de plantas aquáticas e um processo de eutrofização acelerado (VON SPERLING, 1996). Nos ambientes eutrofizados, é comum que a liberação de fosfato a partir do sedimento continue mesmo cessando as fontes externas (TUNDISI & VANNUCCI, 2001). O fosfato está imediatamente disponível para os produtores primários, o fosfato particulado, que inclui o fosfato adsorvido às partículas de solo e presente na matéria orgânica, constitui uma fonte a longo prazo (ESTEVES, 1998).

Os problemas que podem ocorrer em decorrência da eutrofização em mananciais destinados ao abastecimento são os mais variados, incluindo o supercrescimento de macrófitas, florações de algas e de cianobactérias (ESTEVES, 1998). Em Porto Alegre, as florações algais no Lago Guaíba e na represa Lomba do Sabão são frequentes, especialmente em períodos que coincidem com a estiagem no estado (BENDATI *et al.*, 2005).

Oliveira (2001) estudou e modelou os processos de eutrofização no açude Santo Anastácio, em Fortaleza, demonstrando seu estado hipereutrófico, cujas principais causas são o aporte de lixo e os esgotos urbanos.

Jorgensen e Vollenweider (2000) enfatizam que a carga externa de nutrientes é decisiva para a produtividade do lago e seu limite é imposto pelo tempo de detenção e pelas condições climáticas nas diferentes latitudes. Neste contexto, as dimensões físicas de um lago natural ou artificial interagem

fortemente com os fatores meteorológicos para determinar as características do ambiente aquático.

Thomann e Mueller (1987) sugerem o seguinte critério, com base na relação entre as concentrações de nitrogênio e fósforo (N:P), para se estimar preliminarmente se o crescimento de algas em um lago está sendo controlado pelo fósforo ou nitrogênio: se a relação entre concentrações N:P for superior a 10, pode ser considerado limitante pelo fósforo. Quando numa razão N:P for inferior a 10, o nitrogênio pode se tornar limitante.

De acordo com Salas e Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina é limitada pelo fósforo. Outro aspecto é o de que, mesmo que se controle o aporte externo de nitrogênio, há algas com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, que não teriam a sua concentração reduzida com a diminuição da carga afluyente de nitrogênio. Por estas razões, prefere-se dar uma maior prioridade ao controle das fontes de fósforo quando se pretende controlar a eutrofização em um corpo d'água.

As alterações nas entradas de fósforo podem resultar no aumento da taxa fotossintética, redução da relação N:P, crescimento de cianobactérias fixadoras de nitrogênio, aumento da biomassa de plantas e das taxas de respiração, com o desenvolvimento de águas pobres em oxigênio dissolvido, o que favorece a produção de gás metano, gás sulfídrico e amônia (TUNDISI & VANNUCCI, 2001).

Por este motivo, estudos sobre a qualidade da carga afluyente, sobre as propriedades físico-químicas e o nível trófico de reservatórios devem ser realizados como etapa preliminar no planejamento de estudos mais aprofundados, destinados a auxiliar no gerenciamento do manancial.

## Capítulo 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

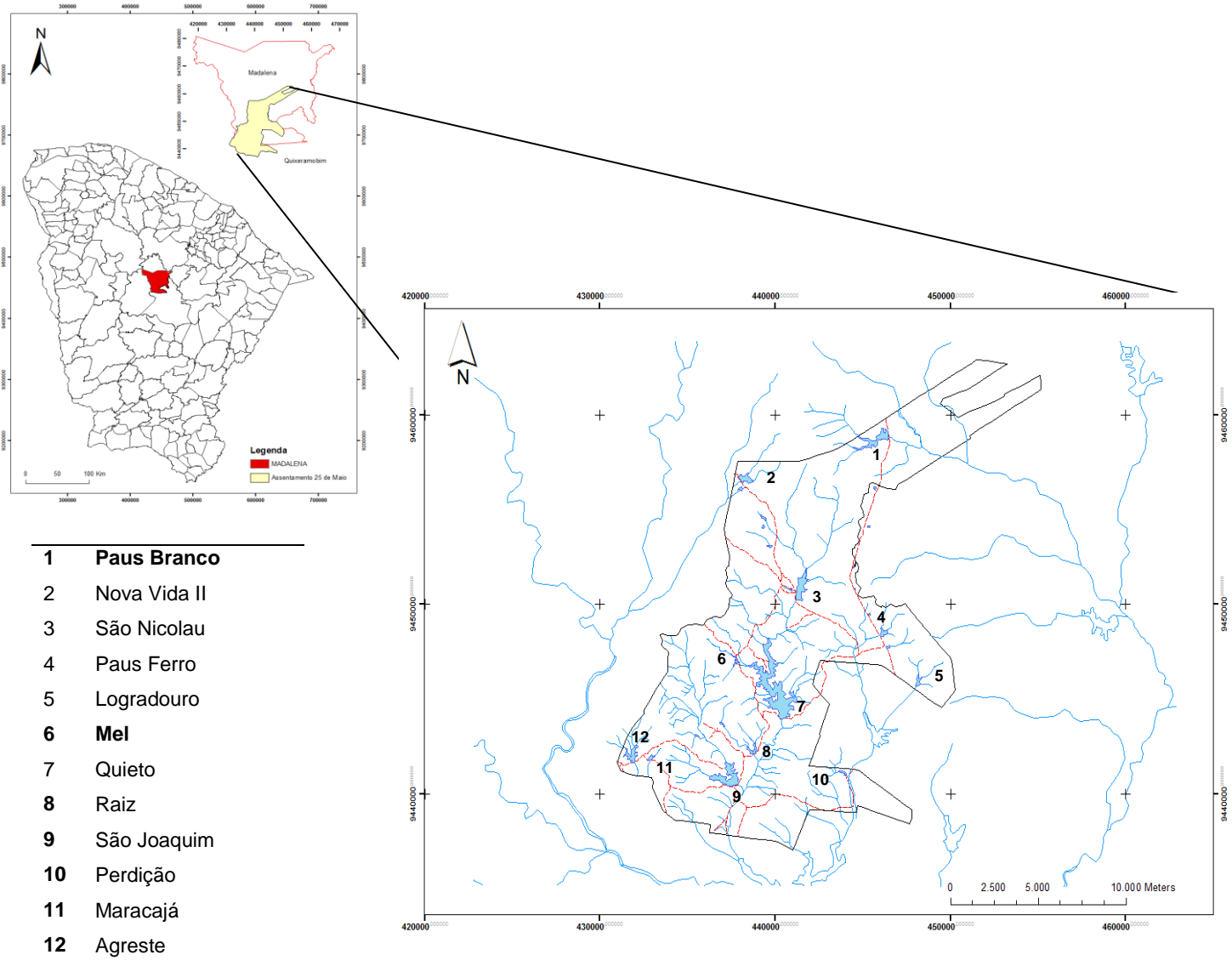
#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no assentamento 25 de Maio, que possui açudes de pequeno e médio porte, dispostos em duas sub-bacias hidrográficas que são afluentes da bacia hidrográfica do rio Banabuiu. O assentamento 25 de Maio possui uma área total de 22.992 ha e se encontra inserido nos limites de três municípios, Madalena (maior parte do território do assentamento), Boa Viagem e Quixeramobim. Possui doze açudes que abastecem a população, nos quais onze açudes são de pequeno porte e um é de médio porte, segundo a classificação de Lima Neto *et al.* (2011) e Malveira *et al.* (2011). Não há registros de estudos limnológicos e sanitários nos açudes do assentamento 25 de Maio, o que dificulta ou até mesmo impede a implementação de medidas racionais de manejo, objetivando evitar a deterioração acelerada dos mesmos. A Figura 3.1 representa a área do local de estudo com os açudes estudados.

A bacia situa-se sobre embasamento cristalino, região de solos rasos com predomínio do Bruno não Cálcico, Solos Litólicos, Podzólico Vermelho-Amarelo, Planossolo Solódico e Vertissolo. A cobertura vegetal é de Caatinga arbustiva densa e floresta caducifólia espinhosa, vegetação típica da região, com presença de muitas espécies de marmeleiro (IPECE, 2009).

Predomina o clima quente semiárido, segundo classificação de Köppen, caracterizado por um período seco e quente e um inverno mais ameno e chuvoso, as temperaturas são altas durante todo o ano, com média anual acima de 18 °C, e grandes amplitudes térmicas diárias e anuais. As temperaturas médias estão entre 26 a 28 °C, com período chuvoso concentrado entre os meses de Janeiro a Maio, pluviosidade média de 692 mm anuais e taxa potencial de evapotranspiração superior a 2000 mm anuais, devido à elevada temperatura ambiente e à intensa radiação solar, características da região (IPECE, 2009).





**Figura 3.1** – Mapa do Estado do Ceará, com destaque no Município de Madalena, onde se situa a maior parte do Assentamento 25 de Maio, com os açudes numerados.

Apesar da grande disponibilidade hídrica no assentamento, seu potencial não é aproveitado devido a diversos fatores tais como: falta de pontos de energia elétrica para irrigação, carência de infraestrutura para o beneficiamento e mercado local, não fornecimento de água encanada para boa parte das famílias assentadas, ausência de políticas públicas voltadas para as áreas irrigáveis (ACACE, 2005). Devido à distância e à falta de água encanada, várias famílias lavam suas roupas nas margens dos açudes e utilizam animais como transporte dos “barriletes” de água, para abastecerem suas residências.

O assentamento 25 de Maio possui 586 famílias e 430 assentados. A economia do assentamento é voltada, principalmente, para a agricultura (cultivo em sequeiro, geralmente milho e feijão) e para a pecuária extensiva, com a bovinocultura leiteira e, principalmente, a ovinocaprinocultura. A fruticultura é uma alternativa pouco explorada, devido à falta de irrigação e um dos maiores entraves é a dependência climática, ou seja, a produção está vinculada ao período chuvoso. Em anos de chuvas irregulares os assentados sofrem muito e procuram os planos emergenciais do governo, como forma de suprir suas necessidades (ACACE, 2005).

### 3.1.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos do banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, a partir das estações pluviométricas situadas no Município de Madalena. Para definir épocas climáticas homogêneas (chuva e estiagem) e para determinar os meses de coletas de água, foi analisada a série histórica de precipitações da região, correspondente aos últimos 23 anos, de 1988 a 2010. Pelos dados da FUNCEME (2010), os meses mais chuvosos são Março, Abril e Maio, sendo os meses de setembro, outubro e novembro, os mais secos. As coletas de água dos açudes começaram no mês de abril, mês de maior média pluviométrica. As coletas foram realizadas de abril/2010 a outubro/2010, passando pelos meses mais chuvosos, pela transição dos períodos chuvoso e seco, até os meses mais secos do ano, registrados pela FUNCEME.

### 3.1.2 Usos Múltiplos da Água dos Açudes Paus Branco e Mel e Impactos Ambientais no Assentamento 25 de Maio

Para a avaliação dos principais impactos ambientais, que poderiam comprometer a qualidade da água dos açudes, foram feitas visitas, nas sete comunidades estudadas do assentamento 25 de Maio, e realizado um levantamento visual, sendo feito a descrição dos principais impactos e registrados também por fotografias. Foram fotografados e descritos os impactos ambientais que pudessem comprometer a qualidade da água dos açudes, como: a presença de lixo ao ar livre, aterros, fossas, presença de animais nas margens dos açudes, destino das águas servidas nas casas, etc. As comunidades visitadas foram: Paus Branco, Mel, São Nicolau, São Joaquim, Raiz, Nova Vida I e Nova Vida II.

Para obtenção de dados sobre os usos da água dos açudes, foram aplicados 240 questionários de usos múltiplos da água, para as famílias, nas sete comunidades do assentamento 25 de Maio em estudo. Os questionários de usos múltiplos da água que foram aplicados são do projeto Fossa Verde<sup>1</sup>. Os questionários foram aplicados por três bolsistas do projeto, que são do próprio assentamento, para facilitar o acesso às informações perguntadas nos mesmos, sendo aplicados no período entre outubro/2009 e setembro/2010.

O questionário trata dos diversos tipos de usos, o destino e as formas de captação da água dos açudes, trata também das atividades econômicas no assentamento, se há utilização de agrotóxicos, como são as instalações sanitárias das casas e se há presença ou não de fossa séptica ou em sumidouro.

Dessa forma os questionários de usos múltiplos da água possibilitaram a avaliação do uso e benefícios proporcionados pelos pequenos açudes aos seus usuários, além de verificar impactos ambientais, como o lixo doméstico, o uso de agrotóxicos e a presença de animais nas margens dos açudes, que podem comprometer a qualidade da água dos açudes.

1 – Projeto Fossa Verde – Biorremediação Vegetal do Esgoto Domiciliar do Semiárido: “Água limpa, saúde e terra fértil”. Órgão financiador CNPq, MCT/CT-Hidro/CT-Saúde/CNPq, Instituições Participantes UFC, UECE.

### 3.1.3 Caracterização Física dos Açudes

Foram realizadas coletas sazonais em sete dos doze açudes do assentamento 25 de Maio, mas foram selecionados apenas dois para se realizar o monitoramento mensal das variáveis físico-químicas e biológicas da água. Os açudes selecionados foram: Paus Branco, devido possuir a maior comunidade do assentamento ao seu redor e porque aparentemente estaria eutrofizado, isso por causa da grande quantidade de macrófitas encontradas já no início do ano (jan/10); o outro açude foi Mel, porque é um açude novo, de apenas 4 anos de construção, e segundo a comunidade ao seu redor, a água desse açude seria de boa qualidade, além de que aparentemente não estaria eutrofizada.

Para a determinação da profundidade máxima dos açudes em estudo foi utilizado um profundímetro. O perímetro dos açudes foi determinado durante o contorno dos mesmos com um barco a motor e a utilização de um GPS GARMIN. O volume dos açudes é do banco de dados da ACACE (2005). Na Tabela 3.1 estão os dados morfométricos (profundidade, perímetro e volume) dos açudes Paus Branco e Mel localizados no Assentamento 25 de Maio. As Figuras 3.2 e 3.3 mostram fotos dos respectivos açudes.

**Tabela 3.1** - Dados morfométricos dos açudes localizados no Assentamento 25 de Maio – CE.

<b>Açudes</b>	<b>Profundidade Máxima (m)</b>	<b>Perímetro do Reservatório (m)</b>	<b>Volumes Estimados (m<sup>3</sup>)</b>
Paus Branco	5,9	8007	5.000.000
Mel	5,0	1466	80.000

**Fonte dos volumes: ACACE, 2005. Fonte das profundidades e perímetros: Projeto DISPAB<sup>2</sup>.**



**Figura 3.2** – Foto do açude Paus Branco no mês de julho/2010, com presença de muitas macrófitas nas margens, Ceará.



**Figura 3.3** – Foto do açude Mel no mês de julho/2010, com a mata ciliar degradada e solo exposto à atividade erosiva da água das chuvas, Ceará.

## 3.2 Caracterização da Qualidade de Água dos Açudes

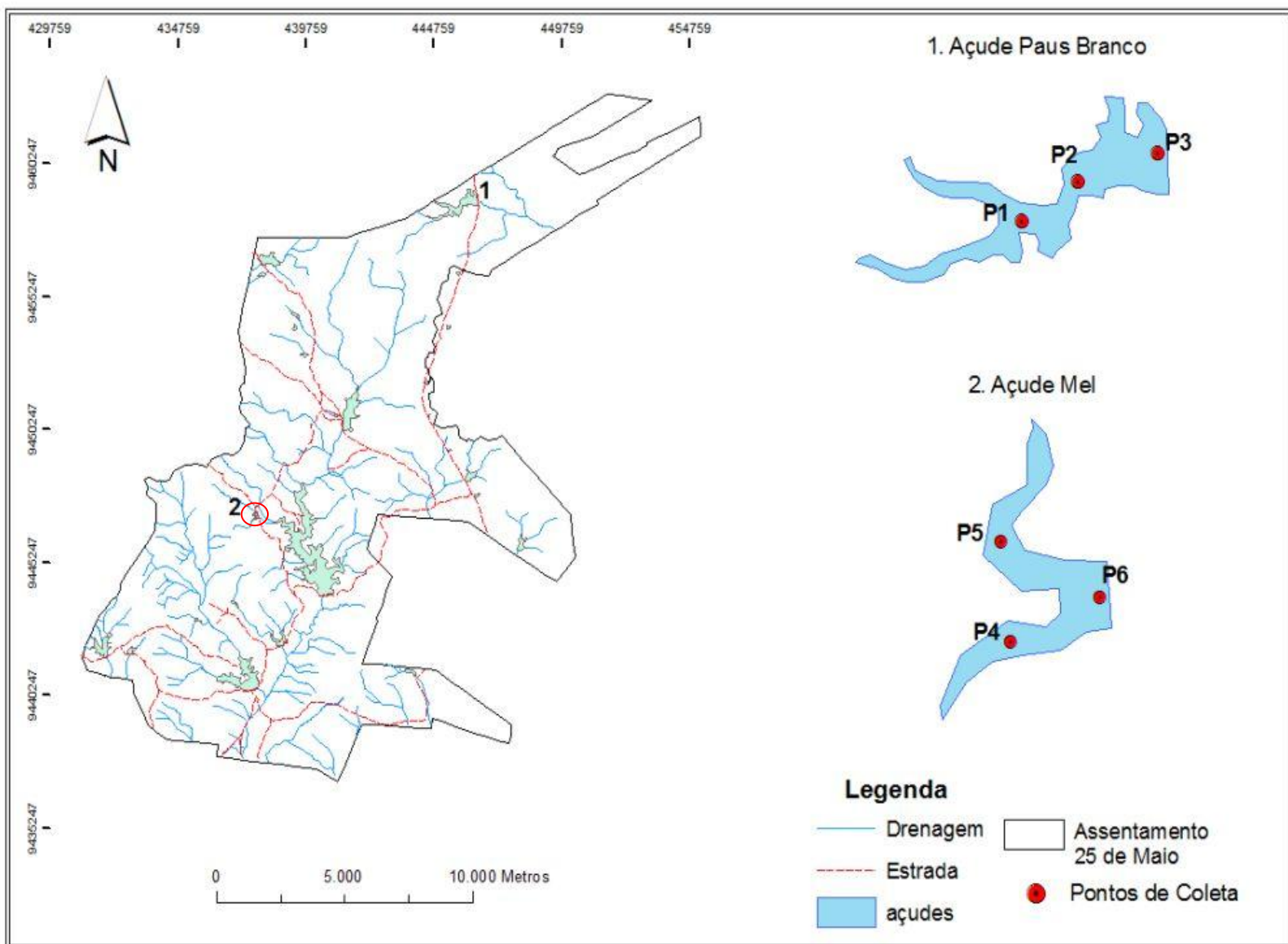
### 3.2.1 Pontos de Amostragem e Período de Coleta nos Açudes

Foram definidos três pontos de cada açude em estudo. Os pontos P1, P2 e P3, são referente ao açude Paus Branco (Figura 3.4). O ponto P1 foi definido por causa da presença de macrófitas, que não permitia a passagem do barco para os tributários, com as coletas sendo realizadas, então, na confluência dos dois tributários do açude Paus Branco. Os pontos P2 e P3, foram definidos no meio e próximo da barragem do açude, respectivamente. Os pontos P4, P5 e P6, são referente ao açude Mel (Figura 3.4). O ponto P4 fica no tributário “esquerdo”, o ponto P5 fica no tributário “direito” e o ponto P6 fica próximo a barragem do açude. A Tabela 3.2, apresenta informações referentes aos pontos de coleta, localização geográfica, em UTM para o datum SAD-69, e a identificação do local de coleta nos açudes.

As amostragens foram realizadas sempre no período da manhã e início da tarde, entre 8:00h e 14:00h. A frequência das coletas de água dos açudes foi mensal em todos os pontos de amostragem, durante o período de abril a outubro de 2010, abrangendo um ciclo hidrológico, período chuvoso, de abril a junho, e período seco, de julho a outubro. As coletas seguiram a metodologia descrita no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

**Tabela 3.2** – Pontos de coleta dos açudes Paus Branco e Mel no Assentamento 25 de Maio – CE.

<b>Pontos de Coleta</b>	<b>X (Longitude) m</b>	<b>Y (Latitude) m</b>	<b>Identificação</b>
P1	446093	9458740	Entrada do açude
P2	446506	9458717	Centro do açude
P3	446475	9458843	Próximo a barragem do açude
P4	437742	9446905	Entrada do tributário esquerdo
P5	437718	9447047	Entrada do tributário direito
P6	437812	9447069	Próximo a barragem do açude



**Figura 3.4** - Localização dos pontos de coleta nos açudes Paus Branco e Mel/CE.

### 3.2.2 Procedimentos de Coleta e Preservação das Amostras

Para a coleta das amostras de água foi utilizado um barco a remo e foram coletadas com amostrador tipo “Van Dorn” na profundidade até que o disco de Secchi desaparecesse, ou seja, na zona limnética, que é a região do açude em que a luz consegue penetrar.

Em cada ponto de amostragem o coletor era lavado algumas vezes com a água do próprio local. As amostras eram sifonadas em recipientes apropriados e devidamente identificados. Para a avaliação microbiológica, as amostras foram acondicionadas em frascos estéreis de polietileno, brancos e opacos, de boca larga e protegidos com papel alumínio. Todas as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo para se manter à temperatura constante de 4 °C, durante todo período de coleta que levava, normalmente 6 horas. Durante o procedimento de coleta das amostras foram determinados, ainda no açude, a turbidez, a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido, o pH e a temperatura do ar e da água.

Após todas as coletas nos açudes, as amostras foram transportadas para o laboratório de Efluentes e Qualidade de Água (EQUAL), no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), da Universidade Federal do Ceará (UFC). No laboratório as amostras foram acondicionadas na geladeira, para posteriores determinações.

### 3.2.3 Variáveis Físico-Químicas, Biológicas e Métodos Analíticos

As variáveis quantificadas foram definidas conforme sua importância para a caracterização da qualidade física, química e sanitária e do grau de trofia dos corpos aquáticos.

As variáveis que foram determinadas nos açudes foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e transparência (Transp).

As variáveis físico-químicas determinadas no EQUAL foram: nitrogênio total (NT), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), N-amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), fósforo total (PT), ortofosfato



solúvel (oP), DQO, DBO<sub>5,20</sub> e sólidos totais (ST). As determinações seguiram as indicações de APHA (2005). A Tabela 3.3 mostra todos os parâmetros físico-químicos determinados, seguido do método utilizado e o número do método que consta no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

**Tabela 3.3** – Parâmetros físico-químicos utilizados para o monitoramento dos açudes Paus Branco e Mel, seguido dos métodos utilizados nas determinações e sua referência.

PARÂMETROS	MÉTODO	Nº DO MÉTODO
Temperatura	Termômetro de filamento de mercúrio	2550
pH	pHmetro portátil	-
Turbidez	Turbidímetro	2130-B
Condutividade Elétrica (CE)	Conduvímetero	2510-B
Transparência (Transp)	Disco de Secchi	-
Zona Eufótica (Z Eufot)	Disco de Secchi multiplicado pelo fator de correção 2,7	ESTEVES, 1998
Oxigênio Dissolvido (OD)	Oxímetro	4500-G
Fósforo Total (PT)	Método da Digestão com Persulfato seguido do Método do Ácido Ascórbico	4500-A,B,E
Ortofósforo Solúvel (oP)	Método do Ácido Ascórbico	4500-E
Nitrogênio Total (NT)	Método do Persulfato para Determinação Simultânea do Nitrogênio Total e Fósforo Total seguido do Método da Redução de Nitrato a Nitrito em Coluna de Cádmio	4500-P.J
N-amoniaco (NH <sub>3</sub> )	Método do Fenato	4500-F
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Método Colorimétrico da Diazotização	4500-B
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Método da Redução de Nitrato a Nitrito em Coluna de Cádmio	4500-E
Sólidos Totais (ST)	Método Gravimétrico	2540-B
DQO	Método Colorimétrico com Dicromato de Potássio	5220-B
DBO <sub>5,20</sub>	Método de Winkler Modificado	5210-B

Os parâmetros biológicos determinados nos três pontos de cada açude em estudo foram: concentração de clorofila "a" (Cla), que representa de forma indireta a biomassa do fitoplâncton presente nas amostras, e coliformes termotolerantes (CTT). As determinações foram realizadas no Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água (EQUAL), no LABOMAR e no Laboratório de Eletroquímica e Corrosão Microbiana (LECOM), do Departamento de Química, da Universidade Estadual do Ceará, respectivamente. As determinações seguiram as indicações de APHA (2005).

### *Clorofila “a”*

Para a determinação da concentração de clorofila “a” foi utilizado o método espectrofotométrico. As amostras foram filtradas em membranas de fibra de vidro com 47 mm de diâmetro e 0,45 µm de porosidade. O solvente de extração utilizado foi acetona a 90%, permanecendo, as amostras, por um período de extração máximo de 24 horas, no escuro e sob refrigeração ( $\pm 4$  °C). Após o período de extração as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 40 min e em seguida realizou-se a medição da absorbância dos extratos espectrofotometricamente, a 664 nm (pico da clorofila “a”) e 750 nm (representa o valor da turbidez) de comprimento de onda, antes da acidificação com HCl a 1N, e a 665 nm e 750 nm, após a acidificação. Após a medição das absorbâncias, foram calculadas as concentração de clorofila “a”, em cada amostra, a partir da equação indicada em APHA (2005).

### *Coliformes termotolerantes*

Para a avaliação dos termotolerantes utilizou-se a técnica do número mais provável (NMP) de microrganismos, também conhecido como técnica da fermentação em tubos múltiplos. Foram utilizados três inóculos da amostra (10,0; 1,0; 0,1) e para cada inóculo fez-se triplicata contendo 10 mL de Caldo Lactosado (CL) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados a 35-37°C por 24 horas, em estufa bacteriológica. Os tubos que apresentaram formação de gás no CL, tiveram alíquotas semeadas em tubos contendo 5 mL de Caldo Verde Brilhante 2% (VB) contendo tubos de Durhan invertidos para o crescimento de coliformes totais. Em uma segunda etapa, os tubos positivos para VB foram transferidos para tubos contendo Caldo EC Broth (meio confirmatório para coliformes termotolerantes) e imersos em banho-maria a 45°C, durante 24 horas. A positividade do teste foi confirmada pela observação da produção de gás no interior dos tubos de Durhan. Os resultados foram comparados com os valores

da tabela do valor do NMP, conforme estabelecido pela Norma Internacional ISO 9308-1, com nível de confiança de 95% (APHA, 2005).

### 3.3 Índice de Estado Trófico – IET

O índice de estado trófico (IET) foi desenvolvido com a finalidade de classificar os corpos d'água, de lagos e reservatórios, em diferentes graus de trofia, facilitando assim, a comunicação ao público sobre o estado de trofia de um determinado ecossistema aquático.

O IET(M) foi calculado segundo a equação proposta por Lamparelli (2004), para ambientes tropicais, utilizando as equações que consideram as medidas de transparência (profundidade de extinção da transparência do disco de Secchi), concentração de clorofila “a” e de fósforo total. Foram determinados os IETs de cada mês, para os açudes Paus Branco e Mel, em todo período de estudo. O IET de Lamparelli (2004) possui as equações:

$$IET(Transp) = 10 \left[ - \ln Transp \right] \ln 2 \quad (1)$$

$$IET(PT) = 10 \left[ - \left[ 1,77 - 0,42 \ln P \right] \ln 2 \right] \quad (2)$$

$$IET(CLa) = 10 \left[ - \left[ 1,92 - 0,34 \ln Cla \right] \ln 2 \right] \quad (3)$$

$$IET(M) = \frac{1}{3} \left[ IET(Transp) + 2 \left[ IET(P) + IET(Cla) \right] \right] \quad (4)$$

Nas equações (1) a (4): CLa é a concentração de clorofila “a”, medida à profundidade de extinção da transparência do disco de Secchi, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; PT é a concentração de fósforo total, medida à profundidade de extinção da transparência do disco de Secchi, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; Transp é a medida de transparência da água através do disco de Secchi, em metros; M = IET médio e ln = logaritmo natural.

A Tabela 3.4 indica as classificações dos níveis tróficos, a partir do cálculo do índice de estado trófico de Lamparelli (2004).

**Tabela 3.4** - Classificação adotada pelo Índice de Estado Trófico, segundo Lamparelli (2004).

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>VALOR</b>
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET \geq 67$

### 3.4 Tratamento Estatístico e Análise dos Dados

Inicialmente foram calculados os parâmetros da estatística descritiva básica: número de dados (N), média aritmética, mediana, máximo, mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para todas as variáveis de qualidade de água determinadas. Os resultados foram apresentados na forma de tabelas descritivas e de gráficos do tipo “boxplot”, para permitir melhor visualização da variabilidade observada em cada ponto de amostragem.

Em seguida, foi analisada a existência de “outliers”, que são valores que apresentam um grande afastamento dos restantes ou valores extremos, que podem ser consequência de erros de medição e podem distorcer seriamente os testes estatísticos. A visualização dos “outliers” foi feita com auxílio dos gráficos do tipo “boxplot”. Foram feitas todas as visualizações para cada parâmetro para verificação da necessidade ou não de exclusão dos “outliers”.

