



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

MARIA LUZINEIDE GOMES

**ANÁLISE AMBIENTAL E AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ (AQUIRAZ/HORIZONTE-CEARÁ)**

RECIFE

2012

MARIA LUZINEIDE GOMES

**ANÁLISE AMBIENTAL E AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ (AQUIRAZ/HORIZONTE - CEARÁ)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira
Coorientador: Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes

RECIFE

2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB-4 1291

G633a Gomes, Maria Luzineide.
Análise ambiental e avaliação quali-quantitativa da Bacia Hidrográfica do Rio Catú (Aquiraz/Horizonte - Ceará) / Maria Luzineide Gomes. – Recife: O autor, 2012.
210 f. : il.; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.
Coorientador: Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CHCH.
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.
Inclui referências e anexo.

1. Geografia. 2. Bacias hidrográficas. 3. Solo – Uso. 4. Água Qualidade. 5. Impacto ambiental. I. Pereira, Eugênia Cristina Gonçalves (Orientadora). II. Moraes, Jáder Onofre de (Coorientador). III. Título.

910 CDD (22.ed) UFPE (BCFCH2015-45)

MARIA LUZINEIDE GOMES

**ANÁLISE AMBIENTAL E AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ (AQUIRAZ/HORIZONTE-CE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Geografia.

Aprovada em: 13/03/2012.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira (Orientadora – Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando de Oliveira Mota Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Almany Costa Santos (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Ceará

Esse trabalho eu dedico
a três pessoas de importância ímpar em minha vida:

Aos meus dois grandes amores:

Yasmin: minha vida, minha alegria.

Jorge: meu grande amor e grande pai.

Sem vocês tudo seria mais difícil.

Amo vocês.

À minha irmã **Norma** (*in memoriam*):

Você foi muito importante em minha vida.

E saiu dela deixando um exemplo de seriedade e brandura.

Obrigada por ter feito parte do meu crescimento pessoal e profissional.

Foi difícil chegar até aqui sem você.

Vou sempre lembrar de você.

Obrigada.

AGRADECIMENTOS

A Deus meu grande protetor e amigo.

Primeiramente tenho muito a agradecer a várias pessoas que foram bastante especiais para mim. Muitos passaram em minha vida nessa fase de construção da tese, convertendo-se em ações e palavras de apóio e incentivo.

Agradeço a minha filha Yasmin que nasceu nesse período e me trouxe muitas alegrias. Muitas vezes encontrei-me triste, chegando a pensar que não ia conseguir ou que não iria dar tempo, aí ela vinha de braços abertos pedindo um abraço, um consolo, um sorriso. Isso me enchia de esperanças novamente. Ela não sabia que era ela que mais me consolava e fortalecia. Ser mãe foi (e ainda o é) o melhor presente de Deus. Filha, você representa a alegria e a esperança em minha vida. Te amo!

Ao meu grande amor e amigo Jorge. Minha eterna gratidão pelo seu amor e apoio. Muito paciente e amável, sempre me dizia: - *Vai dar tempo, você vai conseguir*. Sei que deixou de fazer várias vezes o seu trabalho para me ajudar, isso mostra que você continua sendo uma pessoa altruísta e boa. Obrigada sempre pelo seu amor e confiança. Você é muito especial para mim e para nossa filha. Nós sempre nos orgulharemos de você. Te amamos.

À minha mãe Marta Barbosa por ter insistido em me adotar. Por ter me dado estudo, educação e principalmente amor. Sei que muitas vezes ela não compreendia o que eu fazia na pesquisa, ou a importância dela para mim. Mas ela sempre me perguntava: - *Já acabou?* Mãe, a senhora me deu uma vida que talvez eu não pudesse ter tido, por isso sempre corri atrás das coisas para nunca te decepcionar. Mãe, te amo muito!

Tenho três pessoas em especial para agradecer:

- Uma delas é Dona Eunice, minha sogra (e segunda mãe), que muitas vezes saiu de Fortaleza para ir à Teresina me ajudar com Yasmin e minha casa. Ela

sempre teve uma palavra amiga e de confiança quando eu estava triste. Conversar com a dona Eunice é aprender a ver a vida com olhar de uma criança, leve e alegre. Obrigada pelo seu amor e acolhimento.

- A segunda pessoa é a Raquel Abreu (Quel) desde que fui mãe ela me ajudou com a Yasmin. Quando fui embora de Fortaleza ela nos acompanhou para ajudar-nos. Foi um verdadeiro presente a Yasmin estar com alguém bastante extrovertida e alegre, sem falar que era alguém da família, o que acaba nos deixando mais tranquilos. Ela ficou conosco por quase um ano (até a qualificação). Foi uma ajuda e tanto. Obrigada Raquel, você nos alegrou muito com seu entusiasmo.

- E por último, mas não deixando de ser também importante a Elizabeth Abreu (Betinha) que deixou seu marido em Fortaleza, cheio de saudades e veio também nos ajudar. Agora já foi na reta final do trabalho. Foi outra grande ajuda com a Yasmin. Sua personalidade calma e iniciativa sempre me tranquilizou bastante.

Que Deus recompense a todas três.

À minha família, que tanto me deu força e entusiasmo perante as dificuldades surgidas nesse processo. Foram muitas as torcidas e as muitas lágrimas por quais passamos juntos. Geíza Abreu, Tia Neide, Tia Irismar, Junior, Tia Dina, Marina, Michelle, Jackson, Leandra, enfim todos os familiares que foram o suporte que eu precisava para prosseguir. Muito obrigada. Tudo isso denota cada vez mais a importância de estarmos unidos à nossa família, pois são nas horas de precisão que a família nunca nos abandona.

À minha orientadora Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira que sempre me apoiou e me deu forças durante todo o curso de doutorado. Mesmo com suas limitações de tempo, sempre me deu atenção e sempre foi compreensiva comigo. Por várias vezes resolvia os problemas burocráticos na UFPE por mim só para evitar que eu me deslocasse de Teresina até Recife. Sempre me respondia os e-mails com uma palavra amiga, me confortando e dizendo que tudo iria dar certo. O importante

era nunca desistir. Obrigada professora Eugênia, a senhora foi muito importante nessa conquista. E como lhe prometi, chegamos lá, conseguimos!

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes, um grande amigo, que fez parte da minha vida acadêmica desde a graduação propiciando o meu crescimento profissional. Lembro-me ainda, a alguns anos, de uma frase sua: - *Às vezes a pessoa precisa caminhar com suas próprias pernas, alçar vôo e partir.* Embora saibamos que partir e caminhar com as próprias pernas é um tanto quanto difícil. Senti-me assim quando parti de Fortaleza, foi difícil, mas acredito que consegui. Prof. Jáder, obrigada por seus ensinamentos. Todos eles foram e ainda são úteis em minha vida profissional e acadêmica.

A Profa. Dra. Lidriana Pinheiro. Em princípio, pelo empréstimo do equipamento phmetro portátil, sendo importantíssimo para a pesquisa. Agradeço ainda pelo apoio, confiança e contribuições que me deste. Obrigado pelas palavras de incentivo e orientações. Aprendi bastante com você ao longo dos últimos anos.

Agradeço também a algumas pessoas muito especiais que ajudaram na execução dos campos: Marisa Ribeiro, João Capistrano, João Paulo e Luis Carlos. Eles sempre estiveram disponíveis para as campanhas de campo e se propuseram a ajudar sempre que precisasse. Não importava se era dia de sol e se fazia chuva, a equipe sempre estava alegre e cheia de disposição. Muito obrigada pela amizade, fidelidade e respeito.

Agradeço à Patrícia Luz e Guilherme Adler, que prontamente se dispuseram (mesmo sem me conhecer) a ajudar com as análises dos sedimentos. Eles sempre foram compreensivos em função da urgência da realização das análises. Tenho por vocês enorme gratidão. Obrigada.

Ao Prof. Dr. Aldeney Andrade professor/pesquisador, integrante do laboratório LACAR (Laboratório de Carcinicultura da Universidade Estadual do Ceará), que gentil, prontamente e pontualmente realizou parte das análises químicas. Agradeço também a atenção pelos esclarecimentos e ainda pela ajuda com parte da

bibliografia pertinente à qualidade de água. Como sempre, você foi um excelente profissional e muito humilde nas suas atitudes. Obrigada meu amigo.

Aos professores do Curso de Doutorado em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) com os quais tive maior contato durante as disciplinas e em especial aos professores: Dra. Eugênia Cristina, Dr. Nilson Barros, Dra. Rejane Pimentel, Dra. Josiclêda Galvêncio, Dr. Alcindo José de Sá, Dr. Jan Bitoun, Dra. Maria do Socorro Araújo; Dra. Maria Fernanda Abrantes. Um agradecimento especial devo ao Prof. Dr. Antonio Carlos Corrêa, por muitas vezes muito solidário e atencioso, uma pessoa simples e compreensiva. Muito obrigada professores.

Ao meu amigão Frederico de Holanda (Fred) que cedeu fotos aéreas da área, sendo imprescindíveis no desenvolvimento da pesquisa e gentilmente ajudou na confecção dos mapas. Amigo, você é especial mesmo. Obrigada.

Agradeço ao apoio logístico do Laboratório de Geologia, Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE) na pessoa do coordenador Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes pelo empréstimo dos equipamentos: CTD (STD/CTD), garrafa de Vandorn e o laboratório para a realização das análises sedimentos. Todo esse apoio logístico foi imprescindível e sem ele a pesquisa jamais seria concluída. Ao coordenador em especial agradeço, pois desde o primeiro do projeto de tese me incentivou dizendo que o apoio logístico já estava assegurado. Agradeço ainda os colegas do LGCO que de alguma maneira contribuíram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento da pesquisa. Destaco ainda a importância que esse laboratório teve em minha vida acadêmica e profissional sendo de grande relevância para meu aprendizado.

Agradeço à Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) que gentilmente disponibilizou as imagens aéreas da área.

Agradeço ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na pessoa de Guilherme Marques por ter cedido a base geológica do estado onde foi destacada a geologia da área.

Agradeço a Universidade Estadual do Piauí-UESPI, que me concedeu um ano de afastamento para terminar o cumprimento de créditos do doutorado. Aproveitei o ensejo para agradecer aos meus amigos e colegas de trabalho do Curso de Geografia da UESPI: Joana, Irlane, Irene, Maria Teresa, Josafá, Afonso, Madalena, Egnaldo, Francisco Filho, Jorge Martins, Liége, Anézia, Elisângela e especialmente à Profa. Suzete (na época coordenadora) pelo apoio durante a realização das disciplinas (quando eu ainda era professora substituta). Agradeço ainda à Profa, Elizabeth Baptista (atual coordenadora) pela compreensão em vários momentos em que estive um pouco ausente da universidade para terminar de escrever a tese. A todos vocês muito obrigada.

Preciso agradecer também aos meus amigos queridos: Raquel Lemos, Marisa Ribeiro, João Capistrano, João Paulo, Glacianne, Frederico (Fred). Em especial a Valberlândia (Val) que me incentivou durante todo o curso. Sua garra e confiança sempre foram muito motivadoras para mim. Val, “minha irmã”, você é a uma pessoa boa e doce, te adoro. O George (esposo da Val) foi também muito importante durante todo o curso, sempre ajudando quando possível (indo me apanhar ou deixar na rodoviária ou aeroporto quando por lá eu estava). Uma palavra amiga, um sorriso, um abraço, uma ajuda, um olhar companheiro, tudo isso foi transmitido a mim por vocês. Obrigada por fazerem parte da minha vida. Vocês foram e sempre serão importantes para mim.

Outra pessoa de grande importância que tenho de agradecer é o amigo Antônio Cardoso Façanha (colega de disciplina, conterrâneo e colega de trabalho em Teresina). Nossa amizade começou em Recife nas primeiras disciplinas que fiz. Foi ele que me acolheu carinhosamente e fez eu me sentir (mesmo que distante) em casa. As viagens de campo foram uma história à parte: o ônibus que quis virar na região de Serra Talhada, os levantamentos detalhados de campo do Prof.. Antônio Carlos e as brincadeiras dele com o meu jeito de falar: - *Tem material erodido, mas não é essas cooosias tudo não!* É saímos do Ceará, mas ele não sai de nós.

Não poderia deixar de agradecer a mais três novos amigos que fiz em Recife: Ana Maciel, Felipe Maciel, Priscila Batista e George. Estes amigos me receberam em sua casa com muito carinho. Ana foi uma ótima companhia, meiga e humilde.

Adorávamos conversar noites inteiras falando das coisas de nossas casas (deixadas há centenas de quilômetros de distância) e ainda havia tempo para as novelas de vez em quando. A saudade de casa era diminuída quando conversávamos. Rimos bastante contando histórias e casos da vida. Felipe, grande amigo foi quem de prontidão me acolheu em seu apartamento quando não tinha mais onde morar em Recife (foi o momento que mais precisei de ajuda). Sua companhia agradável sempre foi muito importante em minha estada por ai. A Priscila, sincera e amiga, foi também uma companhia agradável. Aprendemos muito uma com a outra em nossas conversas.

Agradeço ainda a todos que direta ou indiretamente vieram a contribuir com esse trabalho.

*Foi o tempo que perdeste com tua rosa
que a fez tão importante.*

Antoine de Saint-Exupéry
(O Pequeno Príncipe)

*O tempo que nos dedicamos ao espaço que
vivenciamos gera laços consistentes de toponímia.*

Por isso sou apaixonada pelo “meu Catú”.

Ele é a “minha rosa”.

Luzineide Gomes

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Catú está inserida nos municípios de Aquiraz e Horizonte da Região Metropolitana de Fortaleza (Estado do Ceará). Essa bacia vem sofrendo com diversas intervenções em função das atividades humanas. Esta pesquisa acredita na tese de que a execução de muitas dessas atividades (mineração, pecuária, indústria, irrigação de culturas, recreação dentre outras) compromete a qualidade ambiental da mesma. Com base na preocupação com a escassez e qualidade dos recursos hídricos na atualidade é que esta pesquisa objetivou levantar e conhecer a funcionalidade, fisiologia e diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Catú de modo a caracterizar a qualidade dos meios naturais e relação com as atividades humanas ocorrentes. Para isso foram realizados: levantamento sobre dados físicos da bacia para caracterização morfométrica; verificar a potencialidade de erosão da área em função dos parâmetros de erosividade da chuva e erodibilidade do solo; avaliar a qualidade das águas superficiais em pontos estratégicos e identificação dos possíveis poluentes; conhecer o grau de proteção da vegetação para o solo através da densidade da vegetação atual; caracterizar as formas de uso e ocupação de forma a subsidiar o planejamento e gerenciamento da área. Então, realizou-se a revisão da literatura, levantamento e análise de dados físico-ambientais, análise de imagens aéreas e atividades de campo com coletas de sedimentos e de água. A fotointerpretação permitiu a caracterização morfométrica e atualização das formas de cobertura e uso da terra. As análises sedimentológicas caracterizaram a textura dos solos permitindo avaliar a suscetibilidade aos processos erosivos. As análises das águas contemplaram parâmetros físicos, químicos e biológicos diversos como Amônia Total, Amônia Tóxica, CO₂, Fosfato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Condutividade, Temperatura, Transparência da água, Turbidez, Clorofila-a. A integração dos dados levou ao diagnóstico ambiental da área. Verificou-se que há na bacia intervenção antropogênica significativa a partir das atividades de uso atuais, com destaque para os cultivos (como o de cana-de-açúcar); as atividades industriais e agroindustriais; a aqüicultura nos reservatórios; a extração mineral; a pecuária extensiva e intensiva; e principalmente a urbanização. Tais atividades têm contribuído para a poluição e contaminação do solo e da água superficial. Elas têm exaurido os recursos naturais em função do grande potencial da área revertendo-se em impactos negativos. A

bacia apresentou entre 2009-2010 usos diversificados que ocupam mais de 30% de sua área. Mesmo admitindo-se que cobertura vegetal atual forneça proteção de média a alta, verifica-se que a suscetibilidade do solo à erosão é elevada. A qualidade das águas superficiais denotou grande interferência refletindo-se no estado trófico dos reservatórios. Todas essas alterações geram pressão sobre os ambientes naturais e representam, em um curto espaço de tempo, a diminuição da qualidade ambiental. Portanto, integrando os dados levantados na forma de diagnóstico, verifica-se a necessidade da execução de instrumentos de ordenamento e regulação das atividades ocorrentes almejando a manutenção e estabilidade dos ambientes que integram a bacia hidrográfica do Rio Catú.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Uso do solo. Qualidade da água. Impactos ambientais.

ABSTRACT

Catú river basin area inserted in the Aquiraz and Horizonte districts is part of Fortaleza Metropolitan Region (Ceará State). This river basin has suffered owing to several human activities interventions. This research believes in the theory that many these activities execution (mining, creating ox, industry, irrigation, recreation, and others activities) has been impaired the environmental quality. Considering the current concern about the scarcity and water quality this research proposed as objective set up the functionality, physiology and environmental diagnosis of the Catú river basin to characterize the natural quality resources and evaluate the relationship with human activities occurring. So, performed the following steps: accomplish of physical basin data survey to morphometric characterization; verify the soil potential erosion considering rainfall erosivity and soil erodibility parameters; evaluate the superficial water quality at strategic points and identification of potential pollutants; characterize the vegetation density to establishment of vegetation degree protection to the soil; characterize the use and occupation forms to order the planning and management. Therefore, was performed literature review, physical and environmental data survey and analysis, aerial images analysis and sediment and water data collections. The image interpretation permitted the morphometric characterization, cover and land use forms. The sedimentological analysis characterized the soil texture to evaluate the susceptibility erosion. The waters analyzes contemplated physical, chemical and biological parameters as Total and toxic Ammonia, CO₂, Phosphate, Nitrite, Dissolved Oxygen, pH, Total Dissolved Solids, Conductivity, Temperature, Water transparency, Turbidity, Chlorophyll-a. These data integration led the environmental area diagnosis. Has been verify that the Catu basin was suffering from significant anthropogenic intervention activities with emphasis on current use crops (cane sugar crops); industrial and agro-industrial activities; aquaculture reservoirs, mineral extraction; extensive and intensive creating ox; and especially urbanization. These activities have contributed to water superficial and soil pollution and contamination. They have depleted natural resources owing the great area potential. It turns into negative impacts. Between 2009-2010 the basin showed diverse uses with more than 30% area basin occupy. Even assuming that cover vegetation provides medium to high protection, it appears that soil erosion susceptibility is high. Water superficial quality denoted strong interference reflecting

the reservoirs trophic state. All these changes create pressure on natural environments and represent, in a short time, the decline of environmental quality. So linking data collected in the diagnosis form verify is necessary the planning and regulation human occurring activities to maintaining and stabilizing environments that integrate Catú River basin.

Key-words: River basin. Soil use. Water quality. Environmental impacts.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	HIPÓTESE.....	23
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1	A UTILIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADE DE ESTUDO E PLANEJAMENTO.....	25
2.2	IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	27
2.2.1	Água e suas perspectivas.....	27
2.2.2	A qualidade e os usos da água.....	29
2.2.3	Parâmetros e indicadores de qualidade de água.....	35
2.2.3.1	Caracterização Física da água.....	35
2.2.3.2	Caracterização Química da água.....	38
2.2.3.3	Caracterização Biológica da água.....	44
2.2.4	Bases contextuais sobre poluição da água.....	45
2.2.5	As fontes de poluição.....	47
2.2.5.1	As fontes difusas e pontuais de poluição	49
2.2.6	Eutrofização nos recursos hídricos.....	52
2.2.6.1	Processos associados à eutrofização	54
2.3	CONCEPÇÕES ACERCA DA COBERTURA E USO DO SOLO.....	55
2.3.1	O grau de proteção da cobertura vegetal atual.....	57
2.3.2	Índice de suscetibilidade do solo à erosão.....	58
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	60
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	80
4.1	AS ANÁLISES DE DADOS SECUNDÁRIOS PROVENIENTES DO GEOPROCESSAMENTO E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS AÉREAS).....	80
4.1.1	Material Utilizado.....	81
4.2	DIAGNÓSTICO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CATÚ.....	82
4.2.1	Análise do grau de proteção da cobertura vegetal atual.....	83
4.2.2	Determinação da erosividade da chuva.....	84
4.2.3	Potencial erosivo do solo e a suscetibilidade da textura dos	

	solos da área à erosão.....	86
4.2.4	Geomorfologia e análise morfométrica da Bacia do rio Catú.....	90
4.2.4.1	Análise Areal da Bacia Hidrográfica.....	91
4.3	DIAGNÓSTICO A PARTIR DA ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	95
4.3.1	Transparência da água.....	98
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ.....	103
5.1	ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO CATÚ.....	103
5.1.1	Análise dos dados físicos da Bacia do Catú.....	103
5.2	EROSIVIDADE DA CHUVA.....	110
5.3	POTENCIAL EROSIVO DO SOLO E A SUSCETIBILIDADE DA TEXTURA DOS SOLOS À EROSÃO.....	114
5.4	USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM DA BACIA DO CATÚ.....	121
5.4.1	Levantamento do uso da terra e cobertura do solo.....	121
5.4.2	Análise do grau de proteção da cobertura vegetal atual.....	124
5.4.3	Caracterização dos diversos usos na Bacia do Catú.....	125
5.5	QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CATÚ.....	151
5.5.1	Avaliação da transparência da água, sólidos dissolvidos totais, turbidez e suas relações com a qualidade.....	151
5.5.2	Temperatura e oxigênio dissolvido.....	162
5.5.3	pH – Potencial hidrogeniônico.....	170
5.5.4	Fosfato (Fósforo solúvel reativo).....	172
5.5.5	O estado de trofia da Bacia do Catú.....	175
5.5.6	Fluorescência da clorofila A.....	180
5.5.7	Condutividade elétrica.....	183
5.5.8	Carbono dissolvido - CO₂ (COD).....	184
5.5.9	Nitrito e nitrogênio amoniacal.....	187
6	CONCLUSÃO.....	194
	REFERÊNCIAS.....	200
	ANEXOS.....	209

1 INTRODUÇÃO

As preocupações relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos já se fazem presentes na sociedade há bastante tempo, mas sobretudo de forma generalizada. Nas últimas décadas surgiram novas conceituações para designar processos e tomada de decisão que dão profundidade a essa preocupação. Dentre os quais se destacam: *gestão da demanda*, *gestão da qualidade das águas* e *gestão ambiental das bacias hidrográficas* (CAMPOS & STUDART, 2001).

A água doce transformou-se em preocupação premente nos últimos anos, há um processo inadequado de distribuição e captação, somado a isso parte dessa água já não se apresenta em condições adequadas para o abastecimento e uso humano. A Agenda 21, documento desenvolvido na Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento destaca um capítulo para tratar acerca da proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos. Nesse sentido, o estudo da qualidade ambiental dos recursos hídricos tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento das formas do uso é de aceitação universal (SANTOS, 2004). São estas formas de uso que conferem, à água, alterações em sua qualidade e por isso devem estar submetidas a um aparelho gestor, seguido de um planejamento estratégico.

Há que se considerar ainda que o critério de se adotar a bacia hidrográfica como unidade de estudo foi usado porque se constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações pelo menos físicas, são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas. No entanto, muitas vezes a delimitação da drenagem diferencia-se da delimitação territorial ficando esta porção do espaço subjugada a diferentes ações sociais, culturais e econômicas o que torna mais complexo o gerenciamento da área. Santos (*op. cit.*) propõe que a bacia hidrográfica deve ser vista ou entendida como uma caixa preta, onde os fenômenos e interações podem ser interpretados, *a priori*, pelo *input* e *output*. Neste sentido, são tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização sendo assim, é um limite nítido para a ordenação territorial, considerando que “... não há qualquer área de terra, por menor que seja que não se

integre a uma bacia hidrográfica” e quando o problema central é a água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção.

Conhecer a funcionalidade, fisiologia e diagnóstico atual de uma bacia hidrográfica se torna ferramenta imprescindível para compreender parte da complexidade das relações sociais e da sociedade com o território e o ambiente. Nessas relações, os danos ambientais surgem como reflexos negativos das formas de apropriação e uso do território que, por vezes, vão além da capacidade de suporte que os recursos naturais dispõem. Assim, estudos que vêem o “espaço” sob ótica pragmática e qualitativa são também de extrema importância para o entendimento da paisagem, do planejamento regional e diferenciações regionais.

A bacia hidrográfica do rio Catú está localizada no estado do Ceará (Figura 01) fazendo parte da bacia metropolitana de Fortaleza com uma área de aproximadamente 163,05 km². Segundo Brandão (1995) essa bacia apresenta uma oferta hídrica potencial de aproximadamente 47,78 m³/ano x 10⁶. O rio Catú apresenta caráter intermitente, com escoamento ocorrendo principalmente durante o período chuvoso. No entanto, a instalação de barragens ao longo desse rio (a exemplo da barragem de enrocamento CatúCinzenta e a barragem de aterro da Lagoa do Catú), permite que ele se apresente de forma semi-perene.

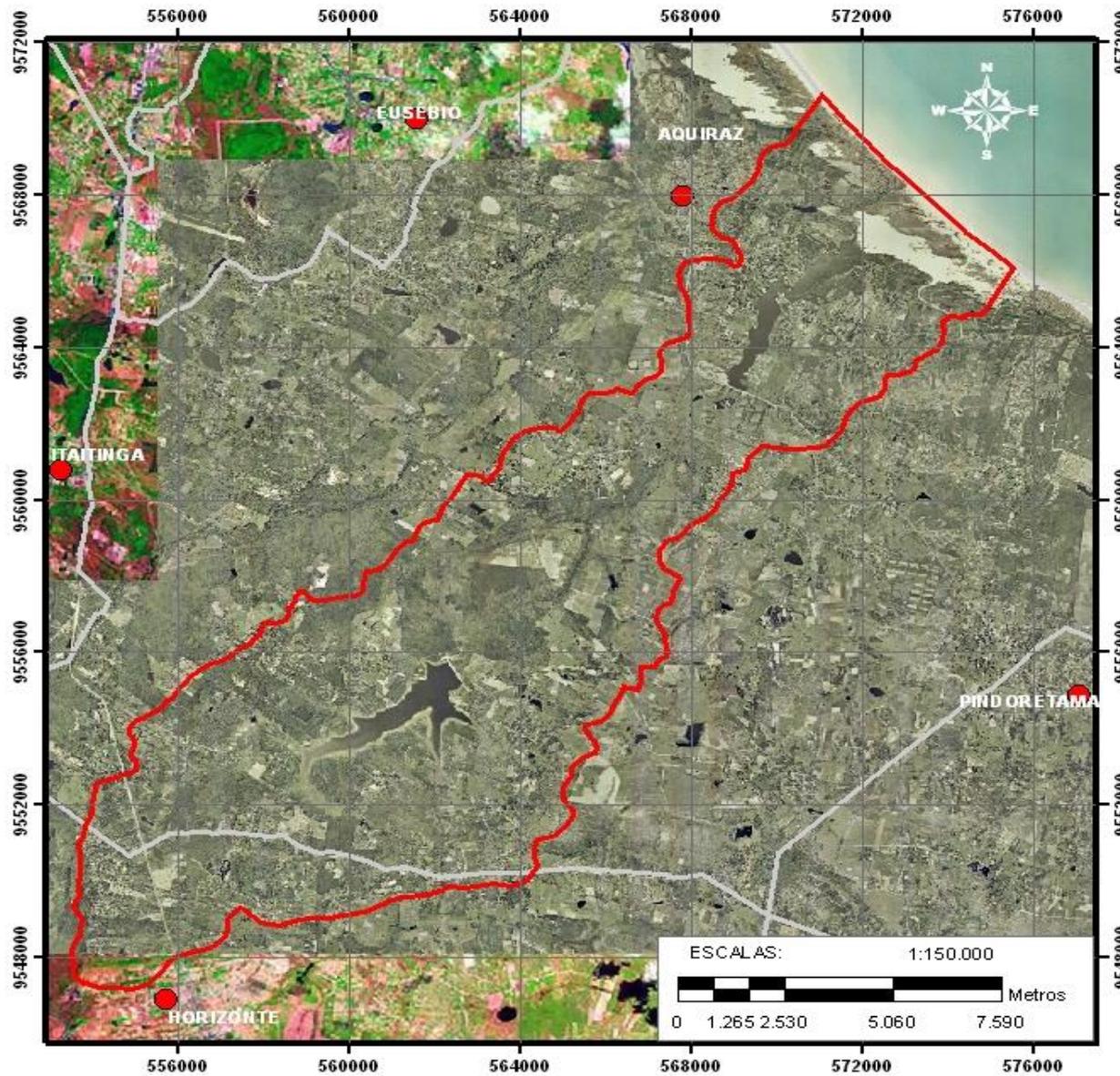
Essa bacia hidrográfica não difere das outras bacias litorâneas do Brasil, sofrendo diversas intervenções em função das atividades humanas, ao passo que convertem as propriedades geoecológicas em sócio-reprodutoras. A execução de muitas dessas atividades (mineração, pecuária, indústria, irrigação de pequenas até grandes culturas, além de atividades cotidianas das populações ribeirinhas como a lavagem de roupas e a recreação) geralmente está associada a má utilização e comprometimento dos recursos hídricos. Todas essas atividades têm sua parcela de contribuição para a modificação da qualidade ambiental da área.