Não foi testada a normalidade dos dados, devido à quantidade de amostras ser reduzida, referente aos sete meses de monitoramento. Um dos pré-supostos dos testes de normalidade, como o teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov, é que a amostragem não seja muito reduzida, pois caso contrário a potência tende a ser muito baixa, isto quer dizer que em amostras reduzidas há uma grande tendência em não rejeitar a hipótese nula, ou seja, a distribuição das amostras tende a não ser normal (HALL *et al.*, 2006).

Por não se conhecer a normalidade dos dados, foi utilizado testes não paramétricos para definir as diferenças significativas entre os períodos chuvoso e

seco de cada parâmetro. Primeiramente foi realizado o teste Kolmogorov-Smirnov, para duas amostras independentes (períodos chuvoso e seco), para se verificar a igualdade das distribuições. Em seguida, foi realizado o teste U de Mann-Whitney ou Mann-Whitney, para duas amostras independentes, considerando o nível de significância de 5 %. Um dos pré-supostos do teste de Mann-Whitney, é que as amostras possuem distribuições iguais, não importando se possuem distribuição normal ou qualquer outra distribuição (Hall *et al.*, 2006), por isso realizou-se primeiro o teste de Kolmogorov-Smirnov.

Foi aplicado o teste de Friedman para observar as diferenças entre os pontos em cada período, considerando o nível de significância de 5 %. A matriz de correlação de Spearman dos parâmetros também foi calculada, já que é útil para apontar correlações entre os parâmetros que podem mostrar a coerência global do conjunto de dados e evidenciar a participação de parâmetros individuais em vários fatores de influência.

Optou-se pela correlação de Spearman, que aceita dados calculados, estatisticamente, por testes não paramétricos. A matriz de Spearman possui uma pontuação para cada parâmetro que varia de -1 a 1 e possui os critérios (JACQUES, 2003):

- de  $0 \geq r > 0,3$  (correlação fraca);
- de  $0,3 \geq r > 0,6$  (correlação regular);
- de  $0,6 \geq r > 0,9$  (correlação forte);
- de  $0,9 \geq r > 1$  (correlação muito forte)
- $r = -1$  ou  $1$  (correlação perfeita ou plena)

Para realizar todos os testes estatísticos foram utilizados dois programas: o pacote estatístico SPSS versão 13 e o programa BioEstat 5.0. A tabulação dos dados de todos os parâmetros foi realizada no programa Microsoft Office Excel 2007.

## Capítulo 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Análise dos Usos Múltiplos da Água dos Açudes Paus Branco e Mel e dos Impactos Ambientais no Assentamento 25 de Maio

Muitos assentados utilizam agrotóxicos na produção agrícola, sendo que as culturas são plantadas, muitas vezes, nas margens dos mananciais hídricos, promovendo sua contaminação com tais produtos. Os agrotóxicos são geralmente utilizados nas culturas de milho e de feijão. O destino das embalagens dos agrotóxicos também é outro problema ambiental, pois muitos assentados enterram as embalagens, as armazenam de forma indevida ou as jogam na natureza.

O assentamento sofre com a ausência de saneamento básico como tratamento de água e fossas sépticas. A maior parte da água que é utilizada na limpeza doméstica é despejada a céu aberto, sendo a menor parte dessa água tratada em fossas sépticas.

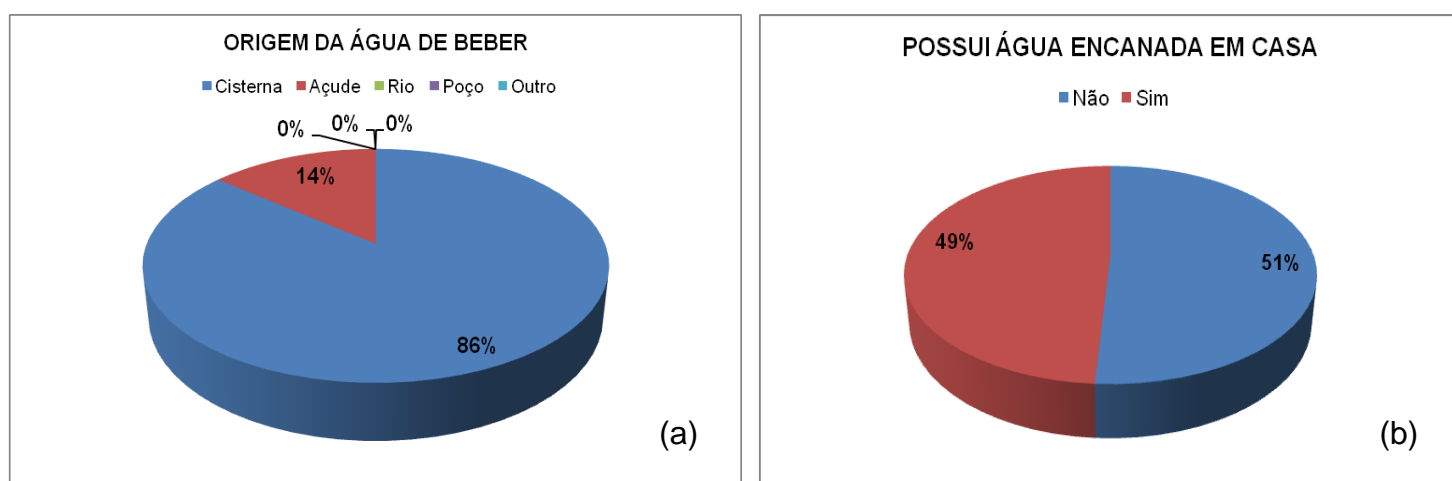
Não há coleta pública ou particular de lixo, nem coleta seletiva. A maior parte do lixo doméstico é queimado nos quintais das próprias casas, em outros casos o lixo é enterrado ou jogado em terrenos baldios.

A falta de saneamento básico, a falta de coleta pública ou particular do lixo, a queima e o aterro do lixo, a queima da mata para o plantio, o empobrecimento do solo, o uso de agrotóxicos sem as devidas instruções, podem comprometer a qualidade da água dos açudes no assentamento 25 de Maio.

Foi constatada a importância da cisterna de placa para a população do assentamento 25 de Maio, através dos questionários de usos múltiplos da água, pois 86% dos entrevistados afirmam utilizar a água das cisternas para beber, apresentado na Figura 4.1(a). A população prefere utilizar a água das cisternas por acharem que a mesma tem melhor condição do que a água dos açudes. Devido à escassez hídrica no semiárido, percebe-se que é importante construir cisternas, pois visa à captação e o armazenamento de água das chuvas para

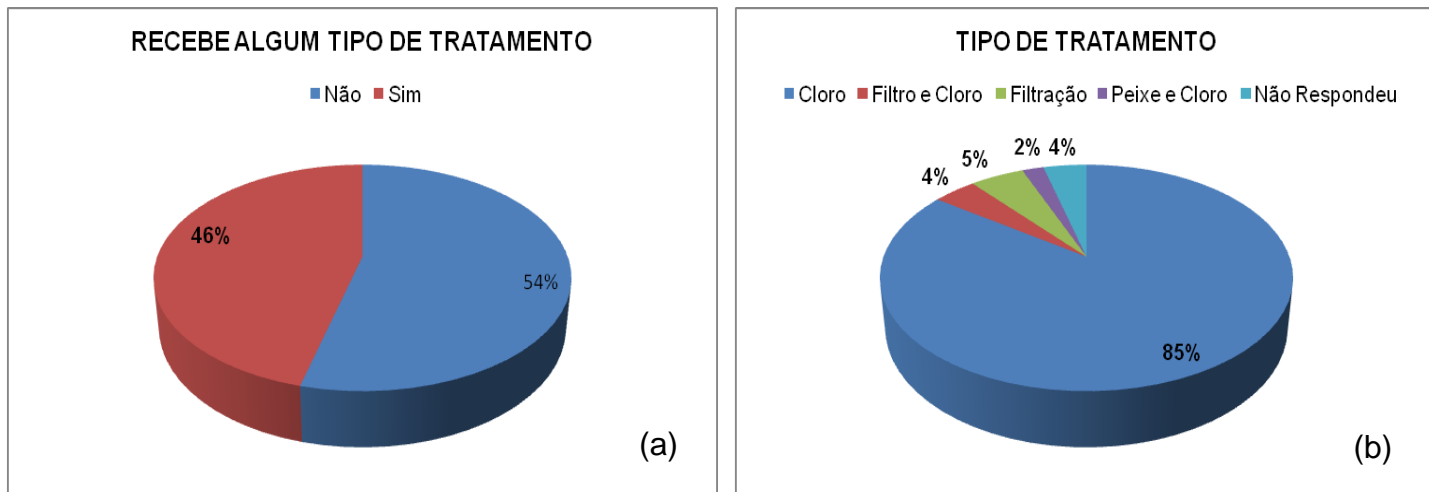
suprir a demanda da família, principalmente durante o período das secas, porém, é necessário garantir a qualidade da água consumida.

A Figura 4.1(b) mostra que 51% dos entrevistados não possuem água encanada. Como muitas famílias não possuem água encanada, é necessário obter água com auxílio de animais, como por exemplo o burro ou cavalo.



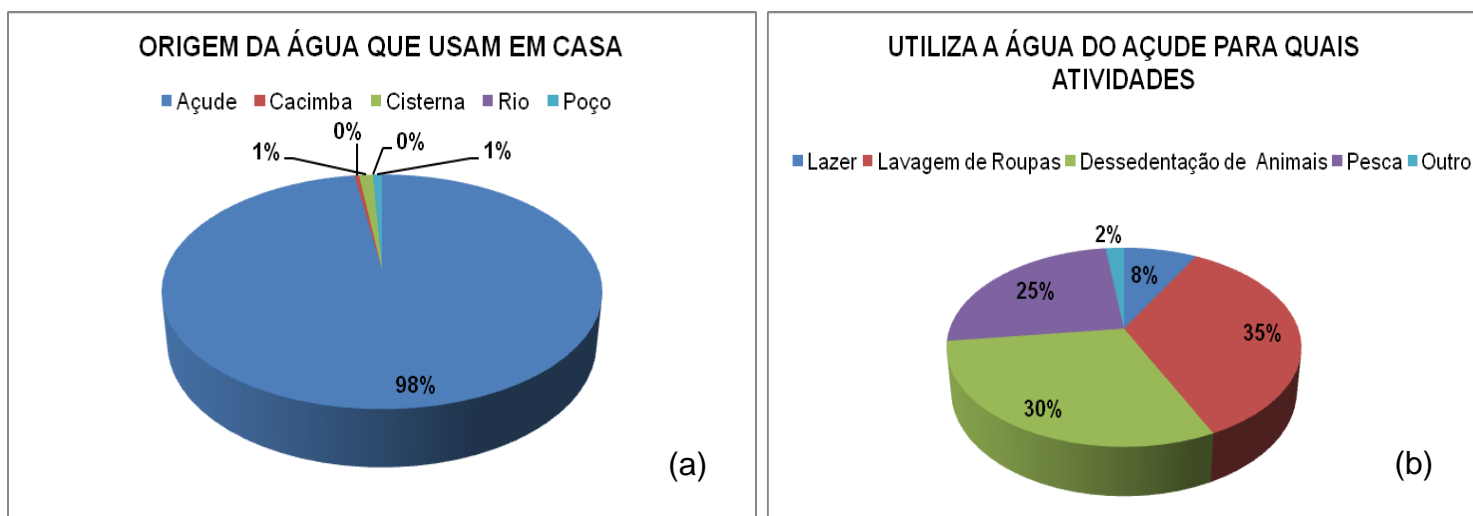
**Figura 4.1** – Percentual dos entrevistados para a origem da água de beber (a) e percentual dos entrevistados para água encanada (b).

Para água de beber, que para maioria da população do Assentamento 25 de Maio vem das cisternas, 46% dos entrevistados afirmam que fazem algum tipo de tratamento da água, desses, 85% dos entrevistados utilizam o cloro para tratar a água de beber, percentuais apresentados nas Figuras 4.2(a) e (b), respectivamente. As orientações acerca dos cuidados com o tratamento e consumo da água das cisternas são obtidas através dos agentes de saúde do município. Segundo Porto (2003), a potabilidade da água ainda é um fator não plenamente considerado nos programas de cisternas, por isso, é necessário associar programas de educação e de qualidade da água de mananciais, aos de cisternas, bem como incluir o monitoramento e a vigilância sanitária dessas águas.



**Figura 4.2** – Percentual dos entrevistados que realizam algum tipo de tratamento da água de beber (a) e percentual dos entrevistados que afirmam o tipo de tratamento da água de beber (b).

Em levantamento sobre a origem da água para as atividades em casa, que não seja beber, 98% dos entrevistados afirmam que consomem a água do açude, apresentado na Figura 4.3(a). Desses, 35% utilizam a água do açude para lavagem de roupa, 30% utilizam para dessedentação de animais, 25% na pesca, 8% no lazer, percentuais apresentados na Figura 4.3(b).

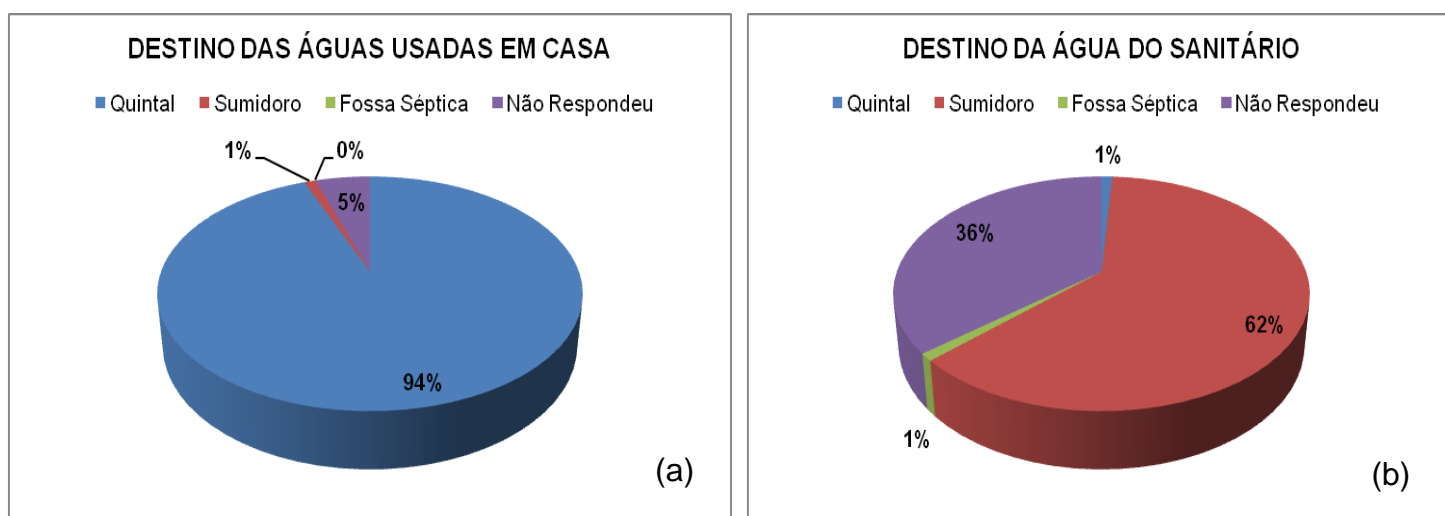


**Figura 4.3** – Percentual dos entrevistados para a origem da água que utilizam em casa (a) e percentual dos entrevistados para quais as atividades que utilizam a água do açude (b).

O destino das águas servidas nas casas dos entrevistados é, em 94% dos casos, o quintal. Essa água representa a utilizada na cozinha (lavagem da louça), no banho e na lavagem da roupa, apresentado na Figura 4.4(a). Segundo Rybicki

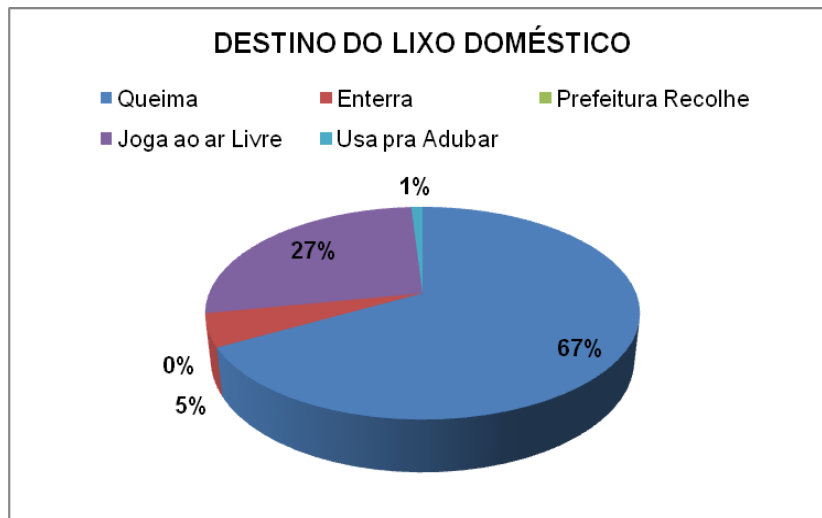


(1997), os detergentes e sabões possuem compostos orgânicos e polifosfatos. As águas oriundas da lavagem das louças, das roupas e as águas do banho devem conter sabões e detergentes, conseqüentemente, devem possuir compostos orgânicos e polifosfatos, sendo uma fonte potencial de poluição dos açudes. Através do escoamento superficial, estes compostos podem atingir os açudes atuando no processo de eutrofização. O destino da água do vaso sanitário, para 62% dos entrevistados, é o sumidouro, apresentado na Figura 4.4(b).



**Figura 4.4** – Percentual do destino das águas usadas nas casas (a) e percentual do destino da água do sanitário (b).

Outro problema ambiental observado no assentamento 25 de Maio é com relação ao lixo produzido. A Figura 4.5 apresenta a porcentagem do destino do lixo, e 67% dos entrevistados responderam que queimam o seu lixo, outros 27% jogam o lixo ao ar livre. Um dado preocupante é que não há recolhimento do lixo por parte da prefeitura. Resultado parecido foi verificado por Luna (2008), quando estudou as comunidades do entorno do açude Acauã, na Paraíba, em que a maior parte dos entrevistados afirmou que queima o lixo (64%) e 36% jogam o lixo ao ar livre.



**Figura 4.5** – Percentual do destino do lixo doméstico.

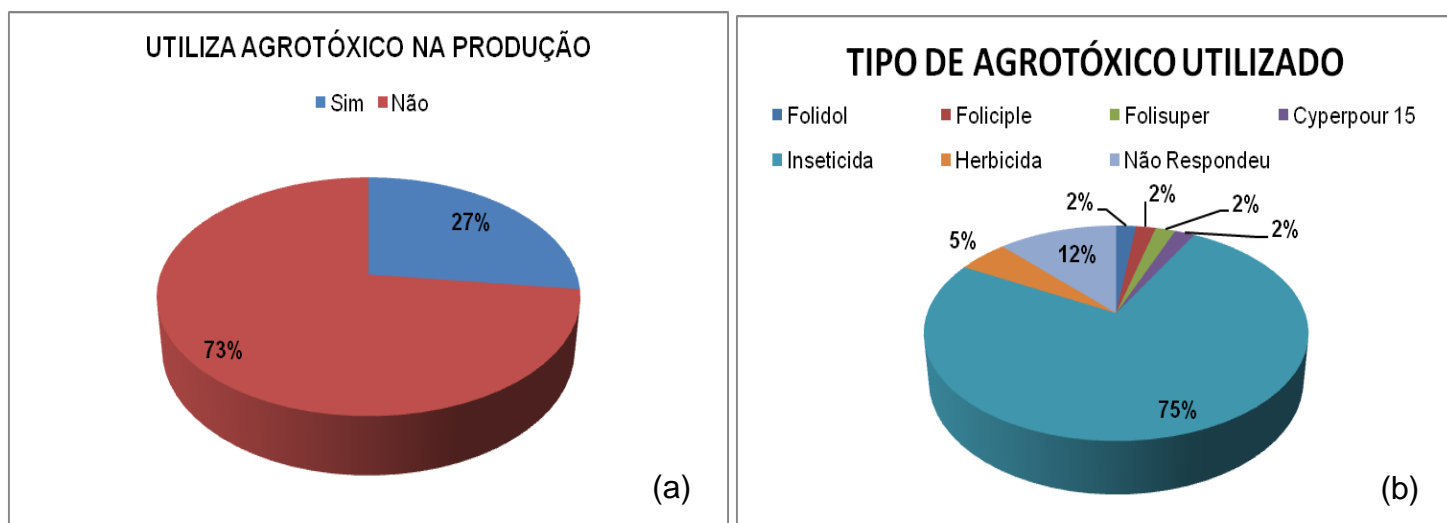
A Figura 4.6 mostra que 96% dos entrevistados não fazem irrigação. Os pequenos açudes no semiárido nordestino, muitas vezes não são utilizados com eficiência para melhorar as condições socioeconômicas da comunidade. A dependência do fator climático, muitas vezes, traz perdas à comunidade, devido à falta de orientação e de incentivo para certos programas, como por exemplo, de irrigação.



**Figura 4.6** – Percentual dos entrevistados que fazem irrigação.

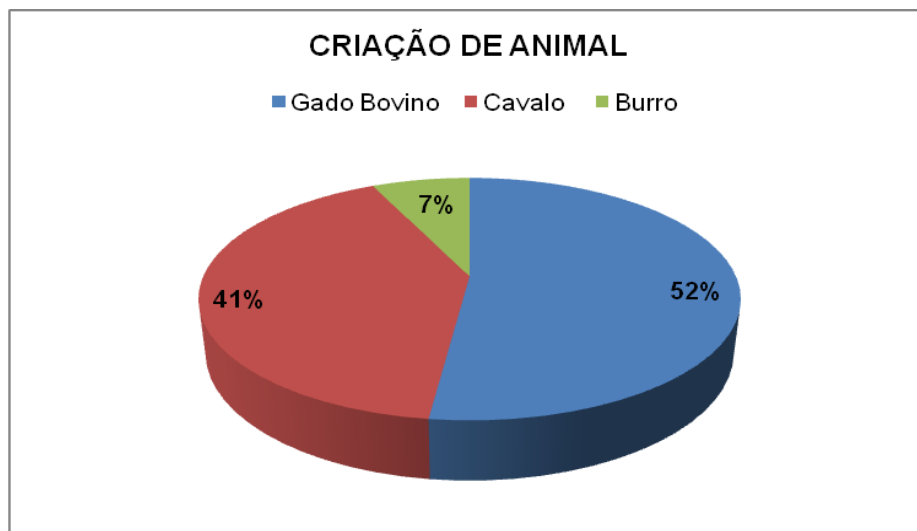
Para auxiliar na produção agrícola do assentamento, muitos assentados utilizam agrotóxicos, cerca de 27% dos entrevistados afirmam que fazem o uso

destes produtos. A Figura 4.7(a) mostra a porcentagem de uso dos agrotóxicos na produção de alimentos. O tipo de agrotóxico mais utilizado é o inseticida, cerca de 75% dos entrevistados afirmam seu uso, apresentado na Figura 4.7(b). Esses insumos agrícolas também se tornam fontes potenciais de poluição dos açudes, pois se caracterizam por serem fontes de poluição difusa. Se houver excesso de aplicação desses insumos nos cultivos, podem atingir os açudes através do escoamento superficial, poluindo os mananciais.



**Figura 4.7** – Percentual dos entrevistados que utilizam agrotóxicos (a) e percentual dos tipos de agrotóxicos utilizados no assentamento 25 de Maio (b).

Na Figura 4.8 é apresentada a porcentagem da criação de animais no assentamento, e cerca de 52% dos entrevistados afirmam possuir gado bovino, sendo a atividade de pecuária extensiva, com a bovinocultura leiteira, que é uma das atividades econômicas do assentamento. A criação de cavalos com 41% e de burros com 7%. A prática de pecuária extensiva no assentamento 25 de Maio é, da mesma forma, vista em vários locais de pequenas comunidades nos interiores dos estados do Nordeste. O gado se alimenta da vegetação local, sacia a sede nas margens dos pequenos açudes, e por muitas vezes acaba defecando no local. Essas fezes são fontes ricas em compostos orgânicos e em fósforo, e acabam entrando nos açudes através do escoamento superficial, gerando o processo de eutrofização dos açudes que recebem o aporte desses nutrientes.



**Figura 4.8** – Percentual da criação de animais.

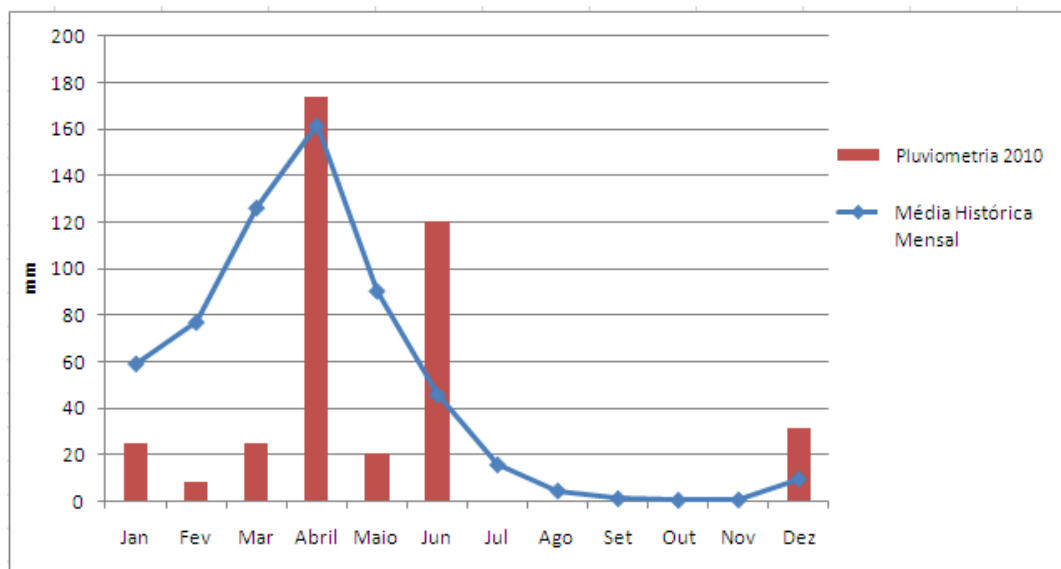
## 4.2 Análise Pluviométrica

Para caracterização dos pequenos açudes Paus Branco e Mel, o estudo considerou dois períodos climáticos distintos: chuvoso (abril a junho de 2010) e seco (julho a outubro de 2010).

O posto pluviométrico selecionado foi o posto Madalena, monitorado pela FUNCEME. O critério utilizado na determinação do término do período de chuvas baseou-se nos dados da série histórica de 23 anos e considerando o mês de transição entre os períodos (chuvoso e seco), aquele onde a precipitação pluviométrica mensal fosse 50% inferior da precipitação do mês anterior. Considerando este critério, os meses de abril, maio e junho são do período chuvoso e a partir do mês de agosto começa o período seco até o mês de outubro, último mês de coleta do projeto, observado na Figura 4.9. Critério semelhante foi utilizado por Ceballos (1995), Barbosa (2002) e Diniz (2004).

O ano de 2010 é considerado como o 5º ano menos chuvoso, desde o ano de 1988, quando se iniciou o monitoramento feito pela FUNCEME no posto Madalena, com 403 mm de precipitação total no ano, ficando abaixo da média histórica anual de 593 mm.

O mês de abril é aquele com maior média de precipitação pluviométrica mensal (174 mm) e foi, em 2010, o mês mais chuvoso em Madalena, ultrapassando a média histórica (Tabela 4.1).



**Figura 4.9** - Precipitação pluviométrica mensal (2010) e média histórica (1988 – 2010), observada no município de Madalena.

Nos meses de abril, maio e junho de 2010, considerados como meses do período chuvoso para o estudo, choveu cerca de 77,9% de toda precipitação anual, observado na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Precipitação pluviométrica mensal (2010) e média histórica (1988 – 2010), observada no município de Madalena.

Período	Jan mm	Fev mm	Mar mm	Abr mm	Mai mm	Jun mm	Jul mm	Ago mm	Set mm	Out mm	Nov mm	Dez mm	Total Anual mm
Média Histórica	59	77	126	162	91	46	16	5	1	1	1	10	593
2010	25	8	25	174	20	120	0	0	0	0	0	31	403

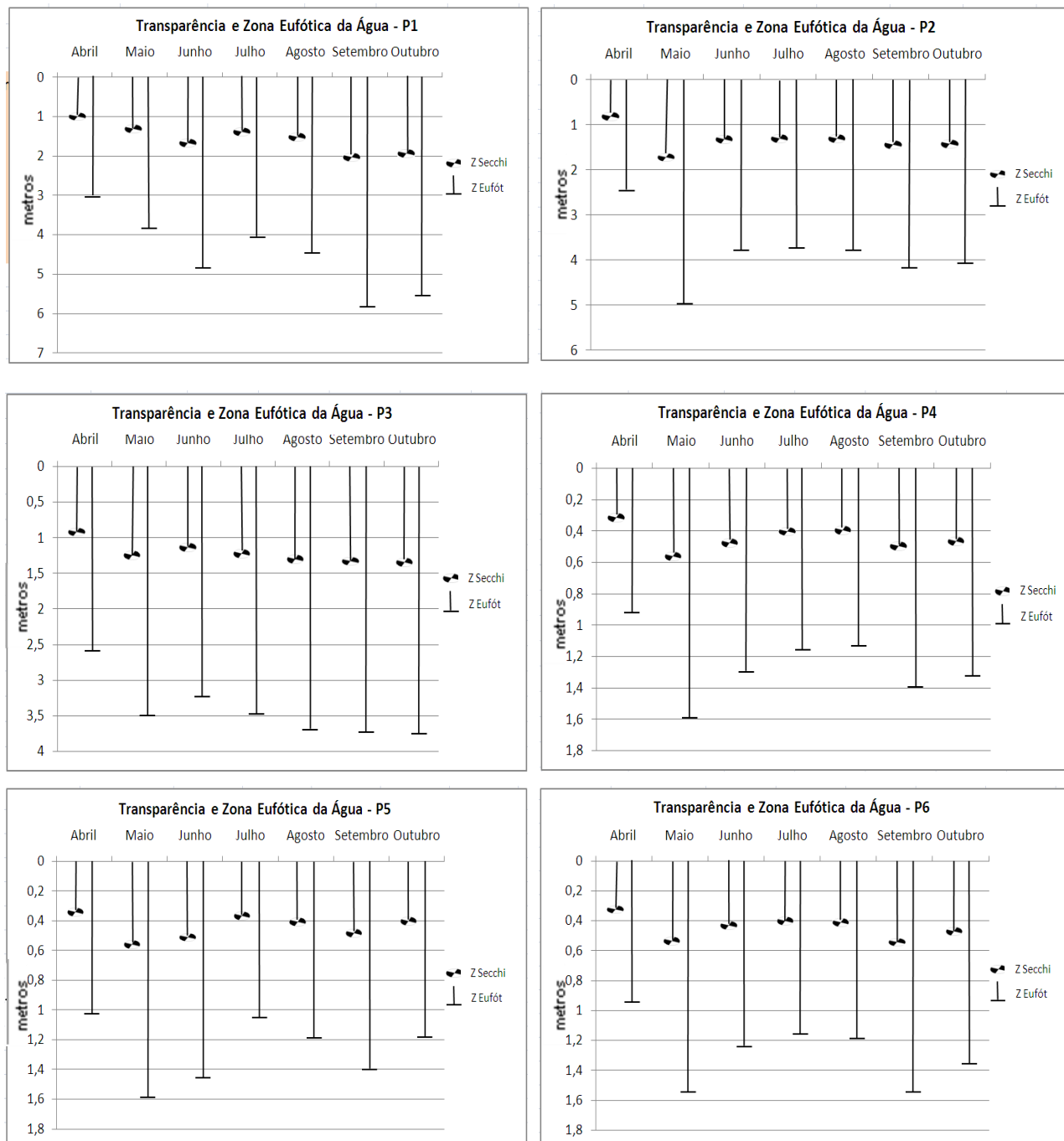
No período chuvoso, devido à entrada de material orgânico nos açudes, as concentrações dos nutrientes são mais elevadas do que no período seco. A água das chuvas promove a ressuspensão do material de fundo dos açudes, repondo nutrientes para a coluna d'água.

As chuvas alteram o volume armazenado, promovem perturbação na dinâmica hidroquímica do corpo aquático com entrada de nutrientes e outros materiais e também favorecem as dissoluções de espécies químicas já presentes no ecossistema. Com a estiagem, ocorre redução da umidade relativa do ar, favorecendo a evaporação e diminuição do volume armazenado, o que acarreta o aumento da concentração de espécies químicas, como os sais nos corpos d'água, alterando a concentração de íons, a condutividade elétrica, entre outros e gerando modificações no equilíbrio do ecossistema (WETZEL, 2001).

#### **4.3 Análise Sazonal das Variáveis Físico-Químicas nos Açudes Paus Branco e Mel**

A transparência de Secchi representa a reflexão da luz na coluna do corpo d'água, a qual é influenciada pelas partículas em suspensão (WETZEL, 2001; TUCCI, 2002). Quanto maior o valor da transparência, maior a penetração da luz fotossintética ativa, melhor a distribuição do fitoplâncton ao longo da coluna de água e a produção de oxigênio dissolvido, favorecendo a maior oxigenação da massa de água nas camadas mais profundas (WETZEL, 2001).

A Figura 4.10 apresenta a variação temporal da profundidade de extinção da transparência do disco de Secchi e a zona eufótica, que é o valor da transparência (disco de Secchi) multiplicado pelo fator 2,7 (Esteves, 1998). De julho a outubro, período seco, há uma pequena tendência de aumento da transparência, isso pode ser devido à ausência de chuvas nesse período, interferindo na quantidade dos sólidos totais na coluna d'água dos açudes. A turbulência causada pelas chuvas, associada ao carreamento de material em suspensão e florações de algas, podem ser os fatores responsáveis pela menor transparência no período chuvoso.



**Figura 4.10** – Evolução da transparência de Secchi e zona eufótica nos pontos monitorados dos açúdes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período de abr/10 a out/10.

Para maioria dos pontos nos dois açúdes há correlação negativa entre a quantidade de sólidos totais e a transparência no período seco, P1 ( $r=-0,80$ ), P3 ( $r=-0,40$ ), P4 ( $r=-1,00$ ) e P6 ( $r=-0,80$ ), para coeficiente de correlação ( $p<0,05$ ). Sendo a concentração de sólidos totais na coluna d'água um dos fatores que

determina a transparência nesses pontos, durante esse período. Com relação ao tamanho, os sólidos totais se dividem em sólidos suspensos e sólidos dissolvidos. Os sólidos suspensos são aqueles que influenciam na transparência da água dos reservatórios, e no período seco a maior parte dos sólidos suspensos decantou fazendo com que as concentrações de sólidos totais na coluna d'água diminuíssem, resultando na correlação negativa.

Mesmo havendo uma tendência de aumento da transparência da água dos açudes, não há diferença significativa entre os pontos de cada açude estudado (Friedman,  $p > 0,05$ ), e nem entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). No período seco há maior penetração de luz e, desta forma, a zona eufótica, nesse período, teve também uma tendência de aumento. Esse comportamento foi semelhante em todos os pontos monitorados nos dois pequenos açudes.

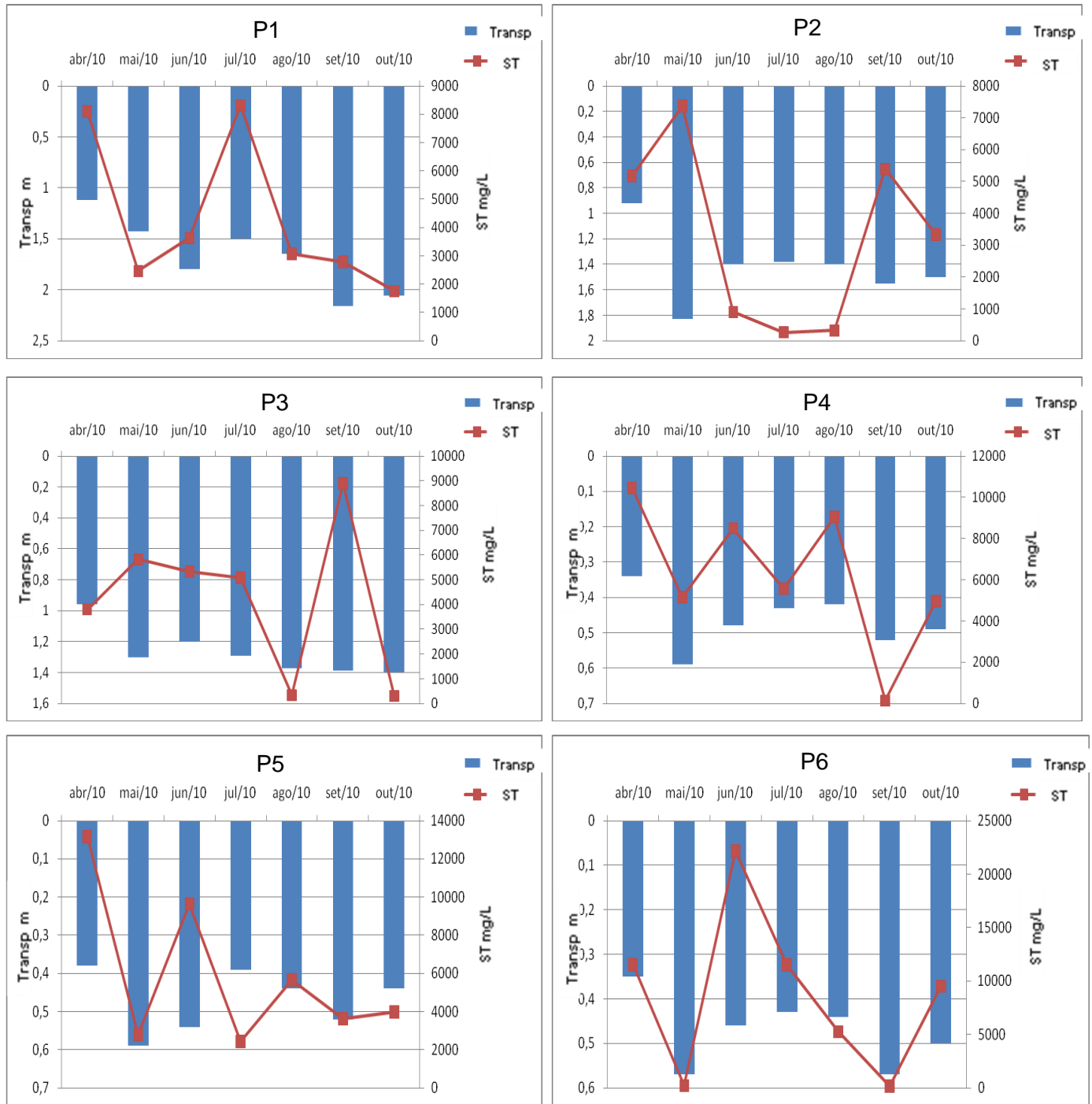
A Figura 4.11 mostra a comparação da variação temporal das transparências e dos sólidos totais determinados no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6). Na Figura 4.11 há meses em que a concentração de sólidos totais aumenta mas a transparência também aumenta, isso pode ser devido ao aumento da concentração de sólidos dissolvidos na coluna d'água, fazendo com que a concentração final de sólidos totais aumentasse, porém não influenciou na transparência.

Barbosa *et al.* (2006), estudando os açudes Taperoá II, Soledade, Namorados e Lagoa Panati, na Paraíba, também verificaram baixa penetração de luz em todo o ano de estudo, correlacionando este comportamento a baixa profundidade dos açudes estudados, que facilitaram a ressuspensão do material de fundo, aumentando a quantidade de sólidos totais na coluna d'água e diminuindo a transparência.

Nas Tabelas 4.2(a), (b) e 4.3(a), (b) apresentam-se as análises de estatística descritiva das variáveis físico-químicas e biológicas nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, para cada ponto de coleta nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6). Em seguida, gráficos "boxplot" permitem a comparação entre os dois períodos (chuvoso e seco), juntamente com



o resultado do teste estatístico de Mann-Whitney, para verificação de diferenças significativas entre os parâmetros em cada período. O nível de significância ( $\alpha$ ) considerado foi de 5%.



**Figura 4.11** – Variação temporal das **Transparências** (Transp) e dos **Sólidos Totais** (ST) determinados no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).

**Tabela 4.2(a)** – Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período chuvoso (abril a junho/2010).

	T (°C)	Transp (m)	pH	CE (µS/cm)	Turb (NTU)	PT (mg/L)	NT (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	
P1	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Média	28	1,45	6,93	346	2,13	0,038	1,22	0,023	0,010	0,017
	Mediana	28	1,43	7	351	2,62	0,040	1,11	0,027	0,009	0,017
	DP	1,00	0,34	0,23	97,60	1,21	0,010	0,43	0,01	0,00	0,020
	Mínimo	27	1,12	6,67	24 6	0,75	0,032	0,87	0,015	0,006	0,001
	Máximo	29	1,80	7,12	441	3,02	0,043	1,70	0,028	0,014	0,032
	CV (%)	3,6	23,5	3,4	28,2	56,9	14,8	34,8	31,0	41,8	93
P2	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Média	28,3	1,38	6,90	349	2,58	0,056	1,23	0,024	0,010	0,016
	Mediana	29	1,40	6,92	352	2,66	0,047	1,07	0,026	0,011	0,019
	DP	1,15	0,46	0,12	101,52	1,08	0,020	0,43	0,020	0,00	0,01
	Mínimo	27	0,92	6,78	247	1,47	0,045	0,9	0,007	0,007	0,006
	Máximo	29	1,83	7,02	450	3,63	0,075	1,72	0,038	0,013	0,024
	CV (%)	4,1	32,9	1,7	29	41,8	30,1	35,2	66	29,6	56,9
P3	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Média	28,3	1,15	6,98	352	2,30	0,079	1,34	0,028	0,008	0,024
	Mediana	28	1,20	7,0	352	2,66	0,079	1,12	0,028	0,006	0,014
	DP	0,58	0,17	0,13	108	0,83	0,020	0,39	0,010	0,00	0,030
	Mínimo	28	0,96	6,85	245	1,36	0,062	1,12	0,018	0,005	0,004
	Máximo	29	1,30	7,1	461	2,90	0,097	1,80	0,037	0,013	0,054
	CV (%)	2,0	15,2	1,8	30,6	35,9	22,1	29,2	34,4	54,5	110,2
P4	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Média	29	0,47	7,40	338	11,13	0,105	1,99	0,036	0,015	0,049
	Mediana	29	0,48	7,30	345	10,31	0,118	1,90	0,039	0,017	0,038
	DP	0,00	0,13	0,28	84,68	3,22	0,020	0,31	0,016	0,01	0,03
	Mínimo	29	0,34	7,20	251	8,41	0,079	1,75	0,019	0,009	0,031
	Máximo	29	0,59	7,72	420	14,68	0,118	2,34	0,052	0,020	0,078
	CV (%)	0,0	26,7	3,7	25,0	28,9	21,4	15,4	44	37,1	51,7
P5	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Média	29	0,50	7,31	336	11,75	0,080	1,93	0,038	0,015	0,045
	Mediana	29	0,54	7,35	343	11,94	0,067	1,75	0,046	0,015	0,042
	DP	0,00	0,11	0,30	83,68	2,88	0,030	0,39	0,02	0,00	0,01
	Mínimo	29	0,38	7	250	8,79	0,063	1,67	0,017	0,011	0,035
	Máximo	29	0,59	7,6	417	14,54	0,110	2,38	0,050	0,018	0,058
	CV (%)	0,0	21,8	4,1	24,9	24,5	32,6	20,1	47,8	23,9	26,2
P6	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Média	29	0,46	7,43	339	12,20	0,084	1,67	0,043	0,016	0,047
	Mediana	29	0,46	7,38	343	11,9	0,073	1,68	0,044	0,016	0,038
	DP	0,00	0,11	0,10	90,05	2,26	0,02	0,01	0,020	0,00	0,020
	Mínimo	29	0,35	7,37	248	10,12	0,068	1,67	0,021	0,013	0,036
	Máximo	29	0,57	7,55	428	14,6	0,112	1,68	0,064	0,018	0,068
	CV (%)	0,0	23,9	1,4	26,5	18,5	28,6	0,3	50,0	16,1	37,9

**Tabela 4.2(b)** – Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açúdes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período chuvoso (abril a junho/2010).

		oP (mg/L)	ST (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Cla (µg/L)	OD (mg/L)	CTT (NMP/100mL)
P1	N	3	3	3	3	3	3	3
	Média	0,025	4725	29,68	10,23	1,43	3,55	92
	Mediana	0,017	3624	32,63	9,18	1,34	3,48	35
	DP	0,010	2974	13,51	4,08	0,94	0,13	128,59
	Mínimo	0,017	2459	14,95	6,78	0,53	3,47	3
	Máximo	0,041	8093	41,48	14,73	2,40	3,70	240
	CV (%)	55,4	62,9	45,5	39,9	65,9	3,7	138,8
P2	N	3	3	3	3	3	3	3
	Média	0,022	4481	33,37	9,27	3,74	3,35	48
	Mediana	0,016	5173	34,84	9,10	3,47	3,23	43
	DP	0,010	3291	11,13	3,09	0,96	0,37	42,16
	Mínimo	0,013	899	21,58	6,27	2,94	3,06	9
	Máximo	0,038	7373	43,69	12,45	4,81	3,77	93
	CV (%)	61,1	73,5	33,3	33,4	25,8	11,1	87,1
P3	N	3	3	3	3	3	3	3
	Média	0,023	4985	19,74	11,80	4,36	3,32	114
	Mediana	0,016	5328	19,37	9,84	5,61	3,36	93
	DP	0,010	1057	10,50	7,32	2,39	0,29	116,8
	Mínimo	0,013	3799	9,43	5,67	1,60	3,02	9
	Máximo	0,040	5828	30,42	19,90	5,87	3,6	240
	CV (%)	64,3	21,2	53,2	62	54,9	8,8	102,4
P4	N	3	3	3	3	3	3	3
	Média	0,027	8032	34,84	4,23	14,08	4,22	444
	Mediana	0,032	8497	40,37	4,70	13,35	4,19	460
	DP	0,01	2680	16,72	0,93	1,27	0,49	413,72
	Mínimo	0,016	5150	16,06	3,16	13,35	3,75	23
	Máximo	0,032	10450	48,11	4,83	15,55	4,72	850
	CV (%)	34,6	33,4	48,0	22,0	9,0	11,5	93,1
P5	N	3	3	3	3	3	3	3
	Média	0,028	8529	38,27	4,03	13,21	4,28	169
	Mediana	0,034	9643	45,90	4,57	12,59	4,15	93
	DP	0,01	5276	20,27	0,95	1,78	0,46	203,53
	Mínimo	0,016	2784	15,30	2,93	11,82	3,90	15
	Máximo	0,035	13160	53,63	4,59	15,22	4,80	400
	CV (%)	37,7	61,9	53,0	23,6	13,5	10,8	120,2
P6	N	3	3	3	3	3	3	3
	Média	0,031	11296	32,12	4,52	13,91	4,31	684
	Mediana	0,037	11520	37,05	4,65	13,53	4,16	930
	DP	0,01	10967	15,71	0,45	2,03	0,31	579
	Mínimo	0,017	219	14,54	4,03	12,10	4,10	23
	Máximo	0,038	22151	44,79	4,90	16,10	4,67	1100
	CV (%)	38,6	97,1	48,9	9,9	14,6	7,3	84,6

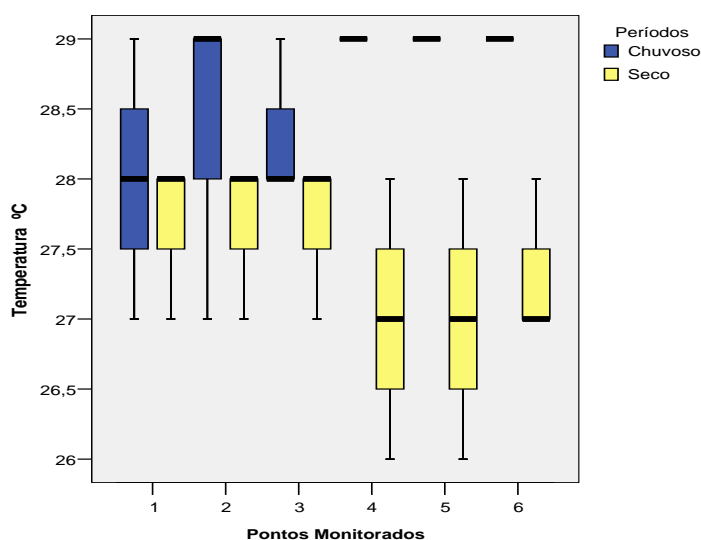
**Tabela 4.3(a)** – Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período seco (julho a outubro/2010).

		T (°C)	Transp (m)	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	Turb (NTU)	PT (mg/L)	NT (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
P1	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	27,7	1,84	7,83	456	2,06	0,030	1,53	0	0,006	0,020
	Mediana	28	1,85	7,86	500	2,05	0,028	1,24	0	0,006	0,020
	DP	0,50	0,32	0,18	125	0,72	0,01	0,65	0,0	0,0	0,0
	Mínimo	27	1,50	7,62	273	1,20	0,024	1,16	0	0,004	0,014
	Máximo	28	2,16	8,00	551	2,94	0,039	2,51	0	0,009	0,024
	CV (%)	1,8	17,2	2,3	27,4	34,7	22,3	42,3	0,0	35,5	22,7
P2	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	27,7	1,45	7,77	452	2,41	0,032	1,28	0	0,005	0,014
	Mediana	28	1,45	7,80	498	2,43	0,032	1,27	0	0,004	0,010
	DP	0,50	0,08	0,14	129	0,97	0,0	0,11	0,0	0,0	0,010
	Mínimo	27	1,38	7,60	262	1,43	0,027	1,16	0	0,004	0,006
	Máximo	28	1,55	7,90	551	3,35	0,036	1,41	0	0,006	0,029
	CV (%)	1,8	5,6	1,9	28,7	40,1	14,7	8,7	0,0	20,2	74,5
P3	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	27,7	1,36	7,84	451	2,77	0,035	1,29	0	0,004	0,011
	Mediana	28	1,38	7,72	497	2,87	0,031	1,26	0	0,004	0,010
	DP	0,50	0,05	0,33	128	1,02	0,010	0,15	0,0	0,0	0,01
	Mínimo	27	1,29	7,61	264	1,66	0,030	1,16	0	0,002	0,004
	Máximo	28	1,40	8,33	549	3,70	0,048	1,50	0	0,007	0,021
	CV (%)	1,8	3,7	4,2	28,4	36,6	24,2	11,8	0,0	48,5	63,4
P4	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	27	0,46	8,35	495	13,61	0,056	2,03	0	0,009	0,019
	Mediana	27	0,46	8,48	541	13,33	0,053	2,00	0	0,008	0,019
	DP	0,82	0,05	0,33	142	1,88	0,010	0,07	0,0	0,0	0,010
	Mínimo	26	0,42	7,88	288	11,87	0,047	1,98	0	0,007	0,008
	Máximo	28	0,52	8,58	610	15,9	0,071	2,13	0	0,014	0,027
	CV (%)	3,0	10,3	3,9	28,9	13,8	20,5	3,3	0,0	35,7	51,2
P5	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	27	0,44	8,26	491	15,24	0,056	2,26	0,004	0,010	0,013
	Mediana	27	0,44	8,27	538	15,71	0,054	2,33	0	0,010	0,007
	DP	0,82	0,05	0,12	147	3,20	0,010	0,26	0,010	0,0	0,020
	Mínimo	26	0,39	8,12	277	11,55	0,044	1,89	0	0,005	0
	Máximo	28	0,52	8,4	612	17,99	0,073	2,49	0,014	0,015	0,036
	CV (%)	3,0	12,0	1,4	30,1	21,0	25,2	11,4	200,0	41,6	125,1
P6	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	27,2	0,48	8,16	490,	14,30	0,054	2,10	0,006	0,008	0,011
	Mediana	27	0,47	8,23	539	14,19	0,055	2,14	0	0,008	0,011
	DP	0,50	0,06	0,27	148	2,10	0,010	0,35	0,012	0,0	0,011
	Mínimo	27	0,43	7,78	275	12,17	0,040	1,71	0	0,006	0
	Máximo	28	0,57	8,4	608	16,66	0,066	2,44	0,025	0,010	0,023
	CV (%)	1,8	13,3	3,3	30,2	14,7	20,3	16,4	200,0	22,8	101,7

**Tabela 4.3(b)** – Estatística descritiva dos parâmetros amostrados mensalmente nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) no período seco (julho a outubro/2010).

		oP (mg/L)	ST (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Cla (µg/L)	OD (mg/L)	CTT (NMP/100mL)
P1	N	4	4	4	4	4	4	4
	Média	0,015	3976	35,43	4,29	5,53	4,55	30
	Mediana	0,015	2922	33,82	3,69	5,46	4,58	13
	DP	0,0	2944	21,88	2,79	2,46	0,11	42,72
	Mínimo	0,014	1750	16,06	1,87	2,67	4,40	3
	Máximo	0,017	8311	58,05	7,90	8,54	4,67	93
	CV (%)	8,3	74,1	61,7	65,0	44,5	2,5	140,1
P2	N	4	4	4	4	4	4	4
	Média	0,016	2327	24,82	4,85	5,20	4,59	280
	Mediana	0,015	1823	24,34	4,45	4,34	4,67	9
	DP	0,0	2495	11,27	2,93	1,86	0,47	546,36
	Mínimo	0,015	267	12,45	1,82	4,15	4,03	3
	Máximo	0,017	5394	38,16	8,71	7,98	5,00	1100
	CV (%)	6,1	107,2	45,4	60,3	35,7	10,1	194,8
P3	N	4	4	4	4	4	4	4
	Média	0,016	3653	26,04	5,39	6,64	4,61	3
	Mediana	0,016	2707	22,21	5,31	5,94	4,71	3
	DP	0,0	4154	11,97	2,48	1,64	0,50	0,58
	Mínimo	0,014	300	17,16	2,62	5,62	3,94	3
	Máximo	0,017	8897	42,58	8,33	9,08	5,08	4
	CV (%)	8,0	113,7	46,0	45,9	24,7	10,9	16,5
P4	N	4	4	4	4	4	4	4
	Média	0,019	4928	41,79	7,40	18,34	5,63	39
	Mediana	0,016	5260	39,26	4,47	18,69	5,69	29
	DP	0,010	3666	13,58	6,49	4,39	0,26	38,58
	Mínimo	0,007	141	29,50	3,57	13,35	5,28	4
	Máximo	0,036	9052	59,16	17,10	22,64	5,88	93
	CV (%)	65,0	74,4	32,5	87,6	23,9	4,5	98,9
P5	N	4	4	4	4	4	4	4
	Média	0,019	3921	50,54	8,74	16,54	5,62	300
	Mediana	0,018	3796	37,05	6,46	15,35	5,64	43
	DP	0,010	1338	29,49	5,48	3,08	0,22	533,33
	Mínimo	0,008	2427	33,56	5,21	14,42	5,37	15
	Máximo	0,033	5667	94,52	16,85	21,05	5,84	1100
	CV (%)	56,2	34,1	58,3	62,7	18,6	4,0	177,6
P6	N	4	4	4	4	4	4	4
	Média	0,018	6614	46,88	6,93	16,05	5,64	24
	Mediana	0,017	7392	40,64	4,12	16,41	5,71	25
	DP	0,012	5031	18,75	5,78	4,56	0,30	18,12
	Mínimo	0,003	161	32,74	3,91	10,15	5,26	4
	Máximo	0,034	11513	73,52	15,6	21,24	5,90	43
	CV (%)	72,1	76,1	40,0	83,3	28,4	5,3	74,0

A temperatura da água apresentou baixa amplitude térmica entre os diferentes períodos climáticos no açude Paus Branco, não apresentando diferença significativa (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ), apresentado na Figura 4.12. Também não há diferença significativa entre os três pontos, nos dois períodos analisados (Friedman,  $p > 0,05$ ). No açude Mel, a amplitude térmica entre os períodos foi maior e apresentou diferença significativa para todos os três pontos (Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ), apresentado na Figura 4.12. Para o teste de Friedman, entre os pontos, tanto no período chuvoso quanto no período seco, não há diferença significativa (Friedman,  $p > 0,05$ ).



**Figura 4.12** – Variação espacial e temporal da **Temperatura** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

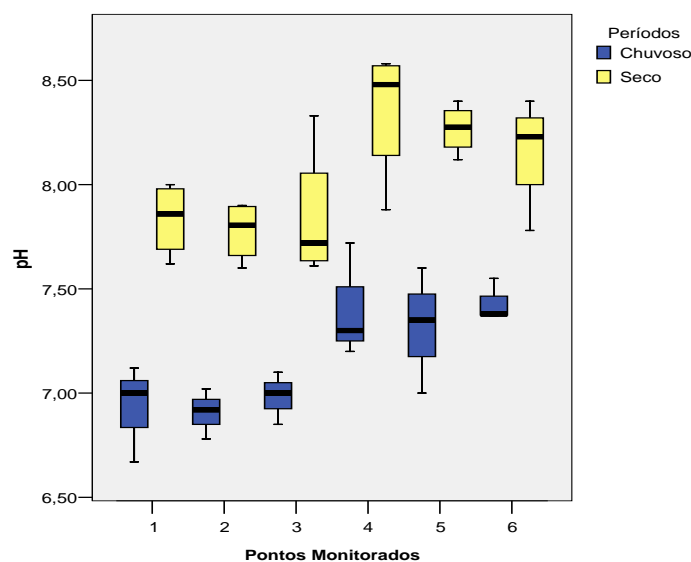
O período chuvoso caracterizou-se por valores médios de temperatura mais elevados do que no período seco, com temperatura máxima de 29°C no P3 do açude Paus Branco. Os três pontos do açude Mel possuem a mesma média de temperatura para o período chuvoso (29°C) e não variaram (CV=0%). Esta mesma situação foi verificada por Ceballos (1995) e Diniz (2004) que evidenciaram comportamento semelhante nos açudes Epitácio Pessoa, Açude Velho e Bodocongó, com valores próximos a 26°C e amplitudes de 2 a 4°C no período seco. Valores de temperaturas mais baixas no período seco também foram observados por Vilar (2009), que estudando os açudes Roque, Heleno, Bola I e

Namorados na Paraíba, com temperaturas de 27 a 30°C, no período chuvoso e de 25 a 27°C, no período seco. Em seus resultados, mesmo com a diferença de temperaturas entre os períodos, também não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Chellappa e Costa (2003) destacam que temperaturas superiores a 20°C estimulam a fotossíntese e a multiplicação de algas, estimulando a eutrofização.