Outro ponto importante na discussão da qualidade ambiental da bacia hidrográfica é o fato de mesmo havendo legislação pertinente, muitas vezes as atividades ocorrem sem manejo adequado e sem qualquer preocupação com o futuro dessa área.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

FIGURA 1:
LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ.



Autora:
MARIA LUZINEIDE GOMES

Orientadora:
Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

Co-orientador:
Prof. Dr. Jäder Onofre de Moraes

Legenda

- Bacia hidrografica do Rio Catú
- Sedes municipais
- Limites Municipais



Referência das imagens:
Ortofotocartas Retificadas - IPECE (Ano: 2008) e Landsat (Ano: 2008)
Datum de referência: SAD-69

Figura 1 – Mapa de localização da área.

Seguindo essa linha de pensamento, pressupõe-se que a bacia hidrográfica do Catú representa uma unidade de paisagem (ou área) que passa por um momento de tensão ambiental, onde a intensificação das alterações ambientais ocorrentes pode comprometer significativamente a qualidade do ambiente. Verifica-se que, para desacelerar ou conter essa tendência, faz-se necessário um programa gestor que proporcione um planejamento estratégico para o desenvolvimento da área, associado a um projeto de educação ambiental que tenha por base o desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, a importância de estudos da análise ambiental sobre os recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Catú é dada em função da necessidade de se compatibilizar os interesses econômico-sociais com a proteção do ambiente. A manutenção destes recursos hídricos superficiais exige programações específicas para o seu manejo, de maneira a contribuir para a elevação da qualidade de vida da população local e proteção do patrimônio natural sem perder de vista o econômico, histórico e cultural. Dessa forma almeja-se a utilização mais racional dos mesmos, desviando-se dos possíveis danos ambientais futuros que pudessem ser gerados a partir das ações humanas de hoje.

Pensando nisso foi que se tomou como ponto de partida o levantamento das atividades em desenvolvimento em toda a extensão da bacia hidrográfica do Catú e conseqüentemente quais eram os possíveis impactos gerados por tais atividades. Para compreender melhor como tais alterações têm modificado a qualidade ambiental dos recursos hídricos superficiais da área optou-se por caracterizar o comportamento de alguns parâmetros de qualidade de água em períodos específicos.

Decerto que a qualidade da água não é o único nem o melhor parâmetro a ser avaliado, pois a água apresenta comportamento bem particularizado. A qualidade da água é passível de ser alterada em função de até mesmo pequenas modificações nos fatores climáticos, meteorológicos, morfologia da bacia hidrográfica e de seus canais, presença de ambientes lacustres, tipologia e intensidade das atividades ocorrentes etc. Mas, sua importância também não é diminuta. Há que se considerar que é a qualidade das águas que primeiramente é afetada pelas atividades de intervenção na bacia. Por sua vez, a alteração dessa qualidade causa comprometimento das populações e comunidades que usam dos recursos do ambiente. Entretanto, o estudo da qualidade das águas deve estar associado a

outros parâmetros que também funcionem como indicativos da qualidade ambiental da bacia estudada.

Portanto, foram analisados outros parâmetros como o grau de proteção do solo em função da vegetação atual; as transformações resultantes das formas de uso e ocupação do solo; a suscetibilidade do solo da área em sofrer erosão e a potencialidade do clima em causar erosão etc. Sem desconsiderar que esses parâmetros estão integrados às características particulares da bacia hidrográfica (parâmetros morfométricos, morfológicos e hidrológicos).

Assim o estudo da qualidade ambiental da bacia do Catú considerou duas áreas específicas para a análise da qualidade das águas: a lagoa do Catú (na porção nordeste) e o açude Catúcinzenta (na porção sudoeste) entendendo que estes reservatórios (ambientes lacustres) são bons instrumentos para tal análise, pois as características lânticas dos mesmos (em termos de hidrodinâmica) conferem a eles a possibilidade de manter por mais tempo (tempo de residência) as condições físico-químicas resultantes das alterações sofridas e associadas a contaminantes e/ou poluentes presentes.

Além disso, esses dois reservatórios são os principais representantes dos recursos superficiais da bacia do rio Catú e que servem de fonte para o abastecimento humano do município de Aquiraz (sede e distritos). Outro fato relevante para a escolha destes corpos hídricos como foco de análise foi que os mesmos vêm sofrendo várias formas de intervenção diretas (em atividades de contato direto com a água) e indiretas (uso e ocupação das margens).

Tendo por base as atividades verificadas nos três setores da bacia (alto, médio e baixo curso) buscou-se compreender até que ponto aquelas tem causado o comprometimento do sistema hidrográfico. Entretanto, entende-se que deve ser dado destaque à poluição e contaminação hídrica, verificada principalmente nos setores médio e baixo curso. Isso tem se justificado pelo maior adensamento populacional da área e atividades associadas à urbanização e desenvolvimento da atividade turística e de lazer. O baixo curso é ainda o setor de convergência de todas as respostas (*output*) às formas de intervenção ocorrentes na bacia.

Considerando as discussões realizadas o presente trabalho pretendeu ***“Levantar e conhecer a funcionalidade, fisiologia e diagnóstico ambiental atual da bacia hidrográfica do rio Catú de modo a caracterizar a qualidade dos meios naturais e avaliar sua correlação com as atividades em execução na área”***.

Para se chegar ao diagnóstico, para o qual convergem progressivamente os resultados das sucessivas interações socioambientais ocorrentes na bacia, elencou-se as seguintes metas:

- Realizar caracterização da densidade da vegetação para conhecer o grau de proteção da vegetação atual ao solo da bacia;
- Levantar dados físicos da bacia para avaliação da disponibilidade hídrica e caracterização morfométrica;
- Verificar a potencialidade de erosão da área em função dos parâmetros de erosividade da chuva e erodibilidade do solo;
- Avaliar a qualidade da água do sistema hidrográfico em pontos estratégicos para a identificação de possíveis agentes poluentes;
- Caracterizar as formas de uso e ocupação das zonas marginais de forma a subsidiar o planejamento e gerenciamento da área.

1.1 HIPÓTESE

A bacia hidrográfica do rio Catú que integra parte da bacia metropolitana de Fortaleza tem como principal curso fluvial o rio Catu de caráter intermitente, com escoamento ocorrendo principalmente durante o período chuvoso. Essa bacia tem passado por diversas intervenções em função das atividades humanas. Por conseguinte, a execução de muitas dessas atividades tem representado o comprometimento dos recursos naturais e principalmente os recursos hídricos ou a modificação da qualidade ambiental da área.

Mesmo existindo legislação pertinente que tem o papel de delinear e direcionar as ações e políticas públicas da área, muitas vezes as atividades ocorrem sem planejamento ou manejo adequados, desconsiderando qualquer preocupação com o futuro dessa área.

Portanto, pautada nessas considerações e na vivência da área de estudo apresenta-se aqui a hipótese de que a bacia hidrográfica do Catu representa uma unidade de paisagem que passa por um momento de tensão ambiental, onde a intensificação das alterações ambientais ocorrentes deve representar o comprometimento significativo da qualidade dos ambientes que compõem a bacia hidrográfica. Deve-se ainda considerar que a bacia hidrográfica é uma unidade de estudo integradora, onde a intervenção nos processos que compõem sua dinâmica

compromete conseqüentemente todo o sistema hidrográfico principalmente nas áreas à jusante das intervenções.

As presentes mudanças e alterações estão trazendo de forma negativa, impactos ambientais como a poluição e contaminação das águas superficiais e subsuperficiais, erosão na área das margens, assoreamento, mobilização de dunas, impermeabilização do solo, e degradação das margens fluviais e lacustres.

Toda a tensão ambiental por qual passa a bacia do Catu se deve à falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes, e carência de políticas públicas e diretrizes eficientes para se fazer cumprir a legislação vigente, com vistas para um futuro em que se almeje o Desenvolvimento Sustentável.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A UTILIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADE DE ESTUDO E PLANEJAMENTO

De acordo com Pires, Santos & Del Prette (2002) o conceito de Bacia Hidrográfica (BH) tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental.

Se analisado do ponto de vista hidrológico, o conceito de BH envolve vários pensamentos, mas que contemplam explicitamente um conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes, embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (PIRES, SANTOS & DEL PRETTE, op. cit.).

Uma bacia hidrográfica é uma “unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório. Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes” (NAGHETTINI, 2006, p. 231).

Já sob o ponto de vista do planejador direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito de bacia hidrográfica tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da BH, bem como das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais. Neste sentido, vários autores, ressaltam a importância do uso do conceito de BH como análogo ao de Ecossistema, como uma unidade prática, seja para estudo como para o gerenciamento ambiental (BORMANN & LIKENS, 1967; O’SULLIVAN, 1979; ODUM, 1985; 1993; POLLETE, 1993; LIMA, 1994; PIRES & SANTOS, 1995; ROCHA et al., 2000 *apud* PIRES; SANTOS e DEL PRETTE, 2002).

A utilização da BH como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental não é recente; há muito tempo os hidrólogos têm reconhecido as ligações entre as características físicas de uma BH e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Por outro lado, os limnólogos têm considerado que as características do corpo d'água refletem as características de sua bacia de drenagem. Neste sentido, as abordagens de planejamento e gerenciamento ambiental

utilizando a BH como unidade de estudo tem evoluído bastante, desde que as mesmas apresentam características biogeofísicas que denotam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos (DASMANN et.al.1973, *apud* PIRES; SANTOS e DEL PRETTE, 2002).

Ainda nesta ótica, a bacia hidrográfica, enquanto unidade de estudo, planejamento e gerenciamento da paisagem, tem sido a base para a realização de diversos trabalhos que utilizam diferentes abordagens metodológicas, uma vez que essa unidade funcional pode ser considerada como um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, que reflete os resultados das atividades agrícolas, industriais, de comunicações, de serviços, de facilidades recreacionais, de cidades e de todos os espaços naturais (formações vegetais, recursos hídricos, etc.) que compõem a paisagem (ESPINDOLA & WENDLAND, 2004).

Para Cristofolletti (1980) a bacia hidrográfica também é entendida como uma unidade básica de planejamento e de integração, havendo a necessidade de se estudar as intervenções desenvolvidas em sua área - principalmente com relação ao recurso natural água - de forma holística. Nesse sentido, os lagos, lagoas, rios ou represas são considerados dependentes do sistema terrestre, sendo influenciados pelas atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, as quais são fatores determinantes para o estabelecimento de diferenças espaciais e temporais originadas por fontes difusas ou pontuais que ocorrem no sistema aquático.

Assim, a bacia hidrográfica, vista como um compartimento natural, contempla processos e reiteraões ecológicas (naturais e antrópicas) que podem ser estruturalmente caracterizados, quantificados e modelados, permitindo avaliação mais abrangente espacial e temporalmente. Os principais componentes – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, afetando os ecossistemas como um todo. Nesses compartimentos naturais os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas, no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes (SOUZA, 2002).

Logo, Cunha & Guerra (2004), reforçam a integralização dos estudos em bacia hidrográfica ao afirmar que elas permitem uma visão conjunta das condições

naturais (capital natural), e das atividades antrópicas, as quais conduzem à artificialização do meio, caracterizando demandas ou insumos.

A Limnologia, ciência que vai caracterizar os corpos hídricos, prestando contribuições no que se concerne à recuperação de ecossistemas aquáticos degradados (ESTEVES, 1998), considera a bacia hidrográfica como unidade de estudo onde se integra uma prática multidisciplinar onde são gerados conhecimentos de várias ciências, dentre elas: Sociologia, Economia, Engenharia Hidráulica, Geografia etc. Entretanto por meio dessa integração é possível maximizar a chance de se alcançar a preservação, o uso racional, a recuperação e a valorização dos ecossistemas aquáticos continentais (ESTEVES, 1998).

Assim, a caracterização do meio físico da bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista dos recursos naturais com destaque na qualidade da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e utilização da água.

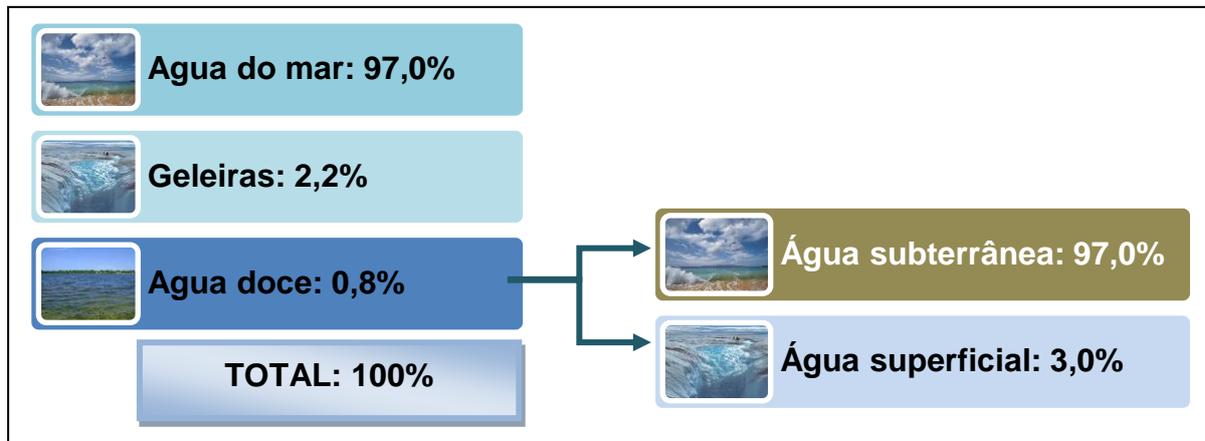
2.2 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

2.2.1 Água e suas perspectivas

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60% do seu peso são constituídos por água, e em certos animais aquáticos esta porcentagem sobe a 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para o outro (VON SPERLING, 2005). Os $1,36 \times 10^{18}$ m³ de água disponível existentes na Terra distribuem-se da seguinte forma (Quadro 1):

Pode-se ver claramente que, da água disponível, apenas 0,8% pode ser utilizada mais facilmente para abastecimento público. Desta pequena fração de 0,8%, apenas 3% apresentam-se na forma de água superficial, de extração mais simples. A falta de uniformidade na distribuição da água no país somada à poluição, especialmente nos locais onde se concentra a maior parte da população, contribui com a escassez progressiva deste recurso (PORTO, 2002).

Quadro 1 – Distribuição da água no globo terrestre.



Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005

Em nível global, não há propriamente uma escassez hídrica, mas uma má distribuição espacial e temporal, que somada à distribuição irregular da população humana na terra, faz com que algumas regiões sofram permanentemente com a falta desse recurso. Segundo o Informe das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo, a disponibilidade global de água versus a população mundial mostra as disparidades existentes entre os continentes, com especial destaque para a pressão exercida sobre o continente asiático, que abriga 60% da população mundial e dispõe apenas de 36% dos recursos hídricos do mundo (UNESCO, 2003).

O *stress* hídrico, para muitos países, decorre, principalmente, do mau uso desse recurso e do crescente aumento da população mundial. A situação de escassez de água no mundo tende a piorar, uma vez que continua o acelerado crescimento populacional. Conseqüentemente haverá ainda mais pessoas disputando a mesma quantidade de água. A situação de *stress* hídrico em um país cria diversos problemas internos, como a necessidade de importar água para suprir as necessidades de sua população. Uma solução para esse problema é a negociação como forma de gerir a partilha e utilização conjunta da água (OLIVEIRA, 2004).

2.2.2 A qualidade e os usos da água

A qualidade da água na bacia é sempre a somatória dos processos que ocorrem sobre a superfície da bacia hidrográfica. Esta depende de condições naturais (solo, vegetação e clima) e da ocupação humana atuando fortemente na paisagem. O grande problema que compromete a qualidade ambiental das bacias hidrográficas são as atividades de uso que acabam por estagnar a potencialidade hídrica.

A falta de ordenamento territorial em bacias hidrográficas podem provocar possíveis impactos ambientais encontrados tais como: o crescente processo de adensamento populacional dos centros e núcleos urbanos que contribuem com aterros de margens, poluição e contaminação por parte de fossas sépticas clandestinas e disposição de resíduos sólidos de forma inapropriada, extrações de minerais (areias e argilo-minerais) no leito dos rios, criação de barragens (de pequeno e grande portes) dentre outros.

O estudo dos aspectos físicos, químicos e biológicos da água, é entendido como estudo-base para compreender o comportamento e fazer o diagnóstico da qualidade ambiental da bacia. No entanto, a questão da água requer além do diagnóstico um monitoramento sistemático e planejamento adequado quanto aos diversos tipos de usos. Corroborando isso, as normas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) preconizam que os parâmetros de qualidade da água devem ser respeitados de acordo com as classificações de uso, para resguardar principalmente a qualidade de vida da população.

A qualidade ambiental das águas de rios, lagoas e açudes está diretamente relacionada às alterações de suas características hidráulicas. Toda a qualquer alteração na bacia de drenagem de um rio ou de um ambiente lacustre pode modificar a qualidade da água de todo o sistema, pois a bacia hidrográfica é uma unidade física integradora associada à noção sistêmica. Santos (2004) vem atestar a integralidade dos eventos em uma bacia:

Toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade de cursos de água e sua qualidade. A medida de algumas de suas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma de eventos. Essa é uma das peculiaridades

que induz os planejadores a escolherem a bacia hidrográfica como unidade de gestão (SANTOS, 2004).

De acordo com Silva, Galvêncio & Almeida (2009) a quantidade e qualidade de água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas por diversos fatores, destacando-se a declividade, o tipo de solo e o uso da terra das áreas de recarga, pois influenciam no armazenamento da água subterrânea e nas águas das nascentes e dos cursos d'água. Assim, faz-se necessário o estudo das interações dos recursos e das ações antrópicas na bacia hidrográfica, uma vez que, segundo Pereira (1973) *apud* Lima (1986) *in* Silva; Galvêncio & Almeida (2009), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

Para Portz et.al (2005):

Qualidade da água é um dos mais importantes contribuintes para a saúde dos peixes e nível de estresse. O peixe pode ser capaz de tolerar condições adversas de qualidade de água, no entanto, quando combinado com outros elementos estressores, o peixe pode ser rapidamente superado pelos desafios fisiológico resultantes. Os efeitos da qualidade da água variam consideravelmente com a espécie, fase da vida e exposição prévia ao estresse. Temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, dióxido de carbono, pH, alcalinidade, dureza, amônia e nitrito são os parâmetros de água mais comuns que afetam a qualidade.

A quantificação da qualidade da água (Water Quality-WQ) é um desafio problema científico, e sua solução deve ser uma importante fase do desenvolvimento da base científica para os recursos hídricos gestão que vise a sustentabilidade dos ecossistemas (HAKANSON & PETERS 1995; PARPAROV & HAMBRIGHT 1996; MBOON & HOWELL, 1997) *in* Parparov & Hambright (2007).

Segundo Tundisi (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a *qualidade de uma determinada água é função das condições naturais, e do uso e da ocupação do solo na bacia*

hidrográfica (VON SPERLING, 2005). O controle da qualidade da água está associado a um planejamento global, no nível de toda a bacia hidrográfica, e não individualmente, por agente alterador (VON SPERLING 2005).

Dentro do enfoque do presente texto, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso.

De acordo com Meybeck et.al., (1996)

“Qualidade de água” é um termo para expressar a conveniência de água para sustentar vários usos ou processos. Por conseguinte, qualidade de água pode ser definida por uma gama de variáveis que limitam uso de água. Embora muitos usos têm algumas exigências comuns para certas variáveis, cada uso terá suas próprias demandas e influências em qualidade de água.

De acordo com Von Sperling (2005) a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os parâmetros mais usuais para as análises devem seguir as devidas particularidades. É importante esta visão integrada da qualidade da água, sem uma separação estrita entre as suas diversas aplicações (Quadro 2).

Quadro 2: Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.

USO GERAL	USO ESPECÍFICO	QUALIDADE REQUERIDA
Abastecimento de água doméstico	-----	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde
		Isenta de organismos prejudiciais a saúde
		Adequada para serviços domésticos
		Baixa agressividade e dureza
		Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de macrorganismos)
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde
		Isenta de organismos prejudiciais à saúde
		Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)
	Água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (ex: refrigeração, caldeiras)	Baixa dureza
		Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde
		Isenta de organismos prejudiciais a saúde
		Salinidade não excessiva
	Demais plantações	Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações
		Salinidade não excessiva

Dessedentação de animais	-----	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais
		Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da flora e da fauna	-----	Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Aqüicultura	Criação de animais	Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde dos animais e dos consumidores
		Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais e dos consumidores
		Disponibilidade de nutrientes
	Criação de vegetais	Isenta de substâncias químicas tóxicas aos vegetais e aos consumidores
Disponibilidade de nutrientes		
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, esqui, surfe)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde
		Isenta de organismos prejudiciais à saúde
		Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	Aparência agradável
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas (ex: torres de resfriamento)	Baixa dureza
Transporte	-----	Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações
Diluição de despejos	-----	-----

Fonte: Von Sperling (2005).

Porto (2002) *in* Silveira & Jr. Philippi (2005) argumenta que existe uma enorme complexidade de fatores determinando a qualidade da água e que uma das maneiras de conceituação é associar a qualidade ao uso que se faz do recurso. Decorrendo desse fato, é que a qualidade da água passa do conceito de bom ou ruim para o conceito de adequada ou inadequada para determinados usos.

Segundo Margalef (1986) a qualidade da água de um manancial é o resultado da drenagem da bacia hidrográfica correspondente. Assim, essa qualidade depende das ações praticadas no solo desta bacia e, em conseqüência, torna-se necessária à gestão do uso do solo para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos. Ainda conforme Margalef (*op. cit.*), o diagnóstico ambiental utilizando-se parâmetros de qualidade da água de um rio revela a integridade da bacia hidrográfica de origem.

A avaliação da qualidade da água, bem como sua evolução no tempo-espaço, só será possível através da implementação de programas sistemáticos de monitoramento, resultando em séries históricas que, futuramente, possam ser analisadas a fim de estabelecerem-se padrões de distribuição sazonais e espaciais para indicadores bióticos e abióticos. Os conhecimentos destas variações poderão

ser manipulados e utilizados para a previsão da qualidade da água durante o ano hidrológico, além de subsidiar parâmetros de operação dos reservatórios (FREIRE, 2000).

Por essas razões, os conceitos de qualidade são especificados dentro de certas faixas de uso a que se propõe, estabelecendo padrões de qualidade. Esses padrões têm como objetivo a qualidade ambiental por meio da minimização de danos à saúde humana e a degradação dos recursos naturais, em especial, a água. Daí o fato de se utilizar nesse trabalho a legislação vigente que estabelece padrões e classificações específicas.

De acordo com as resoluções do CONAMA de nº 20, de 18 de junho de 1986, publicada no D.O.U. de 30/7/86; a resolução de nº 274 de 29 de novembro de 2000 e a resolução de nº 357 de 17 de março de 2005, o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água.

As resoluções de 1986, 2000 e 2005 estabelecem a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional em nove classes segundo seus diversos usos preponderantes. Nestas resoluções ficam determinados os níveis considerados próprios para os mais diversos tipos de usos, ou seja, acerca dos parâmetros bacteriológico (coliformes fecais), físico-químico e/ou suas condições físicas. Isto se dá pelo fato de que a saúde e o bem-estar das comunidades podem ser afetados pelas condições de potabilidade e balneabilidade dos recursos hídricos utilizados.

Como forma de melhor gerenciar os recursos de água doce é que foram estabelecidos os tipos de uso e conseqüentemente foram definidos os padrões de qualidade em função desses usos. Os principais usos da água são: abastecimento doméstico; abastecimento industrial; irrigação; dessedentação de animais; preservação da flora e da fauna; recreação e lazer; criação de espécies; geração de energia elétrica; navegação; harmonia paisagística; diluição e transporte de despejos.

Destes usos, os quatro primeiros (abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação e possivelmente dessedentação de animais) implicam na retirada da água das coleções hídricas onde se encontram. Os demais usos são desempe-

nhados na própria coleção de água (VON SPERLING, 2005). Em termos gerais, apenas os dois primeiros usos (abastecimento doméstico e abastecimento industrial) estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, face aos seus requisitos de qualidade mais exigentes. A interrelação entre o uso da água e a qualidade requerida é direta. No entanto, deve-se lembrar que diversos corpos d'água têm *usos múltiplos* previstos, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade.

O CONAMA (2005) retrata na Resolução N° 357, artigo 2, capítulo IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Entretanto o parágrafo XII diz - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade.

Quanto ao Art.3º, ainda da mesma resolução, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. No parágrafo único desta resolução é esclarecido que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Quanto a capítulo II da classificação dos corpos de água no Art. 4º as águas doces são classificadas por CONAMA (2005)em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;

c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;

d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) a aqüicultura e a atividade de pesca

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) a pesca amadora;

d) a recreação de contato secundário; e

e) a dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) a navegação; e

b) a harmonia paisagística.

2.2.3 Parâmetros e indicadores de qualidade de água

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam a qualidade das águas sofrem grandes variações no tempo e no espaço, havendo a necessidade de um programa de monitoramento sistemático para obter a real estimativa da variação da qualidade das águas superficiais.

Em geral, um programa de monitoramento inclui coletas frequentes nos mesmos pontos de amostragem e análise em laboratório de grande número de parâmetros, resultando em matriz de grandes dimensões e complexa interpretação. Muitas vezes, pequeno número desses parâmetros contém as informações químicas mais relevantes, enquanto a maioria das variáveis adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados em termos de qualidade (SIMEONOV et al., 2003; TOLEDO & NICOLELLA, 2002) *in* ANDRADE et. al (2007).

2.2.3.1 Caracterização Física da água

A água possui inúmeras propriedades físicas, fundamentais na formação e manutenção dos sistemas aquáticos. Entretanto a discussão abordará apenas aquelas pertinentes as este trabalho analisadas pelos seguintes parâmetros: temperatura, turbidez, condutividade e sólidos dissolvidos totais.

a) Temperatura: Segundo Esteves (1998) nas regiões de clima tropical a variação sazonal da temperatura é pouco acentuada quando comparada à variação diária. O mesmo autor também afirma que o padrão de estratificação diária para regiões tropicais pode não ocorrer, especialmente em locais com frequentes modificações da direção dos ventos, o que causa uma desestratificação permanente nos corpos aquáticos de pequenas profundidades.

De acordo com Laws (1993) destaca dois importantes efeitos da modificação da temperatura: o primeiro se refere à solubilidade dos gases, especialmente o oxigênio onde com um aumento de 10°C na temperatura, a solubilidade daquele se reduz em aproximadamente 20%. Isso também é destacado por Von Sperling (2007) ao afirmar que as elevações da temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura); Elevações da temperatura diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido); Elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis).

Assim, compreende-se que a temperatura desempenha um papel importante de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0°C a 30°C, a viscosidade, a tensão superficial, a compressibilidade, o calor específico, a constante de ionização e o calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam suas solubilidades com a elevação da temperatura (PHILIPPI JR. & SILVEIRA, 2004).

b) Turbidez (UNT): A turbidez da água deve-se à presença de matéria particulada em suspensão na água tal como matéria orgânica e inorgânica finamente dividida entre fitoplâncton e outros organismos microscópicos planctônicos ou não. A turbidez expressa, de forma simplificada, a transparência da água. A turbidez da água bruta tem grande importância, na medida em que é um dos principais parâmetros para seleção de tecnologia de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento (PADUA & FERREIRA, 2006).

A essa propriedade representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água conferindo uma aparência turva à mesma (Sperling, 2007). Para Sperling (*op.cit*) sua origem natural não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão

podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos (diminuindo a eficiência da desinfecção), no entanto se for de origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Além disso, em corpos d'água pode reduzir a penetração da luz, prejudicando processos associados à fotossíntese e produtividade do ecossistema. Isso é corroborado por Branco & Rocha (1987) que cita que em termos ambientais a principal consequência da alteração da cor e turbidez num corpo de água é a redução da penetração da luz solar e consequente diminuição da taxa fotossintética, prejudicando a oxigenação do meio, principalmente em águas paradas ou mesmo em rios de baixa turbulência.

c) Condutividade: De acordo com a CETESB (2008) a condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionada por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc. A condutividade é expressa em microSiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$), apresenta características similares aos sólidos totais dissolvidos. Em águas naturais pode apresentar valores de condutividade inferiores a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, podendo atingir até 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ quando as águas recebem cargas de efluentes domésticos e industriais (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

c) Sólidos Dissolvidos Totais: Segundo Philippi Jr & Silveira (2004) todas as impurezas presentes na água é exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. Quanto ao tamanho, podem ser classificados em sedimentáveis, em suspensão, colóides e dissolvidos. Na prática, a classificação é

feita separando-se os sólidos apenas em dois grupos, em suspensão e dissolvidos. Os sólidos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não sedimentáveis. Os sólidos dissolvidos incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos.

O excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de gosto e problemas de corrosão. Como padrão de aceitação para consumo humano (a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde) estabelece o valor máximo permitido de 1.000 mgL^{-1} para sólidos totais dissolvidos na água potável. A Organização Mundial de Saúde-OMS não estabeleceu um limite máximo aceitável, mas salienta que, a níveis maiores que 1.200 mgL^{-1} , os sólidos tornam a água de beber significativamente impalatável (PHILIPPI JR e SILVEIRA, op. cit.).

2.2.3.2 Caracterização Química da água

Para a caracterização química da qualidade da água foram analisados os seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Fósforo, Amônia Total e Tóxica, Nitrito e Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

a) Oxigênio dissolvido: Segundo Esteves (1998) entre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes para os ecossistemas aquáticos, pois é fundamental para a maioria dos seres vivos e para que se verifiquem fenômenos aeróbios de biodegradação.

De acordo com Von Sperling (2005), em ecossistemas aquáticos, as principais fontes produtoras de oxigênio são a reaeração atmosférica e a fotossíntese, enquanto as principais fontes de consumo são a oxidação da matéria orgânica dissolvida e presente no sedimento (demanda bentônica) e a nitrificação. O mesmo autor afirma que um dos efeitos mais nocivos da matéria orgânica em corpos d'água é a depleção dos níveis de oxigênio dissolvido, devido ao consumo pelos decompositores.

A Introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido. Tal se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. O decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, constituindo-se, como já dito, em um dos principais problemas de poluição das águas em nosso meio (VON SPERLING, 2005).

Segundo Pádua & Ferreira (2006) o oxigênio dissolvido pode ser expresso em mg/L ou em termos de percentual de saturação. Níveis menores que 80% de saturação em águas destinadas ao consumo humano podem causar leve gosto e odor. Variações no OD podem ocorrer sazonalmente, ou mesmo num período de 24h, em relação à temperatura e à atividade biológica (fotossíntese e respiração).

A respiração biológica, incluindo aquela relacionada aos processos de decomposição, reduz as concentrações de OD. A determinação das concentrações de OD é uma etapa fundamental da verificação da qualidade da água porque o oxigênio é envolvido, ou influencia, em quase todos os processos biológicos e químicos nos corpos d'água. Concentrações abaixo de 5 mgL^{-1} podem afetar adversamente o funcionamento e sobrevivência de comunidades biológicas, e abaixo de 2 mgL^{-1} pode levar à morte excessiva de peixes (PÁDUA & FERREIRA, 2006).

b) pH- Potencial Hidrogeniônico: Segundo Pádua & Ferreira (2006) o pH (potencial hidrogeniônico) da água é a medida da atividade dos íons hidrogênio e expressa a intensidade de condições ácidas ($\text{pH} < 7,0$) ou alcalinas ($\text{pH} > 7,0$). Águas naturais tendem a apresentar pH próximo da neutralidade, devido à sua capacidade de tamponamento. Entretanto, as próprias características do solo, a presença de ácidos húmicos (cor intensa) ou uma atividade fotossintética intensa podem contribuir para a elevação ou redução natural do pH. O valor do pH influi na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade.

De acordo com Philippi Jr & Silveira, (2004) o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução; deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes.

Valores fora das faixas recomendadas podem alterar seu sabor e contribuir para corrosão do sistema de distribuição, ocorrendo com isso uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, dificultando a descontaminação da água.

A medição do valor de pH é imprescindível para qualquer análise de água, o efeito nocivo e também a disponibilidade biológica de muitas substâncias dependem

do valor do pH. Muitas das reações químicas são afetadas por esse valor, como é o caso da amônia.

c) Fósforo: Segundo Silva & Pruski (1997) *in* Donadio, Galbiatti & Paula (2005) o papel do fósforo na eutrofização dos recursos hídricos é essencial, e a origem desse nutriente a partir de áreas agrícolas tem sido colocada em relevância como indicador de qualidade de água, já que outros indicadores, como sólidos em suspensão e turbidez, estão associados ao transporte de fósforo. Nesse trabalho, ficou evidente a influência da concentração de PO_4 na deterioração da qualidade da água, sendo o uso agrícola o principal causador.

O fósforo desempenha importante papel no armazenamento de energia e na estruturação das membranas celulares (fosfolipídios), sendo considerado o principal elemento limitante da produtividade primária na maioria das águas continentais, embora freqüentemente seja apontado como o principal responsável pelo processo de eutrofização artificial desses ecossistemas (ESTEVEZ, 1998).

As altas temperaturas em ambientes tropicais e subtropicais elevam as taxas metabólicas, fazendo com que o fósforo seja rapidamente assimilado pelos produtores primários e que as concentrações de fósforo dissolvido, especialmente fosfato (fósforo solúvel reativo), nas águas continentais sejam bastante baixas (exceto os corpos d'água eutrofizados artificialmente) (ESTEVEZ, 1998).

O fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais. Em outras palavras, significa dizer que a quantidade de fosfato de fonte natural no sistema aquático depende diretamente do conteúdo de fosfato presente nos minerais primários das rochas da bacia de drenagem. Dentre estas, a mais importante é a apatita (ESTEVEZ, *op.cit*).

O fosfato aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2008).

Segundo Soares Filho (2010) o fósforo e o nitrogênio são mil vezes mais concentrados em efluentes de esgoto que em águas de lagos inalterados pelo homem. A entrada de fósforo é o maior problema. O fósforo é um nutriente essencial para o cultivo de vegetais e criação de gado, mas quando exportado destas áreas com a enxurrada pode atingir o ambiente aquático, promovendo o enriquecimento da água, desencadeando o processo de eutrofização (SHARPLEY, et al., 1999, *in* XAVIER, 2005).

d) Amônia Total e Amônia Tóxica e Nitrito: O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

Segundo Dias & Álvarez (1996) *in* Farias (2006), no solo a matéria orgânica é decomposta por numerosos grupos de bactérias e fungos. Inicialmente ocorre o processo de amonificação com a digestão enzimática das proteínas e liberação de aminas e aminoácidos; a seguir ocorre o processo de amonificação onde essas formas são hidrolisadas e liberam compostos amoniacais.

Amonificação é a formação de amônia (NH₃) durante o processo de decomposição da matéria orgânica dissolvida e particulada. A amônia formada é resultante da decomposição tanto aeróbia como anaeróbia da parte nitrogenada da matéria orgânica por organismos heterotróficos. O sedimento é o principal sítio de realização deste processo (ESTEVES, 1998).

O íon amônio pode ser convertido para nitrito e nitrato, ou absorvido pelas plantas, ou utilizado por organismos heterotróficos ou ainda ser adsorvido por forças eletrostáticas na superfície de argila. O processo de conversão da amônia a nitrito e deste o nitrato implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática. O nitrato está associado à metahemoglobinemia, uma doença que atinge principalmente crianças e se caracteriza pela falta de ar devido à substituição do oxigênio transportado pela hemoglobina, pelo nitrito originário do nitrato presente em águas de abastecimento (SAWYER *et. al.*, 1994, *in* FARIAS, 2006).

Ainda segundo Farias (2006) a amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg. L⁻¹. Além disso, como visto anteriormente, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade de água.

A amônia é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA *et al.*, 1995). Dos compostos nitrogenados, a amônia é uma molécula de grande importância, devido a sua toxicidade para os organismos aquáticos. Essa toxidez está correlacionada com o pH e, por extensão, a temperatura e o O₂ dissolvido. Com o aumento do pH, a amônia total vai se convertendo à forma tóxica não ionizada (NH₃). Em pH 7, menos de 1% da amônia encontra-se na forma não ionizada, em pH 8, de 5 a 9%, em pH 9, de 30 a 50% e em pH 10, de 80 a 90% (BOYD, 1990; ESTEVES, 1998 *apud* SOARES FILHO, 2010).

Segundo Dias & Álvarez (1996) *in* Farias (2006), no solo a matéria orgânica é decomposta por numerosos grupos de bactérias e fungos. Inicialmente ocorre o processo de amonificação com a digestão enzimática das proteínas e liberação de aminas e aminoácidos; a seguir ocorre o processo de amonificação onde essas formas são hidrolisadas e liberam compostos amoniacais.

Segundo Xavier (2005) a amônia ocorre naturalmente em corpos d'água proveniente da degradação do nitrogênio orgânico e matéria inorgânica do solo e da água, excreção da biota, redução do gás nitrogênio na água por microrganismos e pela difusão com a atmosfera.

Segundo Philippi Jr. e Silveira, (2004):

“O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária”.

O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos na água indica processos biológicos ativos influenciados por

poluição orgânica. Em condições de baixa acidez, os nitratos (NO_3), reduzem-se a nitritos (NO_2).

Os nitritos podem ser decorrentes de matéria orgânica em decomposição e drenagem em solos adubados ou então provenientes de fossas domésticas. Podem ser encontrados em águas poluídas, em concentrações que não excedam 1mg/l. Em maiores concentrações, esses íons podem ocorrer como um intermediário instável durante a nitrificação do íon NH_4 , especialmente quando efeitos tóxicos são detectados (GOMES, 2003).

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos na água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASSOI & GUAZELLI, 2004).

Os nitritos podem ser tóxicos para certos organismos aquáticos em concentrações acima de 1mg/L. Sua presença não é aceitável em águas potáveis. Em concentrações acima dos valores permitidos pela OMS (Organização Mundial de Saúde), nitritos podem produzir doenças de pele e anemia, sobretudo em indivíduos com baixa acidez gástrica. Em tubulações, a presença de microorganismos é prejudicial devido a problemas de corrosão (liberam gases corrosivos, favorecem a formação de lodos, odores etc.).

e) CO_2 Dissolvido (COD): Níveis baixos de CO_2 dissolvido podem comprometer a manutenção da comunidade fitoplanctônica, pois este constitui a fonte de carbono para o processo fotossintético. Já o aumento do teor de CO_2 dissolvido ameniza o efeito tóxico da amônia, com a diminuição do pH, porém pode causar mortandade de peixes, quando acima de 20,0 mg/L, em virtude de reduzir a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, o que provoca a destruição dos tecidos orgânicos (BOYD, 1990; PROENÇA; BITTENCOURT, 1994; SIPAÚBA TAVARES, 1994; SIPAÚBA TAVARES; ROCHA, 2001 *in* SOARES FILHO, 2010). Isso é afirmado por PORTZ *et al.*, 2005 ao destacar que os teores de CO_2 dissolvido devem no máximo chegar a 20,0 mg/L para a comunidade nectônica.

Além das interferências à comunidade nectônica, há comprometimentos à estruturas e equipamentos, como é relatado a seguir:

O dióxido de carbono (CO_2) é altamente solúvel na água e o CO_2 atmosférico é incorporado da interface ar-água. Adicionalmente, o CO_2 é produzido nos corpos d'água pela respiração da biota aquática, durante a decomposição da matéria orgânica suspensa ou sedimentada. Há altas concentrações de ácido carbônico livre, as águas tornam-se corrosivas a metais e concretos, como resultado da formação de bicarbonatos solúveis. A habilidade para afetar o carbonato de cálcio componente do concreto levou ao termo ácido carbônico agressivo ou CO_2 agressivo, o qual também é chamado CO_2 livre (PÁDUA & FERREIRA, 2006).

2.2.3.3 Caracterização Biológica da água

A caracterização biológica da qualidade da água foi realizada tendo por base o parâmetro Clorofila a (CL).

a) Clorofila A: A clorofila (CL) é um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético e representa aproximadamente de 1% a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas. Por este motivo é um indicador algal, utilizada na avaliação indireta da biomassa de algas, é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos (GASTALDINI & MEDONÇA, 2001; CARLSON & SIMPSON, 1996;).

A *clorofila a* é o pigmento dos organismos fotossintetizantes responsáveis pela retirada de elétrons da água para iniciar a reação luminosa para a fotossíntese. Sua determinação é importante em estudos ambientais, podendo ser usada como estimativa da biomassa fitoplanctônica que é o peso total de todos os indivíduos de uma população ou comunidade por unidade de área ou de volume num dado tempo (OLIVEIRA, 2001, *in* QUEIROZ, 2003)

Segundo Di Bernardo (1995) *in* Kuroda; Santos & Queiroz (2005), a presença de algas e/ou cianobactérias em águas destinadas ao consumo humano pode trazer efeitos diretos na qualidade da água, tais como:

- Aumento de matéria orgânica particulada;
- Aumento de substâncias orgânicas dissolvidas que podem conferir odor e sabor à água, ser precursores da formação de compostos organo-clorados, apresentar toxicidade, incrementar a cor da água, servir de substrato para o crescimento de bactérias na estação de tratamento e contribuir para aumentar a corrosão;
- Aumento do pH e de suas flutuações diárias;

- Diminuição do teor de oxigênio próximo ao sedimento podendo ocorrer liberação de sulfeto de hidrogênio, amônia, ferro, manganês, fósforo entre outros.

Assim, o CONAMA (2005) estabelece os valores máximos para a presença de clorofila em águas doces em $30 \mu\text{g L}^{-1}$.

Por decorrência das alterações, dificuldades diversas são introduzidas nos processos de tratamento de águas para consumo humano, requerendo tratamentos específicos, o que implica em custos adicionais. Nesse sentido, vários estudos em bancada e em instalação piloto têm sido realizados com o objetivo de avaliar a eficiência de determinado processo ou mesmo tratamento, para águas contendo algas e/ou cianobactérias. Nesses trabalhos experimentais, a concentração de pigmentos fotossintéticos é comumente utilizada para estimar a biomassa fitoplanctônica presente nas águas e efluentes dos tratamentos devido à maior praticidade e rapidez quando comparada à contagem por microscopia. Além disso, vale ressaltar que o exame qualitativo e quantitativo de fitoplâncton por microscopia requer treinamento e pessoal especificamente qualificado para sua execução, o que nem sempre é possível (KURODA, SANTOS & QUEIROZ, 2005).

2.2.4 Bases contextuais sobre poluição da água

Em Brasil (1981), a Lei 6938 (DOU, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), dá as seguintes conceituações sobre o termo *poluição*:

é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A poluição a que os corpos d' água estão sujeitos, causada por diferentes fontes de origem urbana, rural e industrial, leva à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros.

Esses planos, além de medidas de acompanhamento de suas metas, através de fiscalização, requerem dados que indiquem o estado do ambiente aquático. Para esse fim, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água. Programas de monitoramento da qualidade da água são estabelecidos para avaliar as substâncias presentes na água, avaliadas sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (SANTOS et al., 2001).

Assim, de forma mais estrita, a “poluição da água” é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa importar em prejuízo à saúde, bem-estar das populações e, ainda, comprometer a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, especialmente, a existência da fauna aquática (CONAMA, 2005).

Segundo a PNMA em Brasil (2003), as principais fontes de contaminação das águas são:

- efluentes domésticos
- efluentes industriais
- carga difusa urbana e agrossilvipastoril
- mineração
- natural
- acidental

Entretanto, cada uma das fontes citadas possui características próprias quanto aos poluentes que carregam. Sendo os efluentes domésticos aqueles provenientes das áreas urbanas, estes apresentam, por exemplo, compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes, microorganismos patogênicos, entre outros. Os poluentes industriais dependem do tipo de indústria, podendo apresentar as mais diversas substâncias em sua composição.

Já a carga difusa de poluentes urbanos é resultado das águas de drenagem da chuva do ambiente urbano. A contaminação agrossilvipastoril é resultado da atividade da agricultura, silvicultura e pecuária, sendo que estas atividades lançam seus poluentes nos corpos hídricos de forma difusa como, por exemplo, o carreamento de agrotóxicos e de partículas do solo. Que são depositados nos corpos hídricos pelas enxurradas.

A contaminação proveniente da mineração se deve as águas utilizadas no processo de mineração, quando essas retornam aos corpos hídricos. A contaminação natural está associada às chuvas e ao escoamento superficial e a

decomposição de vegetais e animais mortos. A contaminação acidental é resultado de derramamento acidental de materiais na linha de produção ou transporte.

Segundo Holt (2000) aponta que se por um lado à industrialização e a urbanização, juntamente com a intensificação das atividades agrícolas, têm resultado no aumento da demanda da água, por outro lado aumentam a contribuição de contaminantes nos corpos d'água. As maiores e mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não-tratados, escoamento e deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

2.2.5 As fontes de poluição

Um importante vetor de desenvolvimento humano que atua nos espaços urbano, agrícola e industrial é a disponibilidade hídrica. O desenvolvimento das atividades humanas, da mais simples a mais complexa, estão atreladas ao uso da água, seja disposta nos cursos fluviais ou em reservatórios. No entanto as ações humanas representam também o comprometimento da qualidade ambiental da água desses recursos, pois desenvolvem uma série de cargas de poluentes e derivados orgânicos e inorgânicos. Essas substâncias aumentam significativamente o regime dos ciclos biogeoquímicos das águas nas bacias receptoras desses poluentes, que neste caso estão representadas pelos próprios reservatórios, rios e lagoas.

Na análise das cargas de poluentes há que se considerar a distinção entre tipos de ambientes como já foi explicitado (ambientes lóticos e lênticos). É preciso ainda atentar para o fato de que muitas vezes pode haver a mudança no padrão de escoamento dos cursos fluviais, deixando de ser permanente para um controlado por vazões regularizadas (se houver a instalação de açudes ou represas). Essas obras de engenharia também são responsáveis pelo aumento da concentração e período de detenção de substâncias químicas e organismos patogênicos, que podem corromper significativamente o equilíbrio do ecossistema alterando os índices de estado trófico, a ecotoxicidade. Isso se reflete na potencialidade de uso das águas flúvio-lacustres, fluviais, estuarinas e costeiras.

Além disso, o comportamento das cargas de poluentes/contaminantes (nutrientes, agroquímicos, metais, óleos e graxas dentre outros) nos sistemas fluviais, lacustres, estuarinos e costeiros é de grande relevância, pois permite a

realização de diagnósticos para se estabelecer qual o nível de impacto da ação humana e área de abrangência destes impactos de modo que sirvam para subsidiar a implantação de um plano de controle ou monitoramento. O diagnóstico da qualidade das águas na bacia hidrográfica representa, portanto, ferramenta imprescindível para a ação gestora.

As fontes de contaminação são divididas em difusas e pontuais. Entende-se por poluição difusa a ação de contaminação que ocorre esparsa na natureza por todo tipo de resíduo orgânico ou inorgânico, inserido pelo homem, que pode ser carregado pelo deflúvio superficial para os mananciais de água. Diferente do que ocorre na indústria, por exemplo, quando lança algum tipo de contaminante de forma pontual em um manancial d'água (BRAILE, 1971).

Segundo Von Sperling (2005), na poluição difusa os poluentes adentram no corpo d'água distribuídos ao longo da sua extensão, como é o caso da poluição por fertilizantes ocorridas ao longo de uma bacia de captação em regiões onde a agricultura é intensiva. Já a poluição pontual é aquela na qual os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço.

As fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso da terra e na melhoria de programas de educação ambiental (MEYBECK, 2004).

Os materiais (particulados ou dissolvidos) transportados nas águas dos rios são originados de duas fontes possíveis; pontuais e não pontuais (difusas). As primeiras são resultantes da introdução de material em grande quantidade em locais isolados e detectáveis no rio, e é decorrente do despejo de resíduos, como, por exemplo, águas domésticas de cidades e efluentes de indústrias (ARGENTON, ESPÍNDOLA e NOGUEIRA, 2004).

As fontes não pontuais são mais difíceis de serem quantificadas e estão intimamente associadas a geologia, à utilização do solo (práticas agrícolas, pastagem, presença e tipo de floresta) e à morfologia da bacia de drenagem (HENRY, 1990 *in* ARGENTON, ESPÍNDOLA e NOGUEIRA (2004). Assim, a compreensão dos processos de degradação da qualidade da água implica conhecimentos sobre a bacia hidrográfica, suas características naturais, as atividades nela desenvolvidas e os possíveis impactos nos cursos de água.

Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor, embora muitas vezes estes resíduos sem tratamento são lançados diretamente nos corpos de água, causando sérios impactos as biotas, aos recursos hídricos, ao homem e demais componentes do sistema. Estas fontes pontuais de poluição têm limites determinados por leis ambientais, valores limites para descarga de efluentes nos recursos hídricos (BRITO, 2003).

A poluição causada pela agricultura pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual refere-se, por exemplo, à contaminação causada pela criação de animais em sistemas de confinamento, em que grandes quantidades de dejetos são produzidas e lançadas diretamente no ambiente ou aplicadas nas lavouras. Já a poluição difusa é aquela causada principalmente pelo deflúvio superficial e a lixiviação. Já em situações em que os solos são manejados de forma incorreta, poderá ocorrer a degradação das estruturas, favorecendo, então, o deflúvio superficial (MERTEN e MINELLA, 2002).

Vollenweider (2000) indica que para os trabalhos com fins de gerenciamento e controle da qualidade das águas é preciso realizar um inventário criterioso das fontes de poluição, devendo ser listados, separadamente os tipos e localizações dos focos diretos e indiretos que posteriormente deve ser organizados em um banco de dados em formato SIG (Sistema de Informações Geográficas). Essa estratégia foi utilizada por CEARÁ (2005) para o estabelecimento das fontes de poluição em áreas estuárias.

2.2.5.1 As fontes difusas e pontuais de poluição

Dentre as considerações sobre as fontes de poluição podemos destacar:

a) *O esgoto doméstico*: O esgoto doméstico é visto como fonte difusa pelo fato da ausência de sistema de esgotamento sanitário na maioria dos municípios brasileiros. Somente algumas capitais contam com o tratamento adequado das águas residuárias. Nestes casos o esgoto pode ser visto sob enfoque de fonte pontual de poluição (pois as águas residuárias têm um destino comum, a estação de tratamento). Nas demais cidades e municípios predominam as fossas sépticas, construídas sem normalização sanitária, o que geralmente em perdas de dejetos

para o solo. Há ainda os descartes das águas para as ruas configurando-se como *línguas negras* que entrecortam as cidades de pequeno e médio porte.

Carioca & Arora (1984) e Abreu (2004) estimaram que cada pessoa produz de 100 a 150 litros/dia de esgoto líquido. Logo verificando na bacia hidrográfica os municípios que são desprovidos de sistema de esgotamento sanitário é possível fazer uma estimativa geral. Os resíduos do esgoto doméstico são ricos em Carbono (C), Nitrogênio (N) e Fósforo (P) e estes são os principais elementos químicos responsáveis pela alteração da qualidade da água dos recursos hídricos.

b) Os resíduos sólidos: Esses resíduos englobam necessariamente o lixo produzido pelas pessoas e que por vezes encontra-se nas ruas, é formado em sua maioria por embalagens plásticas (garrafas e sacolas) e papel (jornais, panfletos publicitários e outros) que também podem contribuir para a poluição e contaminação dos cursos d'água principalmente no período chuvoso onde a chuva acaba levando todo o lixo encontrado pelas ruas para os cursos fluviais (áreas mais rebaixadas). Esses resíduos deveriam ser dispostos em lixeiras distribuídas em pontos específicos (nas localidades urbanas), mas a falta de coleta sistemática em algumas áreas, associada à falta de conscientização da população dificulta o adequado destino do lixo.

Esse tipo de resíduo é dado como fonte difusa de poluição, já os lixões podem ser enquadrados como fontes pontuais de poluição (pois permanentemente emitem poluentes e é possível mensurá-los, pois estão dispostos num só lugar). Nas áreas rurais o problema não é menos grave, pois todos os resíduos são, em geral, jogados em terrenos próximos, nas vertentes dos rios, ou são queimados e/ou enterrados. Esse lixo, se deixado a céu aberto pode servir como área de proliferação de doenças além de contribuírem para a contaminação do lençol freático.

É preciso destacar ainda que faltam aterros sanitários no Brasil e o caso se agrava para o Nordeste. Além disso, muitas vezes os poucos aterros existentes não obedecem às normas técnicas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, Termo de Referência nº 1984) necessárias para enquadrá-lo como aterro sanitário. Geralmente só as capitais ou grandes centros urbanos possuem aterros e estes em sua maioria já tem sua capacidade de recebimento de resíduos ultrapassada. Nas sedes dos municípios interioranos o lixo tem como destino os lixões, situados em áreas pouco afastadas.

A localização dos aterros e lixões é outro fator preponderante na questão da qualidade das águas, pois se faz necessário um planejamento prévio da área de instalação levando em consideração as características geográficas, a geologia local, a declividade, e a proximidade dos recursos hídricos de modo a evitar a poluição e contaminação dos rios e lagoas.

c) *As atividades agrícolas:* Cada atividade agrícola possui determinada exigência de nutrientes e por vezes as características pedológicas da área não apresentam as quantidades necessárias de nutrientes à cultura empregada. Logo é possível verificar a introdução de nutrientes naturais ou insumos industrializados como o NPK, um Composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (Andrade, 1991).

Nesse sentido a alteração das propriedades químicas do solo depende do tamanho da área de cultivo e a diversidade do mesmo. Sem esquecer ainda que esses nutrientes podem ser carregados para os leitos dos rios pela própria ação da irrigação ou pela lavagem do solo quando do período chuvoso. Logo, nem sempre é possível definir qual a real contribuição das atividades agrícolas para os solos, pois para isso é preciso quantificar muitos parâmetros (quanto de nutrientes entra no sistema; quanto já é proveniente do solo; quanto o tipo de cultura absorve; quanto o solo absorve e retém, e quanto do que ele absorveu, é liberado pela lixiviação ou irrigação; além da análise cumulativa desses parâmetros). Como são diversificadas as áreas em função das culturas, e ainda pelas características pedológicas, as atividades agrícolas também são vistas como fontes difusas de poluição.

d) *Os solos:* São contribuintes naturais de poluição, pois o processo de lavagem (lixiviação) do solo retira dele componentes solúveis e os leva para os rios. O solo é visto como uma fonte difusa de poluição, pois cada tipo de solo tem um percentual específico de elementos e/ou componentes que podem representar poluentes quando dispostos de forma concentrada. Dessa forma é possível através do mapeamento pedológico de uma determinada área estimar a contribuição do solo para o sistema hídrico levando em consideração os dados químicos dos solos do Brasil. Abreu (2004) também estimou a produção de desses componentes para a bacia hidrográfica Jaguaribana – no Ceará - pelos dados do Levantamento RADAMBRASIL.

e) *Os currais:* Configuram-se como base para as atividades agropecuárias sendo bem comuns em todo o país, dando suporte tanto à pecuária extensiva (englobando as criações bovinas, suínas, ovinas e a avicultura) como intensiva.