A Figura 4.13 apresenta a dinâmica do pH nos períodos chuvoso e seco. As águas mantiveram médias acima de 6,9 em todos os pontos dos dois açudes, no período chuvoso, e acima de 7,7, no período seco, apresentadas nas Tabelas 4.2a e 4.3a, respectivamente. Para ambos os açudes e em todos os pontos há diferença significativa entre os períodos (Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ). Para o teste estatístico entre os pontos dos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6), não há diferença significativa (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação de pH no açude Paus Branco, para o período chuvoso, foi o ponto P1 (CV=3,4%) e no açude Mel, foi o ponto P5 (CV=4,1%). Para o período seco, no açude Paus Branco foi o ponto P3 (CV=4,2%) e no açude Mel, foi o ponto P4 (CV=3,9%). São variações pequenas e por isso não há diferenças significativas entre os pontos, apresentado no teste de Friedman. O período seco apresenta os maiores valores de pH, em todos os pontos dos açudes Paus Branco e Mel.

A análise de correlação mostra influências entre pH e a concentração de clorofila "a", durante o período seco, quando o pH de todos os pontos aumentaram, P1 ( $r=0,60$ ,  $p < 0,05$ ), P2 ( $r=0,95$ ,  $p < 0,05$ ), P3 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P4 ( $r=0,80$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r=0,40$ ,  $p < 0,05$ ), somente P5 que não apresentou correlação. Esta correlação pode está associada à maior concentração da biomassa algal representada pelos valores de clorofila "a", durante o período seco, e pelas altas temperaturas. Os valores de pH maiores no período seco, se relacionam à maior atividade das algas na assimilação do CO<sub>2</sub> durante o processo de fotossíntese liberando radicais hidroxilas (OH<sup>-</sup>) (TUNDISI, 2005). Margalef (1983) relaciona a elevada taxa fotossintética à elevada biomassa algal, refletindo-se na elevação do pH, uma vez que ocorre a redução dos níveis de gás carbônico, ocasionando assim a oscilação do pH. Esta mesma situação foi verificada por

Pereira (2003) e Lima (2004), que associaram a elevação do pH ao florescimento de algas em alguns reservatórios do Rio Tietê – SP.



**Figura 4.13** – Variação espacial e temporal de pH no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, sendo exigido em grandes quantidades pelas células para a constituição das membranas e outras estruturas, e está diretamente relacionado ao armazenamento de energia celular, como ATP (adenosina trifosfato) e GTP (guanosina trifosfato) (ESTEVES, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2003). A entrada de fósforo nos corpos aquáticos aumentou de forma considerável a partir da II Guerra Mundial, como consequência do intenso uso de adubos químicos e detergentes não biodegradáveis (ESTEVES, 1998).

Na Figura 4.14 mostra-se que os maiores valores de fósforo total foram registrados no período chuvoso, o que pode ser explicado pela ocorrência de escoamento superficial favorecendo o aporte de matéria orgânica nos açudes. As próprias características morfométricas dos açudes do semiárido nordestino, com grandes áreas e pouca profundidade, como também as características das bacias onde estão inseridos, tais como solos rasos suscetíveis à erosão nos períodos chuvosos, contribuem para o aporte externo de nutrientes, resultando em



elevações de fósforo total nesses ambientes (VIEIRA, 1999; STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

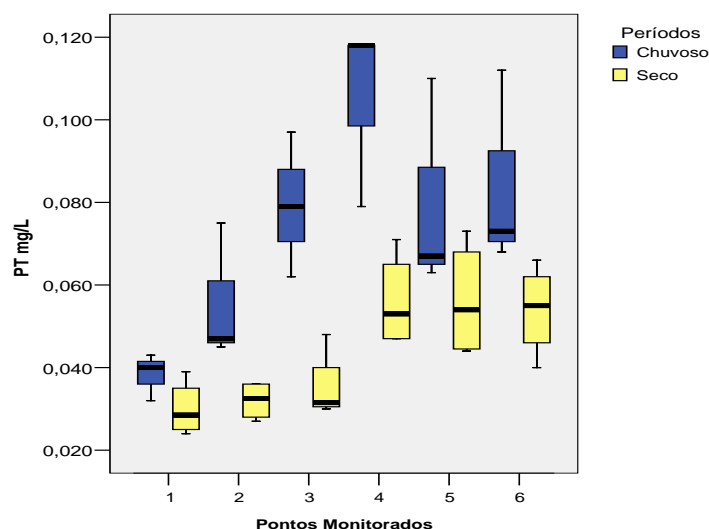
Para o fósforo total há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco para os pontos P2, P3, P4 e P6 (Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ). Para os pontos P1 e P5, não há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). Entre os pontos de cada açude em estudo, não há diferença significativa, nem no período chuvoso e nem no período seco (Friedman,  $p > 0,05$ ).

As maiores variações, no açude Paus Branco, ocorreram no ponto P2 (CV=30,1%), a maior média foi no ponto P3 (0,079 mg/L) e no açude Mel, as maiores variações ocorreram no ponto P5 (CV=32,6%), a maior média ocorrendo no ponto P4 (0,105 mg/L), para o período chuvoso. Para o período seco, as maiores variações, no açude Paus Branco, ocorreram no ponto P3 (CV=24,2%), a maior média também foi no ponto P3 (0,035 mg/L) e no açude Mel, as maiores variações ocorreram no ponto P5 (CV=25,2%), as maiores médias ocorreram nos pontos P4 e P5 (0,054 mg/L). As maiores concentrações de fósforo total, durante o período chuvoso, podem ser devido à entrada de matéria orgânica e fósforo adsorvido no sedimento através do escoamento superficial, além da ressuspensão do material de fundo dos açudes, que contém fósforo e libera-o para coluna d'água, a partir da turbulência causada pelas águas das chuvas que entram nos açudes.

Barbosa (2002), estudando os parâmetros limnológicos no açude Taperoá II, na Paraíba, também verificou um padrão sazonal de fósforo total semelhante aos registrados nos açudes Paus Branco e Mel. Segundo von Sperling (1996), corpos d'água tropicais apresentam maior capacidade de assimilação de fósforo que corpos d'água de climas temperados, podendo ser devido à sedimentação ou à assimilação do fósforo pelas algas e plantas aquáticas (produtividade primária), diminuindo a sua concentração na coluna d'água.

Fósforo total se correlacionou positivamente com clorofila "a" no período seco, nos pontos P2 ( $r=0,89$ ,  $p < 0,05$ ), P3 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P4 ( $r=0,74$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r=0,60$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r=0,80$ ,  $p < 0,05$ ), somente no ponto P1 a correlação positiva, mas não foi significativa. Associação do fósforo total com clorofila "a" foi

observada por Sousa (2007) em quatro reservatórios da região do Seridó, no Rio Grande do Norte, demonstrando que o fósforo é o limitante nos dois açudes e junto às altas temperaturas favorece o crescimento do fitoplâncton, refletindo nas concentrações de clorofila “a”, durante o período seco. Sarnelle *et al.* (1998), estudando quinze reservatórios tropicais em Nairobi, no Quênia, também encontrou forte correlação entre fósforo total e clorofila “a” em todos os reservatórios (com resultados acima de  $r=0,67$ ,  $p<0,05$ ).



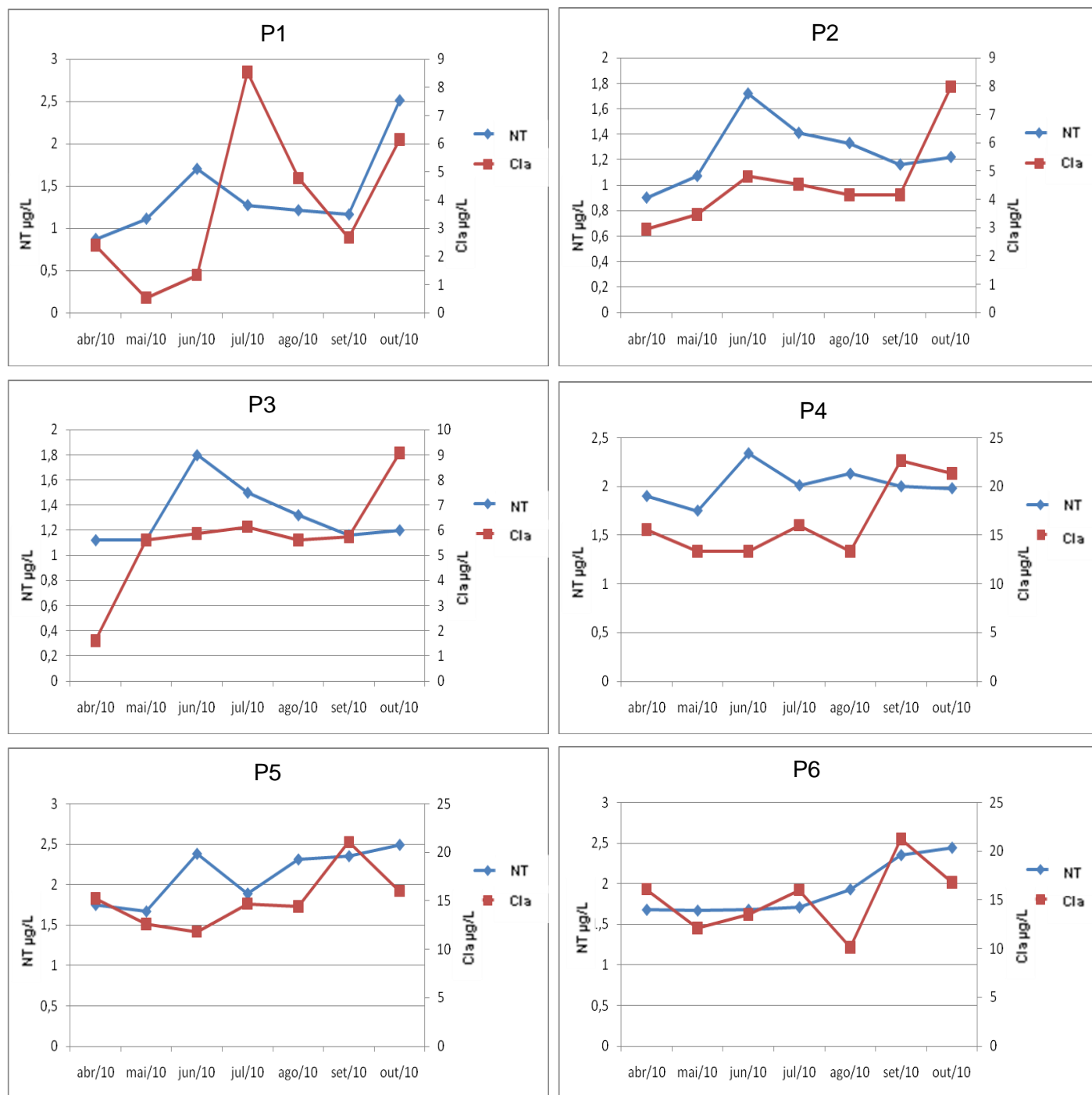
**Figura 4.14** – Variação espacial e temporal de **Fósforo Total** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

A série nitrogenada manteve concentrações baixas nos dois açudes e na faixa de ambientes oligotróficos (nitrito: 0,0 - 1.000 $\mu\text{g/L}$ ; nitrito: 0,0 - 500 $\mu\text{g/L}$ ; N-amoniaco: 0,0 - 300 $\mu\text{g/L}$ ) segundo Vollenweider (1981).

As variações temporais das concentrações de nitrogênio total são apresentadas na Figura 4.16. Para os pontos P1 (açude Paus Branco), P5 e P6 (açude Mel) as maiores concentrações de nitrogênio total foram registradas no período seco. Para os pontos P2 e P3 (açude Paus Branco), P4 (açude Mel) as maiores concentrações de nitrogênio total foram registradas no período chuvoso. Apenas no ponto P6 (açude Mel) há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p<0,05$ ). Não há diferença significativa entre os

pontos, de cada açude e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período chuvoso, no açude Paus Branco foi no ponto P2 (CV=35,2%), e a maior concentração de nitrogênio total foi no ponto P3, com 1,8 mg/L, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P5 (CV=20,1%), e a maior concentração de nitrogênio total também foi no ponto P5, com 2,38 mg/L, apresentadas na Tabela 4.2(a). A maior variação, durante o período seco, no açude Paus Branco foi no ponto P1 (CV=42,3%), e a maior concentração de nitrogênio total também foi no ponto P1, com 2,51 mg/L, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P6 (CV=16,4%), e a maior concentração de nitrogênio total foi no ponto P5, com 2,49 mg/L, apresentadas na Tabela 4.3(a).

Na análise de correlações, o nitrogênio total se correlaciona positivamente e forte com clorofila "a", no período seco, nos pontos P1 ( $r=0,80$ ,  $p < 0,05$ ) do açude Paus Branco, P5 ( $r=0,60$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r=0,60$ ,  $p < 0,05$ ). Nesses pontos há indicativo de fontes pontuais de entrada de matéria orgânica, consequentemente de nitrogênio, sendo no P1 (entrada do açude Paus Branco) através das macrófitas mortas, no P5 e P6 (açude Mel) através das fezes de animais, principalmente do gado bovino, que vão beber água nas margens do açude. No ponto P2 há correlação positiva, mas não significativa ( $r=0,21$ ,  $p > 0,05$ ), no ponto P3 não há correlação e no ponto P4 há correlação negativa ( $r=-0,80$ ). Nesses três últimos pontos não houve a correlação esperada, isso pode ser devido à presença de grupos fitoplanctônicos específicos que fixam o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), se tornam dominantes e dependem pouco do nitrogênio presente na coluna d'água, tornando as correlações não significativas ou negativas. Algumas espécies de algas e de bactérias presentes em ecossistemas aquáticos são capazes de fixar nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), sendo este um processo que ocorre predominantemente na presença de luz e de oxigênio dissolvido (WETZEL, 2001).

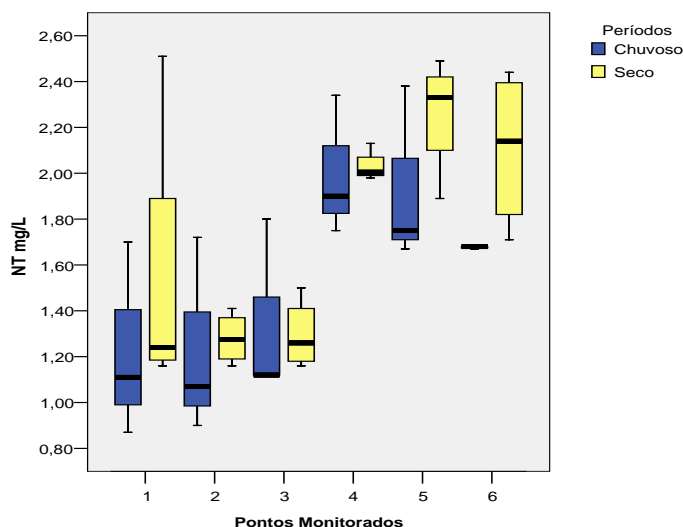


**Figura 4.15** – Variação temporal das concentrações de **Nitrogênio Total (NT)** e de **Clorofila "a" (Cla)** determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).

Nos três pontos (P2, P3 e P4) onde o nitrogênio é supostamente adquirido da atmosfera, durante o período seco, as algas fixadoras de nitrogênio apenas mantêm os mesmos níveis de concentrações do período chuvoso. Nos pontos em

que há indicativo de que o nitrogênio tem uma origem pontual, a variação entre os períodos chuvoso e seco é maior do que quando o nitrogênio é supostamente adquirido, principalmente da atmosfera.

Na Figura 4.15 observa-se que nos pontos P2, P3 e P4, durante o período seco, há uma redução das concentrações de nitrogênio total, diminuindo, então, a razão N:P, apresentada na Tabela 4.4.



**Figura 4.16** – Variação espacial e temporal de **Nitrogênio Total** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

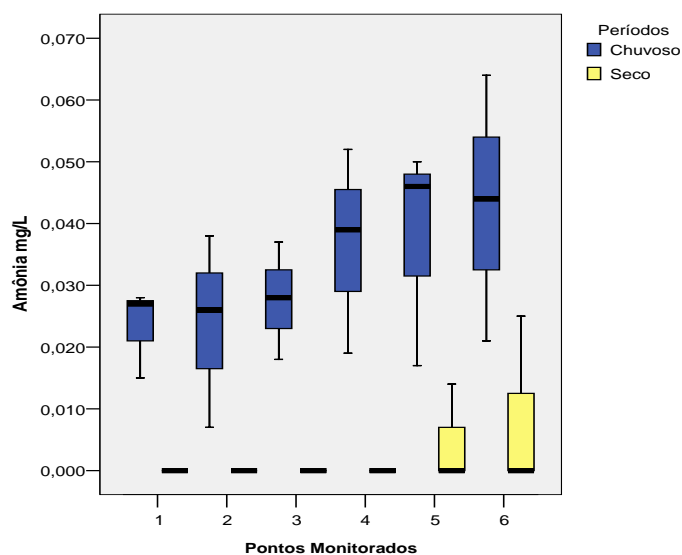
O N-amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) é a forma mais reduzida do nitrogênio e o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA, 2005). Foi a forma nitrogenada de concentrações mais baixas.

A Figura 4.17 mostra que há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para todos os pontos (Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ). Não há diferença entre os pontos de cada açude, e em cada período (Friedman,  $p < 0,05$ ). A maior variação, no período chuvoso, do açude Paus Branco foi no ponto P2 (CV=66%), e máximo também foi no ponto P2, com 38  $\mu\text{g/L}$ , já no açude Mel, a maior variação foi no ponto P6 (CV=50%), e máximo também foi no ponto P6, com 64  $\mu\text{g/L}$ , apresentados na Tabela 4.2(a). O mesmo comportamento de maiores concentrações de amônia no período chuvoso foi verificado por Vilar (2009), estudando os açudes Bola I e Namorados, na Paraíba, devido à entrada de

matéria orgânica durante esse período e por meio da sua decomposição formando-se N-amoniacal.

As maiores concentrações foram registradas no período chuvoso podendo ser devido à formação de N-amoniacal, como resultado da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica que entrou nos açudes, durante o período de chuvas, através do escoamento superficial.

Na análise de correlação, o N-amoniacal tem correlações positivas com nitrato (de regular a forte) em todos os pontos, P1 ( $r=0,50$ ,  $p<0,05$ ), P2 ( $r=1,00$ ,  $p<0,05$ ), P3 ( $r=0,50$ ,  $p<0,05$ ), P4 ( $r=0,50$ ,  $p<0,05$ ), P5 ( $r=1,00$ ,  $p<0,05$ ) e P6 ( $r=0,50$ ,  $p<0,05$ ). Isso significa que o N-amoniacal e nitrato possuem uma relação diretamente proporcional, quando a concentração de N-amoniacal aumenta, caso no período chuvoso, devido à entrada de matéria orgânica através do escoamento superficial, as concentrações de nitrato também aumentam, por causa do processo de nitrificação promovido pelas bactérias nitrificantes. A nitrificação é um processo predominantemente aeróbio e, como tal, ocorre nas regiões onde há oxigênio disponível, como na coluna d'água de lagos (ESTEVES, 1998).

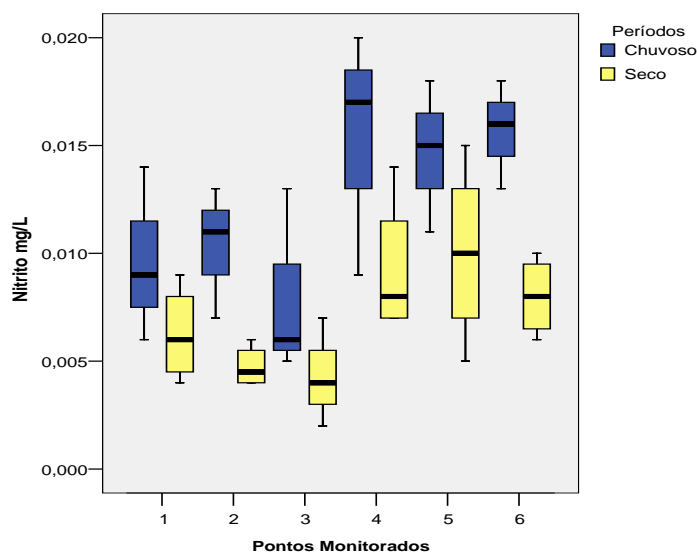


**Figura 4.17** – Variação espacial e temporal de **N-amoniacal (amônia)** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

Na Figura 4.18 mostra-se que as maiores concentrações de nitrito foram registradas no período chuvoso, com diferença significativa, entre os períodos

chuvoso e seco, no ponto P2, açude Paus Branco, e no ponto P6, açude Mel (Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ). Não há diferença significativa entre os pontos de cada açude, e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período chuvoso, no açude Paus Branco foi no ponto P3 (CV=54,5%), e valor máximo no ponto P1, com 14  $\mu\text{g/L}$ , já no açude Mel, a maior variação foi no ponto P4 (CV=37,1%), e máximo também no ponto P4, com 20  $\mu\text{g/L}$ , apresentados na Tabela 4.2(a).

O nitrito, que é uma forma intermediária do N-amoniaco e do nitrato, está diretamente ligado à poluição orgânica, que durante a sua decomposição forma-se N-amoniaco e no processo de nitrificação o N-amoniaco é convertido a nitrito. O nitrito está geralmente presente em quantidades mínimas em águas que apresentam altas concentrações de oxigênio dissolvido, por ser facilmente oxidado a nitrato (WETZEL, 2001). Segundo Esteves (1998), somente em lagos muito poluído, a concentração de nitrito pode assumir valores significativos.



**Figura 4.18** – Variação espacial e temporal de **Nitrito** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

Nos açudes Paus Branco e Mel, o nitrito possui valores maiores no período chuvoso podendo ser devido à oxidação do N-amoniaco, durante o processo de nitrificação. As concentrações de N-amoniaco também foram maiores durante o período chuvoso, devido à decomposição da matéria orgânica que entrou nos

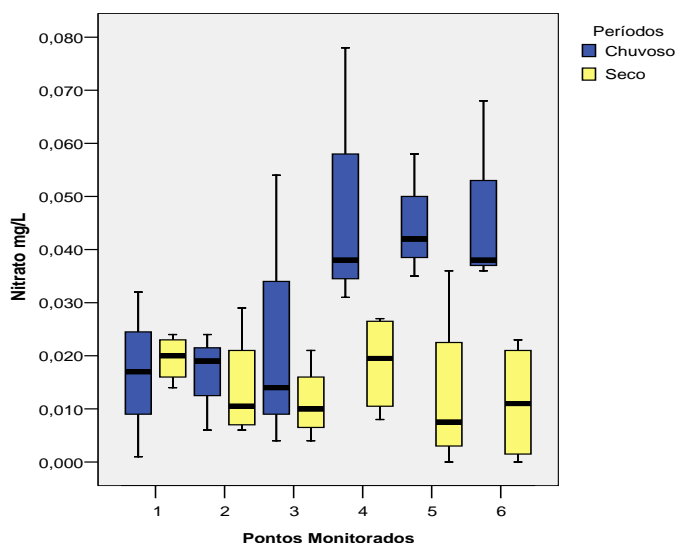
açudes através do escoamento superficial, e a partir do processo de nitrificação forma-se nitrito. Esse comportamento também foi verificado por Luna (2008), no açude Acauã. A partir do momento que parou de chover (período seco), não havendo mais entrada de matéria orgânica pelo escoamento, as concentrações de nitrito diminuíram, pois rapidamente eles eram oxidados a nitratos, resultados apresentados na Tabela 4.3(a).

O nitrato foi a forma nitrogenada de maior concentração em todo período de estudo. Barbosa (2002) também observou, no açude Taperoá II, concentrações de nitrato superiores às outras formas nitrogenadas. As maiores concentrações de nitrato foram registradas no período chuvoso, para todos os pontos. Para os pontos do açude Paus Branco não há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ); no açude Mel, os pontos P4 e P6 possuem diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ), para as concentrações de nitrato apresentadas na Figura 4.19. Entre os pontos não há diferença significativa, para cada açude, e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período chuvoso, no açude Paus Branco foi no ponto P3 (CV=110,2%), e máximo também no ponto P3, com 54  $\mu\text{g/L}$ ; no açude Mel, a maior variação foi no ponto P4 (CV=51,7%), e máximo também no ponto P4, com 78  $\mu\text{g/L}$ , apresentados na Tabela 4.3(a).

Na análise de correlação, o nitrato possui correlações positivas com N-amoniaco em todos os pontos, durante o período chuvoso, com P1 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ), P2 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P3 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ), P4 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ). E nos pontos do açude Mel, há correlações negativas entre nitrato e nitrito, P4 ( $r=-0,50$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r=-0,50$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r=-1,00$ ,  $p < 0,05$ ). Isso pode ser devido à entrada de nutrientes através do escoamento superficial, durante o período chuvoso, fazendo com que a concentração de N-amoniaco aumente nos açudes, e favorecida pela oxigenação da parte superficial dos açudes ocorre a ação das bactérias nitrificantes de converter N-amoniaco em nitrato, resultando numa correlação positiva. No açude Mel a correlação negativa entre nitrato e nitrito, significa que a oxidação de nitrito a



nitrito ocorre muito rapidamente, pois as concentrações de nitrito são sempre baixas nesse açude durante todo período de estudo. Há também correlação negativa entre nitrato e clorofila “a”, durante o período seco, nos pontos P2 ( $r=-0,74$ ,  $p<0,05$ ), P3 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ), P4 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ), P5 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ) e P6 ( $r=-0,60$ ,  $p<0,05$ ), somente no P1 não houve correlação. Isso significa que boa parte do nitrato está sendo assimilado pelo fitoplâncton e permanecendo em concentrações baixas, ou seja, mesmo com a rápida conversão de nitrito a nitrato as concentrações de nitrato não aumentam por causa da assimilação pelo fitoplâncton, resultando numa correlação negativa e forte. Segundo Esteves (1998), na camada do epilímnio, o nitrato é assimilado pelo fitoplâncton.



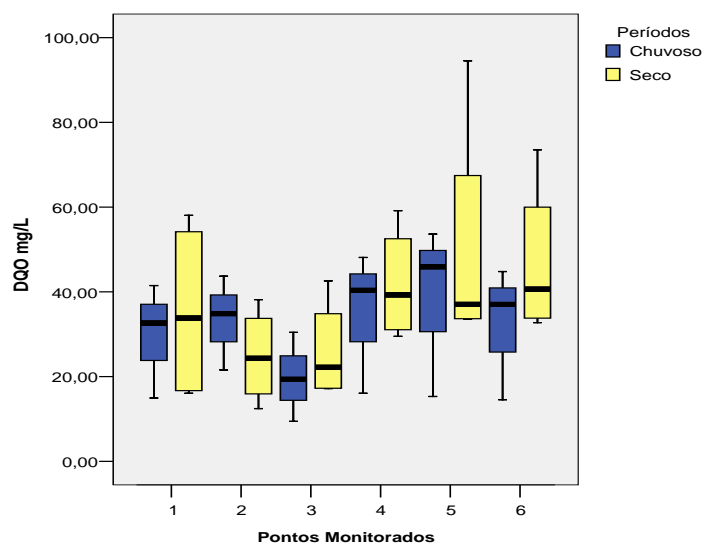
**Figura 4.19** – Variação espacial e temporal de **Nitrato** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

A Figura 4.20 mostra a diferença entre os períodos chuvoso e seco, para a demanda química de oxigênio (DQO), para os pontos monitorados. De um modo geral, as maiores concentrações registradas foram no período seco, não havendo diferença significativa, entre os períodos chuvoso e seco, para todos os pontos (Mann-Whitney,  $p>0,05$ ). Entre os pontos, de cada açude e em cada período, também não houve diferença significativa (Friedman,  $p>0,05$ ).