Entretanto os currais correspondem a fontes pontuais de contaminantes em função da produção de fezes de animais que acabam atingindo os recursos hídricos. A pastagem não controlada próximo à cursos fluviais representa também risco à qualidade ambiental das águas. Associada a atividade pecuarista é comum verificar a presença de matadouros públicos municipais (nas cidades interioranas) sem as condições adequadas de higiene. Porém, se analisada em sentido amplo a atividade pecuarista extensiva de gado não confinado pode ser entendida como fonte difusa de poluição.

f) *As indústrias:* Sendo Brasil um país de industrialização crescente, deve se considerar o papel destas na alteração da qualidade das águas, apesar da legislação vigente. As contribuições das indústrias alimentícias precisam ser acompanhadas, pois seus resíduos são ricos em nutrientes. Não se diminui aqui a contribuição das indústrias de produtos inorgânicos. Estas, por sua vez apresentam resíduos diversos que variam desde óleos e graxas até metais pesados. As indústrias, independente de seu tamanho, podem comprometer fortemente a qualidade ambiental das bacias hidrográficas.

2.2.6 Eutrofização nos recursos hídricos

Seguindo a etimologia da palavra eutrofização temos: do grego "*eu*" (bom, verdadeiro) e "*trophein*" (nutrir), portanto, "bem nutrido". Logo, denomina-se por eutrofização o fenômeno natural causado pelo aumento de nutrientes essenciais para o fitoplâncton e plantas aquáticas superiores, principalmente compostos nitrogenados, fosfatados, potássio, carbono e ferro. Porém, as diversas atividades humanas podem acelerar este processo. Podendo este processo ser denominado de eutrofização artificial, cultural, acelerada ou antrópica, normalmente causada pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais em um ambiente aquático mais ou menos fechado (BOYD, 1990; CARVALHO, 2004; CRUZ; BRAZ, 2000; ESTEVES, 1998; HOLMES, 2000) *in* SOARES FILHO (2010).

De acordo com Dodds (2002) a eutrofização é o processo onde um ecossistema torna-se mais produtivo pelo enriquecimento de nutrientes que estimulam os produtores primários. O aumento da entrada de nutrientes em um sistema pode ocorrer de forma natural ou por influência humana. Já o estado trófico diz respeito ao nível de produtividade de um ecossistema.

Kubitza (2000) e Schmittou (1999) *in* Soares Filho (2010) citam que quanto maior a eutrofização, maior será a densidade do fitoplâncton. Porém, pode atingir uma biomassa crítica, entrar em senescência e morte súbita (*die-offs*) parcial ou total, provocando uma redução no processo fotossintético. Com a rápida decomposição da biomassa fitoplanctônica, ocorre uma queda acentuada nos teores de O₂ dissolvido, redução no pH, aumento nos teores de CO₂ dissolvido, nitrito, amônia etc., comprometendo totalmente a qualidade da água.

Sendo assim, é necessário manejo adequado desses empreendimentos para reduzir os impactos e as alterações ambientais. Deve-se entender que a preservação ambiental é parte do processo produtivo e que não se deve conceber o desenvolvimento de técnicas de manejo para aumentar a produtividade sem avaliar os impactos produzidos. Assim, as atividades ocorrentes nos recursos hídricos devem estar apoiadas em três pilares essenciais e indissociáveis para que se possa ter uma atividade perene: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social (VALENTI, 2002).

A eutrofização dos recursos hídricos talvez seja um dos maiores impactos causados pela aquicultura, seja ela semi-intensiva ou intensiva. O manejo inadequado de rações propicia a entrada, o aumento e a concentração de nutrientes na água dos tanques de criação, promovendo a Eutrofização artificial dos mesmos. A baixa eficiência energética das rações constitui uma das principais causas da elevada perda de nutrientes para o ambiente, uma vez que é necessário ministrar grande quantidade de alimentos para obter o peso vivo desejado, o que resulta em elevada taxa de conversão alimentar (WATANABE, 1991 *in* MONTAGNOLLI *et al.*, 2004). O mesmo se aplica às áreas estuarinas onde ocorre com frequência a carcinicultura.

É impossível produzir sem provocar alterações ambientais. No entanto, pode-se reduzir o impacto sobre o meio ambiente a um mínimo indispensável, de modo que não haja redução da biodiversidade, esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural e alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas. Esta é uma parte do processo produtivo. Não pode-se desenvolver tecnologia visando aumentar a produtividade sem avaliar os impactos ambientais produzidos (VALENTI, 2002).

2.2.6.1 Processos associados à eutrofização

O efeito da qualidade do efluente sobre o corpo receptor está ligado principalmente à quantidade de sólidos suspensas na água, à quantidade de nutrientes dissolvidos e à redução nas concentrações de oxigênio dissolvido. O enriquecimento orgânico afeta diretamente as taxas de consumo de oxigênio e, quando a demanda por oxigênio é maior que a disponível, o sistema pode se tornar anóxico, principalmente na interface água-sedimento.

Os processos que ocorrem no sedimento também colaboram com a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, resultando na produção de amônia, gás sulfídrico e metano, os quais podem dissipar-se pela coluna d'água. O enriquecimento de amônia na água, sob baixas concentrações de oxigênio dissolvido, pH e temperatura elevada, propicia a mortandade de peixes implicando perdas econômicas (BOYD, 1982; *in* MONTAGNOLLI; *et al.*, 2004).

Dessa forma, nas atividades de aquicultura, a utilização de rações que apresentem baixa taxa de conversão alimentar e o emprego de técnicas eficientes de alimentação, bem como um sistema eficiente de detecção e coleta de resíduos alimentares (alimentos não ingeridos), pode reduzir a poluição por nutrientes (BLYTH & PURSER, 1993; *in* MONTAGNOLLI, *et al.* 2004).

Considerando os estudos de Barbosa *et al.* (2006), a eutrofização cultural é atualmente um dos principais problemas relacionados à qualidade da água e disponibilidade de recursos hídricos no mundo. Esta é causada pelo estabelecimento de atividades humanas nas bacias de drenagens, fato que tem incrementado descargas de nutrientes nos lagos, rios, reservatórios e estuários tendo como consequência mudanças nas características tróficas destes corpos aquáticos. Inúmeras fontes têm sido identificadas como as causas primárias deste enriquecimento: descargas domésticas e industriais e águas residuais urbanas e agrícolas, produtos que tem restringido drasticamente o tempo de vida útil destes ecossistemas.

Os índices de estado trófico (IET) foram desenvolvidos com o intuito de classificar as águas de lagos e reservatórios, facilitando assim, aos agentes de tomada de decisões e a comunicação ao público sobre o estado ou a natureza na qual se encontram tais sistemas. Neste trabalho considerou-se o índice do estado trófico de Carlson (IET), modificado por Mercante e Tucci-Moura (1999) que tem por

base a transparência da água e o fosfato (fósforo solúvel reativo), que classifica os estados de trofia de acordo com os seguintes índices: Oligotrófico ($IET \leq 44$), Mesotrófico ($44 < IET \leq 54$) e Eutrófico ($IET > 54$).

A classificação do estado trófico dos ecossistemas aquáticos é de grande valia, pois, permite a comparação da produtividade de ecossistemas dentro e entre ecorregiões distintas, além de oferecer uma noção inicial acerca da extensão de eutrofização cultural sofrida pelo sistema (DODDS, 2002). Para Carlson e Simpson (1996) o estado trófico representa o peso total da vida ou material biológico (*biomassa*) em um corpo d'água, em um local e hora determinados. Tempo e medidas específicas de localização podem ser agregados para produzir estimativas de nível d'água do estado trófico. O estado trófico é entendido como a resposta biológica ao forçar fatores tais como adições de nutrientes (NAUMANN, 1919 *in* CARLSON e SIMPSON, 1996). Mas o efeito dos nutrientes pode ser modificado por fatores como o período, tipos de culturas presentes, a mistura de profundidade, etc.

Segundo Von Sperling (2005), os níveis de trofia dos ambientes aquáticos e suas características mais comuns são: **Oligotrófico** (lagos claros e com baixa produtividade), **Mesotrófico** (lagos com produtividade intermediária), e **Eutrófico** (lagos com elevada produtividade, em comparação com o nível natural básico).

2.3 CONCEPÇÕES ACERCA DA COBERTURA E USO DO SOLO

Devido ao desenvolvimento da sociedade e o avanço da tecnologia, derivado das descobertas científicas, as interferências humanas aumentaram consideravelmente, principalmente em relação ao uso da terra e dos sistemas aquáticos (CUNHA & GUERRA, 1999).

Ao se discutir a expressão “uso da terra”, o termo “terra” tem um significado mais amplo que o termo “solo”. Da mesma maneira que o solo, ela também envolve os atributos dos recursos naturais que ocorrem na superfície da Terra, mas, ao contrário deles, integra a vasta gama de condições ambientais e processos que, direta ou indiretamente, estejam relacionados com esses atributos. A definição técnica e comumente aceita de “terra”, conforme determinado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação-FAO-ONU *in* Verheye (2009) é:

“uma área da superfície da Terra, em que as características de todos os atributos que se interrelacionam de maneira razoavelmente estável ou previsível (mesmo que cíclica) na biosfera (no sentido vertical acima e abaixo desta área), incluindo os atributos da atmosfera, dos solos e geologia subjacente, a hidrologia, as populações de plantas e animais, e os resultados do passado e do presente da atividade humana, à medida em que esses atributos exercem uma influência significativa sobre os atuais e futuros usos da terra pelo homem”.

Desse modo o “uso da terra” difere de “cobertura da terra” por causa do papel intencional das pessoas em se adaptar à cobertura natural da terra em função de seu benefício. A conotação de “uso da terra” implica uma interferência por seres humanos e uma intenção subjacente de transformar os recursos naturais da terra em algo benéfico (*beneficial output*). Isso implica tanto a maneira pela qual os atributos biofísicos da terra são manipulados, e quanto à intenção de sua manipulação subsequente, ou seja, a finalidade para a qual a terra é utilizada (VERHEYE, 2009).

Já a “cobertura da terra” é o estado biofísico da superfície terrestre (TURNER *et al.*, 1995, *in* FERREIRA, 2006). Isto é, a “cobertura da terra” descreve os atributos naturais e/ou construídos pela ação do homem, que cobrem determinada área: campos agrícolas, floresta, montanha, lagos, etc. Uso da terra envolve tanto a maneira como os atributos biofísicos da terra são utilizados como a intenção por trás dessa manipulação – o propósito pelo qual a terra é utilizada (TURNER *et.al.*, 1995; LAMBIN, 2004 *in* FERREIRA , 2006).

De acordo com o conceito da FAO, uso da terra define as atividades humanas que estão diretamente relacionadas à terra, fazendo uso de seus recursos, ou tendo um impacto sobre eles. Nesse contexto, a ênfase está na “função ou finalidade” para a qual a terra é usada, e é feita especial referência à “gestão das terras para atender às necessidades humanas”. O termo inclui tanto usos rurais e urbanos ou industriais. Uso do solo automaticamente envolve os conceitos de otimização do uso potencial da terra, avaliação de terras, por exemplo, e do ordenamento do território (VERHEYE, 2009).

De acordo com Chueh e Santos (2005) o uso do solo está relacionado diretamente à degradação do ambiente pelas ações antrópicas, tanto diretas quanto indiretas. Estas ações podem variar em grau de intensidade conforme a função que um determinado ambiente assume, decorrente da apropriação dos seus recursos

naturais, normalmente priorizando-se o fator socioeconômico em detrimento do ambiente físico, transformando-o em um espaço que demanda a sua exploração econômica, estabelecendo uma nova dinâmica na relação homem/natureza e gerando consequências no meio natural.

Este processo de apropriação e exploração ambiental carece de diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir impactos ambientais considerados negativos, tanto para se evitar a degradação dos ambientes a serem explorados, quanto para minimizar as degradações já ocorridas, proporcionando subsídios técnicos no planejamento das ações mitigadoras. Assim, conhecer o comportamento do solo da bacia em termos de cobertura da terra e uso da terra é ferramenta de grande valia para a análise da qualidade ambiental da bacia hidrográfica. Logo, buscou-se discutir acerca da proteção dada ao solo pela vegetação atual (cobertura da terra), como também sobre as formas de uso do solo.

2.3.1 O grau de proteção da cobertura vegetal atual

De acordo com Botelho (2010) o levantamento dos dados sobre a cobertura vegetal, em geral, vem acompanhado pela informação sobre o uso atual do solo, já que ambos estão estreitamente relacionados.

Botelho (2010) destaca a importância da cobertura vegetal:

A identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal atual informa, principalmente, sobre o nível de proteção do solo, já que a cobertura vegetal é responsável pela proteção contra a ação do impacto das gotas da chuva (*splash*), pela diminuição da velocidade do escoamento superficial (*runoff*), através do aumento da rugosidade do terreno, e pela maior estruturação do solo, que passa a oferecer maior resistência à ação dos processos erosivos.

Como a cobertura vegetal atual e uso atual do solo, geralmente, estão relacionados, é possível criar, após a etapa de planejamento propriamente dita, ou seja, do estabelecimento das atribuições ou sugestões ou alterações de uso do solo, um confronto ou incongruência de *uso*, em função da conjugação das informações sobre o uso e cobertura do solo atual (real) e aquele considerado mais adequado (potencial).

A vegetação exerce papéis importantíssimos, dentre eles destacam-se: a manutenção do ciclo da água, pois à medida que protege o solo contra o impacto

das gotas de chuva, aumenta a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica. A proteção dada ao solo pela vegetação nativa proporciona menores perdas de solo e maior capacidade de retenção de água, especialmente quando comparada ao solo sob culturas ou desnudo.

De acordo com Silva; Schulz e Camargo (2003) a cobertura do solo é um fator que está intimamente ligado a processos antrópicos (econômicos, sociais e culturais), os quais explicam o modo pelo qual vem sendo manejado o solo de uma região, assim como sua cobertura. A vegetação apresenta importância fundamental no equilíbrio dos ecossistemas, pois torna o solo fértil, com a decomposição das folhas e de outras partes; reduz a velocidade do escoamento da água, evitando assim, o assoreamento dos rios; permite maior solidez e porosidade do solo por meio do seu sistema radicular; propicia a formação de materiais coloidais, importantes para a aeração do solo; e ainda protege os recursos hídricos e abriga inúmeras formas de vida (SILVA, 2003).

Assim, ao descrever e caracterizar a vegetação da área é possível conseguir informações importantes quanto às modificações da natureza e assim analisar de forma sistemática os vários processos atuantes.

2.3.2 Índice de suscetibilidade do solo à erosão

Ainda associado ao uso do solo está a suscetibilidade do solo alterado em sofrer erosão em função das atividades intervenientes. Segundo Mafra (2010) o que diz respeito à análise dos mecanismos de erosão hídrica, consideram-se, como fontes de energia, a ação das gotas de chuva e a atuação dos processos hidrológicos de superfície e subsuperfície. A essas duas fontes se contrapõe a resistência que oferecem o solo e a vegetação à atuação dos processos erosivos. Ou seja, a erosão depende das relações existentes entre a capacidade erosiva da chuva e os fluxos de superfície e subsuperfície, assim como da suscetibilidade dos materiais a serem erodidos.

Beltrame (1994) e Sucupira (2006) relatam que para cada grupo de diferentes tipos de rochas, pode-se associar a um índice referente ao grau de suscetibilidade à erosão. Para cada grupo de diferentes tipos de rochas, pode-se associar um índice

referente ao grau de desagregabilidade das mesmas à erosão. Desse modo a suscetibilidade dos solos à erosão é analisada em função de suas diferenças texturais, correlacionando o diâmetro das partículas com a mínima velocidade média do fluxo da água necessária para transportá-las. Segundo Sucupira (2006), as curvas de erosão/transporte e transporte/sedimentação, comportam-se de forma distinta a diferentes velocidades de corrente e para diferentes classes da granulometria. Sendo, portanto necessário o estudo integrado entre as classes texturais e a vazão na seção de análise.

Segundo Mafra (2010) os solos possuem diferentes vulnerabilidades à erosão, a qual depende diretamente de características como a textura, a estrutura, a consistência, conteúdo de matéria orgânica, desenvolvimento do perfil de solo, etc. A textura é uma das mais importantes, devido à estreita relação com as propriedades de coesão do solo, estabilidade dos agregados, assim como a permeabilidade. O domínio das frações areia fina e silte, por exemplo, favorece uma maior credibilidade, enquanto elevados percentuais de areia grossa permitem uma maior permeabilidade e, portanto menor credibilidade.

De um modo geral, os solos que apresentam percentuais elevados de argila possuem uma boa coesão e uma apreciável estabilidade estrutural, ainda que existam diferenças no que diz respeito a essas propriedades, para argilas de estrutura 1:1 e 2:1. É importante a avaliação desse conjunto de características e propriedades e sua relação com a capacidade de infiltração do solo, uma das condições determinantes do processo erosivo (MAFRA, 2010).

A erosão do solo tem sido definida como “a desagregação e o transporte de solo por agentes erosivos” (ELLISON, 1947 *in* ALBUQUERQUE; CASSOL & REINERT, 2000). A erosão geológica ou normal é a erosão do solo em seu ambiente natural, não alterado pela atividade humana, incluindo os processos de intemperização e a remoção dos materiais pela gravidade, vento, água e gelo, ativos através do tempo geológico. “A erosão acelerada é a erosão com uma taxa excedente a taxa natural ou de gênese do solo” (GOTTSCHALK, 1965 *in* ALBUQUERQUE; CASSOL & REINERT, 2000).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Catu apresenta uma paisagem bastante diversificada, composta por feições litorâneas (que vão desde praias arenosas, campos de dunas, estuários, lagoas costeiras, tabuleiros) e feições continentais (maciços cristalinos, lagoas freáticas, superfícies tabulares de interflúvios, planícies fluviais e fluvio-lacustres etc.).

Estas feições que compõem vários sistemas litorâneos ou pré-litorâneos, chamados por Souza (2003) de unidades geoambientais, são o resultado da interação de uma matriz de fatores e variáveis ambientais associadas ao suporte (condições geológicas e geomorfológicas), ao envoltório (condições hidrológicas e climáticas) e à cobertura (solos e cobertura vegetal) de uma determinada região. Logo, as similitudes entre essas unidades em termos potenciais e limitantes dão base para o planejamento territorial da área por meio de um zoneamento obedecendo tais potencialidades e fragilidades.

O substrato da bacia hidrográfica do rio Catú é constituído por rochas pré Cambriana e Cenozóica (Terciárias e Quaternárias) e rochas Pré-cambrianas. A partir dessas unidades morfo-estruturais os elementos naturais foram desenvolvidos e esculpidos, ora mais fortemente condicionados pelo clima, ora mais fortemente condicionados pela estrutura.

Na compreensão desse conjunto de elementos tentou-se aqui fazer um panorama integrado obedecendo a uma organização litológico-estratigráfica estrutural onde os outros elementos naturais foram se desenvolvendo e se entrelaçando. As duas unidades de análise podem ser subdivididas em **Estruturas pré-cambrianas e proterozóicas** que compõem as estruturas cristalinas, e as **Estruturas cenozóicas**, que compõem a Formação Barreiras, os Depósitos Fluvio-aluvionares, Depósitos Flúvio-Marinhos, Depósitos Eólicos e Marinhas (Figura 02).

As **Estruturas pré-cambrianas e proterozóicas** da área marcam o contato da bacia com o embasamento cristalino. Brito Neves (1975) *in* Brandão (1995) afirma que a área se insere no contexto geológico/geotectônico da Faixa de Dobramentos Jaguaribeano, que deve estar associada a unidades litoestratigráficas do Proterozóico Inferior e Superior, representados respectivamente pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico do Complexo Ceará-Unidade Canindé (CPRM, 2011).



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

**FIGURA 2:
ESBOÇO GEOLÓGICO
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ.**

**Autora:
MARIA LUZINEIDE GOMES**

**Orientadora:
Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira**

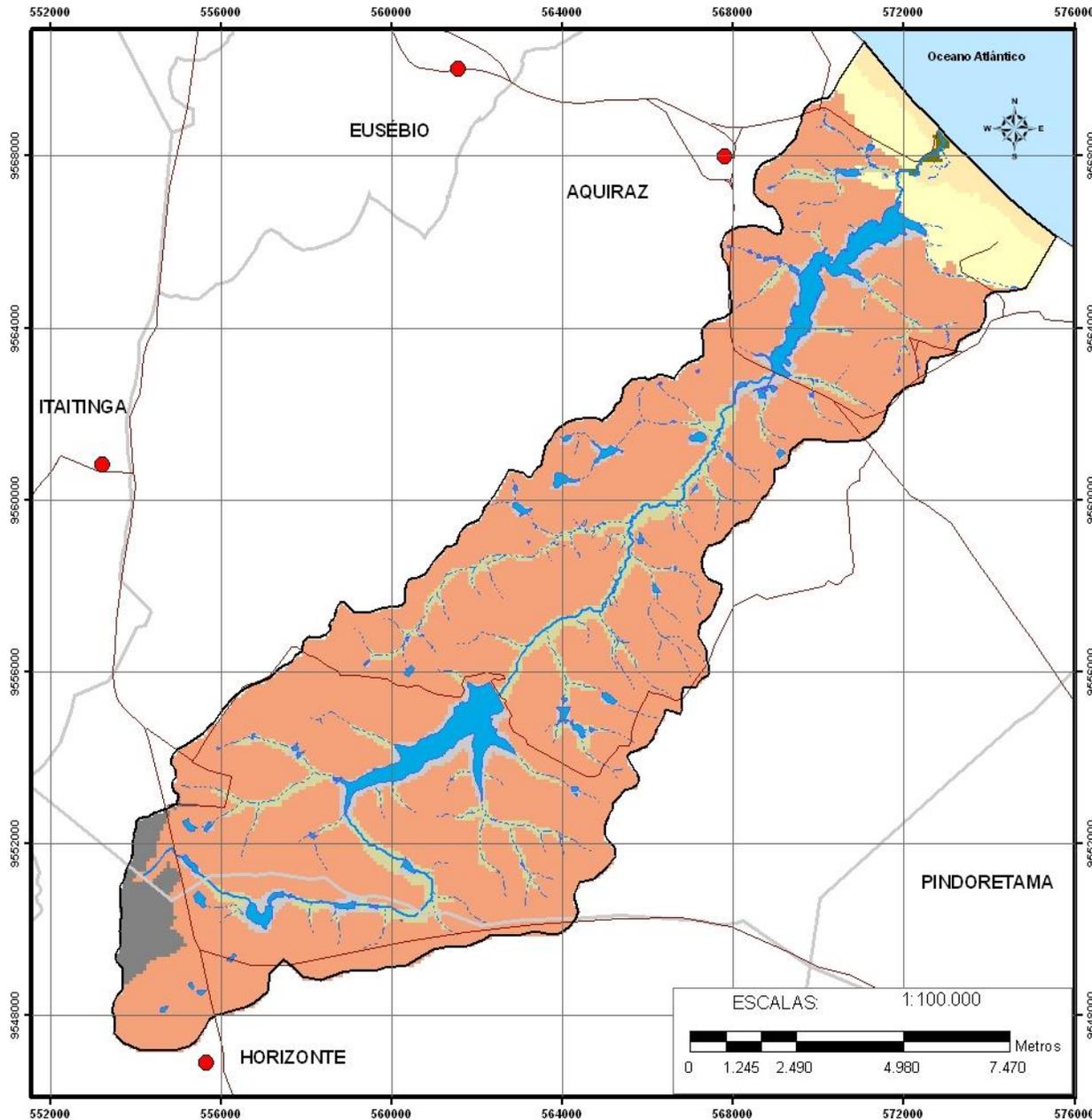
**Co-orientador:
Prof. Dr. Jäder Onofre de Morais**

LEGENDA

-  Depósito areno-quartzoso marinho
-  Depósito areno-quartzoso eólico
-  Depósito flúvio-marinho
-  Depósito flúvio-lacustre
-  Depósito flúvio-aluvionar
-  Formação Barreiras
-  Terrenos Cristalinos

Convenções cartográficas

-  Sedes municipais
-  Sistema viário
-  Limites Municipais
-  Cursos fluviais
-  Lagoas e reservatórios



Referência do mapeamento geológico:
Brandão (1995), Pessoa (2003) e CPRM (2011)

Referência das imagens:
Ortofotocartas Retificadas
PECE (Ano: 2008)
Datum de referência: SAD-69

Mapa que integra o trabalho de tese intitulado
Análise ambiental e avaliação quali-quantitativa
da bacia hidrográfica do Rio Catú
(Aquiraz/Horizonte - Ceará).
Ano: 2012

Figura 2 – Mapa do esboço geológico da Bacia Hidrográfica do rio Catú.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico é representado por associações variadas de gnaisses, além de lentes de anfibolitos, quartzitos, calcários cristalinos, xistos e outras estruturas que Crandall (1910) *in* Brandão (1995) chamou de Grupo Ceará, denominado de Complexo Ceará (CPRM, 2011). É essa unidade litológica conjugada aos processos de evolução do relevo por processos denudacionais e/ou por erosão consecutiva ao soerguimento do conjunto de maciços associados ao Maciço de Baturité permitiu a construção da superfície de erosão de terrenos cristalinos da Depressão Sertaneja e a grande unidade deposicional da Formação Barreiras.

Na área de estudo só se identifica pequenos maciços representados por plutonitos encaixados aos gnaisses do Complexo Gnáissico-Migmatítico (Figura 03). Um desses pequenos corpos maciços - o Serrote do Catolé (em Horizonte) com 135 metros de altitude - é o divisor d'água responsável pela nascente do rio Catu. Esse serrote, juntamente com outros que se estendem da localidade Timbaúba (Horizonte) até a localidade de Croatá (Aquiraz), apresenta uma direção predominante de sudoeste/nordeste com serrotes que variam de 87 a 135 metros. Esses pequenos maciços cristalinos funcionam como divisores d'água na área do médio/baixo Pacoti e nascentes do rio Catu.



Figura 03 – Ao fundo, os pequenos maciços do Complexo Gnáissico-Migmatítico na porção sul da área de estudo. Fonte da foto: da autora, 2009.

Ocorrem ainda em algumas áreas coberturas Colúvio-Eluviais nas formas de manchas que se assentam diretamente sobre os litotipos pré-cambrianos.

Esses depósitos são resultantes do intemperismo *in situ* ou com pequeno deslocamento gravitacional. Geram feições também aplainadas na forma tabular que por vezes encontra-se intercalada nos depósitos da Formação Barreiras. A semelhança entre os sedimentos produzidos entre essas duas unidades dificulta a identificação desses depósitos (BRANDÃO, 1995).

Dado o comportamento climático da área e as condições pedológicas, a vegetação original dessa porção da bacia é composta geralmente por mata com representantes da caatinga hiperxerófila, com formação arbustiva e arbórea baixa, com algumas cactáceas (Figura 04 e 05).



Figura 04 – Mata com representantes da caatinga hiperxerófila, com formação arbustiva e arbórea baixa, representando a mata original da área na porção sul. Fonte da foto: da autora, 2010.



Figura 05 – Mata com representantes da caatinga hiperxerófila caducifoliar e com presença de cactáceas. Fonte da foto: da autora, 2009.

Muitas vezes a densidade da mata está associada ao fato de que as condições climáticas e pedológicas ainda não se configuram como tão áridas como ocorre na região mais central das depressões sertanejas. Pessoa (2003) cita como exemplares: catanduva (*Lityrocarpa benth*), mofumbo (*Cobretum leprosum*), marmeleiro (*Cróton sp.*) ameixa (*Ximenia sp.*). Essa associação vegetal é também encontrada nas partes altas de tabuleiro.

Avançando para as unidades que compreendem as **Estruturas cenozóicas**, faz-se menção primeiramente a **Formação Barreiras** (Grupo Barreiras Indiviso de acordo com CPRM, 2011). Esta unidade é caracterizada por uma região plana a fracamente ondulada que se inclina em direção do mar. De acordo com os dados de campo e interpretação das ortofotocartas da área, as

cotas mais altas dessa unidade atingem cerca de 80 metros. O esboço geológico dessa unidade é caracterizado por uma extensa faixa sedimentar, que se desenvolveu, segundo Bigarella (1975) *apud* Brandão (1995), a partir da acumulação de sedimentos terrígenos, ocorrido no final do Terciário e início do Quaternário, através da denudação do continente.

Litologicamente, os sedimentos desta formação, constituem-se, de acordo com Carvalho, Morais & Coutinho (1994), Brandão (1995) e CPRM (2011) de sedimentos areno-argilosos, pouco consolidados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, com granulação variando de fina a média (silte/argila), contendo ainda sedimentos mal selecionados e sub-arredondados a angulares dispersos de forma geralmente estratificada.

Ocorrem ainda nesta unidade leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base (Figuras 06 e 07), perceptíveis principalmente em áreas onde o entalhe fluvial se sobressai em relação ao rebaixamento do relevo. Nessas áreas podem-se perceber as características dessa unidade. Na porção norte da bacia do Catú, a Formação Barreiras geralmente encontra-se sobreposta pelos depósitos eólicos sendo perceptível nessa área o contato dessas duas unidades geológicas (Figura 08).



Figura 06 – Margem direita do Catú: Pelo entalhe da drenagem pode-se perceber as linhas de transição dos estratos da Formação Barreiras. Fonte da foto: da autora, 2011.

Em função das características texturais dessa unidade, os processos associados à morfogênese estrutural são mais lentos, permitindo maior estabilidade ao conjunto. Assim, a continuidade longitudinal dessa estrutura somente é cortada pela drenagem formando superfícies tabulares chamadas por Souza (2003) de Tabuleiros Pré-litorâneos.

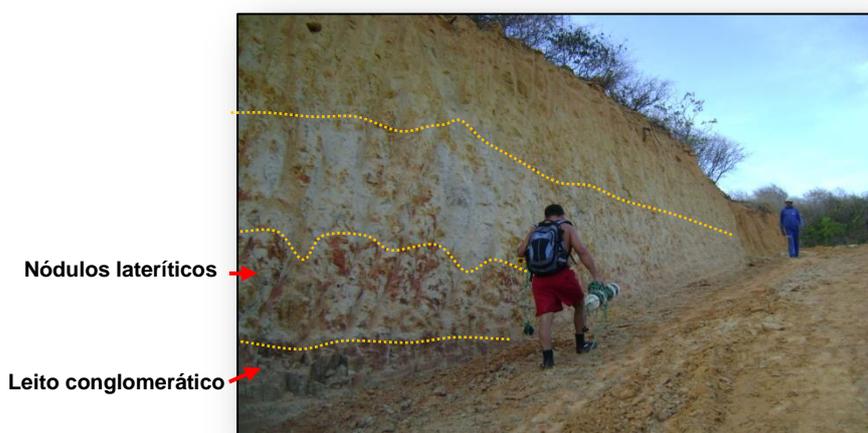


Figura 07 - No detalhe verificam-se as características (nódulos lateríticos e leito conglomerático na base, coloração avermelhada, creme ou amarelada e textura siltico-argilosa) da Formação Barreiras na área. Fonte da foto: da autora, 2011.

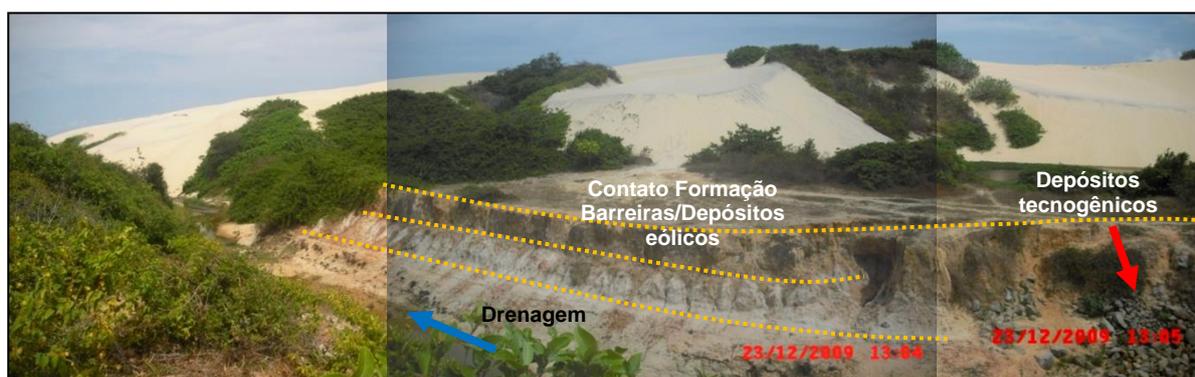


Figura 08 – Margem direita do Catú. Pelo entalhe da drenagem pode-se perceber a linha de contato da superposição dos depósitos eólicos sobre a Formação Barreiras. Fonte da foto: da autora, 2009.

Essa unidade está, de acordo com Pessoa (2003), associada por sua vez aos Argissolos vermelho-amarelo distróficos, que ocorrem por toda a área dos tabuleiros e nascentes do rio Catu. São caracterizados por serem solos profundos a medianamente profundos, com horizonte B textural, geralmente bem drenados. São distróficos e em razão de suas características arenosas, estão sujeitos à erosão (EMBRAPA, 1999, 2006).

Para o uso agrícola, estes solos são considerados de baixa fertilidade natural e forte acidez, sendo necessária a aplicação de fertilizantes e corretivos de acidez. São solos vulneráveis à lixiviação e acidez com baixa capacidade de bases trocáveis. Mesmo dadas suas limitações, o uso atual é feito por atividades

agropecuárias, extrativismo e culturas de subsistência, em função do baixo teor de matéria orgânica.

Desse modo as associações vegetais identificáveis nessa unidade são representadas pela vegetação subcaducifolia de tabuleiro (Figura 09) e subcaducifolia de caatinga arbustiva (Figura 10).



Figura 09 – Caracterização da vegetação subcaducifolia de tabuleiro na área. Foto da autora, 2009.



Figura 10 – Vegetação subcaducifolia de caatinga arbustiva sobre a Formação Barreiras. Foto da autora, 2010.

Além daquelas que colonizam as áreas altas de tabuleiro em contato com o cristalino, são citadas por Pessoa (2003): jenipapo bravo (*Tacayena sp.*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), mandacaru (*Cereus sp.*), pauferro (*Cássia ramiflora*), ameixa (*Ximênia americana*), angélica (*Guettarda sp.*); lixeira (*Curatela americana*), imbaúba (*Cecropia sp.*), imburana (*Bursera sp.*), batiputa (*Ouratea fieldingiana*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), croata (*Bromélia sp.*).

As espécies de maior densidade foliar dessas associações vegetais proporcionam maior proteção ao solo, pois permitem uma menor ação erosiva e maior infiltração.

Salienta-se ainda que, em função da potencialidade dos solos dessa unidade, boa parte da vegetação já se configura como espécies estranhas à região introduzidas pelas formas de utilização da terra, com destaque para as frutíferas permanentes como mangueira, goiabeira, coqueiro, cajueiro, sapoti e outras associadas às culturas forrageiras, como capim e cana-de-açúcar para alimentação de uma pecuária discreta (Figuras 11 e 12).

Muitas vezes essas associações vegetais são confundidas como sendo representantes da composição florística original.



Figura 11 – Vegetação de coqueiro representando associações vegetais de frutíferas permanentes introduzidas na área. Foto da autora, 2010.



Figura 12 – Aspecto das grandes áreas de plantio de cana-de-açúcar na região. Foto da autora, 2009.

Considerando a textura dos solos dessa unidade, que apresenta elevados percentuais de areia (além de teores consideráveis de silte e argila) verifica-se que as áreas desprovidas de vegetação (seja pelo desmatamento indiscriminado, seja pelas atividades de uso que tem como ação primeira a retirada da vegetação) sofrem bastante com os processos erosivos, seja ela de forma laminar ou linear.

O trabalho de entalhe do relevo estrutural pela drenagem permitiu o aprofundamento dos vales e os processos associados à denudação e erosão laminar proporcionou o recuo e rebaixamento das vertentes criando uma feição de planície que acompanha os cursos fluviais compondo os depósitos de aluviões, do Período Quaternário.

Essas feições recebem continuamente o produto dos processos ora citados. Logo, formam estreitas faixas contíguas aos cursos fluviais, mas que os acompanham por toda sua extensão (de forma longitudinal), ora na forma própria de pequenas planícies, ora na forma de terraços. Nas áreas finais de deposição (desembocadura de rios) a deposição é ampliada em função da diminuição do gradiente dos cursos fluviais (SOUZA, 2003).

Essas faixas representam depósitos constituídos pelos sedimentos fluviais e lacustres, caracterizados geralmente, de acordo com Brandão (1995), por sedimentos de granulometria bastante particular. Ao longo dos canais ativos apresenta sedimentos de granulometria grossa e ao longo das planícies de inundação a granulometria é mais fina. Há ainda constantes contribuições para

essas áreas em função do retrabalhamento da Formação Barreiras trazendo assim material de granulometria variada (areias finas, siltes e argilas).

Segundo Morais & Meireles (1992), muitos desses depósitos, que teriam como principal destino o oceano, são barrados pelos campos de dunas (atuais e/ou pretéritos) fazendo surgir as lagoas costeiras geralmente situadas à retaguarda das dunas mais interiores. Brandão (1995) afirma que nas lagoas (seja ela costeira ou interior) ocorre principalmente a deposição de sedimentos pelíticos e grande quantidade de matéria orgânica, sendo comum a formação de camadas de diatomita. Isso é confirmado na área pelos levantamentos de campo e pontualização pela CPRM (2011) de jazimentos de diatomita dispostos ao longo da bacia.

Na área da lagoa do Catú, por exemplo, o acúmulo desses sedimentos pode ser constatado através do material siltico-argiloso e orgânico com frações arenosas que ocorre no piso e nas margens da lagoa (Figura 13).



Figura 13 – Sedimentos de matriz siltico-argilosa com frações arenosas depositado nas margens da lagoa do Catú em função da diminuição do gradiente do rio ao encontrar uma bacia de deposição. Foto da autora, 2009.

Isso se dá pelo fato de que com o aprisionamento da água pelo barramento do campo de dunas, os sedimentos finos já começam a se depositar no início da bacia da lagoa ao passo que a corrente perde a energia ao encontrar a bacia de deposição. Outrossim, esses sedimentos, não chegam mais até a foz.

Nas áreas das planícies fluviais, lacustres e também estuarinas é bastante comum a presença de solos bastante hidratados em função, claro, da presença

quase constante da água. Verificam-se, considerando os apontamentos de Pessoa (2003), EMBRAPA (1999, 2006), as seguintes classes de solo:

Gleissolos: Em algumas áreas com caráter tiomórfico, apresentando-se como solos hidromórficos, constituídos de material mineral saturado de água, por fluxo lateral no solo, podendo a água se elevar por ascensão capilar atingindo a superfície. A textura é arenosa, formado de materiais originários estratificados ou não; desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e materiais aluviais, terraços fluviais, lacustres e marinhos, como também em materiais residuais, em áreas deprimidas. Nas áreas de maior saturação salina o caráter é sálico, refeindo-se a propriedade referente à presença de sais mais solúveis em água. A textura é arenosa no horizonte A e média ou argilosa no horizonte Bt, algumas vezes com cascalho. Tem limitações ao uso agrícola em virtude do alto teor de sódio trocável, pouca profundidade efetiva e susceptibilidade à erosão. Este solo ocorre no médio curso do rio Catu entre as cotas que variam entre 28 e 32 metros de altitude (PESSOA, 2003).

Neossolos flúvicos: são solos derivados de sedimentos aluviais, com horizonte A assentado sobre o horizonte C, constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. São solos poucos desenvolvidos, originados de deposições recentes de natureza diversa, medianamente profundos, drenagem moderada ou imperfeita. São solos de média a alta fertilidade. O horizonte A a Ap é fraco com textura areno-argilosa, com coloração de cinza a cinza escuro, e suas características morfológicas variam muito em razão do material originário do tabuleiro, ou, mais precisamente, dos interflúvios que se encontram nas altitudes de 35 a 82 metros (PESSOA, 2003). Esses solos acompanham o percurso do rio Catu em toda a sua extensão, nos riachos menores e ao redor das lagoas.

As associações vegetais que estão conjugadas as estes solos e a área das planícies fluviais e lacustres estão representadas, de acordo com Pessoa (2003), pela vegetação subcaducifólia de várzea tendo como principal representante a carnaúba (*Copernicia prufunífera*) (Figura 14), seguida de outras espécies arbóreas e arbustivas como a oiticica (*Licania rígida*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), ingá bravo (*Lonchocarpus sp.*), mulungu (*Erithrina velutina*), sabiá (*Mimosa caesalpiniefolia*), jurema preta (*Mimosa acustipula*), mofumbo (*Combretum sp.*), mororó (*Bauhinia forticata*) e outras. Entretanto, dada a fertilidade associada às

classes de solo destacadas, também se desenvolvem nesta área lavouras de subsistência (mandioca, milho, feijão etc.).

Avançando em direção do litoral o sistema fluvial começa a interagir com o ambiente marinho, onde os sedimentos fluvio-aluvionares que conseguiram transpor (atualmente ou em tempos pretéritos) os barramentos se agrupam aos sedimentos de origem marinha e eólica formando depósitos fluvio-marinhos do Holoceno (Figura 15). São normalmente caracterizados por depósitos siltico-argilosos, ricos em matéria orgânica. São verificáveis por todo o baixo curso do rio Catú até onde há influência marinha. A interface de contato da água doce e salgada permite a floculação das argilas e a deposição desses sedimentos finos.



Figura 14 – Vegetação de carnaúbas que coloniza as áreas das planícies fluviais. Foto da autora, 2010.



Figura 15 – Imagem panorâmica do estuário do rio Catú em período de baixa-mar permitindo visualizar os depósitos fluvio-marinhos no leito maior do estuário. Foto: Moreira, 2010.

Geralmente a feição desenvolvida nessa região assemelha-se a uma superfície de aplainamento transversal a partir das cotas mais elevadas das margens (que é a porção mais litorânea do Tabuleiro). Essa superfície, denominada de Planície Flúvio-Marinha pode ainda apresentar-se sobreposta por cordões dunares ou dunas individualizadas.

As alterações verificadas no baixo curso do rio Catú tem interferido na hidrodinâmica desse rio, com efeitos diretos no sistema estuarino. Falcão et. al. (2006) acredita que o estuário do rio Catu é um ambiente estuarino-lagunar em fase de evolução para ambiente lacustre devido aos processos decorrentes da construção de barragem a 2,53 km da foz. A referida barragem compreende o corpo da lagoa do Catú, que teve seu espelho d'água acrescido pela construção de uma barragem na porção norte. A operacionalização desta obra representou o principal vetor de redução do aporte de sedimentos em suspensão e da descarga de fluvial para o estuário, apresentando um estuário dominado principalmente pelos processos costeiros.

Analisando tais alterações e relacionando-as à tipologia de solos presentes fica fácil compreender a ausência de organossolos (solos constituídos de material orgânico) bem característicos. Verifica-se que há neles grandes percentuais de material de granulometria arenosa. Isso se reflete na tipologia das associações vegetais. Assim, não se verifica, de forma significativa, na área da planície flúvio-marinha a vegetação de mangue. Nessa área, ao contrário do que deveria ser, a vegetação de mangue é bastante rara, em virtude da falta do aporte de material fino, permitindo a predominância de sedimentos de granulometria que varia de média a grossa (areias).

Outro fato que colaborou com isso foi a forma de intervenção humana, principalmente a urbanização da localidade de Prainha. Pessoa (2003) afirma que somente o mangue verdadeiro ou sapateiro (*Rhizophora mangle*) pôde ser encontrado na área, não ultrapassando a faixa de 80 cm. Entretanto, a vegetação que domina a planície flúvio-marinha é o bugí (*Dalbergia hecastophyllum*), uma espécie arbustiva que faz contato com o manguezal. Nessa área verifica-se também a ocorrência de gleissolos de caráter tiomórfico com textura arenosa associados aos terraços fluvio-marinhos (Figura 16) colonizados por espécies vegetais do tipo psamófilas.



Figura 16 – Imagem panorâmica do estuário do rio Catú denotando a ausência de vegetações características de mangue e presença da vegetação arbustiva (bugí) que bordeja o estuário. Destaca-se ainda as áreas de terraços flúvio-marinhos já ocupados de forma desordenada. Foto: Bastos, 2010.

A última unidade das estruturas Cenozóicas a ser pormenorizada neste trabalho são os depósitos eólicos e marinhos. Entretanto, muitas feições podem ser identificadas dentro dessa unidade, mas que não são objeto principal de análise nesse capítulo, logo elas não serão tão detalhadas.

Os depósitos eólicos e marinhos da área da bacia do Catú estão representados principalmente pelos campos de dunas e a faixa praial, respectivamente.

As dunas da área foram classificadas por Carvalho, Coutinho & Morais (1994) em gerações distintas associadas aos estágios de evolução do Barreiras e da própria evolução costeira. Na classificação dos depósitos eólicos, CPRM (1995), Silva (2000) e Ribeiro (2001) utilizaram os termos “paleodunas” (para os depósitos mais antigos) e “dunas móveis ou recentes” (para os depósitos recentes). Entretanto Carvalho, Coutinho & Morais (1994), Carvalho (1994) e Maia (1998) apresentaram uma subdivisão em três gerações distintas, denominadas primeira geração (para os depósitos mais antigos), segunda geração e terceira geração (para os depósitos mais recentes, mas que apresentam distinções em termos de processos evolutivos e características). Desse modo, seguir-se aqui a classificação desses últimos autores percebendo que os mesmos deram maior profundidade ao tema, ao passo que os primeiros trabalhos objetivaram principalmente uma caracterização sobretudo geológica.

O primeiro depósito de sedimentos eólicos, geralmente conhecido pelo termo “paleodunas” encontra-se distribuído discordantemente sobre os sedimentos da Formação Barreiras (muitas vezes confundindo-se com estes sedimentos em função da coloração e cotas altimétricas deste tipo de depósito. Sendo necessária muitas vezes análise mais apurada). Esse depósito representa a geração mais antiga de dunas denominada por Carvalho, Coutinho & Morais (1994) como “primeira geração” (do Quaternário antigo, Plioceno), apresentando-se muitas vezes totalmente recoberto pelas dunas de gerações posteriores (servindo de base para as mesmas). Quando não sofreram sobreposição pelas gerações subseqüentes já apresentam ações efetivas dos processos pedogenéticos, explicando o desenvolvimento de vegetações de maior porte.

Considerando a classificação de Carvalho, Coutinho & Morais (1994), Carvalho (1994) e Maia (1998), a “segunda geração” compreende os extensos campos vegetados (Figura 17), ou seja, as dunas total ou parcialmente fixadas pela vegetação. Em geral esses pacotes dunares apresentam-se paralelos à linha de costa e em forma de lençóis exibindo suas extremidades no sentido da direção do vento, moldadas na forma de dunas parabólicas. Estes campos são os que atingem maiores altitudes. São fixadas por uma vegetação pioneira pouco espessa, do tipo arbustiva de pequeno porte associada também a inúmeros indivíduos de porte arbóreo baixo e alguns exemplares de cactáceas.

A “terceira geração” de dunas (Figura 18) é caracterizada pela ausência de cobertura vegetal, o que possibilita a ação eólica mais intensiva. Essa geração compreende, portanto os depósitos atuais, ou seja, as dunas móveis. A migração dessas dunas na área em estudo, causada pela ação eólica, ocorre predominantemente na direção Sudeste/Noroeste, processo este responsável pelo assoreamento do rio Catú a aproximadamente 2,3 km de sua foz.

As dunas móveis ou recentes são resultantes da acumulação de sedimentos removidos da faixa praias através da ação eólica e distribuem-se em forma de cordão contínuo disposto paralelo à linha de costa com largura variável, havendo setores onde alcançam 2 a 3 km de largura (RIBEIRO, 2001). Juntamente com os sedimentos da faixa de praia e campo de dunas, estes depósitos configuram-se como ambientes de deposição atual, e são caracterizados por uma intensa dinâmica. Entre os campos de dunas de terceira geração e a zona de pós-praia ocorrem áreas deprimidas que representam

setores de *blowouts* de sedimentos eólicos que por ali passaram. Essas áreas são também chamadas de superfícies de deflação eólica (Figura 19).



Figura 17 – Associações vegetais que recobrem os campos de dunas de segunda e primeira geração. Foto: Bastos, 2010.



Figura 18 – Associações vegetais que recobrem os campos de dunas de segunda e primeira geração. Foto: Bastos, 2010.



Figura 19 – Associações vegetais que recobrem os campos de dunas de segunda e primeira geração. Foto: Bastos, 2010.

Em seguida apresenta-se o depósito referente aos sedimentos marinhos que representa os sedimentos que vão compor a faixa praial. Estes sedimentos são geralmente oriundos da contribuição dos rios, que fazem o transporte de sedimentos do continente para o litoral, e em seguida esses sedimentos são trabalhados pela interação do mar com a ação eólica. A face intertidal (entre marés) é a área responsável por disponibilizar sedimentos que vão ser mobilizados pelo vento e compor os depósitos eólicos. Os depósitos marinhos são caracterizados por areias quartzosas de granulometria variando de média a

grossa, havendo também porções distribuídas de minerais pesados, conchas, e biodetritos marinhos (GOMES, 2003).

Em função da dinamicidade desses depósitos, os solos que estão associados a eles são em geral pobres em termos de nutrientes permitindo que as associações vegetais que se instalem sejam pouco exigentes. Geralmente predomina os Neossolos quartzarênicos distróficos, que de acordo com a EMBRAPA (1999, 2006) são solos hidromórficos, com presença de lençol freático elevado durante grande parte do ano, na maioria dos anos, imperfeitamente ou mal drenados, englobando areias quartzosas distróficas marinhas de praia, pós-praia e dunas. São pouco aproveitáveis para uso agrícola apresentando-se como solos frágeis, excessivamente drenados, de forte a fracamente ácidos. Estes solos têm pouco ou quase nada de material orgânico, com pouca expressão de caráter pedogenético.

Desse modo, a área dos depósitos eólicos e marinhos é geralmente colonizada por vegetação pioneira psamófila. Nas dunas móveis e semi-fixas essa vegetação serve como agente fixador dos sedimentos. As principais espécies são citadas por Pessoa (2003) como: a salsa (*Ipomoea pescaprae*), oro (*Macroptilium panduratus*), breo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim barba-de-bode (*Sporolobus virginicus*), cipó-da-praia (*Remírea marítima*), capim gengibre (*Paspalum marítimum*), beldroega (*Portulaca oleracea*). Normalmente esta vegetação é adaptada às condições limitantes de salinidade, ventos fortes e carência de nutrientes. Pessoa (2003) destaca ainda que essa vegetação apresenta função ecológica bastante importante. Ela serve de base para processo pedogenético através do aporte da matéria orgânica no solo, auxiliando na instalação de outros vegetais como murici (*Brysonima spp*), cajuí (*Anacardium microcarpum*), guajiru (*Chrysobalanus icaco*) e outros.

Sobre esse conjunto de condições geológicas e geomorfológicas está atuando simultaneamente o envoltório, que são as condições climáticas e hidrológicas. Entretanto, a distinção dessas variáveis em parágrafos específicos é apenas um meio de tentar compreender melhor o comportamento de todas essas variáveis, não quer aqui vê-las como coisas separadas e/ou dissociadas, pelo contrário, elas precisam ser vistas como uma unidade em que suas variáveis interagem. Logo, optou-se por discutir na seqüência as condições climáticas. As

condições hidrológicas por sua vez, serão discutidas nos resultados do trabalho que faz uma análise específica sobre o tema.

Conhecer as condições climáticas que atuam sobre a bacia do Catú é questão de grande relevância para os estudos que visam principalmente aspectos associados à hidrologia e qualidade ambiental. Entretanto, semelhante ao que acontece em outras áreas do Estado do Ceará, há uma escassez de dados em termos climatológicos se analisarmos numa perspectiva estrita.

O município de Aquiraz, inserido na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), está localizado na Região Nordeste Setentrional do Brasil, e tem características climático-meteorológicas definidas por 3 (três) sistemas sinóticos geradores de precipitação: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que oscila dentro da faixa dos trópicos; as frentes frias com formação original no Pólo Sul, e um centro de vortividade ciclônica com tempo de duração variável dentro do período de chuva. Dentre esses três sistemas, a zona de convergência intertropical é o principal responsável pelo estabelecimento da estação chuvosa na Região Metropolitana de Fortaleza/RMF. A ZCIT atinge sua posição máxima no Hemisfério Sul em torno do equinócio de 21 de março, retornando ao Hemisfério Norte em maio quando o período chuvoso entra em declínio.

O sistema de classificação climática mais usado é o de Wladimir Köppen que, basicamente, relaciona o clima com a vegetação. LEPP (1973) afirma, com base no modelo de Köppen, a flora de um determinado lugar apresenta condições específicas de temperatura e umidade. Assim, o clima influencia o desenvolvimento das espécies vegetais. Com base nisso, o clima da área, pode ser classificado como tropical úmido, com chuvas de verão (Aw) e tropical úmido com chuvas de verão prolongando-se até o outono (Aw').

Para análise das características climáticas da área buscou-se informações e dados disponíveis na FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) e INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O uso das informações e dados climáticos teve como base a estação meteorológica de Fortaleza, pelo fato de não haver instaladas na área de estudo (municípios de Aquiraz e Horizonte) estações meteorológicas que forneçam tais dados, tendo apenas estações pluviométricas. Logo, os dados das normais climatológicas gerais referiram-se a Fortaleza.

Verificou-se, portanto, que a proximidade entre as áreas (pouco mais que 30 quilômetros), a similar localização e disposição geográfica (altitude, limitada com o Oceano Atlântico) permite supostas semelhanças climáticas entre elas. Assim, é possível, com base nos dados de Fortaleza, fazer considerações acerca do comportamento climático na bacia do rio Catú (inserida quase que em sua totalidade, no município de Aquiraz). Essa similitude pode ser atestada quando se compara a distribuição pluviométrica anual das duas áreas. Entretanto, há que se considerar que outros parâmetros de análise climática podem, nessas duas áreas, apresentar-se diferentes, mas dado o exposto fez-se uso dos dados disponíveis.

O regime pluviométrico tem um comportamento caracterizado por uma pluviometria tropical, apresentando duas estações bem definidas: a primeira com precipitações de curta duração, e com chuvas concentradas em seis meses consecutivos (de janeiro a junho); a segunda estação (de julho a dezembro), também com duração de seis meses, é marcada por prolongado período de estiagem. Com base nestas definições temporais é que foram definidas as campanhas de análise de campos (em período de estiagem e de chuva). Analisando as últimas três décadas percebe-se claramente algumas alterações no padrão pluviométrico (Figura 20).

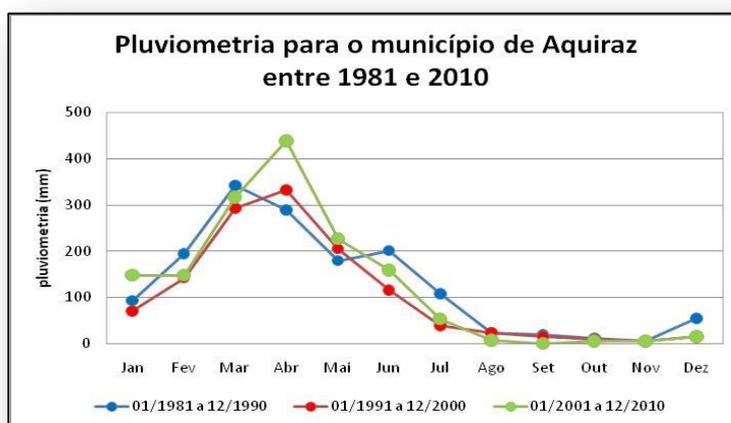


Figura 20 – Pluviometria para a região da bacia do rio Catú nas últimas 3 décadas, denotando a manutenção do regime pluviométrico da área. Fonte: dados da FUNCEME, 2011.

Esse regime pluviométrico com precipitações anuais de até 1500 mm/ano permite afirmar que a bacia do rio Catú recebe um aporte hídrico expressivo em termos locais. Entretanto nas últimas três décadas verificou-se um aumento na pluviometria no primeiro semestre do ano. Essas alterações podem estar associadas às mudanças no regime regional ou até mesmo às alterações locais

(aumento da urbanização, desmatamento etc.). Consequentemente, o aumento do volume de chuvas associado às intervenções ocorrentes na área, se configuram também como riscos potenciais para a erosão dos solos na bacia.

O comportamento térmico da área é bastante estável, com variação temporal pouco significativa. Com base nos dados das normais climatológicas fornecidos pelo INMET (2010), calculados no período de 1961 a 2010 pode-se afirmar que a área é caracterizada por temperaturas elevadas, com uma média de 26,6 °C e amplitude reduzida, com variações que no máximo chegam a 7,7°C (mês de julho). As temperaturas mínimas ocorrem, principalmente nos meses de julho e agosto, e as máximas no período de outubro a janeiro.