A maior variação no período seco, para o açude Paus Branco, foi o ponto P1 (CV=61,7%), e a concentração máxima também foi no ponto P1, com 58,05

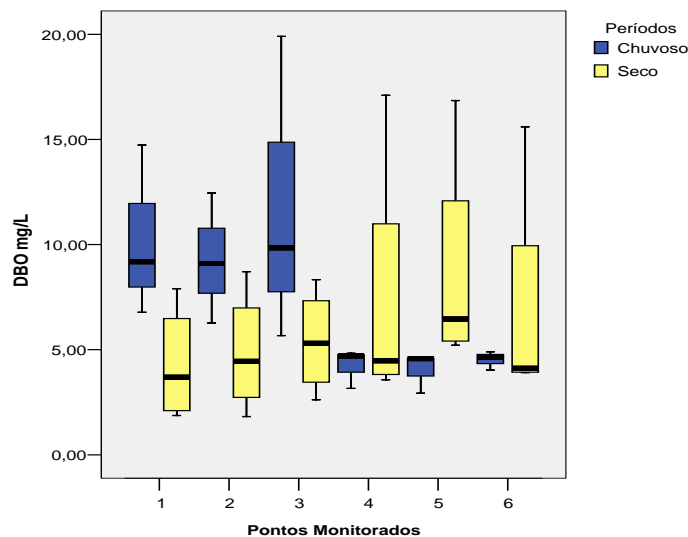
mg/L, já no açude Mel, a maior variação foi no ponto P5 (CV=58,3%), e a maior concentração também foi no ponto P5, com 94,52 mg/L, apresentadas na Tabela 4.3(b). O mesmo comportamento, de concentrações maiores de DQO no período seco, também foi registrado por Câmara (2007), estudando o açude Armando Ribeiro e o canal Pataxó, no Rio Grande do Norte. As maiores concentrações de DQO, no período seco, podem dever-se à redução do volume de água dos açudes, concentrando a matéria orgânica não degradada, fenômeno que pode ser denominado de *evapoconcentração*, expressão empregada por Hamilton & Lewis (1990).

Na análise de correlações, a DQO possui correlações negativas e significativas com a clorofila “a”, durante ambos os períodos. No período chuvoso com, P1 ( $r=-1,00$ ,  $p<0,05$ ), P4 ( $r=-0,87$ ,  $p<0,05$ ), P5 ( $r=-1,00$ ,  $p<0,05$ ) e P6 ( $r=-1,00$ ,  $p<0,05$ ) e no período seco com, P2 ( $r=-0,63$ ,  $p<0,05$ ), P3 ( $r=-0,40$ ,  $p<0,05$ ), P4 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ), P5 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ) e P6 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ), somente P1 teve correlação positiva não significativa. Em trabalhos de Araújo (1997) e Câmara (2007), estudando o açude Armando Ribeiro e o canal Pataxó, no Rio Grande do Norte, também foram verificados resultados de correlações negativas entre a DQO e clorofila “a”.



**Figura 4.20** – Variação espacial e temporal de **DQO** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

Com relação à demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_{5,20}$ ), as maiores concentrações, no açude Paus Branco (P1, P2 e P3), foram no período chuvoso, para o açude Mel (P4, P5 e P6), as maiores concentrações, foram no período seco, como mostra a Figura 4.21. Não houve diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para  $DBO_{5,20}$  do açude Paus Branco (Mann-Whitney,  $p>0,05$ ). No açude Mel, o ponto P5 é o único ponto que há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, com as maiores concentrações no período seco. Entre os pontos de cada açude e em cada período, não há diferença significativa (Friedman,  $p>0,05$ ).



**Figura 4.21** – Variação espacial e temporal de **DBO** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

A maior variação, durante o período chuvoso, no açude Paus Branco foi no ponto P3 (CV=62%), e a maior concentração também foi no ponto P3, com 19,90 mg/L, no açude Mel, a maior variação foi no ponto P5 (CV=23,6%), e a concentração máxima foi no ponto P6, com 4,90 mg/L, apresentadas na Tabela 4.2(b). Durante o período seco, a maior variação no açude Paus Branco foi no ponto P1 (CV=65%), e a concentração máxima foi no ponto P2, com 8,71 mg/L, já no açude Mel, a maior variação foi no ponto P4 (CV=87,6%), e a concentração máxima foi no ponto P4, com 17,10 mg/L, apresentadas na Tabela 4.3(b). Pacheco (2009), estudando o açude Acarape do Meio, no Ceará, também

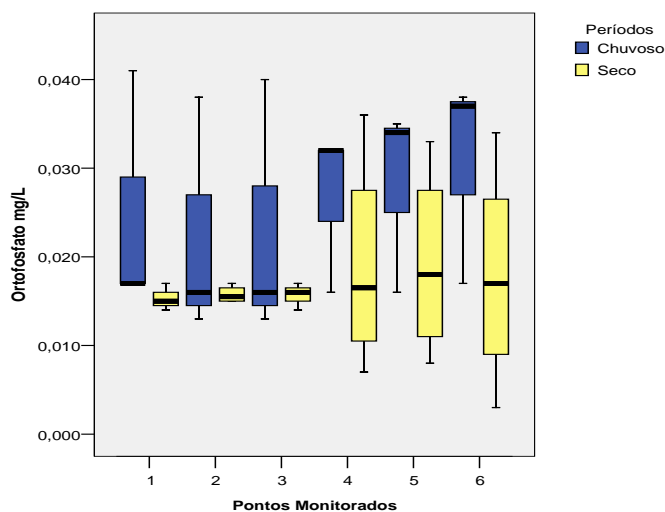
registrou em três dos sete pontos monitorados resultados de concentrações de  $DBO_{5,20}$  maiores no período seco, assim como registrado no açude Mel, neste trabalho. Na análise de correlação, não houve nenhuma correlação significativa entre a  $DBO_{5,20}$  com os outros parâmetros.

Todas as formas de fósforo presentes nas águas naturais são importantes, porém do ponto de vista limnológico o ortofosfato ( $PO_4^{3-}$ ) é a fração que assume maior relevância por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos (WETZEL, 2001; ESTEVES, 1998). As altas temperaturas estimulam o aumento das taxas metabólicas e, portanto a absorção de ortofosfato em ambientes tropicais (ESTEVES, 1998).

Na Figura 4.22 observam-se as diferenças entre os períodos chuvoso e seco para ortofosfato. Não há diferença significativa, para todos os pontos, entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). E entre os pontos, nos dois períodos, de cada açude em estudo também não há diferença significativa (Friedman,  $p > 0,05$ ). Os maiores valores de ortofosfato foram registrados no período chuvoso, tanto no açude Paus Branco quanto no açude Mel, o que pode ser explicado pela ocorrência de escoamento superficial favorecendo o aporte de nutrientes nos açudes. No período seco, as maiores médias no açude Paus Branco foram nos pontos P2 e P3 (0,016 mg/L) e no açude Mel, foram os pontos P4 e P5 (0,019 mg/L), considerados valores baixos. Os valores baixos, no período seco, podem ter sido influenciados pelo aumento da biomassa algal, determinado pelas concentrações de clorofila "a", e pelas altas temperaturas, que favorece o alto metabolismo dos organismos aquáticos, fazendo com que o ortofosfato fosse rapidamente assimilado à biomassa (ESTEVES, 1998; WETZEL, 2001). Este comportamento também foi verificado por Pacheco (2009) e Ceballos (1995), que também verificou valores baixos de ortofosfato (0,010 mg/L) no açude de Boqueirão, na Paraíba, comportamento que a autora atribuiu à rápida assimilação do nutriente.

Na análise de correlações, o ortofosfato se correlacionou positivamente, mas de forma regular, com clorofila "a", durante o período seco, nos pontos P1

( $r=0,32$ ,  $p<0,05$ ), P2 ( $r=0,50$ ,  $p<0,05$ ), P3 ( $r=0,32$ ,  $p<0,05$ ), P4 ( $r=0,40$ ,  $p<0,05$ ), P5 ( $r=0,40$ ,  $p<0,05$ ) e P6 ( $r=0,40$ ,  $p<0,05$ ). A correlação regular pode ser devida às baixas concentrações de ortofosfato, determinadas pela rápida assimilação pela biomassa algal (ESTEVES, 1998).



**Figura 4.22** – Variação espacial e temporal de **Ortofosfato** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

O oxigênio dissolvido (OD) nos sistemas aquáticos é fundamental para as atividades e para a manutenção do metabolismo de organismos aeróbios. Enquanto organismos fotossintetizantes produzem oxigênio, os heterótrofos aeróbios o utilizam na respiração e na biodegradação da matéria orgânica, sendo que o balanço entre respiração aeróbia e fotossíntese pode ser quebrado por alterações do ambiente, tais como a entrada de poluentes que aumentam a demanda de oxigênio (WETZEL, 2001). Na região Nordeste, valores em torno de 8,5 e 9,0mg/L são comuns de ambientes eutrofizados (STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

A Figura 4.23 apresenta a variação espacial e temporal de oxigênio dissolvido nos açudes Paus e Mel. Para todos os pontos há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p<0,05$ ). Para o teste entre os pontos, de cada açude e em cada período, não há diferença significativa (Friedman,  $p>0,05$ ). Os maiores valores de oxigênio dissolvido foram no período

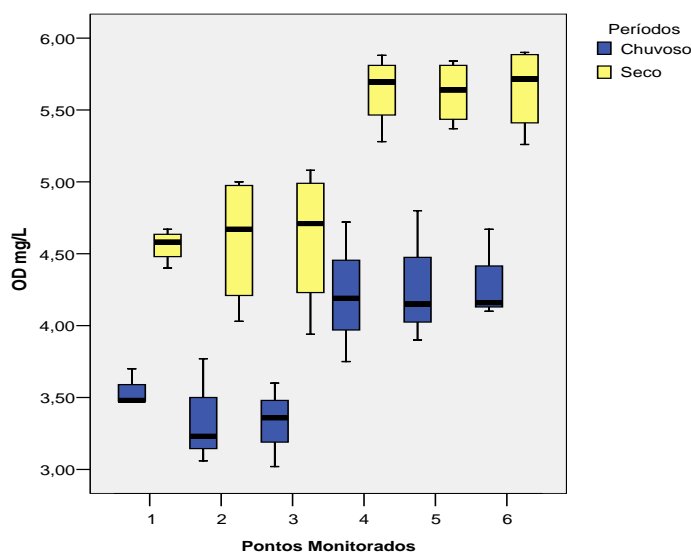
seco, no açude Paus Branco a maior média foi no ponto P3 (4,61 mg/L), e também a maior variação entre os três pontos desse açude (CV=10,9%). No açude Mel, a maior média foi no ponto P6 (5,64 mg/L), e também a maior variação entre os três pontos desse açude foi no ponto P6 (CV=5,3%). De um modo geral houve pequenas variações, de oxigênio dissolvido, no açude Mel, durante o período seco.

A maior concentração de oxigênio dissolvido no período seco pode ser devida ao aumento da concentração da biomassa algal, que produz mais oxigênio na fotossíntese. A concentração de clorofila "a" aumentou durante o período seco, em ambos os açudes estudados. Mesmo assim, a correlação entre a concentração de clorofila "a" e oxigênio dissolvido não foi positiva nem significativa para vários pontos. A mesma situação foi observada por Vilar (2009), estudando os açudes Roque, Bola I e Namorados, na Paraíba, com aumento da concentração de oxigênio dissolvido mas sem correlação com clorofila "a".

Mesmo assim, o aumento da concentração de clorofila "a" nos açudes Paus Branco e Mel contribuiu para o aumento da concentração de oxigênio dissolvido nos mesmos. Esteves (1998) considera que em ambientes aquáticos, as principais fontes de oxigênio são as atividades fotossintéticas das algas e macrófitas associadas à difusão e à turbulência.

Na análise de correlação houve correlação negativa e significativa entre oxigênio dissolvido e temperatura, durante o período chuvoso, para os pontos do açude Paus Branco, com P1 ( $r=-1,00$ ,  $p<0,05$ ), P2 ( $r=-0,87$ ,  $p<0,05$ ) e P3 ( $r=-0,87$ ,  $p<0,05$ ). O mesmo comportamento também foi observado por Luna (2008), estudando o açude Acauã, na Paraíba, fato que comprova que a temperatura tem influencia sobre o teor em oxigênio dissolvido, que explica que quanto mais elevada for a temperatura, menor o teor de oxigênio dissolvido. A temperatura é um importante fator modificador da qualidade da água, pela influência direta sobre o metabolismo dos organismos aquáticos e pela relação com os gases dissolvidos. Assim, os aumentos de temperatura diminuem as concentrações de oxigênio dissolvido (HAMMER, 1979).

O açude Mel não apresentou correlação entre a concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura. Isso pode ser devido à falta de desvio padrão nos valores de temperatura, durante o período chuvoso, pois não houve variação em todos os pontos, possuindo máximo e mínimo com 29 °C. As correlações trabalham em cima das variações dos valores determinados.



**Figura 4.23** – Variação espacial e temporal de **Oxigênio Dissolvido (OD)** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

A condutividade elétrica é diretamente proporcional à quantidade de sais presentes em uma solução, quanto maior for seu conteúdo, maior será a condutividade (VON SPERLING, 1999). A condutividade elétrica permite analisar o processo de renovação das águas num reservatório.

Na Figura 4.24 observa-se que a condutividade elétrica variou entre os períodos chuvoso e seco, em todos os pontos. Os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados no período seco, que devido à estiagem intensa, os íons se tornaram cada vez mais concentrados, aumentando a condutividade elétrica, ocorrendo evapoconcentração (PANOSSO, 1993). Mesmo assim, para todos os pontos não houve diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). Também não há diferença significativa entre os pontos de cada açude, e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). Na análise de correlação a condutividade elétrica não se correlacionou significativamente com

os outros parâmetros. As maiores variações, durante o período seco, no açude Paus Branco foi no ponto P2 (CV=28,7%) e no açude Mel, foi no ponto P6 (CV=30,2%), apresentada na Tabela 4.3(a). A maior média do açude Paus Branco foi no ponto P1, com 456  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e máximo no ponto P2 de 551  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A maior média do açude Mel foi no ponto P4, com 495  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e máximo no ponto P5, de 612  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , apresentados na Tabela 4.3(a).

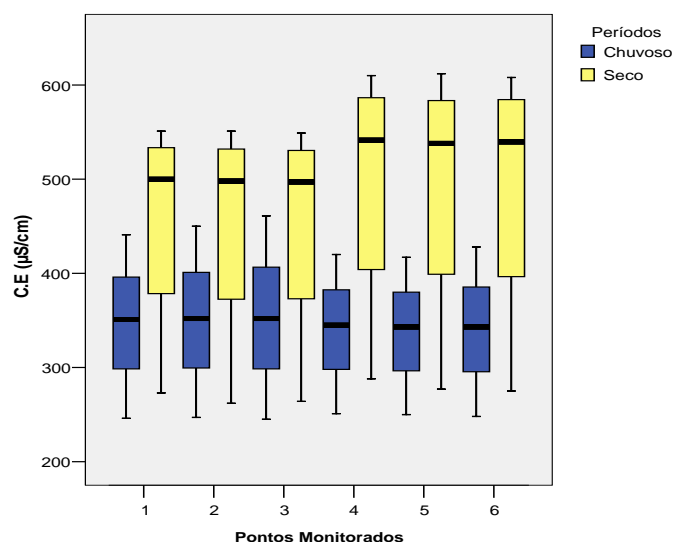
O mesmo comportamento de condutividade elétrica foi observado por Pacheco (2009), no açude Acarape do Meio, por Vilar (2009), nos açudes Bola I e Namorados, por Ceballos (1995), no açude Epitácio Pessoa, por Barbosa (2002), no açude Taperoá, Carneiro (2002), no açude Atalho e Antonello (2006), no açude Boa Esperança. A condutividade elétrica nos reservatórios nordestinos é de um modo geral elevada, demonstrando o quanto estes ambientes são vulneráveis à salinização (ESTEVES, 1998). Segundo Barbosa (2002) os açudes localizados no semiárido nordestino são vulneráveis a salinização, ocasionada pelas altas taxas de evaporação, regime irregular de chuvas e déficit hídrico, apresentando uma intrincada relação entre solo, relevo, clima e conseqüentemente qualidade e quantidade de água.

As chuvas alteram o volume armazenado e também favorecem as dissoluções de espécies químicas já presentes no ecossistema (WETZEL, 2001). Com a estiagem, ocorre redução da umidade relativa do ar, favorecendo a evaporação e diminuição do volume armazenado, o que acarreta no aumento da concentração de íons, aumento da condutividade elétrica, gerando modificações no equilíbrio do ecossistema (ESTEVES, 1998).

Outro fator externo ao corpo d'água que deve ser considerado é a capacidade de retenção da água dos reservatórios, que se associa com as altas taxas de evapotranspiração do corpo aquático, as quais estão relacionadas com o tamanho do espelho d'água e a morfometria do açude (VON SPERLING, 1999). Essas características morfométricas favorecem a evaporação com conseqüente redução acelerada do volume de água armazenada nos açudes na estação seca, comportamento comum nos reservatórios do semiárido (TUCCI, 2002). Os açudes Paus Branco e Mel são açudes rasos, com 5,99m e 5m, respectivamente, e no



período seco, os açudes perdem muita água por evaporação que acarreta no aumento da concentração de íons e aumento da condutividade elétrica.



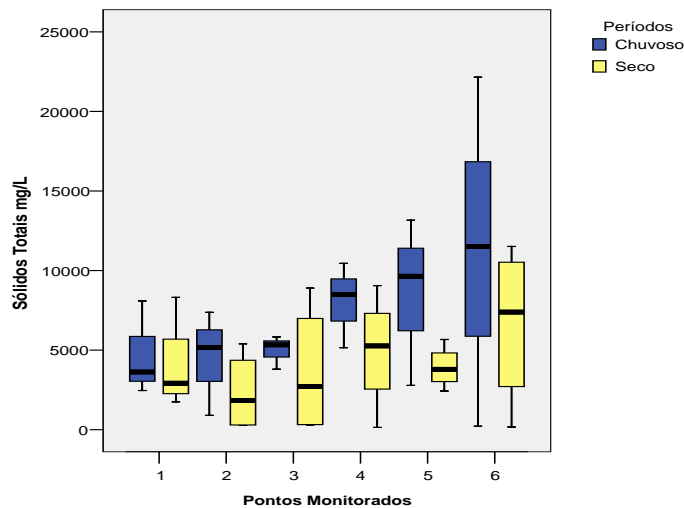
**Figura 4.24** – Variação espacial e temporal de **Condutividade Elétrica (CE)** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

As variações temporais de sólidos totais são apresentadas na Figura 4.25. De um modo geral, as maiores concentrações de sólidos totais foram registradas no período chuvoso. Não há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para todos os pontos (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ), também não há diferença significativa entre os pontos, de cada açude e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período chuvoso, no açude Paus Branco foi no ponto P2 (CV=73,5%), e a maior concentração foi no ponto P1, com 8093 mg/L, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P6 (CV=97,1%), e a maior concentração também foi no ponto P6, com 22151 mg/L, apresentadas na Tabela 4.2(b).

Na análise de correlação, sólidos totais teve correlações negativas significativas com transparência, durante o período chuvoso, apenas no açude Mel, P4 ( $r = -1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r = -1,00$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r = -0,50$ ,  $p < 0,05$ ). No açude Paus Branco as correlações não foram significativas, sendo positivas em dois pontos. Essa correlação negativa entre sólidos totais e transparência no açude Mel, durante o período chuvoso, pode ser devido ao escoamento superficial que

traz consigo a matéria orgânica e sedimentos. O açude Mel possui uma característica que ajuda a aumentar a quantidade de sólidos que escorre para o açude, não há proteção das matas ciliares, as suas margens estão degradadas, facilitando o desprendimento do solo e a formação de sedimentos que escorrem para o açude, por isso os resultados de correlações são mais significativos no açude Mel do que no açude Paus Branco, que possui boa parte de suas matas ciliares preservadas.

Segundo Nogueira *et al.* (2005), os reservatórios de regiões semiáridas tendem a receber elevada carga externa de nutrientes e sedimentos em suspensão, desde sua área de drenagem que escoam as águas das chuvas concentradas em poucos meses do ano, o que favorece processos erosivos do solo. Em geral esses ambientes exibem variações temporais de estado trófico, turbidez e salinidade, controlados principalmente pelo volume de descarga fluvial, e consequente carga externa de nutrientes e sedimentos, e pelo balanço hidrológico de precipitação e evaporação (TUNDISI *et al.*, 2005). Segundo Hinkel (2003), a cobertura vegetal impede a erosão da margem, a lixiviação excessiva de nutrientes e o carreamento de sólidos.



**Figura 4.25** – Variação espacial e temporal de **Sólidos Totais (ST)** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

As variações temporais de turbidez são apresentadas na Figura 4.26. De um modo geral, os maiores valores de turbidez foram registradas no período seco.

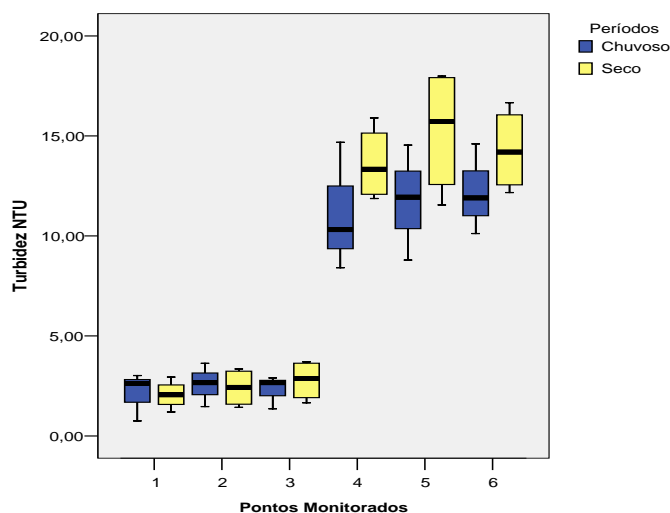
Não há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para todos os pontos (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ), também não há diferença significativa entre os pontos, de cada açude e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período seco, no açude Paus Branco foi no ponto P2 (CV=40,1%), e o maior valor de turbidez foi no ponto P3, com 3,70 NTU, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P5 (CV=21%), e o maior valor de turbidez também foi no ponto P5, com 17,99 NTU, apresentadas na Tabela 4.3(a).

Na análise de correlações, a turbidez teve correlações positivas com sólidos totais, durante o período chuvoso, nos pontos P2 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P3 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ), P4 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ) e P5 ( $r=0,50$ ,  $p < 0,05$ ). Teve correlações negativas com sólidos totais, durante o período seco, nos pontos P1 ( $r=-0,60$ ,  $p < 0,05$ ), P3 ( $r=-0,20$ , mas não significativa), P4 ( $r=-1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r=-0,40$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r=-0,40$ ,  $p < 0,05$ ). E correlações positivas e fortes com clorofila “a”, durante o período seco, nos pontos P2 ( $r=0,63$ ,  $p < 0,05$ ), P3 ( $r=0,80$ ,  $p < 0,05$ ), P4 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ), P6 ( $r=1,00$ ,  $p < 0,05$ ).

As correlações positivas entre turbidez e sólidos totais, no período chuvoso, podem ser devido à entrada de sedimentos e matéria orgânica nos açudes, através do escoamento superficial, provocados pelas chuvas. No período seco, as concentrações de sólidos totais na coluna d’água diminuíram, pois não houve mais chuvas e o único agente de ressuspensão dos sólidos do fundo dos açudes era o vento, mesmo assim a turbidez continuou aumentando, durante o período seco. O fitoplâncton pode ter sido, então, a causa principal da turbidez no período seco, porque a correlação entre clorofila “a” e turbidez foi positiva e forte em quase todos os pontos dos açudes estudados, exceto no ponto P1. Segundo Esteves (1998) o crescimento de organismos no epilímnio provoca um aumento de turbidez com conseqüente diminuição da transparência. Portanto, quanto maior a concentração de clorofila “a”, maior a concentração de fitoplâncton na coluna d’água, menor a profundidade da transparência do disco de Secchi, devido ao fitoplâncton ser uma das causas do aumento da turbidez.

Câmara (2007), estudando o açude Armando Ribeiro, no Rio Grande do Norte, também registrou resultados onde a turbidez foi maior no período seco,

mas no açude estudado a turbidez no período seco foi provocada principalmente pela quantidade de sólidos suspensos na coluna d'água, diferente da turbidez registrada nos açudes Paus Branco e Mel, que podem terem sido provocadas principalmente pela concentração de fitoplâncton (clorofila "a").



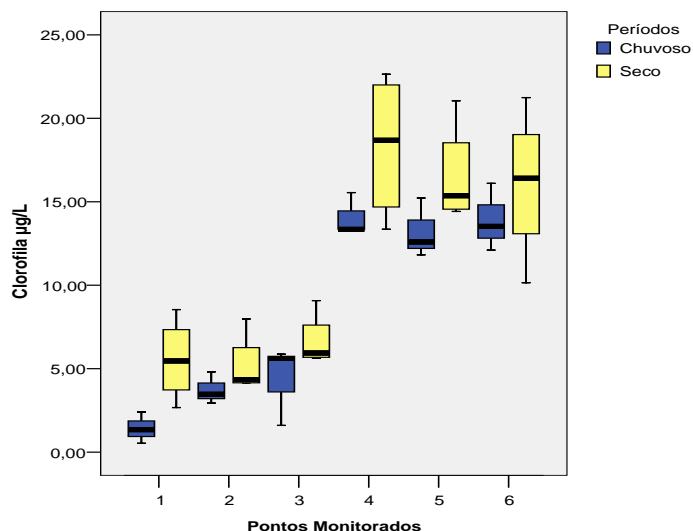
**Figura 4.26** – Variação espacial e temporal de **Turbidez** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

#### 4.4 Análise Sazonal das Variáveis Biológicas nos Açudes Paus Branco e Mel

##### 4.4.1 Clorofila “a”

As variações temporais das concentrações de clorofila “a” são apresentadas na Figura 4.27. As maiores concentrações de clorofila “a” foram registradas no período seco. Não há diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para os pontos P2 e P3 do açude Paus Branco, e P4, P5 e P6, para o açude Mel (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). O único ponto com diferença significativa, entre os períodos, foi o ponto P1 (entrada do açude Paus Branco). Não há diferença significativa entre os pontos, de cada açude e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período seco, no açude Paus Branco foi no ponto P1 (CV=44,5%), e a maior concentração de clorofila “a” foi no

ponto P3, com 9,08 µg/L, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P6 (CV=28,4%), e a maior concentração de clorofila “a” foi no ponto P4, com 22,64 µg/L, apresentadas na Tabela 4.3(b).



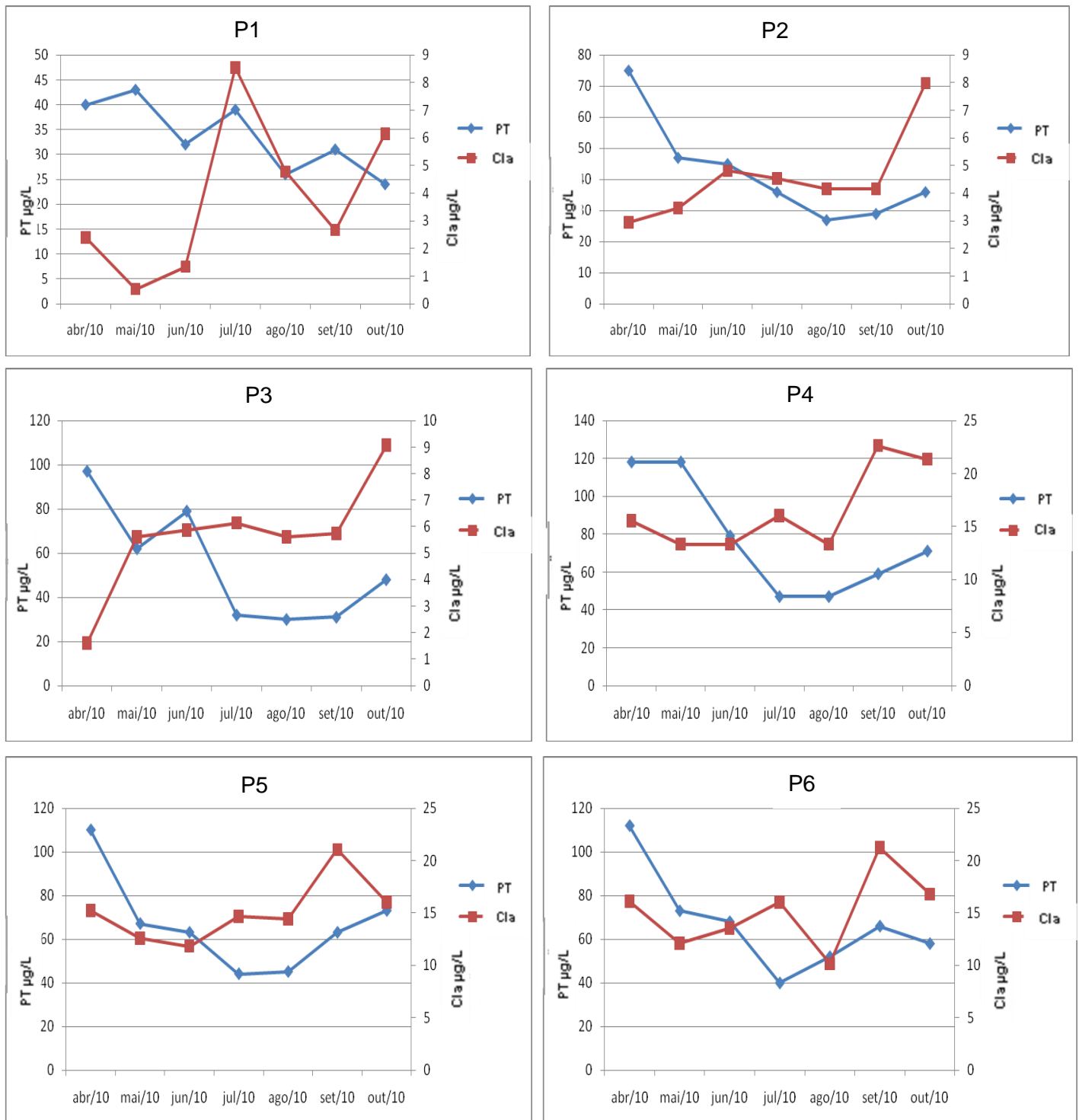
**Figura 4.27** – Variação espacial e temporal de **Clorofila “a”** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

Na análise de correlações, a clorofila “a” teve correlações com fósforo total, ortofosfato, pH e turbidez, todas durante o período seco, apresentadas na Tabela 4.4. As discussões das correlações foram apresentadas anteriormente junto às discussões de fósforo total, ortofosfato, pH e turbidez.