As taxas de evaporação são bastante elevadas, sendo superior a 1400mm por ano, com valores mínimos no mês de abril, ficando em torno de 68,1mm e valores máximos no mês de outubro atingindo 173,5mm. Percebeu-se, neste caso, que a evaporação não evolui no mesmo sentido da pluviometria. Constatou-se que nos períodos de maior pluviometria a evaporação apresentou valores menores. A insolação média anual atingiu taxas próximas a 2.690 horas, o que perfaz uma média de 7,3 horas de sol/dia. Esse parâmetro apresenta como a evaporação, relação inversa ao regime pluviométrico, pois nos meses mais chuvosos é que são encontradas as menores taxas de insolação, consequentemente, nos meses mais secos, as maiores taxas de insolação. As taxas médias (de temperatura, evaporação, insolação e nebulosidade) têm grande importância para se avaliar as potencialidades de reservatórios de superfície, assim como serve para avaliar os aspectos da dinâmica da bacia hidrográfica. Estes parâmetros estão diretamente associados ao balanço hídrico da área, que muitas vezes apresentou balanço hídrico negativo (Figura 21).

Foi analisado para a área o valor do balanço hídrico considerando a simples subtração entre a precipitação total anual e evaporação total anual. Logo, havendo precipitação maior que a evaporação considerou-se excedente hídrico. Verificou-se, com base nos dados de pluviometria (fornecidos pela FUNCEME) e evaporação total (fornecidos pelo INMET), que no período compreendido entre os anos de 1974 e 2010 houveram diversos anos caracterizados por um excedente hídrico e posteriormente a esses anos percebe-se que houve também períodos distintos de escassez hídrica.

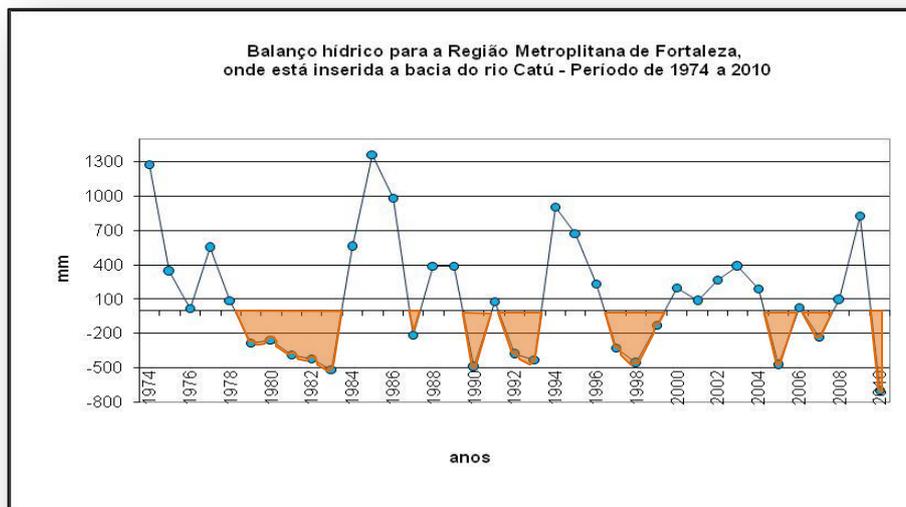


Figura 21 – Balanço hídrico para a região da bacia do rio Catú, calculado a partir da subtração da média da precipitação anual total pela média da evaporação total. Destaque para os períodos de escassez na cor laranja. Fonte: Pluviometria: dados da FUNCEME, 2011; Evaporação total: INMET, 2011.

Essas variações no comportamento da disponibilidade hídrica da área permitem compreender as ações gestoras na construção de barragens. Foi com base na sazonalidade da disponibilidade hídrica que a sede de Aquiraz decidiu (logo após um sério período de escassez hídrica durante os anos de 1992 e 1993) reforçar a barragem do Rio Catú, que até então era feita apenas pelo campo de dunas. Assim, em 1994, foi instalada uma barragem de aterro junto ao pé das dunas que barrava parcialmente o curso do rio. Tal barragem acabou causando o aumento do espelho d'água da Lagoa do Catú. O acréscimo do espelho d'água poderia não ter sido tão grande, mas nos anos de 1994, 1995 e 1996 houve um excedente hídrico considerável.

Assim, o volume desse reservatório e seu espelho d'água aumentaram consideravelmente. Em 1994 o acréscimo foi maior, pois nesse ano o excedente hídrico ultrapassou 900mm. Já em 1995 e 1996 houve excedente hídrico, mas em valores bem inferiores (674,3 mm e 239mm, respectivamente). Em 2008 houve excedente hídrico (da ordem de 800mm), mas já em 2010 foi marcante a escassez (chegando quase a 700mm). Foi construído também, em 2002 o açude Catucinzenza (entres as localidades de Cinzenza e Justiniano de Serpa) do médio para o alto curso, no intuito de auxiliar o abastecimento local e dar base para as atividades agroindustriais da região, bem como sendo base para a aquicultura. Além disso, este reservatório mantém uma vazão regularizada para o leito do rio, permitindo que ele se configure como um rio semi-perene.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AS ANÁLISES DE DADOS SECUNDÁRIOS PROVENIENTES DO GEOPROCESSAMENTO E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS AÉREAS).

O levantamento do uso do solo na área estudada é item fundamental na compreensão de padrões de organização do espaço, que influencia diretamente na configuração da bacia hidrográfica e sendo necessária a atualização constante dos registros de uso dos solos para análise de tendências. A interpretação de imagens por sensoriamento remoto apresenta-se como uma técnica bastante útil na análise ambiental e diagnósticos. Além de fornecer, em curto prazo, grande quantidade de informações acerca dos registros de uso da terra. Com base ainda nessa etapa é que foram gerados subsídios técnicos para a análise do grau de proteção dada pela cobertura vegetal atual para o solo.

As imagens utilizadas nesse trabalho foram ortofotocartas georeferenciadas elaboradas a partir do contrato nº. 001/2007 de prestação de serviços firmado entre o Estado Ceará, através do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e a Topocart (Topografia Engenharia e Aerolevantamentos Ltda). São ortofotocartas do Levantamento denominado **Pólo Ceará – Costa do Sol** na escala de 1:20.000 datadas de 2008, com restituição digital da planimetria e altimetria gerando as curvas de nível sobre as imagens em eqüidistância de 5 metros. Estas imagens foram gentilmente cedidas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

A utilização do geoprocessamento neste trabalho foi feita com o intuito de apresentar a possibilidade de obter a maior quantidade de dados espaciais, sem necessariamente a catalogação ou levantamento por toda a área da bacia hidrográfica do rio Catú, tendo em vista que o acesso é restrito em algumas localidades e propriedades. Logo, o geoprocessamento é muito utilizado quando o trabalho de campo é inviável. Porém, ao passo que foi possível fazer levantamento *in lócuo* com a coleta de informações georeferenciadas, uniu-se o geoprocessamento ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que vem aperfeiçoar as informações já levantadas com vistas na melhoria da análise dos dados coletados.

4.1.1 Material Utilizado

Para se analisar as informações das imagens aéreas foi necessária a disponibilidade de um software que processasse dados georreferenciados, além da necessidade de se conseguir os dados a serem processados. Desta forma, o presente trabalho utilizou os seguintes materiais e equipamentos:

- Microcomputador Intel Core 2 Quad, 2,50 Ghz de 4 GB de RAM.
- Software Arcview 9.0;
- Imagens aéreas (ortofotocartas na escala de 1:20.000 do IPECE de 2008).

As etapas de processamento e análise das imagens ficaram divididas da obedecendo os seguintes procedimentos:

Procedimento 1 - Como em qualquer análise espacial, o primeiro dado a ser coletado é aquele que se refere à delimitação da área, que foi feito tomando como base o limite da área experimental por meio da base cartográfica pré-existente que definisse a área da bacia hidrográfica do rio Catú. O referido limite foi anexado a um banco de dados destinado especificamente para a análise das imagens aéreas no software Arcview 9.3.

Procedimento 2 - A utilização da imagem aérea retificada (com restituição plani-altimétrica) neste trabalho teve importância fundamental não só para a avaliação das atuais formas de uso e ocupação bem como em função do detalhamento do levantamento (aproximando-se bastante da realidade). Dessa forma em seguida foi realizada a classificação da ortofotocarta, que foi confeccionada da seguinte forma:

- Visualização da ortofotocarta (no formato geotiff, já georreferenciado), com as bandas multi-espectrais na seguinte ordem: 1- R (vermelho), 2 - G (verde) e 3 - B (azul), com a utilização do software Arcview 9.3;
- Delimitação da área tomando como base o limite em arquivo digital pré-existente;
- Visualização da imagem classificada;
- Atualização do limite da bacia a partir do levantamento das cotas altimétricas que funcionassem como divisores d'água da bacia, seguida da união dessas cotas por uma polilinha que delimitou a atualização do limite da bacia hidrográfica do rio Catú.

Procedimento 3 - Uma das grandes vantagens da utilização do geoprocessamento é possibilidade de se manipular vários dados cartográficas ao mesmo tempo. Logo, sobre a base foram sendo realizadas as análises espaciais morfométricas da bacia bem como forma sendo construídos os mapas pertinentes ao tema abordado e que dessem subsídios ao presente diagnóstico ambiental (alguns destes mapas ainda estão em fase de elaboração).

4.2 DIAGNÓSTICO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CATÚ

Diante da degradação gerada pelas formas de uso da terra, uma das ferramentas que pode ser utilizada para a identificação e posterior gestão desses problemas é a metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista para Bacias Hidrográficas – (DFC), que procura diagnosticar os diversos aspectos físicos e bióticos e o uso da terra de uma bacia hidrográfica, visando contribuir na elaboração de diretrizes e estratégias racionais de utilização da terra, buscando apontar formas de uso a partir das potencialidades e limitações ecológicas da área (BELTRAME, 1994). Essa metodologia fundamenta-se no embasamento teórico do Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras – CIDIAT da Venezuela. De acordo com os estudos de Beltrame (1994) o DFC pode ser aplicado em qualquer bacia hidrográfica, desde que sejam feitas as adaptações necessárias, pois cada bacia tem características peculiares.

No entanto, para a bacia hidrográfica do rio Catú foi almejado apenas uma aproximação desse diagnóstico tendo em vista que alguns dos parâmetros propostos na metodologia de Beltrame (1994) não foram avaliados em função da escassez de informações. Desta forma, buscou-se fazer, com algumas adaptações, uma aproximação do referido diagnóstico para a bacia do rio Catú apoiando-se o embasamento teórico mencionado.

Consideram-se, nesse procedimento metodológico, quatro grandes fatores potenciais naturais de degradação física nas bacias e, a partir deles, são definidos sete parâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista da bacia. Dentre os quais serão analisados:

- a) Vegetação:** Grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo.
- b) Clima:** Erosividade da chuva

c) Características geológicas e pedológicas: Suscetibilidade da textura à erosão, Densidade de drenagem.

d) Características do relevo: Declividade média

4.2.1 Análise do grau de proteção da cobertura vegetal atual

Ao tratar da análise do grau de proteção da cobertura vegetal atual será possível avaliar a proteção fornecida ao solo pelo tipo de cobertura vegetal existente. Beltrame (1994) indica os índices de proteção fornecida pelas áreas cobertas por vegetação (Tabela 01), logo ficaram de fora dessa análise às áreas de dunas móveis pelo fato de serem totalmente (ou quase) desprovidas de vegetação. Não é apresentada na referida metodologia distinção entre o grau de proteção dado ao solo por uma vegetação que não seja tão densa quanto à “mata” (que sugere uma vegetação bastante fechada e densa que aqui denominamos de vegetação arbórea-arbustiva densa).

Tabela 1 – Classificação do tipo de cobertura vegetal quanto à proteção fornecida ao solo

Tipo de cobertura	Índice de proteção
Vegetação arbórea-arbustiva densa	1,0
Vegetação arbórea-arbustiva esparsa	0,8
Vegetação herbácea	0,5
Agricultura	0,4

Fonte: Adaptado de MARNR (1978), SEGOVIA & PALMA (1987) e LLANO & CRIADO (1968), BELTRAME (1994), CARVALHO (2004).

Beltrame inclui toda vegetação desbastada (menos densa) na classe “mata”. Mas há distinções a serem feitas. Nessas áreas entende-se que a proteção não pode ser semelhante à da classe “mata”, ocorrendo ali erosão bastante discreta caracterizada principalmente por erosão laminar sem grande mobilização de sedimentos. Por conseguinte propõe-se neste trabalho a inclusão de uma classe para o tipo de vegetação denominada de “vegetação arbóreo-arbustiva esparsa” apresentando um grau próximo, mas não tão efetivo quanto a anterior.

Estes índices, uma vez multiplicados pela área (em km²) correspondente a cada forma de uso existente, forneceu o que se chamou de **superfície reduzida (sr)**. O **índice de proteção total da área (lpta)** é obtido por sua vez através da equação a seguir:

$$lpta = \frac{\sum sr}{\sum A} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Onde:

$lpta$ = **índice de proteção total da área** estudada.

$\sum sr$ = somatório das **superfícies reduzidas** obtidas para cada forma de uso da área.

$\sum A$ = somatório das **áreas** (em km²) de cada forma de uso da área.

4.2.2 Determinação da erosividade da chuva

A erosividade da chuva (E) é estimada em geral pelo produto da energia cinética total pela intensidade da chuva máxima em trinta minutos proposta por Wischemeir & Smith (1958) *in* Soriano, Clarke & Catella (2001). O fator erosividade da chuva (E) é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva esperada, em uma certa localidade, de causar erosão em área sem proteção. Esse produto mensura a interação do processo de transporte das partículas do solo que ocorre entre a enxurrada e a erosão por impacto, salpico e turbulência. Consideraremos aqui esse índice correlacionando-o à classe de “solo exposto” apresentado no item anterior que tratou da cobertura do solo.

$$E = 6,886 \left(\frac{r^2}{p} \right)^{0,85} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Onde:

E = Média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h)

r = precipitação média mensal em mm.

P = precipitação média anual em mm.

No entanto, não havendo registros da intensidade máxima da chuva (como é o caso para a presente área de estudo), o índice de erosividade da chuva foi

estabelecido através de correlações totais da precipitação com a perda de solo. Essa perda é calculada através de equação proposta por Lombardi Neto (1977) *in* Soriano, Clarke & Catella (2001) que também é utilizada por Beltrame (1994), Carvalho (2004), Pedro & Lorandi (2004), Almeida et. al. (2009). Sendo que este método é apontado por diversos autores como mais viável e prático na avaliação da erosividade da chuva, em função da grande disponibilidade de acesso aos dados pluviométricos em detrimento aos pluviográficos.

Para o cálculo da erosividade da chuva foi necessário selecionar as estações pluviométricas que estavam inseridas na área de abrangência da pesquisa ou que as precipitações pluviométricas influenciassem na área de estudo. Portanto foram selecionadas 6 estações (Tabela 2), onde quatro delas (Aquiraz, Horizonte, Itaitinga e Pindoretama) têm influência direta para a área, as outras duas (Guaramiranga e Irauçuba) serviram de base para o cálculo da erosividade da chuva para Estado do Ceará. Em função de que o início da operacionalização de cada estação pluviométrica ocorreu em anos diferentes, estipulou-se trabalhar os dados pluviométricos das últimas três décadas.

Tabela 2 – Estações pluviométricas e períodos analisados para o cálculo da erosividade da chuva para o Estado do Ceará e Bacia do Rio Catú.

Estação/Município	Período analisado
Aquiraz	1981 – 2010
Horizonte	1991 – 2010
Itaitinga	1991 – 2010
Pindoretama	1991 – 2010
Guaramiranga	1981 – 2010
Irauçuba	1981 – 2010

Fonte de dados: FUNCEME (2011)

Partindo dos dados de precipitação média anual e média mensal para o Estado do Ceará, fornecidos pela FUNCEME, foi elaborada a classificação do índice de erosividade para o Estado. O cálculo do valor máximo para este índice teve por base os dados da estação pluviométrica de Guaramiranga que apresenta a mais alta precipitação média anual no Estado. Já o cálculo do valor mínimo do índice de erosividade da chuva para o Estado do Ceará teve como base os dados

da estação pluviométrica de Irauçuba, onde se registra a mais baixa precipitação média anual.

4.2.3 Potencial erosivo do solo e a suscetibilidade da textura dos solos da área à erosão.

A suscetibilidade dos solos de uma determinada área à erosão está relacionada à textura que esse solo apresenta. E esta por sua vez está intimamente ligada à litologia, bem como ao grau de proteção que este solo possui em função de sua cobertura vegetal atual.

A caracterização geológica de uma determinada área vem fornecer informações importantes sobre a gênese e transformações que ocorreram ao longo do tempo geológico ou aquelas que ainda ocorrem nessa determinada área. Logo a erodibilidade das rochas está relacionada à suscetibilidade de erosão do solo e conseqüentemente com as características geológicas do mesmo.

Beltrame (1994) destaca que “a erodibilidade dos solos é a suscetibilidade que estes apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos”. Através da litologia, é possível definir a tipologia das rochas predominantes da área e relacionar suas características ao seu grau de suscetibilidade à erosão.

Para cada grupo de diferentes tipos de rochas, pode-se associar um índice referente ao grau de suscetibilidade à erosão. Cada grupo de diferentes tipos de rochas está associado a um índice referente ao grau de desagregabilidade das mesmas à erosão. Ao inter-relacionar as características geológicas com a textura do solo originado, foi possível obter indicativos do potencial erosivo do solo superficial. Pois cada textura tem índice de suscetibilidade à erosão particular. Para o cálculo desse parâmetro foi feita uma caracterização da geologia da área associada aos resultados das análises da textura do solo das amostras superficiais coletadas na área.

Lima, Oliveira e Aquino (2002) apontam que a erosividade do solo está relacionada à influência da chuva (erosividade) e aos aspectos relativos às práticas de manejo e cobertura vegetal, como também às características do solo. Logo a textura do solo é uma propriedade de grande importância para a definição do potencial erosivo do solo superficial.

Para interpretar a suscetibilidade do solo à erosão, em função de suas diferenças texturais, é preciso correlacionar o diâmetro médio das partículas com a mínima velocidade do fluxo da água necessária para transportá-las, com base no gráfico de Hjülstrom (1935) *apud* Beltrame (1994) e Suguio & Bigarella (1991) apresentado a seguir na Figura 22. O referido gráfico relaciona a velocidade média do fluxo da água (velocidade crítica) necessária para o deslocamento de sedimentos com diferentes tamanhos de grãos. As menores velocidades críticas pertencem às areias médias e finas, correspondendo a uma maior suscetibilidade à erosão. As argilas apresentam velocidades críticas bem superiores, possivelmente devido à força de coesão das partículas de argila (SUGUIO, 1973).

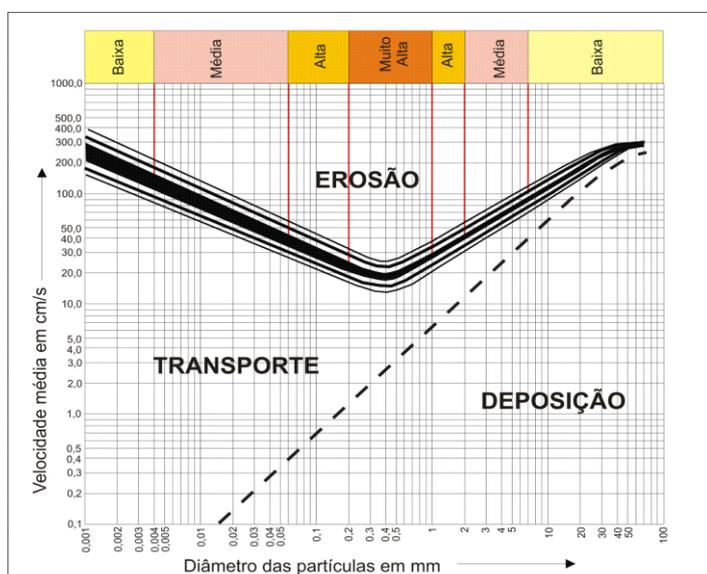


Figura 22 – relação da suscetibilidade da textura do solo à erosão.
Adaptado de Hjülstrom (1935) *apud* Beltrame (1994) e Suguio & Bigarella (1991)

Por adaptação do gráfico de Hjulstrom, Beltrame (1994) sugere quatro classes de suscetibilidade à erosão e classificamos os solos desse setor da bacia por sua granulometria, estando apresentados no Quadro 3. Com base nessa classificação calculou-se os percentuais de cada classe de suscetibilidade da textura à erosão em amostras de sedimento coletadas na área de estudo. Essas informações permitem conhecer a suscetibilidade da textura do solo da área como um todo. Basta que sejam somados os percentuais de cada classe, e calculada uma média destes percentuais para a área.

Quadro 3 – Classificação da suscetibilidade da textura à erosão, baseada na relação entre a velocidade mínima do fluxo de água e a granulação do material transportado.

Velocidade mínima do fluxo de água	Diâmetro e Tipo de material transportado	Suscetibilidade da textura à erosão
100cm/s	(< 0,004mm) Argila	Baixa
	(> 6,35mm) Seixos	
De 30cm/s a 100cm/s	(De 0,004 a 0,0062) Siltes	Média
	(De 2mm a 6,35mm) Grânulos e seixos	
De 20cm/s a 30cm/s	(0,0062mm a 0,2mm) Areia muito fina e Areia fina	Alta
	(De 1mm a 2mm) Areia muito grossa	
Menos de 20cm/s	Areia média e grossa (0,2mm a 1mm)	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

Para a análise da sedimentometria de tais amostras, este trabalho fundamentou-se nos estudos de Muehe (2001), Suguio (1973), Suguio (1980) e Mabesoone (1983), que tratam sobre as características texturais dos sedimentos. As análises sedimentológicas foram realizadas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica e Ambiental (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE). A análise englobou, sobretudo a caracterização granulométrica, ou seja, tamanho e textura dos grãos que estão relacionados aos agentes de transporte e/ou ambientes de deposição. Esta análise pode ser detalhada pelos seguintes procedimentos:

Procedimento 1 - os sedimentos coletados no campo são inicialmente colocados para secar em estufa a uma temperatura de 60°C, para que não ocorram modificações nos argilominerais sensíveis a altas temperaturas (Figura 23). Após a secagem, essas amostras foram homogeneizadas e quarteadas. Posteriormente, utilizando uma balança analítica de tipo MICRONAL B6000 foram separadas 100g de cada amostra homogeneizada que foram submetidas ao peneiramento úmido.

Esse processo constitui da lavagem da amostra em uma peneira de malha 0,062mm de diâmetro, possibilitando a separação dos sedimentos grosseiros dos sedimentos finos. Depois de separadas tais frações, as frações grosseiras foram condicionadas em recipientes apropriados e levados novamente à estufa. A fração retida na peneira corresponde às frações que variam de areia fina a

cascalho, já as frações recolhidas sob a peneira correspondem às frações de silte e argila.

Procedimento 2 - Após a secagem, a fração maior do que 0,062mm foi colocada em uma bateria de 12 (doze) peneiras com aberturas variando de 2,830mm à 0,062mm (correspondendo a escala de ϕ [phi] variando entre -2,00 a 4,00 ϕ) de acordo com Wentworth (1922) *in* Suguio (1973).

Em seguida foram postas para vibrar por 10 (dez) minutos no agitador mecânico “Rotap sieve-shaker” fazendo o peneiramento seco (Figura 24). As frações retidas em cada peneira foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados com a malha da peneira.



Figura 23: Estufa para secar as amostras de sedimentos

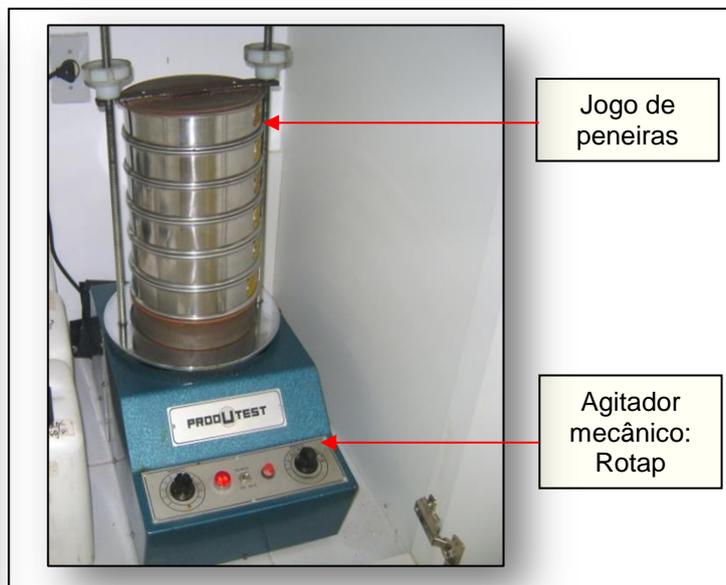


Figura 24: Agitador mecânico Rotap Sieve-Shaker usado para agitação das amostras durante o peneiramento seco

Procedimento 3 - A fração fina inferior a 0,062 mm foi analisada pelo método de pipetagem seguindo a Lei de Stockes *in* Suguio (1980), que se baseia na velocidade de queda das partículas em meio aquoso. Em uma proveta de 1.000 ml foi feita uma solução composta de sedimentos (coletados sob a peneira, após o peneiramento úmido), água destilada e pirofosfato de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). Em seguida, através de agitação manual homogeneizou-se a amostra deixando-a em seguida em repouso.

Após esse procedimento, com uma pipeta de 10 ml foram realizadas várias pipetagens em vários intervalos de tempo e profundidade correspondendo dessa forma, a velocidade de decantação das frações de silte grosso, silte médio, silte fino e argila (Tabela 3). O material amostrado foi levado à estufa para secar e posteriormente foi pesado.

Tabela 3 - Tempo/Profundidade e granulações para análise granulométrica por pipetagem

Diâmetros	Mm	Profundidade (cm)	Hora	Minutos	Segundos
1/2	0.032	20	0	03	52
1/64	0.016	20	0	07	44
1/128	0.008	10	0	31	-
1/256	0.004	10	2	03	-

Fonte: Wentworth *in* Suguio (1980).

Os parâmetros estatísticos foram calculados utilizando os dados gráficos obtidos de curvas acumulativas de distribuição de frequência, geralmente calculados com os dados na escala de “phi” (ϕ), servindo para caracterizar a curva em relação a sua tendência central, grau de dispersão, grau de assimetria e grau de agudez dos picos.

Estes valores possibilitaram descrever os sedimentos em termos de suas várias propriedades, incluindo a média e a mediana, obtendo-se as seguintes medidas: diâmetro médio, mediana, desvio padrão, assimetria e curtose. O resultado final coletado da análise textural foi inserido no programa estatístico chamado de Sistema de Análise Granulométrica (SAG), desenvolvido pelo Departamento de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense - RJ, que constrói os histogramas e curvas de frequência.

4.2.4 Geomorfologia e análise morfométrica da bacia do rio Catú.

Foi também relevante para a pesquisa o conhecimento da geomorfologia da bacia e os aspectos relacionados à morfometria da mesma, como a **análise areal, declividade média e densidade de drenagem.**

4.2.4.1 Análise Areal da Bacia Hidrográfica

Na análise areal das bacias hidrográficas estão englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares.

a) Área da bacia (A): É toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal.

b) Perímetro (P): Perímetro da bacia corresponde a extensão da linha que a limita, ou seja, corresponde ao comprimento dos limites estabelecidos pelos divisores de água.

c) Comprimento (L): Comprimento da bacia corresponde a extensão da linha que limita os dois pontos extremos da mesma, ou seja, é o valor da distância entre a foz do rio principal e limite do divisor d'água da nascente desse rio.

d) Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia: Permite que se possa analisar a abrangência geométrica do rio principal em relação à área da bacia. O comprimento geométrico do curso d'água é calculado por (Christofolletti, 1980) usando a seguinte fórmula:

$$L = 1,5 \times A^{0,6}$$

(Fórmula 3)

Onde:

L = comprimento do rio principal, em km,

A = área da bacia em km².

e) Densidade de rios (Dr): É a relação existente entre quantidade de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão como o quilômetro quadrado. Há que se considerar que o cálculo da densidade de rios é feito de acordo com a hierarquização de canais. Assim considerando a ordenação de canais de Strahler (onde o número de canais corresponde à quantidade de rios de primeira ordem, pois implica que todo rio e qualquer rios surge numa nascente) o cálculo da densidade de rios da bacia do rio Catú é expresso na fórmula:

$$D_r = \frac{N}{A}$$

(Fórmula 4)

Onde:

D_r = densidade de rios

N = número total de rios ou cursos d'água

A = área da bacia hidrográfica.

O cálculo da densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de uma determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos d'água.

f) Densidade de Drenagem (D_d): Outro parâmetro relevante para a pesquisa foi a densidade de drenagem. A Densidade de Drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Em geral, a Densidade de Drenagem é expressa em Km/Km^2 , e pode ser calculada pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

(Fórmula 5)

Onde:

D_d = densidade de drenagem;

L_t = comprimento total dos canais

A = área da bacia hidrográfica.

A densidade de drenagem informa o comprimento (em Km) de canal fluvial disponível para drenar cada unidade de área da bacia (km^2) e, em conseqüência, informa também, indiretamente, sobre a disponibilidade do escoamento hídrico superficial. Para Beltrame (1994) ao avaliarmos a densidade de drenagem conhecemos o potencial da bacia e de seus setores, em permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzira a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais. Para Christofolletti (1980) o cálculo da densidade da drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento

dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias hidrográficas. Esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais em bacias bem drenadas (Villela & Mattos, 1975) *in* Ferreira et. al. (2010).

g) Declividade média: Utiliza-se, segundo Beltrame (1994), o parâmetro declividade média para caracterizar o relevo dos setores da bacia hidrográfica. Logo, quanto mais elevado o valor desse parâmetro maior deve ser a energia potencial e cinética do escoamento no setor. Isso pode ser aplicado tanto para o escoamento fluvial propriamente dito quanto para os escoamentos difusos (linear e laminar). Outro fato que denota a importância desse parâmetro é que é possível relacionar com o tempo de escoamento superficial e de concentração da precipitação dos leitos dos cursos d'água (Rocha, 1997). Bertoni & Lombardi Neto (1999) e Silva, Schulz e Camargo (2003) concordam que (em se tratando de processos erosivos) o tamanho e a quantidade do material arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre, que, por sua vez, é uma resultante do comprimento da rampa e do grau de declividade do terreno. Rodrigues (1982) *in* Silva, Schulz e Camargo (2003) destaca que a declividade de um terreno é possivelmente o mais importante fator condicionante da gênese e evolução do processo erosivo.

Para a execução desta análise foi necessário saber a equidistância entre as curvas de nível, a área do setor e a longitude das curvas de nível por setores por meio da seguinte fórmula:

$$\boxed{DM = \frac{L.C.N. \times E}{A}} \quad (\text{Fórmula 6})$$

Onde:

E = equidistância entre as curvas de nível

A = área do setor

L.C.N = longitude das curvas de nível por setor

A partir desse levantamento foi possível enquadrar cada setor de acordo com as classes de declividade (Tabela 4).

Tabela 4 – Classes de declividade para a classificação do relevo da Bacia do rio Catú.

DECLIVIDADE MÉDIA	RELEVO
Até 8%	Suave ondulado
9 a 20%	Ondulado
21 a 45%	Forte ondulado
Acima de 45%	Montanhoso a escarpado

Fonte: Adaptado de Lemos e Santos (1982) *in* Beltrame (1994):

Assim sendo, nos setores de maior declividade e que apresentam feições geomorfológicas mais elevadas, as atividades intervenientes precisam ser mais bem fiscalizadas, pois o risco de desencadear processos erosivos é geralmente iminente.

h) Coeficiente de Rugosidade (RN): O Coeficiente de Rugosidade (RN), de acordo com Granell-Perez (2001), é um parâmetro que coloca em relação, a disponibilidade do escoamento hídrico superficial, expresso pela Dd, com seu potencial erosivo, expresso pela Declividade Média (H). Desta maneira, temos:

$$\text{RN} = \text{Dd} \times \text{H}$$

(Fórmula 7)

Onde:

Dd = densidade de drenagem;

H = declividade média;

RN = Coeficiente de Rugosidade.

Na comparação entre bacias hidrográficas de uma mesma região, aquelas que apresentarem valores maiores de RN serão as que apresentarão maiores riscos de sofrerem erosão por processos hídricos, ou seja, “quanto maior for o valor do RN, maior será o perigo de erosão” (Rocha & Kurtz, 2001).

i) Forma da bacia: Lee & Salle (1970) propõem em Christofolletti (1980) um método para estabelecer a forma de uma bacia. Partindo-se da delimitação

dela, traça-se uma figura geométrica (círculo, retângulo, triângulo etc.) que permita cobrir da melhor maneira possível a delimitação da referida bacia. Em seguida, relaciona-se a área englobada simultaneamente pelas duas com a área total que pode pertencer à bacia e ou à figura geométrica, obtendo-se assim um **índice de forma**, que está expresso pela seguinte fórmula:

$$If = 1 - \frac{\text{área } K \cap L}{\text{área } K \cup L} \quad (\text{Fórmula 8})$$

Onde:

If = índice de forma

K = área da bacia considerada

L = área da figura geométrica.

A melhor relação entre a área da bacia e a figura geométrica é identificada pelo valor do **índice de forma**. Quanto menor for o valor desse índice, mais próxima da figura geométrica respectiva estará a forma da bacia.

4.3 DIAGNÓSTICO A PARTIR DA ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Conforme já explicitado, o estudo da qualidade ambiental da bacia do Catú considerou duas áreas específicas para a análise da qualidade das águas: a lagoa do Catú (porção norte da bacia) e o açude Catúcinzenta (porção sul), que são os principais recursos superficiais da bacia e entendendo que estes reservatórios são bons instrumentos para a análise da qualidade das águas, dado o acesso aos mesmos, além de suas características hidrodinâmicas.

As amostras foram coletadas em períodos sazonais para a melhor compreensão da variabilidade da qualidade da água. Todas as coletas foram georeferenciadas com GPS (Global Position System) Garmin E-trex. Quanto ao tipo de coleta, houve variação considerando o parâmetro profundidade, pois algumas amostras tiveram amostragem e análise imediata na coluna d'água, enquanto outras contaram apenas com a coleta superficial. Esta etapa da pesquisa teve apoio logístico do Laboratório de Geologia, Geomorfologia Costeira

e Oceânica (LGCO) e Laboratório de Carcinicultura (LACAR) da UECE, que disponibilizaram seus equipamentos para a realização da pesquisa.

Para as análises com CTD 204 da Sensordata a.c. (STD/CTD) considerou-se (em função do comportamento climático da região) como amostragem referente ao período de estiagem aquelas coletadas em dez/2009 e 2010; e para o período chuvosos os meses de jan/fev de 2010. Este CTD apresenta sondas conjugadas de oxigênio (mg/L), oxigênio saturado (%), turbidez (UFT), Clorofila-A e profundidade (m). O aparelho foi calibrado em laboratório e programado para fazer leituras a cada dois segundos na coluna d'água (Figura 25).

Para parâmetros não mensurados com CTD foi realizada amostragem com análise *in situ* e/ou laboratorial. As amostras de análise *in situ* foram coletadas em superfície e fundo com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn (figura 26). Já as amostras para posterior análise laboratorial foram somente de superfície em garrafas esterilizadas, lacradas e refrigeradas após a coleta até a análise laboratorial, em tempo não superior a 26 horas para não acelerar os processos químicos e assim não alterar a qualidade da amostra.

Para as análises de Potencial Hidrogeniônico (pH) foi utilizada sonda portátil da marca **Waterproof pen pH tester da Instrutherm** (Figura 27) e para Sólidos Dissolvidos Totais (STD) e condutividade utilizou-se de sonda multiparâmetros portátil com a seguinte especificação: **Sonda ExStik ®// Conductivity/ TDS/Salinity Meter** da marca EXTECH Instruments (Figura 28).

Depois de realizada à coleta (superfície ou fundo, esta última com o auxílio da garrafa de **Van Dorn**) a água é colocada em um becker em quantidade de água suficiente para que o eletrodo de cada sonda possa ficar submerso, em seguida esperou-se o aparelho realizar a leitura. Após cada leitura, os eletrodos foram lavados com água destilada. É importante salientar que os equipamentos foram previamente calibrados com as soluções de calibração para cada sonda. A solução padrão (4, 7, 10) para o pH, e a solução 1413 μ S/cm para a sonda **ExStik**.

Quanto às análises dos parâmetros de nitrito, fosfato, amônia total, amônia tóxica e CO₂ Dissolvido, estas foram realizados no Laboratório de Carcinicultura-LACAR da UECE (Figura 29). As análises de Nitrito, Carbono Dissolvido, Fosfato (fósforo solúvel reativo) e Amônia total e tóxica foram realizados no Laboratório de Carcinicultura – LACAR (UECE), seguindo a metodologia descrita Strickland e Parsons (1968) e APHA (1989).

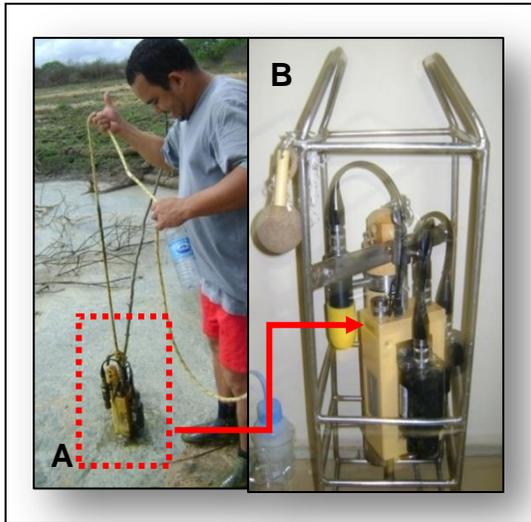


Figura 25: (A) - Utilização CTD com sondas conjugadas; (B) – Detalhe do modelo 204 da *Sensordata a. c.* (STC/CTD) utilizado na pesquisa.



Figura 26: Garrafa de Van Dorn usada para coleta de água em profundidade.

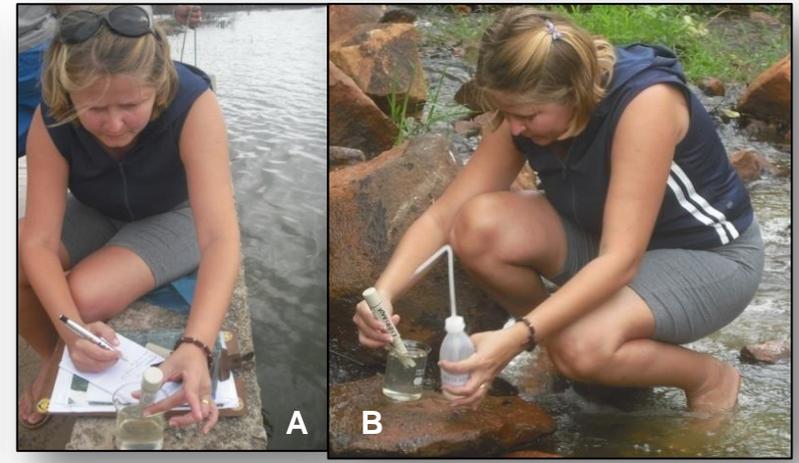


Figura 27: (A) - Medição de pH à montante da barragem Catucinzenta; (B) – medição de pH na saída d'água de fundo da barragem Catucinzenta.

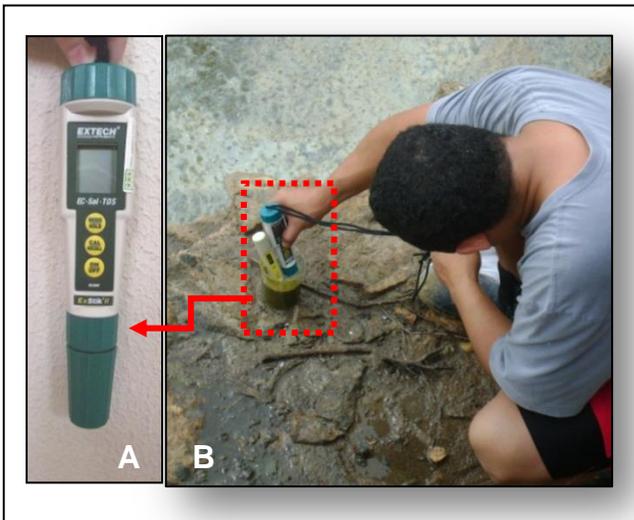


Figura 28 (A) -. Detalhe da sonda multiparâmetro da Extech Instruments. (B) - Medição *in situ* com a sonda multiparâmetros para análise de Sólidos Totais Dissolvidos.

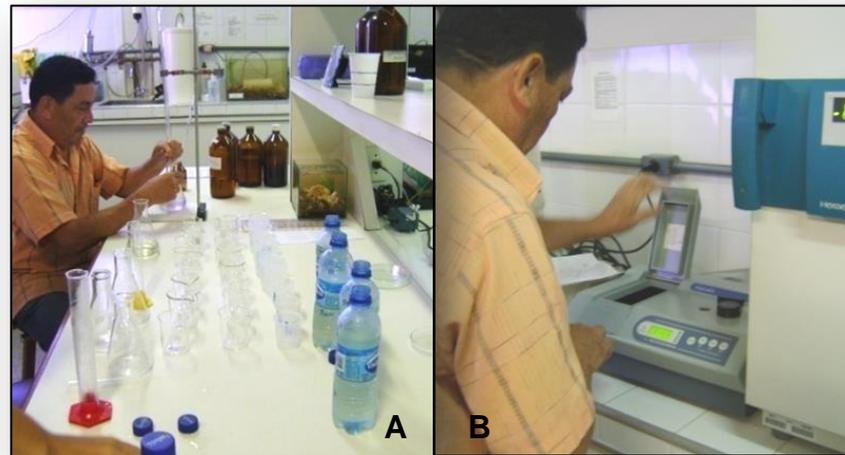


Figura 29: (A) - Medição de CO₂ dissolvido, nitrito, fosfato e amônia total e tóxica. (B) – Uso do espectrofotômetro para as análises de nitrito e fosfato (fósforo solúvel reativo).



Figura 30: disco de Secchi para medição *in situ* da transparência da água.

Estas análises foram realizadas bimestralmente, dentro dos períodos climáticos característicos (chuva e estiagem) englobando os meses de fevereiro, abril, junho (que correspondem ao período de chuva) e setembro e dezembro (período de estiagem). A realização destas objetivou a caracterização físico-química da água da bacia, de modo que esses dados serviram de parâmetros para avaliação da qualidade da água.

4.3.1 Transparência da água

A transparência da água é um parâmetro necessário à caracterização de um ecossistema lacustre, uma vez que indica a capacidade de penetração da luz e depende dos materiais particulados em suspensão e das substâncias dissolvidas no corpo d'água (ESTEVES, 1998). A cor verdadeira é decorrente da quantidade e do tipo de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água.

Nem toda a radiação que atinge a superfície da água consegue penetrá-la. Parte desta radiação é refletida para a atmosfera. A quantidade da radiação refletida vai depender das condições da superfície da água, se plana ou ondulada (maiores em superfícies planas e menores em superfícies onduladas), e principalmente, do ângulo de incidência da radiação (menor nas regiões equatoriais, aumentando à medida que se aproxima dos pólos) (ESTEVES, 1998).

Ao penetrar na coluna d'água, a radiação sofre alterações, tanto na intensidade quanto na qualidade espectral. Parte da radiação é absorvida e transformada em outras formas de energia, como a química pela fotossíntese e a calorífica pelo aquecimento da água. A capacidade de absorção da radiação pela água, em condições naturais, é dada pelo coeficiente de absorção, que é influenciado pela capacidade de absorção da própria molécula d'água, das substâncias dissolvidas (principalmente substâncias húmicas), dos organismos clorofilados, dos detritos orgânicos e inorgânicos particulados em suspensão denominados de *seston* ou *tripton* (ESTEVES, 1998). Os compostos húmicos (que absorvem principalmente na região do azul do comprimento de onda) importantes para a fotossíntese originam-se, principalmente, da decomposição de material alóctone que é carregado para os rios e lagos, tornando suas águas amareladas (ESTEVES, 1998).

Esse parâmetro foi medido com o auxílio de um Disco de Secchi (Figura 30), que consta de um disco de metal com 30cm de diâmetro por 1 cm de espessura. Esta medida é obtida mergulhando-se o disco através de uma corda milimetrada. Segundo Preisen-Dorfer, (1986) *in* Esteves (1998), usa-se discos com quadrantes pintados de preto, que facilita a leitura ou melhora a visualização da cor branca na água. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho ótico.

A leitura da transparência foi feita de acordo com a metodologia indicada por Esteves (1998), ou seja, deve ser anotada a profundidade no momento do desaparecimento (descida) e reaparecimento (subida) do disco sob a água. A média das duas medidas coletadas corresponde à profundidade média limite da zona eufótica.

Assim, a transparência é função, essencialmente da reflexão da luz na superfície do corpo d'água sendo, por isso, influenciada pelas características da luz pelas águas e dos constituintes da matéria orgânica nela dissolvida ou em suspensão (WETZEL, 1993).

Embora a profundidade do disco de Secchi não forneça dados sobre a qualidade e principalmente sobre a quantidade de radiação, pode-se utilizar a profundidade do disco de Secchi para efeito de **cálculo indireto do coeficiente vertical de atenuação (K)**. De acordo com as observações empíricas, a profundidade do disco de Secchi é aproximadamente o inverso do coeficiente de atenuação vertical. De acordo com Poole & Atkins (1929) *in* Esteves (1998) o cálculo do **K** através da profundidade do disco de Secchi pode ser realizado através da seguinte relação:

$$K = \frac{1,7}{Z_{ds}} \quad (\text{Fórmula 9})$$

Onde:

K = coeficiente vertical de atenuação

1,7 = constante calculada para lagos tropicais

Z_{ds} = profundidade do disco de Secchi

No cálculo indireto do coeficiente vertical de atenuação, a constante 1,7 é proposta por Esteves (1998) para alguns ecossistemas aquáticos continentais brasileiros. No entanto, estas constantes, embora freqüentemente utilizadas, não são livres de incorreções, uma vez que são valores obtidos a partir da média de diferentes tipos de água.

A profundidade do disco de Secchi pode, na ausência de equipamentos adequados, pode ser também utilizada na avaliação da **extensão da zona eufótica**. Para obtenção do valor da extensão dessa zona multiplica-se o valor da profundidade do disco de Secchi por um fator (constante) que pode ser diferenciado para algumas regiões do globo terrestre. No Brasil, o fator 3,0 é o mais freqüentemente utilizado pelos limnólogos (ISHII, 1987 *in* ESTEVES 1998).

Assim, as amostras foram analisadas e enquadradas considerando as proposições metodológicas da APHA (American Public Health Association).e os seguintes instrumentos regulamentadores:

- As Resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) com base nas leis vigentes de potabilidade. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005** que “*dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”, e destaca que existem parâmetros aceitáveis para os diferentes usos da água, desde o consumo humano até águas para recreação ou atividades esportivas;
- A **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**, do Ministério da Saúde, onde “*estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade*”, também trata de indicadores de qualidade de água, sendo que esta legislação igualmente segue regulamentações internacionais desenvolvidas para diferentes situações;
- Os padrões de qualidade de água sugeridos pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), instituição reconhecida na análise da qualidade de água no Brasil.

Os parâmetros analisados e seus respectivos procedimentos metodológicos estão apresentados de forma sucinta a seguir (Quadro 4).

Quadro 4 – Breve descrição dos parâmetros e métodos utilizados para caracterizar a qualidade das águas na bacia do rio Catú.

PARÂMETROS	METODOLOGIAS
Parâmetros químicos	
Amônia Total (mg/L)	Kit Labcon test® - Água doce
Amônia Tóxica (mg/L)	Kit Labcon test® - Água doce
Carbono Dissolvido-CO ₂ (mg/L)	Método titrimétrico
Fosfato (mg/L) (fósforo solúvel reativo)	Método colorimétrico de Atkins, modificado por Denigés (APHA)
Nitrito	Método colorimétrico de Griess-Ilosva (APHA)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Coleta <i>in situ</i> com CTD da SensorData®
pH	Potenciômetro portátil da INSTRUTHERM PH-1800
Parâmetros Físicos	
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Coleta <i>in situ</i> com sonda multiparâmetros ExStik®II conductivity/ TDS/Salinity Meter da marca EXTECH instruments
Condutividade (µS/cm)	Coleta <i>in situ</i> com sonda multiparâmetros ExStik®II conductivity/ TDS/Salinity Meter da marca EXTECH instruments
Temperatura (°C)	Coleta <i>in situ</i> com CTD da SensorData®
Transparência da água (m)	Disco de Secchi
Turbidez (UNT)	Coleta <i>in situ</i> com CTD da SensorData®
Parâmetros Biológicos	
Clorofila-A(µg/L)	Coleta <i>in situ</i> com CTD da SensorData®

Considerando os resultados obtidos dos parâmetros Transparência da água e Fosfato (fósforo solúvel reativo) foi calculado ainda o índice do estado trófico de Carlson (IET), modificado por Mercante e Tucci-Moura (1999) utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{IET(PSR)} = 10 \times \left(6 - \left(\frac{\ln \frac{21,67}{\text{PSR}}}{\ln 2} \right) \right) \quad (\text{Fórmula 10})$$

$$\text{IET(DS)} = 10 \times \left(6 - \left(\frac{0,64 + \ln \text{DS}}{\ln 2} \right) \right) \quad (\text{Fórmula 11})$$

Onde:

PSR = fósforo solúvel reativo ($\mu\text{g/L}$).

DS = transparência da água, obtida com o disco de Secchi (m).

Mesmo havendo outros modelos para o cálculo do IET, a escolha deste índice (de Carlson modificado por Mercante e Tucci-Moura, 1999) se deu pelos seguintes fatores:

- A disponibilidade apenas de dados de Fosfato (Fósforo Solúvel Reativo) e não de Fósforo total, que neste caso poderia ser correlacionado com os dados de *clorofila a*.
- A literatura afirma ainda que há correlação entre o Fósforo Total e a *clorofila a*. Com base nisso, buscou-se verificar se havia correlação também entre esse parâmetro biológico (*clorofila a*) e o Fosfato. Entretanto, os valores obtidos para tal correlação foram bastante discretos no período analisado. Logo, optou-se pela análise do IET considerando as fórmulas supracitadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ

5.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO CATÚ

5.1.1 Análise dos dados físicos da bacia do Catú

A análise morfométrica abrange um grande número de parâmetros que permitem melhor caracterizar o ambiente de uma bacia hidrográfica, sua predisposição a ocorrência de alguns eventos e sua incompatibilidade com certas atividades humanas e/ou com alguns modelos de uso e ocupação do solo.

Granell-Perez (2001) destaca que “nos estudos de Geografia é muito importante considerar que a bacia hidrográfica é uma unidade hidrogeomorfológica, na qual todos os elementos são estreitamente interdependentes, de tal forma que qualquer mudança natural ou antrópica que venha a ocorrer num determinado ponto da bacia, produz automaticamente um ajustamento do sistema canais-vertentes, para montante e para jusante do ponto onde a mudança ocorreu”. Logo, o conhecimento morfométrico da bacia permite melhor compreender os processos hidrológicos associados ao uso e ocupação ocorrentes.

Para uma melhor análise, a bacia do Catú foi dividida em três setores (Figura 31). A divisão da bacia por setor teve como parâmetro principal os dados de hipsometria (Figura 32) gerada pelo modelo Digital do Terreno (MDT), não sendo consideradas as cotas altimétricas do campo de dunas (fora da bacia de drenagem) na porção nordeste da área. Essa subdivisão foi ainda comparada com o trabalho de Pinheiro e Moraes (2010) realizado na área.

O **setor A** corresponde ao alto curso que vai da nascente do rio Catú até a barragem do açude Catucinzenza. Corresponde à área mais alta da bacia, onde se encontram geralmente os terrenos acima de 40 metros (excetuando-se as áreas rebaixadas dos vales e planícies fluviais).

O **setor B** correspondente ao médio curso que se estende desde a barragem do açude Catucinzenza até o início da lagoa do Catú. Essa porção central da bacia é caracterizada por terrenos com cotas altimétricas variando de 20 a 40 metros. Utilizou-se ainda como parâmetro auxiliar a hidrodinâmica fluvial.

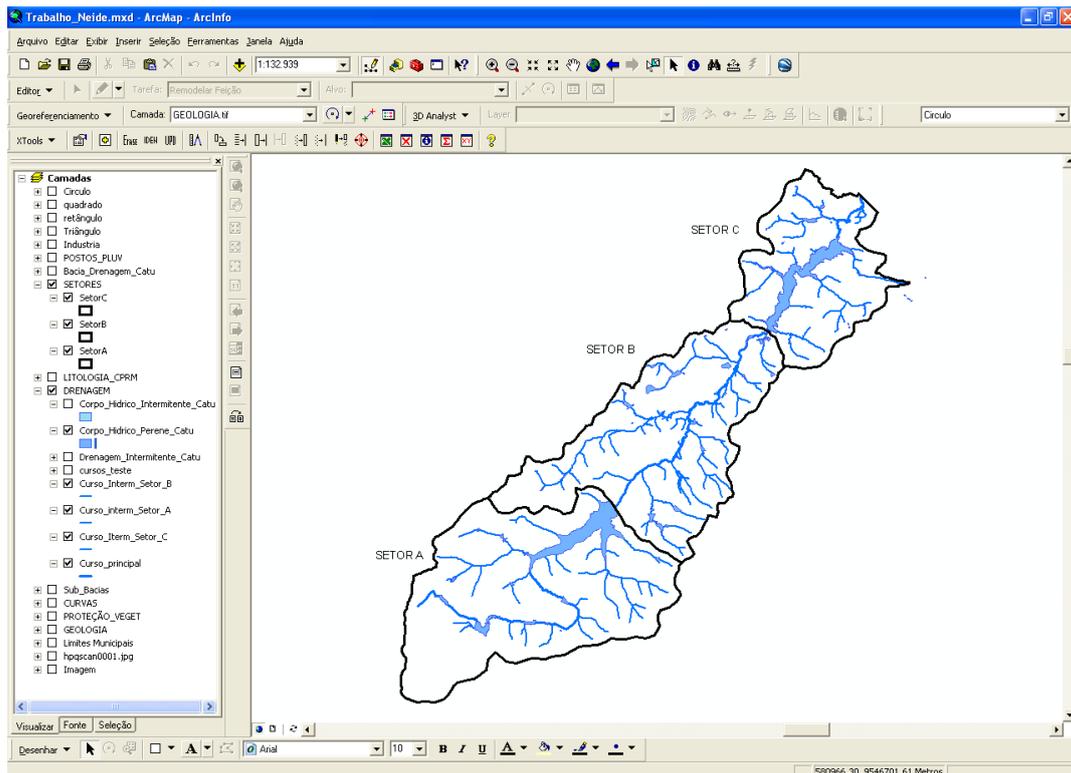


Figura 31 – Divisão da bacia do Catú em três setores que compreendem o alto, médio e baixo curso. Interface do programa Arcview 9.0.

Gomes (2003) ao estudar a Lagoa do Catú apresentou informações sobre a mudança no padrão de escoamento na porção sudoeste da lagoa com diminuição da corrente fluvial superficial e subsuperficial representando mudança no gradiente do rio no início da lagoa.

O **setor C** que configura o baixo curso, correspondendo a área mais baixa e plana da bacia (excetuando-se os terrenos elevados das dunas), com cotas variando de 0 a 20 metros de altitude.

Os dados da análise morfométrica foram obtidos através do uso dos softwares Arcview 9.0. e o Autocad Map e estão expressos na Tabela 5.