**Tabela 4.4** - Correlações de Spearman entre clorofila “a” e as variáveis fósforo total, ortofosfato, pH e turbidez, durante o período seco.

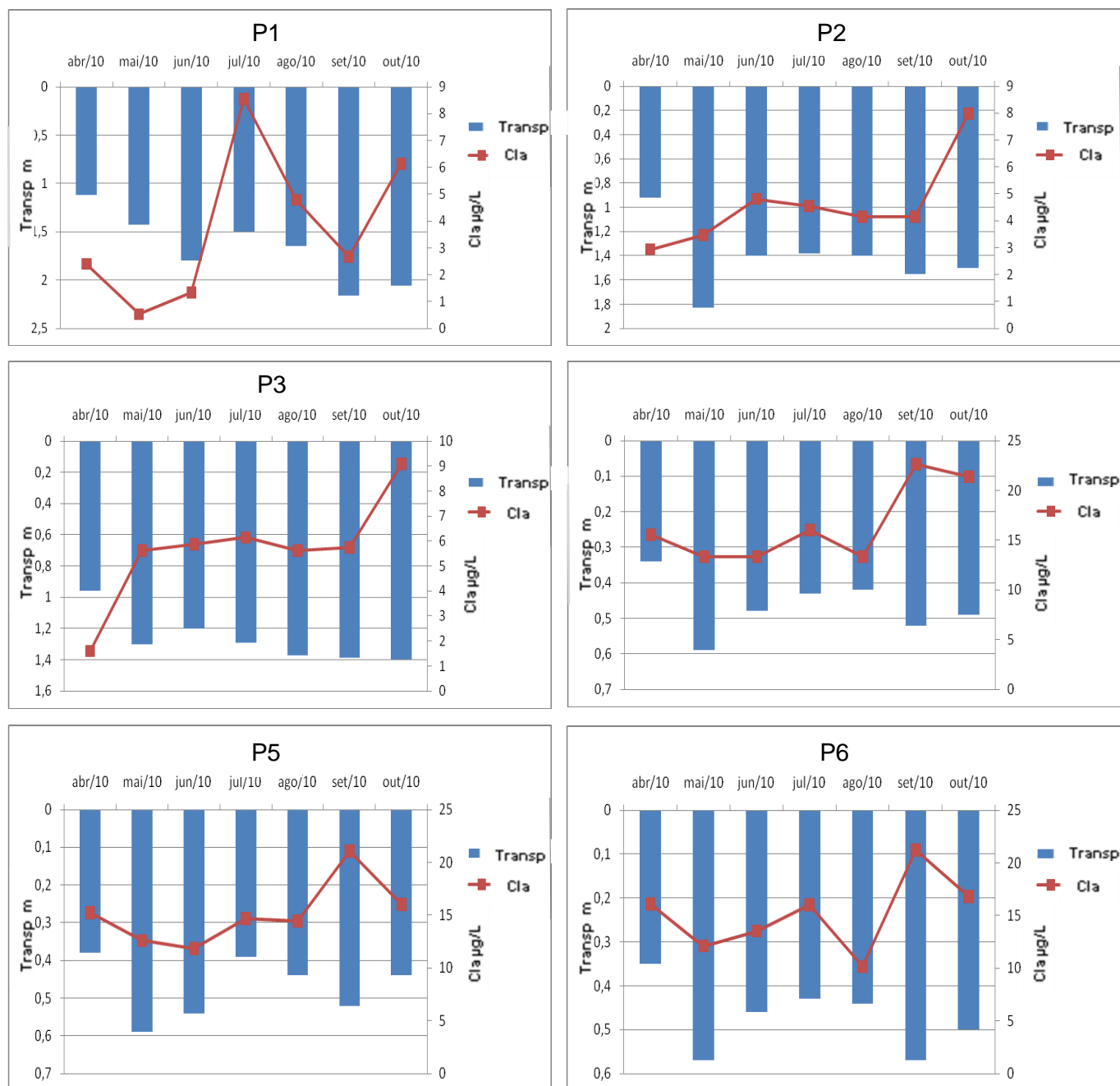
Correlação de Spearman ( $p < 0,05$ ), período seco	Pontos	Tipo de correlação
Clorofila “a” e fósforo total	P2, P3, P4, P5, P6	Positiva
Clorofila “a” e ortofosfato	P1, P2, P3, P4, P5, P6	Positiva
Clorofila “a” e pH	P1, P2, P3, P4, P6	Positiva
Clorofila “a” e turbidez	P2, P3, P4, P5, P6	Positiva

Nas Figuras 4.28, 4.29 e 4.30, estão gráficos de comparações da variação temporal entre clorofila “a” e fósforo total, clorofila “a” e transparência, clorofila “a” e a razão N:P (nitrogênio/fósforo), respectivamente.



**Figura 4.28** – Variação temporal das concentrações de **Fósforo Total (PT)** e de **Clorofila “a” (Cla)** determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).

Observa-se na Figura 4.28, que a partir do período seco (jul-out/10) clorofila “a” segue a tendência da concentração de fósforo, se correlacionando positivamente e forte. Este comportamento é observado em todos os pontos.



**Figura 4.29** – Variação temporal das **Transparências** (Transp) e das concentrações de **Clorofila “a”** (Cla) determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açúdes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).

De acordo com a Figura 4.29, único ponto em que há correlação negativa entre clorofila “a” e transparência foi o ponto P1 ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ), sendo, neste caso, o fitoplâncton e os sólidos totais que determinam as condições de transparência da água. Para maioria dos pontos nos dois açudes há correlação negativa entre a quantidade de sólidos totais e a transparência, no período seco, P1 ( $r=-0,80$ ), P3 ( $r=-0,40$ ), P4 ( $r=-1,00$ ) e P6 ( $r=-0,80$ ), para coeficiente de correlação ( $p<0,05$ ). A concentração de sólidos totais diminui e influencia na transparência da água dos açudes. Na Figura 4.29 observa-se a comparação entre a variação temporal entre as transparências e as concentrações de clorofila “a”, durante todo período de estudo.

Uma estimativa preliminar para saber se o crescimento de algas está sendo limitado pelo fósforo ou pelo nitrogênio, a razão entre concentrações de N:P pode ser considerada limitante pelo fósforo quando superior a 10:1. Numa razão N:P inferior a 10:1, o nitrogênio pode se tornar limitante (THOMANN & MUELLER, 1987). A Tabela 4.5 apresenta as razões N:P evidenciadas ao longo do presente estudo nos pontos monitorados.

**Tabela 4.5** - Razão N:P para os pontos monitorados nos açudes Paus Branco e Mel, no período de abr/10 a out/10.

Pontos de Amostragem	2010						
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
P1	21,75	25,81	53,12	32,66	46,53	31,61	104,58
P2	12,00	22,76	38,22	39,25	49,40	40,20	33,88
P3	11,54	18,06	22,78	46,93	44,13	37,45	25,00
P4	16,10	14,83	29,62	42,78	45,31	33,89	27,90
P5	15,90	24,92	37,77	43,11	51,40	37,41	34,12
P6	15,00	22,87	24,70	42,97	37,15	35,71	42,08

Alguns trabalhos realizados em diversos reservatórios de regiões de clima tropical e subtropical demonstraram que o crescimento fitoplanctônico é limitado pelas concentrações de fósforo, que, por sua vez, regula o processo de eutrofização destes sistemas (TOLEDO JÚNIOR *et al.*, 1983; SALAS & MARTINO, 1991; LAMPARELLI, 2004).

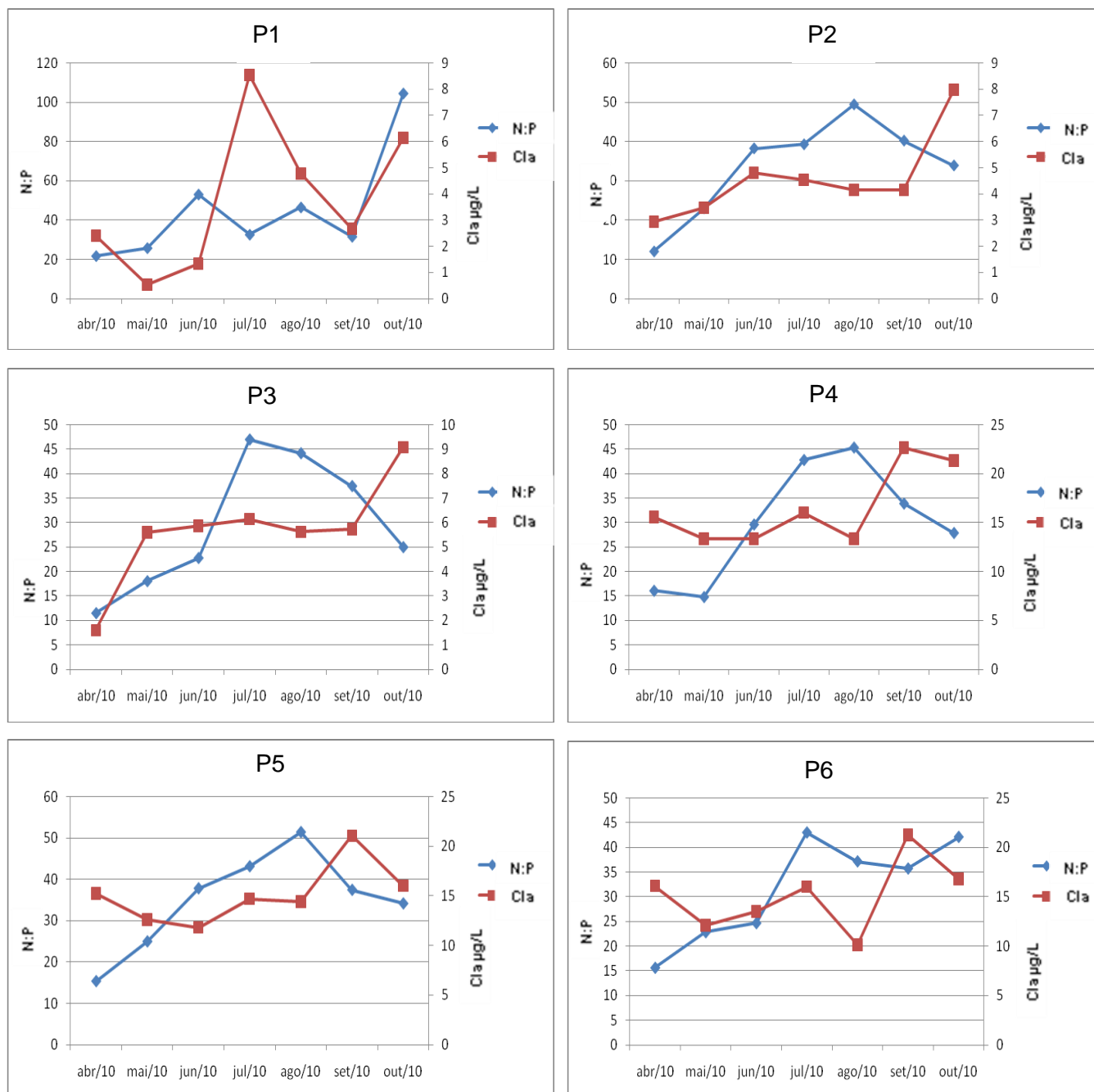
Toledo Júnior *et al.* (1983) adotaram a razão N:P em reservatórios tropicais e subtropicais brasileiros, os quais definiram o nitrogênio como limitante quando a



razão fosse inferior a 5:1 e o fósforo sendo limitante quando a razão fosse acima de 10:1. Salas e Martino (2001) adotaram a razão N:P de 9:1, na qual valores acima desta razão correspondem à limitação por fósforo e valores abaixo, à limitação por nitrogênio.

Tomando como base as razões adotadas por Thomann e Mueller (1987), por Toledo Jr. *et al.* (1983) e por Salas e Martino (2001), é provável que o crescimento do fitoplâncton, nos açudes Paus Branco e Mel, seja limitado pelo fósforo. Em todos os pontos e em todos os meses de monitoramento a razão N:P foi superior a 10. Observa-se que as razões de N:P do período seco (julho-outubro) são maiores do que as do período chuvoso, isso pode ser por dois motivos: o primeiro, é que o fósforo tende a sedimentar nos açudes ou ser assimilado pelas algas e plantas aquáticas (VON SPERLING, 1996), diminuindo a concentração de fósforo na coluna d'água; e o segundo, é que as concentrações de nitrogênio, no período seco, ou aumentaram, provavelmente, por causa da entrada de matéria orgânica de origem das fezes dos animais que bebem água nas margens dos açudes, ou se manteve nas mesmas concentrações do período chuvoso, isso pode ser devido à biofixação do nitrogênio atmosférico através das algas fixadoras de nitrogênio (WETZEL, 2001; LAMPARELLI, 2004).

O fósforo é geralmente o nutriente limitante ao crescimento fitoplanctônico em ecossistemas aquáticos tropicais, sendo a sua quantidade requerida pela biomassa algal equivalente a 14% da demanda para o nitrogênio (CHORUS & MUR, 1999). Vilar (2009), estudando os açudes Bola I e Namorados na Paraíba, também encontrou resultados onde N:P é superior a dez e o limitante foi o fósforo para o crescimento do fitoplâncton. Na Figura 4.23 observa-se a variação temporal das razões de N:P e das concentrações de clorofila "a".

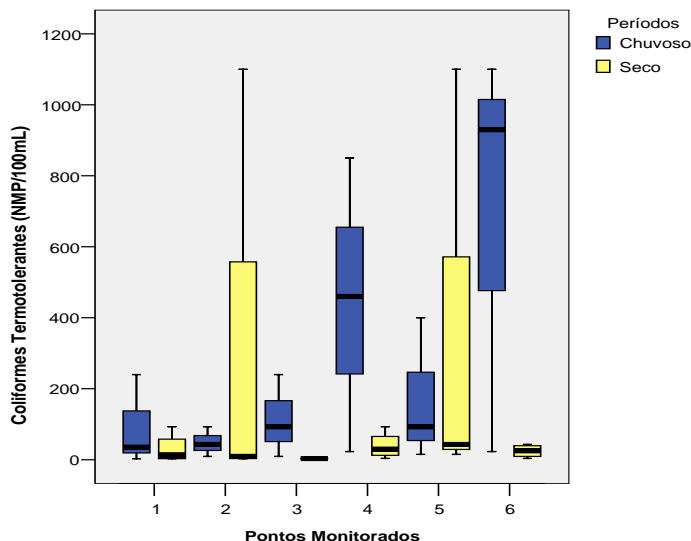


**Figura 4.30** – Variação temporal das razões de **N:P** e das concentrações de **Clorofila “a”** (Cla) determinadas no período de abr/10 a out/10 nos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6).

#### 4.4.2 Coliformes Termotolerantes

A avaliação de microrganismos indicadores de contaminação fecal em sistemas aquáticos destinados a usos múltiplos é fundamental para se conhecer aspectos sanitários, impor limites de utilização das águas brutas e planejar as estratégias de manejo, desenvolvendo medidas de preservação e conservação (CEBALLOS, 1995). As bactérias coliformes são tradicionalmente utilizadas como indicadoras de contaminação fecal por animais homeotérmicos (APHA, 2005).

As variações temporais das concentrações de coliformes termotolerantes (CTT) são apresentadas na Figura 4.31. As maiores concentrações de coliformes termotolerantes registradas nos pontos P1 e P3 (açude Paus Branco), P4 e P6 (açude Mel), foram no período chuvoso. E para os pontos P2 (açude Paus Branco) e P5 (açude Mel), as maiores concentrações de coliformes termotolerantes foram registradas no período seco. Apenas o ponto P3, no açude Paus Branco, apresenta diferença significativa de concentrações de coliformes termotolerantes entre os períodos chuvoso e seco (Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). Não há diferença significativa entre os pontos, de cada açude e em cada período (Friedman,  $p > 0,05$ ). A maior variação, durante o período chuvoso, no açude Paus Branco foi no ponto P1 (CV=138,8%), e a maior concentração de coliformes termotolerantes também foi no ponto P1, com 240 NMP/100mL, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P5 (CV=120,2%), e a maior concentração de coliformes termotolerantes foi no ponto P6, com 1100 NMP/100mL, apresentadas na Tabela 4.2(b). A maior variação, durante o período seco, no açude Paus Branco foi no ponto P2 (CV=194,8%), e a maior concentração de coliformes termotolerantes também foi no ponto P2, com 1100 NMP/100mL, e no açude Mel, a maior variação foi no ponto P5 (CV=177,6%), e a maior concentração de coliformes termotolerantes também foi no ponto P5, com 1100 NMP/100mL, apresentadas na Tabela 4.3(b).



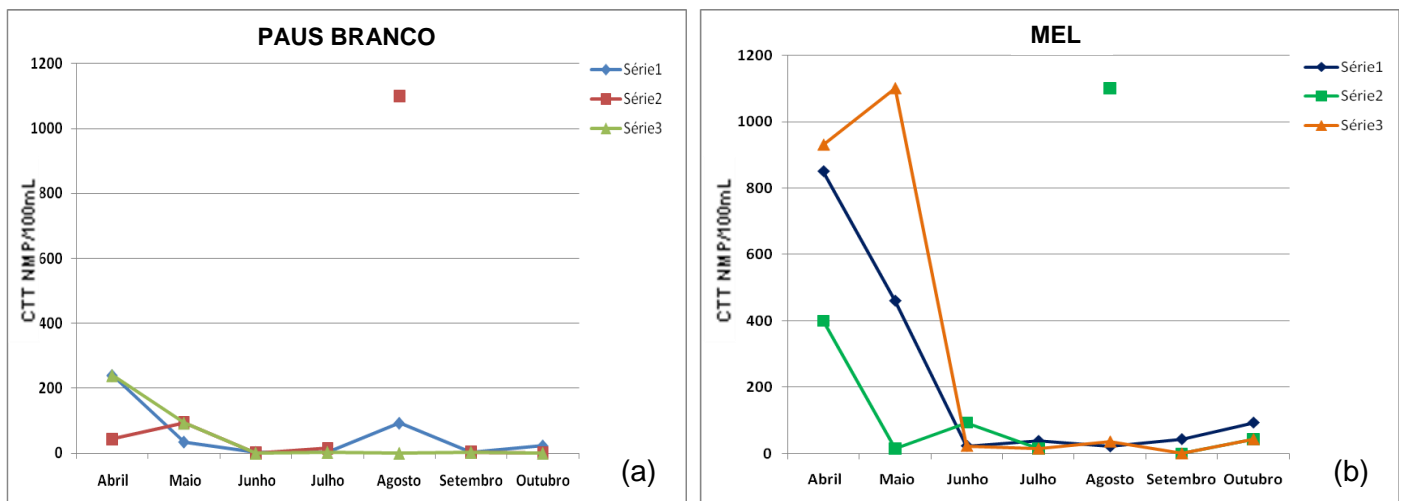
**Figura 4.31** – Variação espacial e temporal de **Coliformes Termotolerantes** no período de abr/10 a out/10. Letras diferentes acima de cada par de “Boxplot” representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o período chuvoso e seco, para o teste estatístico de Mann-Whitney.

Na análise de correlações, os coliformes termotolerantes se correlacionaram negativamente com o pH, durante o período seco, nos pontos P1 ( $r = -0,32$ ,  $p < 0,05$ ), P2 ( $r = -0,40$ ,  $p < 0,05$ ), P4 ( $r = -0,40$ ,  $p < 0,05$ ), P5 ( $r = -0,63$ ,  $p < 0,05$ ) e P6 ( $r = -0,60$ ,  $p < 0,05$ ). O pH teve tendência de aumento no período seco tanto no açude Paus Branco quanto no açude Mel, havendo diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para todos os pontos. O oxigênio dissolvido também teve tendência de aumento durante o período seco, havendo diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco, para todos os pontos. A diminuição da concentração de coliformes termotolerantes durante o período seco (Figuras 4.32a e b), em ambos os açudes, pode estar relacionado com aumento de pH e de oxigênio dissolvido, devido aos processos fotossintéticos, que cria um ambiente propício a processos de oxidações, em ambientes aquáticos eutrofizados.

Alguns trabalhos correlacionam o aumento de pH e de oxigênio dissolvido, por causa da atividade fotossintética, junto a intensa luz solar, sobre o decréscimo de coliformes termotolerantes. Segundo Kapuscinski e Mitchel (1983), as menores concentrações de coliformes termotolerantes durante o período seco pode estar associado ao efeito bactericida da luz solar (KAPUSCINSKI & MITCHELL, 1983). Ocorre ação sinérgica dos efeitos do alto pH, da elevada luminosidade associada

às altas taxas de fotossíntese e por tanto de concentrações de oxigênio dissolvido que sob a intensa luz solar formam radicais livres, e todos esses fatores provocam o decréscimo de coliformes (KAPUSCINSKI & MITCHELL, 1983; CEBALLOS, 1995).

Bahlaoui *et al.* (1998) observaram a influência de fatores ambientais na concentração de bactérias indicadoras de contaminação fecal em sistemas de lagoas de estabilização de alta taxa de oxidação com a ação simultânea de pH, radiação solar, temperatura, oxigênio dissolvido e clorofila “a”, e demonstraram que, em ambientes aquáticos complexos, os fatores que afetam a ecologia dessas bactérias estão inter-relacionados e sua importância relativa pode variar de acordo com a localização, com as estações do ano e de ano para ano.



**Figura 4.32** - Variação temporal de **Coliformes Termotolerantes** nos açudes Paus Branco (a) e Mel (b), no período de abr/10 a out/10.

#### 4.5 Análise do Índice de Estado Trófico

A classificação de um ecossistema aquático com relação ao seu estado trófico envolve o estabelecimento de níveis ou limites, que se baseiam na determinação da intensidade do processo de eutrofização associado às suas consequências. Deve-se ressaltar que a utilização dos modelos simplificados para avaliação do estado trófico é apenas uma linha de abordagem do problema da

eutrofização, desta forma, através do IET pode-se obter uma primeira abordagem que, associado aos outros parâmetros limnológicos pode-se obter uma avaliação do estado de eutrofização de ecossistemas aquáticos (TOLEDO JR. *et al.*, 1983).

Margalef (1983) afirma que sistemas de classificações tróficas apenas sugerem informações básicas que traduzem as condições locais, não servindo, portanto, para comparação entre ambientes localizados em regiões com características distintas.

Calijuri (1988) e Esteves (1998) destacam vários fatores como clima, condições do solo, desenvolvimento industrial ou agrícola que afetam o estado trófico de um corpo d'água, além de interferirem no metabolismo dos organismos aquáticos e, em razão disso, defendem a aplicação de classificações tróficas apenas num contexto regional.

Ceballos (1995) e von Sperling (1994) afirmam que as classificações tróficas utilizadas atualmente dão uma visão genérica da tipologia de um corpo d'água sendo necessária para uma caracterização mais completa, a utilização de critérios sanitários, ecológicos e de produtividade primária.

Foi determinado o IET de Toledo Jr. *et al.* (1983) para os dois açudes e foi observado, nos resultados, que as concentrações de ortofosfato, nos açudes Paus Branco e Mel, foram baixas durante todo período de estudo em 2010. Uma das equações do IET de Toledo Jr. *et al.* (1983) é para determinar o IET de ortofosfato, mas devido às concentrações de ortofosfato terem sido baixas fazia com que a classificação do IET(M) diminuísse, desta forma o índice de estado trófico de Toledo jr. *et al.* (1983) não refletiu a realidade observada nos açudes, obtendo seus níveis mais baixos das classificações. Molisani *et al.* (2010), estudando as características limnológicas do açude Castanhão, compararam os índices de estado trófico de Carlson modificado por Toledo jr. *et al.* (1983) e o índice de estado trófico proposto por Lamparelli (2004), e observaram que o índice proposto por Lamparelli (2004) refletia melhor as condições tróficas encontradas no açude.

Optou-se, então, pelo IET de Lamparelli (2004), que refletiu melhor as condições tróficas dos açudes Paus Branco e Mel. A variação temporal dos IETs de Lamarelli (2004) quanto à transparência (Transp), fósforo total (PT), clorofila "a"

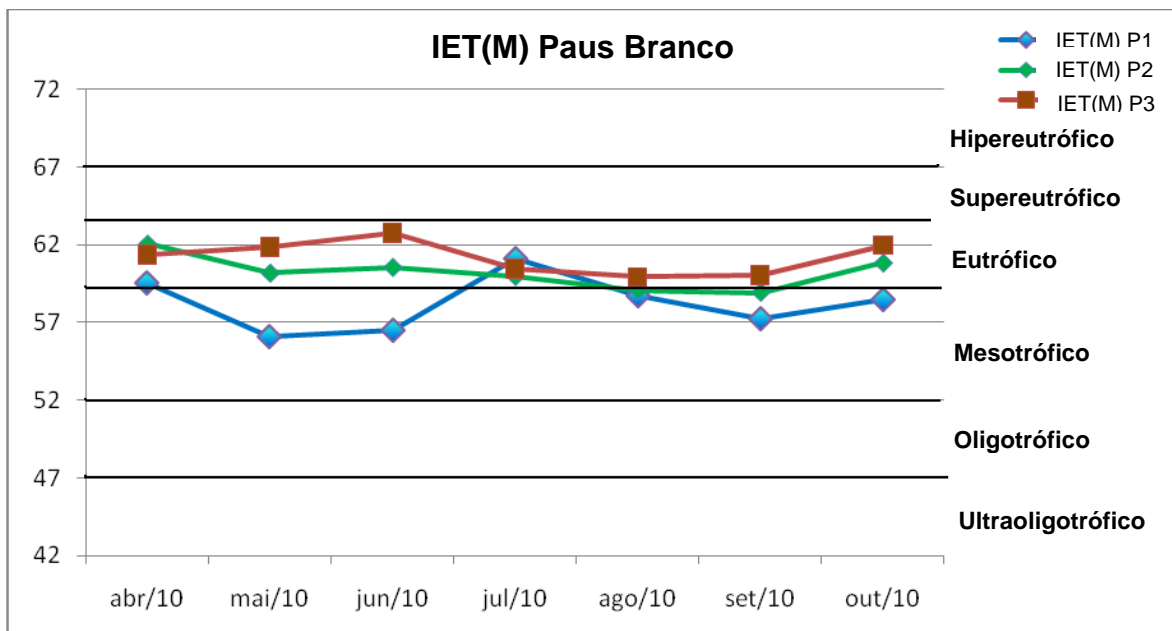
(Cla) e médio (M), para cada ponto nos dois açudes, são apresentadas na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6** – Classificação do Estado Trófico dos açudes Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6) através do IET de Lamparelli (2004), no período de abril a outubro de 2010.

Pontos de Coleta	IET	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	out/10
P1	IET(Transp)	58,37	54,84	51,52	54,15	52,78	48,89	49,57
	IET(PT)	64,59	65,12	63,24	64,48	62,03	63,10	61,63
	IET(Cla)	55,10	47,72	52,22	61,32	58,47	55,62	59,70
	<b>IET(M)</b>	<b>59,55</b>	<b>56,10</b>	<b>56,49</b>	<b>61,15</b>	<b>58,76</b>	<b>57,27</b>	<b>58,45</b>
P2	IET(Transp)	61,20	55,89	55,15	55,35	55,15	53,68	54,15
	IET(PT)	68,50	65,59	65,31	64,01	62,36	62,67	64,00
	IET(Cla)	56,08	56,90	58,50	58,22	57,78	57,78	60,99
	<b>IET(M)</b>	<b>62,07</b>	<b>60,17</b>	<b>60,55</b>	<b>59,96</b>	<b>59,09</b>	<b>58,92</b>	<b>60,83</b>
P3	IET(Transp)	60,59	56,21	57,37	56,33	55,46	55,25	55,15
	IET(PT)	70,02	67,29	68,78	63,24	62,82	63,10	65,70
	IET(Cla)	53,11	59,26	59,48	59,70	59,27	59,37	61,62
	<b>IET(M)</b>	<b>61,37</b>	<b>61,86</b>	<b>62,78</b>	<b>60,44</b>	<b>59,93</b>	<b>60,04</b>	<b>61,96</b>
P4	IET(Transp)	75,56	67,61	70,59	72,18	72,52	69,43	70,29
	IET(PT)	71,21	71,23	68,78	65,69	65,69	67,00	68,12
	IET(Cla)	64,26	63,51	63,51	64,41	63,51	65,75	65,82
	<b>IET(M)</b>	<b>69,30</b>	<b>67,42</b>	<b>67,03</b>	<b>66,48</b>	<b>66,18</b>	<b>66,99</b>	<b>67,63</b>
P5	IET(Transp)	73,96	67,61	68,89	73,58	71,84	69,43	71,84
	IET(PT)	70,78	67,76	67,43	65,22	65,31	67,36	68,26
	IET(Cla)	64,15	63,22	62,92	63,98	63,89	66,10	64,41
	<b>IET(M)</b>	<b>68,76</b>	<b>65,91</b>	<b>65,92</b>	<b>66,40</b>	<b>66,05</b>	<b>67,27</b>	<b>67,44</b>
P6	IET(Transp)	75,15	68,11	71,20	72,18	71,84	68,11	70,00
	IET(PT)	70,89	68,26	67,83	64,70	66,22	67,70	66,86
	IET(Cla)	64,43	63,03	63,58	64,41	62,17	65,79	64,64
	<b>IET(M)</b>	<b>69,16</b>	<b>66,14</b>	<b>66,80</b>	<b>66,08</b>	<b>65,72</b>	<b>67,02</b>	<b>66,60</b>

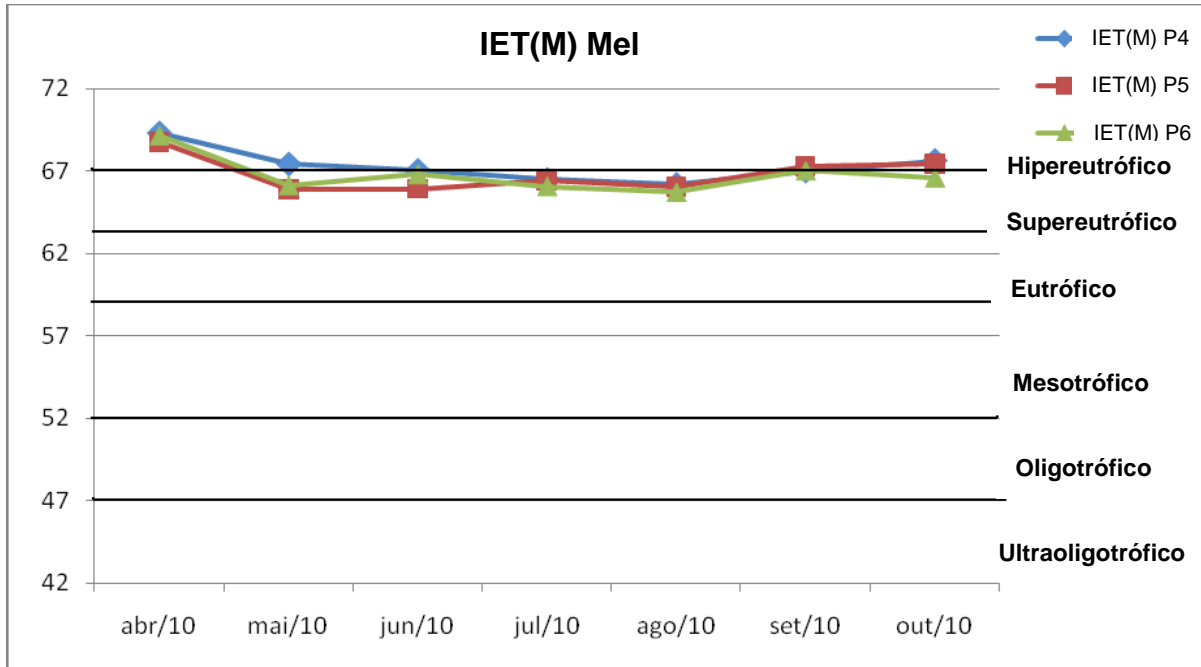
A classificação do nível trófico por açude é observada nas Figuras 4.33 e 4.34. Observa-se que no açude Paus Branco os pontos P2 e P3 possuem os maiores níveis de IET(M). O ponto P2 está classificado como eutrófico quase o período de estudo inteiro, exceto no mês de setembro, com IET(M) de 58,92, pouco abaixo do nível estrófico. Esse resultado é devido a melhora da transparência no local, fazendo o IET(Transp)/set ser o mais baixo entre os IET(Transp) desse ponto. O ponto P3 permanece todo período de estudo classificado como eutrófico. O ponto P1 foi o que variou mais, tendo apenas dois meses classificado como eutrófico (meses de abril e julho), nos outros meses

(maio, junho, agosto, setembro e outubro) está classificado como mesotrófico. O ponto P1 possui os menores IET(Transp) entre todos os pontos de coleta, durante todo período de estudo. O ponto P1 está na entrada do açude Paus Branco e a partir do mês de julho, os ventos passaram a empurrar as macrófitas para a entrada do açude (Figura 4.35), formando uma barreira contra o vento e diminuindo a ressuspensão do sedimento para coluna d'água, fazendo aumentar a transparência da água nesse ponto, refletindo nos resultados dos IET(Transp). Esse resultado também se confirma na análise de correlação para o período seco, entre transparência e sólidos totais ( $r=-0,80$ ,  $p<0,05$ ).



**Figura 4.33** – Classificação do açude Paus Branco através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004).





**Figura 4.34** – Classificação do açude Mel através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004).

Os três pontos do açude Mel estão em níveis de eutrofização alto. A Figura 4.36 mostra uma água turva no açude Mel, no mês de julho, após ter ocorrido algumas chuvas, alterando seu IET. No mês de abril os três pontos se encontravam classificados como hipereutrófico, nível mais alto para classificação do IET de Lamparelli (2004). A partir dos meses seguintes todos os pontos permanecem acima do supereutrófico ( $IET(M) > 63$ ). Uma característica marcante do açude Mel é sua baixa transparência, atingindo o seu maior valor de 0,59m nos pontos P4 e P5, para todo o período de estudo. Valores baixos de transparência contribuem para o IET(M) atingir níveis de trofia maiores.

Todos os pontos têm uma tendência de queda do IET(M), começando com valores maiores em abril (período chuvoso) e em setembro (período seco) possuem valores menores. De setembro a outubro, todos os pontos, exceto o ponto P6, aumentam os valores de IET(M). Para o ponto P1 o IET(M) aumentou principalmente por causa do IET (Cla), já para os pontos P2, P3, P4 e P5, os seus IET(M) aumentaram principalmente por causa do IET (PT). Entre os meses de setembro e outubro as concentrações de fósforo nesses pontos aumentaram

(Figura 4.20), isso pode ser devido à redução dos volumes dos açudes, provocado pela alta taxa de evaporação, concentrando esse nutriente (evapoconcentração), outro fator pode ser os ventos que podem ressuspender o sedimento de fundo e elevar a quantidade de fósforo na coluna d'água. A mesma situação, de IET(M)s diminuindo durante o ano e aumentando nos meses de outubro, também foi encontrada por Vilar (2009), estudando quatro açudes na Paraíba e Pacheco (2009), estudando o açude Acarape do Meio, no Ceará.

Os resultados de IETs dos açudes Paus Branco e Mel, de acordo com o índice de estado trófico de Lamparelli (2004), indicam que os açudes podem estar eutrofizados, em todos os seus pontos. As atividades humanas no entorno desses açudes tais como, a criação de animais e a presença destes nas margens dos açudes, o cultivo de vazante, o uso de agrotóxicos pelos assentados, o aterro do lixo ou a sua presença ao ar livre, o despejo das águas usadas nas atividades domésticas no quintal e o desmatamento das matas ciliares dos açudes, podem comprometer a qualidade da água e gerar eutrofização. Dessa forma, algumas medidas são indicadas para melhorar a qualidade da água dos açudes, tais como: a criação e o respeito de uma faixa de proteção ambiental para os açudes, permitindo a manutenção da qualidade da água e a redução do assoreamento dos açudes; a criação de bebedouros próximos às casas dos assentados, onde os animais possam saciar a sede, além de evitar a presença dos mesmos nas margens dos açudes; e programas de educação ambiental nas escolas, nos postos de saúde, nas residências e nas reuniões comunitárias, para promover a conscientização sobre a manutenção da qualidade da água dos açudes.



**Figura 4.35** – Foto do local próximo ao ponto P1-entrada do açude Paus Branco, com presença de muitas macrófitas, abril/2010, Ceará.



**Figura 4.36** – Foto do local do ponto P6-barragem do açude Mel, com água de coloração mais escura devido à grande quantidade de sedimentos na coluna d'água, julho/2010, Ceará.

## Capítulo 5

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- O pequeno açude beneficia a população do assentamento 25 de Maio quanto ao abastecimento da população, à piscicultura, ao cultivo de vazante e à irrigação.
- As atividades antrópicas de maior impacto na qualidade da água, nos dois açudes monitorados, se restringem: a criação de animais e a presença destes nas margens dos açudes, o cultivo de vazante, o uso de agrotóxicos pelos assentados, o aterro do lixo ou a sua presença ao ar livre, o despejo das águas usadas nas atividades domésticas no quintal e o desmatamento das matas ciliares dos açudes.
- As concentrações de oxigênio dissolvido e os valores de pH aumentaram no período seco, devendo ser por causa do aumento da biomassa fitoplanctônica, determinada a partir da concentração de clorofila “a”, e conseqüentemente houve aumento da atividade fotossintética.
- A série nitrogenada manteve concentrações baixas nos dois açudes e na faixa de ambientes oligotróficos. O nitrogênio total variou pouco em todos os pontos monitorados, podendo ser devido à presença de espécies fitoplanctônicas com adaptações que assimilam o nitrogênio atmosférico, mantendo as concentrações relativamente iguais nos dois períodos.
- A baixa profundidade dos açudes e a precipitação pluviométrica inferior à média histórica na maioria dos meses, junto com a intensa luz solar foram determinantes para reduzir o volume de água dos açudes e concentrar os nutrientes, durante o período seco, resultando no aumento da condutividade elétrica (CE) em todos os pontos monitorados, e com conseqüente aumento dos resultados de IET(M), principalmente, no mês de outubro.
- Bactérias indicadoras de contaminação fecal (termotolerantes), não apresentam muita resistência aos fatores ambientais em açudes eutrofizados, resultando numa grande redução dos coliformes no período seco, comportamento

observado em todos os pontos. Provavelmente a intensa luz solar e um meio bastante oxidativo, com presença de oxigênio dissolvido, fizeram com que a concentração de coliformes termotolerantes no período seco reduzisse muito.

- O índice de estado trófico de Lamparelli (2004) indica que os açudes Paus Branco e Mel podem estar eutrofizados, em todos os seus pontos, por se encontrarem nas classificações: eutrófico, para o açude Paus Branco, e entre supereutrófico e hipereutrófico, para o açude Mel.
- Os altos valores obtidos nas razões N:P dão indicativo de que o fósforo é o nutriente limitante nos dois açudes.
- Razões N:P maiores no período seco do que no período chuvoso, pode ser devido à sedimentação ou a assimilação do fósforo pelas algas e plantas aquáticas.
- Os resultados corroboram com outros resultados de açudes do semiárido nordestino e reforçam a hipótese de que as variações sazonais alteram a qualidade da água dos açudes.
- O monitoramento sistemático no modelo usado no presente trabalho, com amostragens mensais em três pontos de cada açude, obtendo as amostras da zona limnética, coletadas em dois períodos, chuvoso e seco, foi bem sucedido, proporcionando informações sobre os açudes e de suas bacias hidrográficas.
- O banco de dados gerado pode ser um importante auxiliar para ações e políticas de gestão desses recursos hídricos.

Como recomendações para futuras pesquisas na qualidade de água de reservatórios do semiárido nordestino, apresentam-se:

- avaliar a influência da mata ciliar na qualidade de água de açudes no semiárido, além de definir uma largura mínima para reter compostos orgânicos e sedimentos que entram nos açudes através do escoamento superficial e subsuperficial.

- que sejam desenvolvidas pesquisas para determinar o valor de correção que defini uma zona eufótica aceitável para o semiárido. Atualmente, se utiliza muito o valor da extinção do disco de Secchi multiplicado pelo valor de 2,7.

- que sejam desenvolvidas pesquisas qualitativas e quantitativas da presença de cianobactérias, em açudes do semiárido, pois implicam em sérios riscos à saúde pública, sendo importante seu monitoramento.

- o desenvolvimento de pesquisas sobre a ocorrência e a produção de cianotoxinas em ambientes aquáticos eutrofizados do semiárido, além de testes de toxicidade em animais aquáticos e experimentos de bioacumulação em diferentes organismos aquáticos, principalmente em peixes, da cadeia alimentar.

## Capítulo 6

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. A. **O Ciclo Revolucionário do Ministério da Viação**. 2<sup>a</sup> edição. Coleção Mossoroense, 178; série C, 1982.

ALMEIDA, M. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 01 p. 81-97, 2003.

ANTONELLO, A. **Influência das variações sazonais e espaciais nas variáveis limnológicas do reservatório de Boa Esperança, rio Parnaíba, PI**. 2006, 63f. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20<sup>th</sup> ed. Washington DC, 1999.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>th</sup> ed. Washington DC, 2005.

ARAÚJO, J. C. de.; FERNANDES, L.; MACHADO Jr., J. C.; OLIVEIRA, M. R. L.; SOUZA, T. C. Sediments of Reservoir in Semiarid Brazil. In: **Global Change and Regional Impacts**. Berlin: Springer-Verlag. 2003, p.205-216.

ARAÚJO, J. C. Riscos de eutrofização de pequenos açudes no semi-árido. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal, ABRH: 214-221, 2000.

ARAÚJO, M. F. F. **Variação anual da comunidade fitoplanctônica, da clorofila a e da produtividade primária na lagoa de Extremoz, RN**. 1997, 139f. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

ASSOCIAÇÃO DE COOPERAÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DO CEARÁ – ACACE. **Plano de Recuperação do Projeto de Assentamento São Joaquim**. Madalena, 2005.

BAHLAOUI, M. A.; BALEUX, B.; E FROUJI, M. The effect of environmental factors on bacterial populations and community dynamics in high-rate oxidation ponds. **Water Environ. Research**, 70. 1998.

BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R.P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia hidrográfica do rio Taperoá, Trópico semi-árido brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 81-89. 2006.

BARBOSA, J. E. **Dinâmica do Fitoplâncton e Codeterminantes Limnológicos nas Escalas de Tempo (Nictemeral/Sazonal) e de Espaço (Horizontal/Vertical) no Açude Taperoá II: Trópico Semi-Árido Paraibano**. 2002, 208f. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.

BENDATI, M. M.; MAIZONAVE, C. R. M.; FACCHIN, J. M. J.; THEWES, M. R.; ADAIME, H.S. Ocorrência de floração de cianobactéria *Planktothrix mougeotii* no Lago Guaíba em 2004: atuação do DMAE no abastecimento público. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

BONILHA, P. R. M. **Microrganismos Indicadores de Contaminação Fecal e Enteropatogênicos em Hortaliças e suas Águas de Irrigação**. São Paulo - SP. 1986, 81f (Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Carlos).

BOUVY, M. *et al.* Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**. 493: 115-130p, 2003.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J. C., BARROS, M. T. L. de, SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**, Pearson – Prentice Hall, 2º Ed, São Paulo – SP, 2005.

BRANCO, L. H. Z. *et al.* **Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of São Paulo State**. Revista Brasileira de Botânica, v. 24, n.1, São Paulo – SP, 99-108p, 2001.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª Ed. São Paulo, CETESB/SCETESB, 1986. 640p.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde, Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental. **Qualidade da água para consumo humano**, Brasília – DF, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde - MS. Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial**, Brasília, 26 de março de 2004. Seção 1, p.266.



CALIJURI, M. C. **Respostas Fisioecológicas da Comunidade Fitoplanctônica e Fatores Ecológicos em Ecossistemas com Diferentes Estágios de Eutrofização**. São Carlos, SP, 1988, 293f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

CÂMARA, F. R. de A. **Demanda Química de Oxigênio, Clorofila *a* e a comunidade Fitoplanctônica como Indicadores da Qualidade da Água no Canal do Pataxó/RN**. 2007, 124f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

CAMPOS, J. N. B., STUDART, T. M. C. e LIMA, H. C. Secas no Nordeste Brasileiro diante de um Cenário de Mudanças Climáticas. 1994, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. *Anais do II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, v.1.p.20, Fortaleza, Ceará, 1994.

CAMPOS, J. N. B., VIEIRA NETO, J., QUEIROZ, E. A. Impacto Cumulativo da pequena açudagem: estudo de caso do açude Várzea do Boi, em Tauá-Ce. 2000 In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal. *Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Natal: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.01. p.231 – 237, 2000.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. *Limnology and Oceanography*, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CARVALHO, O.. **"A Economia Política do Nordeste: seca, irrigação e desenvolvimento**. Ed.Campus, Rio de Janeiro-RJ. 505p. 1988.

CAVENAGHI, A. L. **Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da Bacia do rio Tietê**. 2003, 73. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas), Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.

CEARÁ, SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH. **Documentos – Projetos Especiais**. Fortaleza-CE, 2011. Encontrado em: <http://www.srh.ce.gov.br/index.php/projetos-especiais/documentos>. Acesso em 10/02/2011.

CEARÁ, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS – SRH/PLANERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Fortaleza, 1996.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido**. 192p, 1995, Tese (Doutorado do Instituto de Ciências Biomédicas)–Universidade de São Paulo, São Paulo.

CEBALLOS, B., S., O., LIMA, E., O., KÖNIG, A., MARTINS, M. T. Spatial and temporal distribution of fecal coliforms, coliphages, moulds and yeast in freshwater at the semiarid tropic Northeast region in Brazil (Paraíba, State). **Rev. Microbial.** São Paulo, 6 (2): 90-100, 1995.

CHELLAPPA, N. T.; COSTA, N.A.M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a semiarid reservoir of Northeast Brazil. **Acta Oecologica – Internacional Journal of Ecology.** Vol 24, Paris. 2003. p.3-10.

CHORUS, I. & MUR L. R. **Preventive measures.** In: Chorus, I. & J. Bartram (ed.) Toxic Cyanobacteria in Water: a guide line to public health significance, monitoring and management. World Health Organisation, London and New York: 235-274. 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Variáveis de qualidade das águas.** São Paulo, 2010. Encontrado em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em 08/05/2010.

DI BERNARDO, L.. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento.** Rio de Janeiro: ABES, 1995, 140p.

DINIZ, C. R. **Ritmos Nictimerais e Distribuição Espaço Temporal de Variáveis Limnológicas e Sanitárias em dois Açudes do Trópico Semi-Árido(Pb).** 2004. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Centro de Ciências e Tecnológicas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

DUARTE, M. A. C., CEBALLOS, B. S. O de, KÖNIG, A., MELO, H. N. S. de S., ARAÚJO, J. A. H. de. **O índice do estado trófico de Carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do Nordeste do Brasil.** Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/peru/bracca161.pdf>, Acesso em 27 de dezembro de 2010.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia,** Interciência 2ª Ed, Rio de Janeiro – RJ, 1998.

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

FRIEDL, G.; WÜEST, A. Disrupting biogeochemical cycles-Consequences of damming. **Aquatic Sciences,** 64, 55-65p., 2002.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. Gráfico de Chuvas dos Postos Pluviométricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/areas/monitoramento/grafico-de-chuvas-dos-postos-pluviometricos>, Acesso em 27 de dezembro de 2010.

GELDREICH, E.E. Sanitary Significance of Fecal Coliforms in the Environment. **Water Pollut. Cont. Publ.**, 20: 122-30, 1991.

GUERRA, O. A Batalha das Secas . In: ROSADO, Vingt-un, (org). **Memorial da Seca**. Brasília, Centro Gráfico do Senado Federal/ESAM. Coleção Mossoroense, 163p., 1981.

GUIMARÃES JR, C.; LEOPOLDO, P.R.; CRUZ, J.A.; FONTANA, S.C.; Aspectos Limnológicos do Reservatório de Ibatanga-SP. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 3 n.1. Jan/Mar 1998, 89-103.

GÜNTNER, A., and BRONSTERT, A. Representation of landscape variability and lateral redistribution processes for large-scale hydrological modelling in semi-arid areas. **Journal of Hydrology**, 297(1-4): 136-161, 2004.

HALL, A.; NEVES, C.; PEREIRA, A. **Grande Maratona de Estatística no SPSS**. Departamento de Matemática, 2006, 312p.

HAMILTON, S. K; LEWIS JR, W. M. Basin morphology in relation to chemical and ecological characteristics of lakes on the Orinoco River flood-plain, Venezuela. **Arch. Hydrobiol.**, 119:393-425. 1990.

HAMMER, M. J., **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos**. Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., SP, 1979, 561p.

HINKEL, R. Vegetação Ripária: Funções e Ecologia. *In*: Anais do I Seminário de Hidrologia Florestal – Zonas Ripárias, Florianópolis: PPGEA/UFSC. p.40-131, 2003.

HOUSE, M. A.; ELLIS, J. B. Water quality indices: an additional management tool? **Prog. Wat. Technol.**, vol. 03, 213-423p., 1980.

HUSZAR, V. L. de M.; SILVA, L. H. S. da. **A estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: Cinco décadas de estudos**. Limnotemas Nº 2, Sociedade Brasileira de Limnologia, UFRJ – Rio de Janeiro, 1999.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil básico municipal de Madalena**. Fortaleza, 2009.

JACQUES, S. M. C. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. Editora: Artmed, Porto Alegre, 2003, 256p.

JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. (Ed.). 2000. **Princípios para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: ILEC. 202p.

KAPUCINSKY, R. B. & MITCHELL, R. Solar radiation induces sublethal injury in *Escherichia coli* in seawater. **Appl. Environ. Microbiol.** 670-4, 1981.

KURODA, E. K. **Remoção de células e subprodutos de *Microcystis* spp. por dupla filtração, oxidação e adsorção.** 2006, 267f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento** – 2004, 238f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo-SP.

LIMA, D. **Análise da composição, abundância e distribuição da comunidade de fitoplânctônica nos reservatórios do sistema em cascata do médio e baixo Tietê/SP.** 2004, 312f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

LIMA NETO, I. E.; WIEGAND, M. C.; ARAÚJO, J. C. (2011) Sediment redistribution due to a dense reservoir network in a large semiarid Brazilian basin. **Hydrological Sciences Journal** (no prelo).

LINS, R. P. **Limnologia da Barragem de Acauã e codeterminantes socioeconômicos do seu entorno: Uma nova interação do limnólogo com sua unidade de estudo.** 2006, 133f, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba – Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa-PB.

LEPRUN, P., **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. Relatório final de convênio,** SUDENE, Recife, 1983.

LUNA, B. J. C. **Características Espaço-Temporais do Sistema do Açude Acauã-PB, e seu atual Índice de Estado Trófico.** 2008, 118f, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

MAGALHÃES, A. R. E GLANTZ, M. H. (1992) **Socio-economic impacts of climate variates and policy response in Brazil.** United Nations Environment Programme, Secretaria do Planejamento do Estado do Ceará e Fundação Esquel do Brasil.

MALVEIRA, V. T. C.; ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A. (2011) Hydrological impact of a high-density reservoir network in the semiarid north-eastern Brazil. **Journal of Hydrological Engineering**, ASCE (no prelo).

MALVEIRA, V. T. C. **Pequena Açudagem e Sustentabilidade Hidrológica em Grandes Bacias Semiáridas: Estudo de Caso da Bacia do Açude Orós.** 2009, 121f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil/concentração em Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

MALVEIRA, V. T. C., VIEIRA, V. P. P. B. Avaliação de risco de falha na liberação de vazões em sistemas de tomada d'água em barragens no semiárido nordestino. In: VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, São Luiz, 2004. *Anais...*São Luiz, ABRH.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona. Omega. 1010p. 1983.

MEDEIROS, P. H. A., VIEIRA, V. P. P. B. Importância da abordagem dos processos hidrosedimentológicos na gestão dos recursos hídricos no semi-árido Brasileiro. In: VIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2006, Gravatá. **Anais**. Gravatá/PE, 2006.

MOLISANI, M. M., BARROSO, H. S., BECKER, H., MOREIRA, M. O. P., HIJO, C. A. G., MONTE, T. M., VASCONCELOS, G. H. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão reservoir, CE, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**. v. 22, n.1, p.1-12, 2010.

MOLLE, F; CADIER, E. **Manual do Pequeno Açude**. Recife: SUDENE/ORSTON. 1992.

ODUM, E. P., BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. 5ª ed., Editora: Thomson Learning, São Paulo, 2007, 632p.

OLIVEIRA. J. B.; PANOSSO, J. L; ATTAYDE, R. Efeitos da limitação por nutrientes (N e P) e da herbivoria sobre o crescimento do fitoplâncton em quatro ecossistemas lacustres do nordeste brasileiro. In: **VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Fortaleza, 2003.

OLIVEIRA, M. A. **Eutrofização antrópica: aspectos ecológicos e uma nova abordagem para modelagem da cadeia trófica pelágica em reservatórios tropicais de pequena profundidade**. 2001, Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil: concentração em Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

PACHECO, C. H. A. **Dinâmica Espacial e Temporal de Variáveis Limnológicas e sua Influência sobre as Cianobactérias em um Reservatório Eutrofizado: Açude Acarape do Meio-CE**. 2009, 109f Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

PANOSSO, R. F. **Influência do regime hidrológico e das características morfométricas sobre algumas variáveis limnológicas de um lago amazônico (Lago Batata, PA) impactado por rejeito de bauxita**. 1993, 119f. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro-RJ.

PARAÍBA, AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. João Pessoa-PB, 2004.

PAULINO, F. de S. (1992). **Nordeste, poder e subdesenvolvimento sustentado discurso e prática**. Fortaleza: Edições UFC.

PEREIRA, R.H.G. **Análise da distribuição, densidade e diversidade de Copepoda Calanoida e Cyclopoida nos reservatórios e tributários do Médio e Baixo rio Tietê e sua correlação com as características limnológicas do 87 sistema**. 289p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlo. 2003.

PHILIPPI JR. A.; MALHEIROS, T. F. Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental. In: PHILIPPI JR., A. **Saneamento, saúde e ambiente**. Barueri: Manole, 20, 181 – 219p., 2005.

PILGRIM, D. H., CHAPMAN, T. G., DORAN, D. G. Problems of rainfall-runoff modeling in arid and semiarid regions. *Hydrological Science Journal*, v.33, n.4, 1998. p.379-400

PORTO, E. R. **Conclusões do 4º Simpósio Brasileiro sobre Captação e Manejo de Água de Chuva**. 9 a 11 de jul. de 2003, Juazeiro/BA. Disponível em: [http://www.irpaa.org/br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=17&Itemid=87](http://www.irpaa.org/br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=17&Itemid=87). Acesso em: 15/05/2009.

PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos**. São Carlos, São Paulo: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos , Universidade de São Paulo, 2004, 172 p. Tese de Doutorado.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (2002). Água Doce no Mundo e no Brasil. In:\_\_\_\_\_. **Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Institutos de Estudos Avançados da USP. Academia Brasileira de Ciências. 2002.

RYBICKI, S. Phosphorus removal from wastewater: A literature review. **Royal Institute of Technology**, Stochholm, 1997, 106p.

RODRIGUEZ, F. A.; DOS SANTOS, D. G.; ANJOS, E. F. S. Planos Diretores de Recursos Hídricos: A Experiência da Secretaria de Recursos Hídricos na Coordenação e Avaliação dos Estudos. **8º Simpósio Luso-Americano de Engenharia Sanitária e Ambiental SILUBESA-João Pessoa, PB**. ANAIS, V. II. V-077. 1998, p.275-281.

SALAS, H. J., MARTINO, P. A simplified trophic state model for warm water tropical lakes. **Water Research**. V.25(3), p. 341-350. 1991.

SARNELLE, O., COOPER, S. D., WISEMAN, S., MAVUTI, K. M. The relationship between nutrients and trophic-level biomass in turbid tropical ponds. **Freshwater Biology**. v. 40, p.65-75, 1998.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE JABOTICABAL – SAAEJ. **Projeto Córrego Rico Limpo. Jaboticabal, 2002.**

SILANS, A. M. B. P. Redução da evaporação de açudes – o estado da arte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.2, 101-109, 2003.

SILVA, A. C. S.; SILANS, A. M. B. P.; NETO, A. F. da S.; PORTO, R. Q. **Considerações sobre aspectos sociais e físicos da Açudagem na bacia do açude Sumé – PB.** In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009.

SILVA, U. P. A. **Análise da Importância da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Ceará: um estudo de caso.** 2004, 246f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

SOUSA, W. **Comunidades zooplanctônicas como bioindicadoras da qualidade da água de quatro reservatórios da região semiárida do Rio Grande do Norte.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal, 2007.

SOUZA, J. G. **O Nordeste Brasileiro: uma experiência de desenvolvimento regional.** Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza, xxii, 410p, 1979.

SPERLING, E. V. Avaliação do Estado Trófico de Lagos e Reservatórios Tropicais. **BioEngenharia Sanitária e Ambiental.** Encarte Técnico. Ano 11. 1994. p.68 – 76.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. (Ed.). 2000. **Gerenciamento da qualidade da água de represas.** São Carlos: ILEC/IIE. v.9 258p. (Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos).

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE - **O Nordeste Semi-Árido e o Polígono das Secas.** Recife, 2003. Encontrado em <http://www.sudene.gov.br/nordeste/index.html>. Acesso 23/02/03.

TAVARES, J. L.; CEBALLOS, B. S. O.; ALBUQUERQUE, F. & GÓIS, R. S. S. Interferência de Fatores Hidrológicos na Qualidade da Água de uma Represa do Trópico Semi-Árido (Sapé-PB-Brasil). In: **Anais do XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - "Gestion Ambiental en el Siglo XXI"**, AIDIS, Lima - Peru, 1998.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. 1987. **Principles of surface water quality modeling and control**. New York: Harper and Row. 644p.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 01, 2002.

TOLEDO JR., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Camboriú, **Anais ...** p.1-34. 1983.

TUCCI, A. **Sucessão da comunidade fitoplantônica de um reservatório urbano e eutrófico**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da UNESP. São Paulo, SP, Brasil 2002.

TUCCI, C.E.M.; BRAGA, B. **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 348p, 2003.

TUNDISI, J.G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – estudo de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Eds.). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: **Rima**, 2005. cap. 1, p. 1-21.

TUNDISI, J.G.; VANNUCCI, D. **Planejamento e gerenciamento de lagos e represas: uma abordagem integrada ao problema de eutrofização**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia. 2001, 385p.

TUNDISI, J. G. *et al.* “Seasonal cycle of primary production of nano and microphytoplankton in a shallow tropical reservoir”. **Rev. Bras. Bot.**, v.1, p.35-39, 1999.

TUNDISI, J. G. Limnologia no Século XXI: Perspectivas e Desafios. São Carlos, I.I.E., 7° **Congresso Brasileiro de Limnologia** - SBL, Florianópolis, SC. 1999, 24p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI. The Lobo-Broa Ecosystem Research. **Limnology in Brazil. Brazilian Academy of Sciences. Brazilian Limnological Society**. 1995. p. 199-243.

VIANA, R. B.; CAVALCANTE, R. M.; BRAGA, F. M. G.; VIANA, A. B.; ARAÚJO, J. C.; NASCIMENTO, R. F.; PIMENTEL, A. S. Risk assessment of trihalomethanes from tap water in Fortaleza, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 151: 317-325, (2009).

VIEIRA, V. P. P. B. Água Doce no Semi- Árido. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). *Águas Doces do Brasil*. São Paulo: **Escrituras**, p. 509-532. 1999.



VILAR, M. S. de A. **Condições Ambientais e da Qualidade da Água no Processo de Eutrofização de Açudes em Cascata no Semiárido Paraibano.** 2009, 104f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)-PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba-Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB.

VOLLENWEIDER, A. Eutrophication - A Global Problem. **Water Qual. Bull.** 1981, 59-62p.

VON SPERLING, E., **Morfologia de lagos e represas.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) / Universidade Federal de Minas Gerais, 1999,138p.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 2ª Ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243p.

VON SPERLING, E. Avaliação do estado trófico de lagoas e reservatórios tropicais. **Revista Bio:** Ano 2, Nº 3, p. 68 - 76. ABES. Rio de Janeiro, 1994.

WERNER, P. R., GERTENGARBE, F. W. Global Change and regional impacts – the climate of Piauí and Ceará. Berlin: Springer-Verlag. 2003. p.81-86.

WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems.** San Diego: Academic Press. 1006 p. (3ª ed.) 2001.

WETZEL, R. G. **Limnologia.** 2ª Ed, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

WIEGAND, M. C. **Proposta Metodológica para Estimativa de Produção de Sedimentos em Grandes Bacias Hidrográficas.** 2009, 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

World Health Organization - WHO. **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture.** Technical Report Series 778, 1989.

ZAGATTO, P. A.; LORENZETTI, M. L.; LAMPARELLI, M. C.; SALVADOR, M. E.; MENEGON Jr., N.; BERTOLETTI, E. Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. **Acta Limnol. Bras.** Vol. 11, (2) 111-126p., 1999.

# **ANEXOS**



### III – PADRÃO DE CONSUMO

9. Origem da água para beber: ( ) 1. Da cisterna ( ) 2. Do açude ( ) 3. Rio ( ) 4. Poço ( ) 5. Outra – qual? \_\_\_\_\_
10. Tem algum tratamento: ( ) 1. Sim ( ) 2. Não Qual?  
\_\_\_\_\_
11. De onde vem a água que usam em casa: ( ) 1. Açude Qual? \_\_\_\_\_  
( ) 2. Cacimba ( ) 3. Cisterna ( ) 4. Rio ( ) 5 Poço
12. A água é encanada: ( ) 1. Sim ( ) 2. Não
13. Você utiliza os açudes para quais atividades: ( ) 1. Lazer ( ) 2. Lavagem de roupa/equipamentos  
( ) 3. Dessedentação de animais ( ) 4. Pesca ( ) 5. Outro \_\_\_\_\_
14. Para onde vão as águas usadas em casa:
- a) Na cozinha/lavagem da louça: ( ) 1. Escorre no quintal ( ) 2. Fossa em sumidouro ( ) 3. fossa séptica
- b) Na lavagem de roupa: ( ) 1. Escorre no quintal ( ) 2. Fossa em sumidouro ( ) 3. Fossa séptica
- c) No banho: ( ) 1. Escorre no quintal ( ) 2. Fossa em sumidouro ( ) 3. Fossa séptica
- d) Na privada: ( ) 1. Escorre no quintal ( ) 2. Fossa em sumidouro ( ) 3. Fossa séptica
15. O que vocês fazem com o lixo doméstico (assinale as opções que utiliza).  
( ) 1. Queima ( ) 2. Enterra ( ) 3. A prefeitura recolhe ( ) 4. Joga ao ar livre ( ) 5. Usa para adubar 6. ( ) outro \_\_\_\_\_

### IV – PRODUÇÃO FAMILIAR

#### Produção geral no assentamento

16. Possuem: ( ) 1. Gado bovino ( ) 2. Cavalos ( ) 3. Burro.
17. Vocês fazem irrigação? ( ) 1. Sim ( ) 2. Não
18. Você usa agrotóxicos na produção? ( ) 1. Sim ( ) 2. Não
19. Se sim: quais os produtos usados:  
\_\_\_\_\_

**Tabela 1** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P1) do açude Paus Branco, no período chuvoso (abril – junho/2010).

P1-Chuvoso	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	-0,50	1,00															
ST	-0,50	-0,50	1,00														
oP	0,00	-0,87	0,87	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,50	-0,50	1,00	0,87	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,50	-1,00	0,50	0,87	0,50	1,00											
NH <sub>3</sub>	-1,00	0,50	0,50	0,00	<b>0,50</b>	-0,50	1,00										
DQO	0,50	0,50	-1,00	-0,87	-1,00	-0,50	-0,50	1,00									
DBO	-0,50	1,00	-0,50	-0,87	-0,50	-1,00	0,50	0,50	1,00								
Cla	-0,50	-0,50	1,00	0,87	1,00	0,50	0,50	<b>-1,00</b>	-0,50	1,00							
Temp	1,00	-0,50	-0,50	0,00	-0,50	0,50	-1,00	0,50	-0,50	-0,50	1,00						
pH	0,50	0,50	-1,00	-0,87	-1,00	-0,50	-0,50	1,00	0,50	-1,00	0,50	1,00					
Turb	1,00	-0,50	-0,50	0,00	-0,50	0,50	-1,00	0,50	-0,50	-0,50	1,00	0,50	1,00				
OD	-1,00	0,50	0,50	0,00	0,50	-0,50	1,00	-0,50	0,50	0,50	<b>-1,00</b>	-0,50	-1,00	1,00			
Transp	-0,50	1,00	-0,50	-0,87	-0,50	-1,00	0,50	0,50	1,00	-0,50	-0,50	0,50	-0,50	0,50	1,00		
CE	0,50	-1,00	0,50	0,87	0,50	1,00	-0,50	-0,50	-1,00	0,50	0,50	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	1,00	
CTT	0,50	-1,00	0,50	0,87	0,50	1,00	-0,50	-0,50	-1,00	0,50	0,50	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	1,00	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 2** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P2) do açude Paus Branco, no período chuvoso (abril – junho/2010).

P2-Chuvoso	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	-1,00	1,00															
ST	0,50	-0,50	1,00														
oP	1,00	-1,00	0,50	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,50	-0,50	-0,50	0,50	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,50	0,50	-1,00	-0,50	0,50	1,00											
NH <sub>3</sub>	0,50	-0,50	-0,50	0,50	<b>1,00</b>	0,50	1,00										
DQO	-1,00	1,00	-0,50	-1,00	-0,50	0,50	-0,50	1,00									
DBO	-1,00	1,00	-0,50	-1,00	-0,50	0,50	-0,50	1,00	1,00								
Cla	-1,00	1,00	-0,50	-1,00	-0,50	0,50	-0,50	1,00	1,00	1,00							
Temp	0,87	-0,87	0,87	0,87	0,00	-0,87	0,00	-0,87	-0,87	-0,87	1,00						
pH	-1,00	1,00	-0,50	-1,00	-0,50	0,50	-0,50	1,00	1,00	1,00	-0,87	1,00					
Turb	0,50	-0,50	<b>1,00</b>	0,50	-0,50	-1,00	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	0,87	-0,50	1,00				
OD	-0,50	0,50	-1,00	-0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	<b>-0,87</b>	0,50	-1,00	1,00			
Transp	-0,50	0,50	0,50	-0,50	-1,00	-0,50	-1,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	-0,50	1,00		
CE	1,00	-1,00	0,50	1,00	0,50	-0,50	0,50	-1,00	-1,00	-1,00	0,87	-1,00	0,50	-0,50	-0,50	1,00	
CTT	0,50	-0,50	1,00	0,50	-0,50	-1,00	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	0,87	-0,50	1,00	-1,00	0,50	0,50	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 3** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P3) do açude Paus Branco, no período chuvoso (abril – junho/2010).

P3- Chuvoso	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	0,00	1,00															
ST	-1,00	0,00	1,00														
oP	0,50	-0,87	-0,50	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,00	0,00	-1,00	0,50	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,50	-0,87	-0,50	1,00	0,50	1,00											
NH <sub>3</sub>	0,50	0,87	-0,50	-0,50	<b>0,50</b>	-0,50	1,00										
DQO	-0,50	0,87	0,50	-1,00	-0,50	-1,00	0,50	1,00									
DBO	-0,50	0,87	0,50	-1,00	-0,50	-1,00	0,50	1,00	1,00								
Cla	-0,50	0,87	0,50	-1,00	-0,50	-1,00	0,50	1,00	1,00	1,00							
Temp	-0,87	-0,50	0,87	0,00	-0,87	0,00	-0,87	0,00	0,00	0,00	1,00						
pH	1,00	0,00	-1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,87	1,00					
Turb	-0,50	-0,87	<b>0,50</b>	0,50	-0,50	0,50	-1,00	-0,50	-0,50	-0,50	0,87	-0,50	1,00				
OD	1,00	0,00	-1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	-0,50	-0,50	-0,50	<b>-0,87</b>	1,00	-0,50	1,00			
Transp	-1,00	0,00	1,00	-0,50	-1,00	-0,50	-0,50	0,50	0,50	0,50	0,87	-1,00	0,50	-1,00	1,00		
CE	0,50	-0,87	-0,50	1,00	0,50	1,00	-0,50	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,50	0,50	0,50	-0,50	1,00	
CTT	0,50	-0,87	-0,50	1,00	0,50	1,00	-0,50	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,50	0,50	0,50	-0,50	1,00	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 4** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P4) do açude Mel, no período chuvoso (abril – junho/2010).

P4- Chuvoso	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	-0,87	1,00															
ST	0,00	0,50	1,00														
oP	-0,50	0,87	0,87	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,87	1,00	0,50	0,87	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,87	-0,50	0,50	0,00	<b>-0,50</b>	1,00											
NH <sub>3</sub>	-0,87	0,50	-0,50	0,00	<b>0,50</b>	-1,00	1,00										
DQO	0,00	-0,50	-1,00	-0,87	-0,50	-0,50	0,50	1,00									
DBO	0,87	-1,00	-0,50	-0,87	-1,00	0,50	-0,50	0,50	1,00								
Cla	0,50	0,00	0,87	0,50	0,00	0,87	-0,87	<b>-0,87</b>	0,00	1,00							
Temp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
pH	-0,87	1,00	0,50	0,87	1,00	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	0,00	0,00	1,00					
Turb	0,87	-0,50	<b>0,50</b>	0,00	-0,50	1,00	-1,00	-0,50	0,50	0,87	0,00	-0,50	1,00				
OD	0,00	0,50	1,00	0,87	0,50	0,50	-0,50	-1,00	-0,50	0,87	0,00	0,50	0,50	1,00			
Transp	0,00	-0,50	<b>-1,00</b>	-0,87	-0,50	-0,50	0,50	1,00	0,50	-0,87	0,00	-0,50	-0,50	-1,00	1,00		
CE	0,87	-0,50	0,50	0,00	-0,50	1,00	-1,00	-0,50	0,50	0,87	0,00	-0,50	1,00	0,50	-0,50	1,00	
CTT	0,87	-0,50	0,50	0,00	-0,50	1,00	-1,00	-0,50	0,50	0,87	0,00	-0,50	1,00	0,50	-0,50	1,00	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 5** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P5) do açude Mel, no período chuvoso (abril – junho/2010).

P5 - Chuvoso	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	-0,50	1,00															
ST	0,50	0,50	1,00														
oP	-0,50	1,00	0,50	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-1,00	0,50	-0,50	0,50	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,50	-1,00	-0,50	-1,00	<b>-0,50</b>	1,00											
NH <sub>3</sub>	-1,00	0,50	-0,50	0,50	<b>1,00</b>	-0,50	1,00										
DQO	-1,00	0,50	-0,50	0,50	1,00	-0,50	1,00	1,00									
DBO	1,00	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	0,50	-1,00	-1,00	1,00								
Cla	1,00	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	0,50	-1,00	<b>-1,00</b>	1,00	1,00							
Temp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
pH	0,50	-1,00	-0,50	-1,00	-0,50	1,00	-0,50	-0,50	0,50	0,50	0,00	1,00					
Turb	1,00	-0,50	<b>0,50</b>	-0,50	-1,00	0,50	-1,00	-1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	1,00				
OD	1,00	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	0,50	-1,00	-1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	1,00	1,00			
Transp	-0,50	-0,50	<b>-1,00</b>	-0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-0,50	-0,50	0,00	0,50	-0,50	-0,50	1,00		
CE	1,00	-0,50	0,50	-0,50	-1,00	0,50	-1,00	-1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	-0,50	1,00	
CTT	0,50	0,50	1,00	0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	0,50	0,50	0,00	-0,50	0,50	0,50	-1,00	0,50	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 6** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P6) do açude Mel, no período chuvoso (abril – junho/2010).

P6 - Chuvoso	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	0,00	1,00															
ST	-0,50	0,87	1,00														
oP	-0,50	0,87	1,00	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-1,00	0,00	0,50	0,50	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1,00	0,00	-0,50	-0,50	<b>-1,00</b>	1,00											
NH <sub>3</sub>	-0,50	-0,87	-0,50	-0,50	<b>0,50</b>	-0,50	1,00										
DQO	-0,50	-0,87	-0,50	-0,50	0,50	-0,50	1,00	1,00									
DBO	0,50	-0,87	-1,00	-1,00	-0,50	0,50	0,50	0,50	1,00								
Cla	0,50	0,87	0,50	0,50	-0,50	0,50	-1,00	<b>-1,00</b>	-0,50	1,00							
Temp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
pH	-0,50	0,87	1,00	1,00	0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-1,00	0,50	0,00	1,00					
Turb	1,00	0,00	-0,50	-0,50	-1,00	1,00	-0,50	-0,50	0,50	0,50	0,00	-0,50	1,00				
OD	1,00	0,00	-0,50	-0,50	-1,00	1,00	-0,50	-0,50	0,50	0,50	0,00	-0,50	1,00	1,00			
Transp	-0,50	-0,87	<b>-0,50</b>	-0,50	0,50	-0,50	1,00	1,00	0,50	-1,00	0,00	-0,50	-0,50	-0,50	1,00		
CE	1,00	0,00	-0,50	-0,50	-1,00	1,00	-0,50	-0,50	0,50	0,50	0,00	-0,50	1,00	1,00	-0,50	1,00	
CTT	0,50	-0,87	-1,00	-1,00	-0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	-0,50	0,00	-1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 7** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P1) do açude Paus Branco, no período seco (julho – outubro/2010).

P1 – Seco	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	-0,40	1,00															
ST	0,80	-0,20	1,00														
oP	0,95	-0,32	0,95	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,40	0,40	-0,80	-0,63	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,40	0,60	0,20	0,32	0,40	1,00											
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00										
DQO	0,00	0,20	0,60	0,32	-0,80	-0,20	0,00	1,00									
DBO	0,80	-0,80	0,40	0,63	-0,20	0,00	0,00	-0,40	1,00								
Cla	0,20	<b>0,80</b>	0,40	<b>0,32</b>	0,00	0,80	0,00	0,40	-0,40	1,00							
Temp	0,26	0,26	-0,26	0,00	0,77	0,77	0,00	-0,77	0,26	0,26	1,00						
pH	-0,20	0,80	-0,40	-0,32	0,80	0,80	0,00	-0,40	-0,40	<b>0,60</b>	0,77	1,00					
Turb	0,00	-0,20	<b>-0,60</b>	-0,32	0,80	0,20	0,00	-1,00	0,40	-0,40	0,77	0,40	1,00				
OD	-0,20	-0,80	-0,40	-0,32	0,00	-0,80	0,00	-0,40	0,40	-1,00	-0,26	-0,60	0,40	1,00			
Transp	-0,40	-0,40	<b>-0,80</b>	-0,63	0,60	-0,40	0,00	-0,80	0,20	-0,80	0,26	0,00	0,80	0,80	1,00		
CE	-0,80	0,20	-1,00	-0,95	0,80	-0,20	0,00	-0,60	-0,40	-0,40	0,26	0,40	0,60	0,40	0,80	1,00	
CTT	-0,74	0,21	-0,21	-0,50	-0,32	-0,63	0,00	0,63	-0,74	-0,11	-0,82	<b>-0,32</b>	-0,63	0,11	-0,11	0,21	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 8** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P2) do açude Paus Branco, no período seco (julho – outubro/2010).

P2 – Seco	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	0,21	1,00															
ST	-0,21	-1,00	1,00														
oP	0,06	-0,11	0,11	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,95	-0,40	0,40	0,21	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,39	0,32	-0,32	-0,89	-0,63	1,00											
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00										
DQO	-0,63	0,60	-0,60	-0,32	0,40	0,11	0,00	1,00									
DBO	-0,21	-0,20	0,20	-0,95	0,00	0,74	0,00	0,20	1,00								
Cla	<b>0,89</b>	0,21	-0,21	<b>0,50</b>	<b>-0,74</b>	-0,06	0,00	<b>-0,63</b>	-0,63	1,00							
Temp	0,82	-0,26	0,26	-0,27	-0,77	0,54	0,00	-0,77	0,26	0,54	1,00						
pH	0,95	0,00	0,00	0,32	-0,80	0,11	0,00	-0,80	-0,40	<b>0,95</b>	0,77	1,00					
Turb	0,63	-0,60	0,60	0,32	-0,40	-0,11	0,00	-1,00	-0,20	<b>0,63</b>	0,77	0,80	1,00				
OD	-0,32	0,40	-0,40	0,74	0,40	-0,74	0,00	0,40	-0,80	0,11	-0,77	-0,20	-0,40	1,00			
Transp	-0,21	-1,00	1,00	0,11	0,40	-0,32	0,00	-0,60	0,20	-0,21	0,26	0,00	0,60	-0,40	1,00		
CE	0,11	-0,80	0,80	0,63	0,20	-0,63	0,00	-0,80	-0,40	0,32	0,26	0,40	0,80	0,00	0,80	1,00	
CTT	-0,32	0,80	-0,80	0,21	0,20	-0,21	0,00	0,80	-0,40	-0,11	-0,77	<b>-0,40</b>	-0,80	0,80	-0,80	-0,60	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.



**Tabela 9** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P3) do açude Paus Branco, no período seco (julho – outubro/2010).

P3 – Seco	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	0,00	1,00															
ST	-0,40	-0,20	1,00														
oP	0,32	0,95	-0,32	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,80	-0,40	0,00	-0,63	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,63	0,32	0,32	0,50	-0,95	1,00											
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00										
DQO	-0,40	0,80	-0,40	0,63	0,20	-0,32	0,00	1,00									
DBO	-0,40	-0,20	1,00	-0,32	0,00	0,32	0,00	-0,40	1,00								
Cla	<b>1,00</b>	0,00	-0,40	<b>0,32</b>	<b>-0,80</b>	0,63	0,00	<b>-0,40</b>	-0,40	1,00							
Temp	0,77	-0,26	0,26	0,00	-0,77	0,82	0,00	-0,77	0,26	0,77	1,00						
pH	1,00	0,00	-0,40	0,32	-0,80	0,63	0,00	-0,40	-0,40	<b>1,00</b>	0,77	1,00					
Turb	0,80	-0,60	-0,20	-0,32	-0,40	0,32	0,00	-0,80	-0,20	<b>0,80</b>	0,77	0,80	1,00				
OD	-0,20	0,40	-0,80	0,32	0,40	-0,63	0,00	0,80	-0,80	-0,20	-0,77	-0,20	-0,40	1,00			
Transp	0,40	-0,80	<b>-0,40</b>	-0,63	0,20	-0,32	0,00	-0,60	-0,40	0,40	0,26	0,40	0,80	0,00	1,00		
CE	0,40	-0,80	-0,40	-0,63	0,20	-0,32	0,00	-0,60	-0,40	0,40	0,26	0,40	0,80	0,00	1,00	1,00	
CTT	0,00	0,00	-0,89	0,00	0,45	-0,71	0,00	0,45	-0,89	0,00	-0,58	0,00	0,89	0,89	0,45	0,45	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 10** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P4) do açude Mel, no período seco (julho – outubro/2010).

P4 – Seco	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	-0,95	1,00															
ST	-0,74	0,80	1,00														
oP	-0,32	0,20	-0,40	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,95	1,00	0,80	0,20	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,39	0,11	-0,21	0,74	0,11	1,00											
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00										
DQO	-0,95	1,00	0,80	0,20	1,00	0,11	0,00	1,00									
DBO	-0,32	0,40	-0,20	0,80	0,40	0,21	0,00	0,40	1,00								
Cla	<b>0,74</b>	-0,80	-1,00	<b>0,40</b>	<b>-0,80</b>	0,21	0,00	<b>-0,80</b>	0,20	1,00							
Temp	0,83	-0,63	-0,32	-0,63	-0,63	-0,83	0,00	-0,63	-0,32	0,32	1,00						
pH	0,21	-0,40	-0,80	0,80	-0,40	0,74	0,00	-0,40	0,40	<b>0,80</b>	-0,32	1,00					
Turb	0,74	-0,80	<b>-1,00</b>	0,40	-0,80	0,21	0,00	-0,80	0,20	<b>1,00</b>	0,32	0,80	1,00				
OD	0,11	0,20	0,40	-0,60	0,20	-0,95	0,00	0,20	0,00	-0,40	0,63	-0,80	-0,40	1,00			
Transp	0,74	-0,80	<b>-1,00</b>	0,40	-0,80	0,21	0,00	-0,80	0,20	1,00	0,32	0,80	1,00	-0,40	1,00		
CE	0,95	-0,80	-0,60	-0,40	-0,80	-0,63	0,00	-0,80	-0,20	0,60	0,95	0,00	0,60	0,40	0,60	1,00	
CTT	0,32	-0,40	0,20	-0,80	-0,40	-0,21	0,00	-0,40	-1,00	-0,20	0,32	<b>-0,40</b>	-0,20	0,00	-0,20	0,20	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 11** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P5) do açude Mel, no período seco (julho – outubro/2010).

P5 – Seco	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	1,00	1,00															
ST	0,40	0,40	1,00														
oP	-0,40	-0,40	-0,60	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,80	-0,80	0,20	0,20	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,80	-0,80	0,20	0,20	1,00	1,00											
NH <sub>3</sub>	-0,77	-0,77	-0,77	0,26	0,26	0,26	1,00										
DQO	-0,80	-0,80	0,20	0,20	1,00	1,00	0,26	1,00									
DBO	-0,20	-0,20	0,00	0,80	0,40	0,40	-0,26	0,40	1,00								
Cla	<b>0,60</b>	<b>0,60</b>	-0,40	<b>0,40</b>	<b>-0,80</b>	-0,80	-0,26	<b>-0,80</b>	0,20	1,00							
Temp	0,95	0,95	0,63	-0,63	-0,63	-0,63	-0,82	-0,63	-0,32	0,32	1,00						
pH	-0,80	-0,80	-0,80	0,80	0,40	0,40	0,77	0,40	0,40	0,00	-0,95	1,00					
Turb	0,60	0,60	<b>-0,40</b>	0,40	-0,80	-0,80	-0,26	-0,80	0,20	<b>1,00</b>	0,32	0,00	1,00				
OD	0,00	0,00	0,80	-0,80	0,40	0,40	-0,26	0,40	-0,40	-0,80	0,32	-0,60	-0,80	1,00			
Transp	0,63	0,63	0,32	0,32	-0,32	-0,32	-0,82	-0,32	0,63	0,63	0,50	-0,32	0,63	-0,32	1,00		
CE	1,00	1,00	0,40	-0,40	-0,80	-0,80	-0,77	-0,80	-0,20	0,60	0,95	-0,80	0,60	0,00	0,63	1,00	
CTT	0,32	0,32	0,95	-0,32	0,32	0,32	-0,82	0,32	0,32	-0,32	0,50	<b>-0,63</b>	-0,32	0,63	0,50	0,32	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 12** - Matriz de correlação de Spearman dos 17 parâmetros físico-químicos e biológicos amostrados no ponto (P6) do açude Mel, no período seco (julho – outubro/2010).

P6 – Seco	PT	NT	ST	oP	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	DQO	DBO	Cla	Temp	pH	Turb	OD	Transp	CE	CTT
PT	1,00																
NT	0,80	1,00															
ST	-0,80	-0,40	1,00														
oP	0,20	-0,40	-0,40	1,00													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,80	-1,00	0,40	0,40	1,00												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,40	0,00	-0,20	0,80	0,00	1,00											
NH <sub>3</sub>	-0,77	-0,77	0,77	0,26	0,77	0,26	1,00										
DQO	-0,60	-0,80	0,00	0,20	0,80	-0,40	0,26	1,00									
DBO	0,40	0,00	-0,20	0,80	0,00	1,00	0,26	-0,40	1,00								
Cla	<b>0,80</b>	<b>0,60</b>	-0,40	<b>0,40</b>	<b>-0,60</b>	0,80	-0,26	<b>-0,80</b>	0,80	1,00							
Temp	0,26	0,77	0,26	-0,77	-0,77	-0,26	-0,33	-0,77	-0,26	0,26	1,00						
pH	-0,20	-0,40	0,40	0,60	0,40	0,80	0,77	-0,20	0,80	<b>0,40</b>	-0,26	1,00					
Turb	0,80	0,60	<b>-0,40</b>	0,40	-0,60	0,80	-0,26	-0,80	0,80	<b>1,00</b>	0,26	0,40	1,00				
OD	-0,40	0,00	0,20	-0,80	0,00	-1,00	-0,26	0,40	-1,00	-0,80	0,26	-0,80	-0,80	1,00			
Transp	1,00	0,80	<b>-0,80</b>	0,20	-0,80	0,40	-0,77	-0,60	0,40	0,80	0,26	-0,20	0,80	-0,40	1,00		
CE	0,80	1,00	-0,40	-0,40	-1,00	0,00	-0,77	-0,80	0,00	0,60	0,77	-0,40	0,60	0,00	0,80	1,00	
CTT	-0,20	0,40	0,40	-1,00	-0,40	-0,80	-0,26	-0,20	-0,80	-0,40	0,77	<b>-0,60</b>	-0,40	0,80	-0,20	0,40	1,00

OBS: Coeficientes em negrito são estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%.