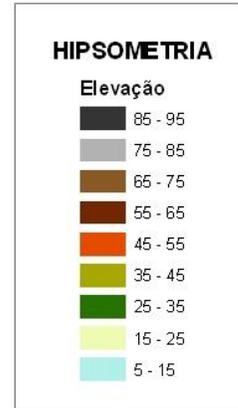
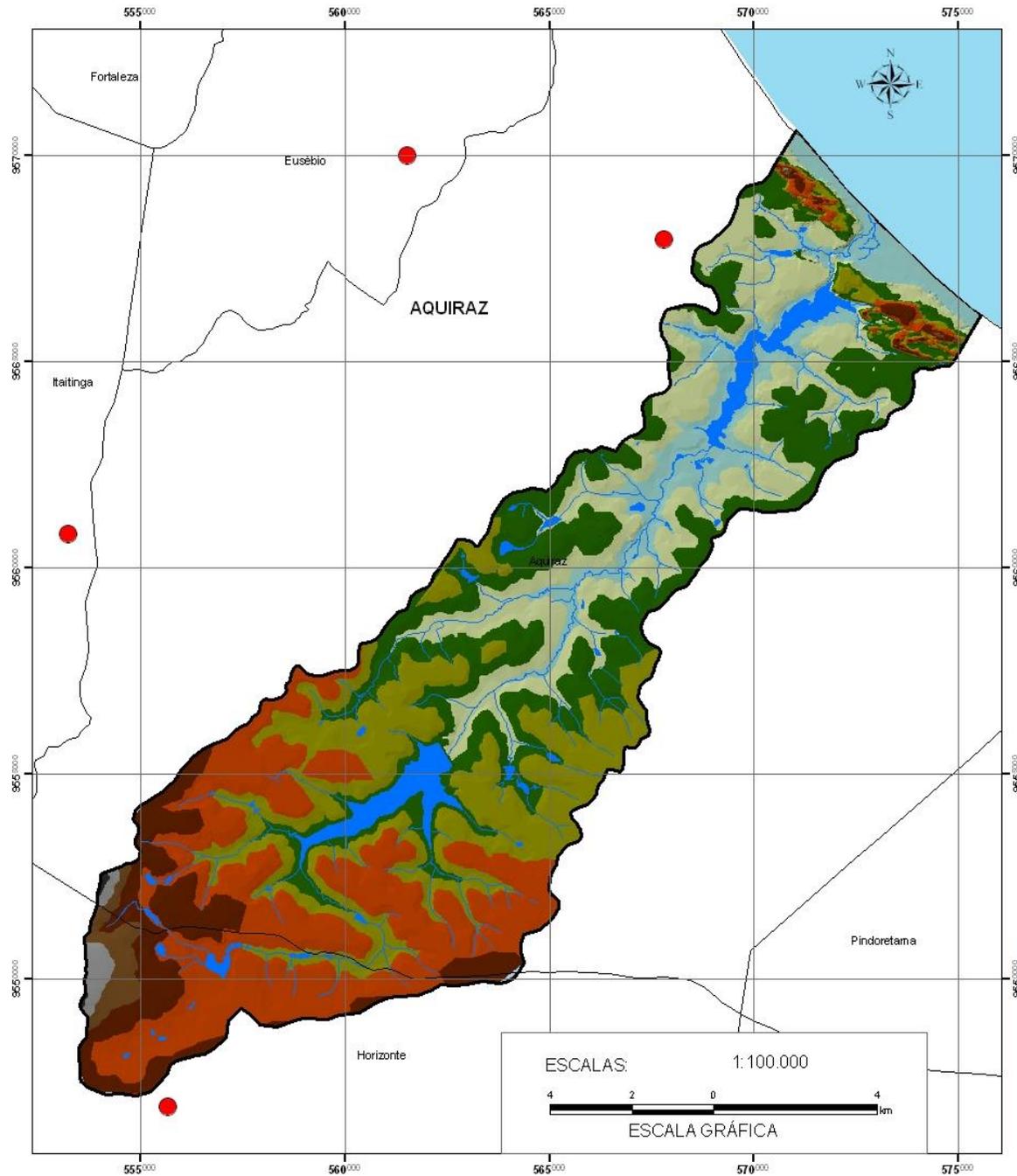
A **relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia** permite que se possa analisar a abrangência geométrica do rio principal em relação à área da bacia. A relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia é chamada de **comprimento geométrico** do curso d'água. Logo chegou ao seguinte valor de 0,81km para a bacia do Catú. Isso representa que em média cada quilômetro de canal drena cerca de 0,81km² de área.



**FIGURA 32:
HIPSOMETRIA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ.**

Autora:
MARIA LUZINEIDE GOMES

Orientadora:
Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira
Co-orientador:
Prof. Dr. Jáder Onofre de Morais



Convenções Cartográficas

- Rede de Drenagem
- Corpos Hídricos Perenes
- Limite da Bacia Hidrografica
- Limites Municipais
- Sedes municipais



Referência do mapeamento hipsométrico:
Ortofotocartas retificadas IPECE (2008)
Equidistância das curvas de nível: 5 metros

Referência das imagens:
Ortofotocartas Retificadas
IPECE (Ano: 2008)
Datum de referência: SAD-69

Mapa que integra o trabalho de tese intitulado
Análise ambiental e avaliação quali-quantitativa
da bacia hidrográfica do Rio Catú
(Aquiraz/Horizonte - Ceará).
Ano: 2012

Figura 32: Hipsometria da Bacia Hidrografica do rio Catú.

Tabela 5 - Dados morfométricos da bacia do Rio Catú, Aquiraz-CE.

Características Físicas	Resultados
Área da Bacia (A)	157,15km²
- setor A (alto curso)	66,27Km ²
- setor B (médio curso)	56,40Km ²
- setor C (baixo curso)	34,48Km ²
Comprimento da Bacia (L)	28,75km
Comprimento do rio Principal	38,06km
Comprimento Geométrico do rio	0,81km
Perímetro	79,3km
Densidade de rios (Dr)	0,80
- setor A (alto curso)	0,49
- setor B (médio curso)	1,09
- setor C (baixo curso)	0,89
Densidade de Drenagem para a bacia (Dd)	1,22
- setor A (alto curso)	0,96
- setor B (médio curso)	1,46
- setor C (baixo curso)	1,34
Declividade Média (DM)	30,73%
- setor A (alto curso)	24,56%
- setor B (médio curso)	29,52%
- setor C (baixo curso)	44,59%
Relação entre Comprimento do rio Principal e a Área da Bacia (L)	31,18
Coefficiente de Rugosidade (RN)	37,53
- setor A (alto curso)	23,48
- setor B (médio curso)	43,05
- setor C (baixo curso)	59,85

A **Densidade de rios (Dr)** é a relação existente entre quantidade de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão como o quilômetro quadrado. Encontrou-se para a bacia do Catú, com base no levantamento da hierarquia da drenagem o valor de 161 canais distribuídos para uma área de 157,15km². Entretanto o valor da Densidade de rios considerou apenas os rios de primeira ordem, conforme a proposição de Strahler.

Assim, obteve-se o valor de 0,80 para a bacia como um todo. Para o Setor A o valor da densidade de rios foi 0,49. Para o setor B foi de 1,09 e para o setor C foi de 0,89. Verifica-se com isso que o setor A, que apresentou o menor valor da densidade de rios tem menor drenagem em relação a sua área por isso, é mais vulnerável às alterações humanas, pois os poucos canais presentes, se afetados, comprometem em muito o escoamento fluvial.

No entanto, foi ainda levantada a hierarquia para a bacia considerando a ordenação de Horton (Tabela 6), onde cada segmento de canal ao bifurcar-se com outro de mesma ordem, gera um segmento de ordem superior

Tabela 6 – Hierarquia fluvial para a bacia do Catú, Aquiraz-CE.

SETORES DA BACIA	Hierarquia Fluvial			
	1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	4ª ordem
Setor A	33	6	2	1
Setor B	62	12	3	0
Setor C	31	9	2	0
Bacia	126	27	7	1

A **densidade de drenagem** encontrada na bacia foi de 1,22km sendo assim classificada como pobre. Analisando por setores a bacia, verifica-se que para o **setor A** foi encontrado o valor de 0,96km de **Dd** (pobre). No **setor B** foi de 1,46km (pobre) e no **setor C** 1,34km (pobre), ainda assim esses valores representam uma baixa densidade de drenagem.

Segundo Chistofolletti (1980) o comportamento hidrológico das rochas, em um mesmo ambiente climático, vai repercutir a densidade de drenagem, ou seja, onde a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para esculturação de canais permanentes e conseqüentemente densidade de drenagem mais elevada. A bacia tem a maior eficiência de drenagem quanto maior for essa relação (VILLELA & MATTOS, 1975 *in* FERREIRA et. al., 2010). Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação.

Isso pode ser relacionado às características geológicas da bacia do Rio Catú. Os valores baixos encontrados estão associados a estruturas cenozóicas (que predominam na área) da Formação Barreiras (de matriz areno-argilosa) e os outros depósitos cenozóicos (de textura arenosa) descritos na área que permitem mais infiltração que escoamento.

Quanto à **declividade média**, a bacia foi classificada como um todo e por setores onde se obteve uma declividade média é de 30,73%. Os dados de declividade permitiram ainda a classificação quanto o tipo de relevo (Tabela 7). Observou-se em toda a bacia que existem vários tipos de usos (agricultura, indústrias, agroindústrias e urbanização).

Tabela 7 – Classes de declividade e classificação do relevo na bacia do Catú, Aquiraz-CE.

SETORES DA BACIA	DECLIVIDADE MÉDIA (%)	RELEVO
Setor A	24,56	Forte Ondulado
Setor B	29,52	Forte Ondulado
Setor C	44,59	Forte Ondulado
Bacia	30,73	Forte Ondulado

Estes usos podem, com o auxílio da declividade da área, afetar a qualidade ambiental da bacia e comprometer conseqüentemente a qualidade das águas da mesma. É preciso destacar ainda que várias áreas da bacia já estão desprovidas de vegetação em função dos usos. Assim, a ausência de cobertura vegetal, a tipologia dos solos (se arenosos) e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento e erosão, menor quantidade de água armazenada no solo, e possivelmente a enchentes mais pronunciadas, trazendo mais degradação a esta bacia.

Quanto ao **coeficiente de rugosidade** é um parâmetro que coloca em relação, a disponibilidade do escoamento hídrico superficial (expresso pela sigla Dd) com seu potencial erosivo, expresso pela Declividade Média. Os valores encontrados foram de 23,48km/km² para o **setor A**; no **setor B** foi de 43.05km/km² e no **setor C** o valor foi 59.85 km/km². Enfim a partir dos dados obtidos, pode-se perceber que nos três setores analisados é alto o valor desse coeficiente. Assim é maior a preocupação, pois o potencial erosivo associado ao escoamento hídrico

superficial pode contribuir no processo de erosão. O que se analisa desse setor é que existe uma grande concentração de residências nas margens do rio (baixo curso) e uso da terra para cultivos e pecuária extensiva (médio curso).

Para a análise da **Forma da bacia** partiu-se da delimitação da área limítrofe da bacia foram traçadas quatro figuras geométricas (círculo, retângulo, triângulo e quadrado) que cobrissem a delimitação da bacia do Catú (Figura 33). Em seguida, pela relação entre a área englobada simultaneamente pelas duas com a área total da figura geométrica, obteve-se o **índice de forma**.

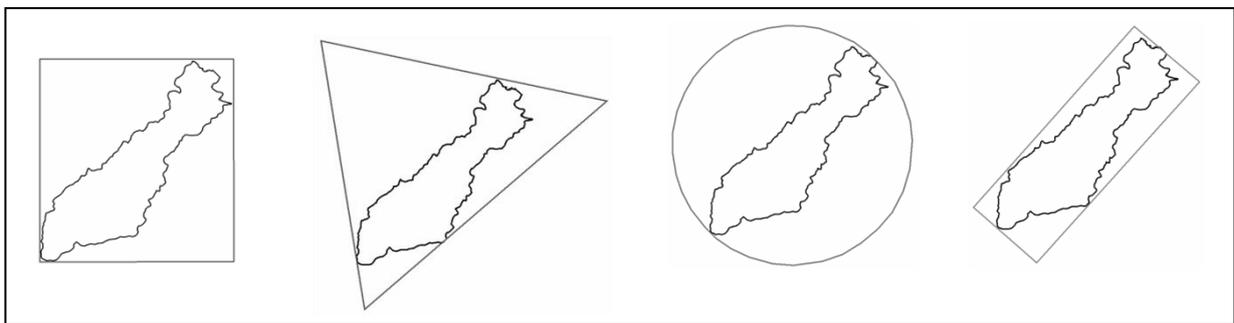


Figura 33 – Figuras geométricas utilizadas para o cálculo do índice forma para a bacia do Catú, Aquiraz-CE, usando o programa Arcview 9.0.

Desse modo obtive o valor 0,68 para o quadrado; 0,71 para o triângulo; 0,75 para o círculo e 0,46 para o retângulo. Logo essa última é a forma que mais representa a área da bacia.

Este parâmetro é importante porque conforme o delineamento da forma da bacia seus fluxos podem ser previstos. Por exemplo, se a bacia do Catú tivesse forma triangular, haveria maior tendência a ocorrência de enchentes (mais freqüentes e intensas) pois nesta forma praticamente todos os canais estão direcionados para o cana principal. Entretanto a bacia do Catú apresentou forma retangular (alongada) o que permite que o escoamento seja mais equilibrado e mais bem distribuído no tempo ao longo de um canal principal.

Assim, as enchentes quando ocorrem são de menores proporções. Denota também a fragilidade do canal principal, pois uma bacia retangular exprime a presença de afluentes não muito extensos, logo, interferências nesses afluentes comprometem significativamente o escoamento do canal principal. Logo, para essa bacia não é apenas sobre o rio principal que se deve dar maior atenção, mas principalmente seus afluentes dada a pouca extensão deles e sua quantidade (baixa densidade de drenagem).

5.2 EROSIVIDADE DA CHUVA

Utilizando os dados referentes às estações pluviométricas de Aquiraz, Horizonte, Itaitinga e Pindoretama Irauçuba e Guaramiranga foi analisada o potencial erosivo da chuva. Com base nesses dados, foi calculada a média anual dos índices de erosividade mínima (Irauçuba, com 337,4 t/ha.mm/h) e máxima (Guaramiranga, com 923,8 t/ha.mm/h) para o Estado do Ceará. Portanto a classificação geral para o Estado do Ceará pode ser definida pelos valores apresentados na Tabela 8. A partir da análise dos dados pluviométricos de uma série de aproximadamente 20 anos (excepcionalmente Aquiraz que considerou-se 30 anos de dados pluviométricos) obteve-se a média mensal e anual para as décadas estudadas.

Tabela 8 – Classificação dos índices de erosividade da chuva, para o Estado do Ceará.

ÍNDICE (t/ha.mm/h)	QUALIFICAÇÃO
<337,4	Erosividade débil
337,4 a 532,8	Erosividade média
532,8 a 728,3	Erosividade forte
728,3 a 923,8	Erosividade muito forte
> 923,8	Erosividade excessiva

Fonte: Análise dos dados pluviométricos disponibilizados pela FUNCEME e cálculos realizados utilizando a fórmula para o índice de erosividade e classificação para o Estado do Ceará.

A análise dos dados mensais de precipitação de 1981 a 2010 de cada estação analisada permitiu o cálculo do valor da erosividade da chuva em médias mensais. Entretanto as estações de Horizonte, Itaitinga e Pindoretama não dispunham de dados que contemplassem três décadas, sendo analisadas apenas duas décadas). Verifica-se, é claro, que são justamente nos meses de maior precipitação pluviométrica que se dão os maiores valores do índice de erosividade (Tabela 9). Enfim ocorre maior erosão na área da bacia no período entre março e maio.

Tabela 9 - Índice de erosividade para os postos pluviométricos relevantes para a bacia do Rio Catú (Aquiraz-Horizonte).

Estações	Período	Mês												Média anual
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Aquiraz	01/1981 a 12/1990	29,99	105,11	274,28	198,49	102,81	111,62	38,60	2,87	1,96	0,80	0,27	12,16	879,0
	01/1991 a 12/2000	22,18	72,26	247,86	307,08	135,08	50,52	7,93	3,45	1,51	0,75	0,39	1,69	850,7
	01/2001 a 12/2010	66,43	66,15	241,45	421,26	137,24	74,94	11,78	0,38	0,00	0,19	0,22	0,81	1020,9
Horizonte	01/1991 a 12/2000	52,11	61,76	267,60	234,99	104,35	16,77	2,64	1,63	0,03	0,13	0,09	5,08	747,2
	01/2001 a 12/2010	61,43	69,57	163,53	320,94	92,15	17,83	2,80	0,04	0,01	0,02	0,01	1,82	730,1
Itaitinga	01/1991 a 12/2000	37,50	74,51	222,55	199,04	135,26	59,80	3,04	2,60	1,63	0,00	0,00	0,00	735,9
	01/2001 a 12/2010	62,41	60,94	207,32	351,51	118,09	52,21	8,05	0,36	0,28	0,02	0,13	1,67	863,0
Pindoretama	01/1991 a 12/2000	34,39	53,38	210,55	304,40	121,85	27,39	6,54	4,54	0,90	0,09	0,45	6,52	771,0
	01/2001 a 12/2010	70,61	57,26	233,94	363,26	152,56	75,23	8,94	0,22	0,02	0,00	0,00	0,48	962,5
Guaramiranga	01/1981 a 12/1990	42,39	62,69	203,65	213,14	134,31	111,18	51,39	8,50	6,28	7,20	7,24	27,46	875,4
	01/1991 a 12/2000	50,73	99,49	199,66	179,37	113,06	65,14	23,05	5,57	2,33	4,92	6,34	13,79	763,5
	01/2001 a 12/2010	109,11	58,92	189,45	262,79	122,04	120,68	36,39	5,61	0,72	0,96	2,87	14,32	923,8
Irauçuba	01/1981 a 12/1990	19,09	40,88	157,38	164,23	48,90	15,15	1,06	0,00	0,03	0,00	0,00	3,15	449,9
	01/1991 a 12/2000	25,07	41,20	139,45	91,33	31,63	5,50	1,14	0,01	0,00	0,00	0,00	2,16	337,5
	01/2001 a 12/2010	62,14	41,69	152,02	120,29	28,95	10,71	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	416,7

Fonte: Análise dos dados pluviométricos disponibilizados pela FUNCEME e cálculos realizados utilizando a fórmula para o índice de erosividade da chuva na região da bacia hidrográfica do rio Catú.

Os resultados das análises apontam um significativo aumento na erosividade das chuvas principalmente nos meses de março, abril e maio para o município de Aquiraz no período analisado. Pindoretama também apresentou um aumento nos valores do referido índice, entretanto esse aumento foi mais discreto.

A disposição geográfica desses municípios (junto ao litoral), as alterações no padrão de uso do solo e as alterações climáticas regionais/globais são possíveis fatores que justificam tal acréscimo no volume pluviométrico e conseqüentemente nos valores do índice de erosividade da chuva. Os municípios de Horizonte e Itaitinga apresentaram valores com pouca variação ao longo das duas décadas de análise. Logo, os acréscimos e decréscimos no valor do índice de erosividade foram sucessivos.

Entretanto, quando analisados considerando a classificação do grau de erosividade da chuva para o Estado Ceará verificou-se que houve maior representatividade nos valores que denotam potencial “excessivo” e “muito forte” ocorrendo em todos os postos pluviométricos analisados. Muitas vezes ultrapassando os valores do posto de referência, onde são registrados os maiores índices pluviométricos do Estado (Guaramiranga) de acordo com as informações da FUNCEME (2011).

Desse modo toda a área da bacia do rio Catú apresenta-se com alta suscetibilidade a esse índice devendo ser consideradas e mais bem acompanhadas as formas de uso do solo para evitar a erosão dos mesmos. Os valores elevados desse índice denotam ainda preocupações com os processos de assoreamentos dos fundos dos vales e leitos dos rios, que podem por sua vez comprometer sobremaneira os sistemas fluviais da bacia, principalmente nos setores mais desprotegidos.

Considerando a disposição geográfica das estações pluviométricas na área, verificou-se utilizando o traçado do polígono de Thiessen (Figura 34) a abrangência dos dados de cada estação de acordo com a setorização da bacia. Logo, assim pôde-se classificar o grau de erosividade da chuva para cada setor da área estudada (Tabela 10).

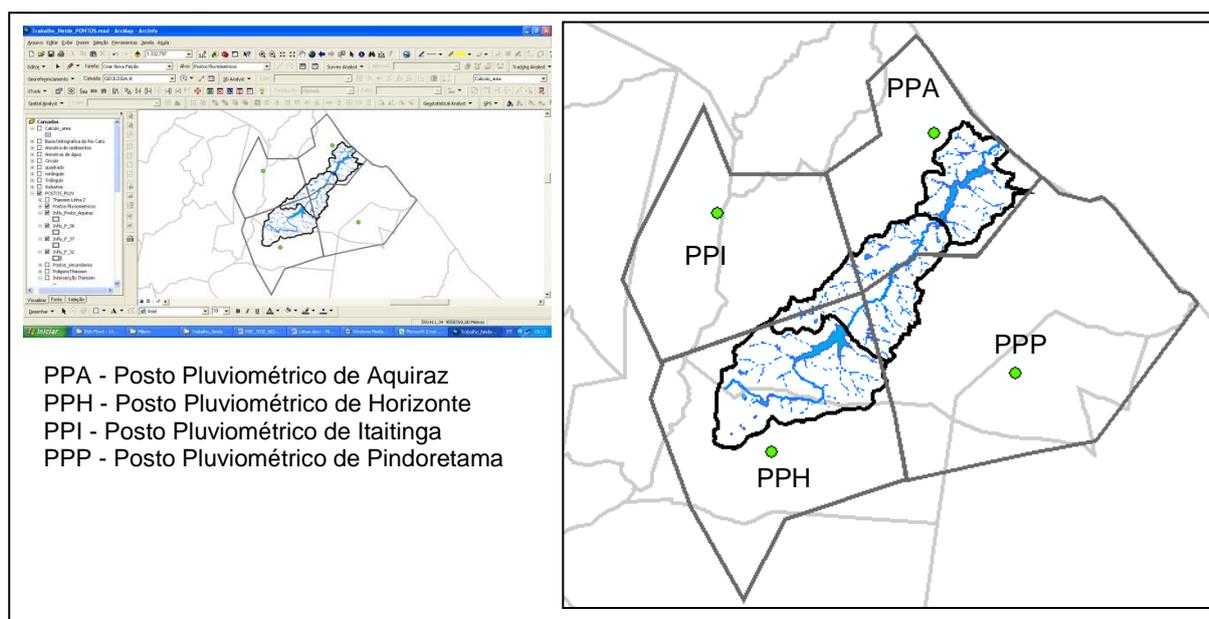


Figura 34 – Disposição geográfica e área de influências dos postos pluviométricos de influência para a bacia do Catú com base no traçado do polígono de Thiessen.

Tabela 10 - Classificação da bacia do Catú quanto à erosividade da chuva considerando a área de influência dos postos pluviométricos por setor.

Setor	Estação Pluviométrica de influência	Influência da estação para o setor (%)	Período analisado	Classificação da erosividade
A	Horizonte	96,48	1991-2000	Erosividade muito forte
			2001-2010	Erosividade muito forte
	Itaitinga	0,14	1991-2000	Erosividade muito forte
			2001-2010	Erosividade muito forte
	Pindoretama	3,38	1991-2000	Erosividade forte
			2001-2010	Erosividade muito forte
B	Horizonte	27,16	1991-2000	Erosividade muito forte
			2001-2010	Erosividade muito forte
	Itaitinga	20,09	1991-2000	Erosividade muito forte
			2001-2010	Erosividade muito forte
	Pindoretama	52,75	1991-2000	Erosividade forte
			2001-2010	Erosividade excessiva
C	Aquiraz	100,00	1981-1990	Erosividade excessiva
			1991-2000	Erosividade excessiva
			2001-2010	Erosividade excessiva

Fonte: Análise dos dados pluviométricos disponibilizados pela FUNCEME e cálculos realizados utilizando a fórmula para o índice de erosividade da chuva na região da bacia hidrográfica do rio Catú.

Agrupando informações da análise das imagens aéreas disponíveis ao trabalho de campo é possível justificar e destacar a importância do cálculo do índice de erosividade para a bacia do Catú. Assim, a partir dos dados obtidos verificou-se as áreas mais suscetíveis a erosão, sendo possível prever e até planejar melhor o uso das atividades nas áreas mais críticas.

No setor A (alto curso) há grande preocupação em relação ao uso da terra para urbanização e industrialização tendo em vista que em Horizonte (porção sudoeste) é que se tem se instaladas diversas indústrias trazendo impermeabilização do solo e desencadeamento de maior escoamento superficial. Apesar das atividades de extração mineral não serem tão significativas nesse setor a agricultura (a exemplo da cana-de-açúcar) mostra significativa contribuição para a produção de sedimentos ao longo do setor.

No setor B (médio curso) é onde ocorre a maior concentração de focos de extração mineral (predominantemente de areia) e a retirada da vegetação para a instalação de culturas. Logo, mesmo a agricultura sendo a principal responsável pela produção de sedimentos soma-se a ela as áreas extrativas que tem o solo exposto.

O setor C (baixo curso), setor mais crítico, há maior diversificação dos usos da terra e estes ocorrem de forma mais intensa, e alteram significativamente a cobertura do solo. É ainda nessa área onde a especulação imobiliária ocorre de forma mais efetiva em função da valorização litorânea. Desse modo, isso se converte cada vez mais em impactos sobre o solo, com destaque para os processos erosivos. Se associarmos estas atividades aos índices de erosividade encontrados, veremos que as chuvas podem acarretar problemas na intensificação de processos erosivos e conseqüente comprometimento na qualidade da água bem como do solo.

5.3 POTENCIAL EROSIVO DO SOLO E A SUSCETIBILIDADE DA TEXTURA DOS SOLOS À EROSÃO

A textura do solo é destacada por vários autores como um fator importante pois influencia a erodibilidade dos solos por afetar os processos de desagregação e transporte, uma vez que, enquanto grandes partículas de areia resistem ao transporte, solos de textura fina (argilosos) também resistem à desagregação, sendo a areia fina e o silte as texturas mais suscetíveis à desagregação e ao transporte (LAL, 1988, *in* VITTE & MELLO, 2007).

Com os resultados obtidos na análise sedimentológica (granulometria) foi possível averiguar o valor modal das amostras coletados ao longo da bacia, e assim classificar de forma geral a superfície da bacia com vistas à suscetibilidade dos solos à erosão. Observou-se que dentre as 41 amostras (Figura 35) analisadas da bacia do Catú foram verificadas amostras de sedimentos compostos por areia grossa, areia média e areia fina.

Essas classes texturais apresentam suscetibilidade variando de alta a muito alta (Quadro 5). Mas houve predominância de sedimentos variando de areia média a areia fina. As amostras 3 e 26 (localizadas numa área de extração mineral e em uma das margens do açude catucinzena respectivamente) foram as apresentaram textura grossa (sendo classificadas pela média como areia grossa com cascalho). A grande representatividade dos sedimentos arenosos está relacionada diretamente à litologia (Formação Barreiras e depósitos cenozóicos) que acaba por contribuir consideravelmente com a suscetibilidade do substrato aos processos degradacionais e erosivos.

O grau de selecionamento, baseado no desvio padrão das amostras mostrou predominância de sedimentos “moderadamente selecionados”, indicando que a maioria das amostras (quando analisadas de forma individualizada) apresentou variações das frações texturais bem regulares, indo geralmente desde phi de -2,0 até 4,0. Mas denotou textura arenosa predominante. Os histogramas (Quadro 6) apresentaram-se em geral unimodais e bimodais entre classes texturais próximas.

Desse modo pode-se afirmar que atuação do escoamento superficial concentrado ou difuso que é capaz de mobilizar a classe de textura modal geralmente também permite deslocar a classe modal subsequente em função do grau moderado de selecionamento das amostras. Para as áreas que contemplam as amostras 35, 40 e 41 (que apresentaram grau bem selecionadas) a suscetibilidade da textura do solo é ainda mais acentuada.

A assimetria dos sedimentos analisados, com base nas curvas acumuladas das amostras, demonstraram uma forte tendência a frações médias a grossas (aproximadamente simétrica e assimetria negativa) em quase todas as amostras. Isso denota mais uma vez a preocupação com a tipologia de cobertura do solo que deve ocorrer nessa área em função da elevada suscetibilidade da textura dos solos à erosão decorrentes da matriz arenosa da região.



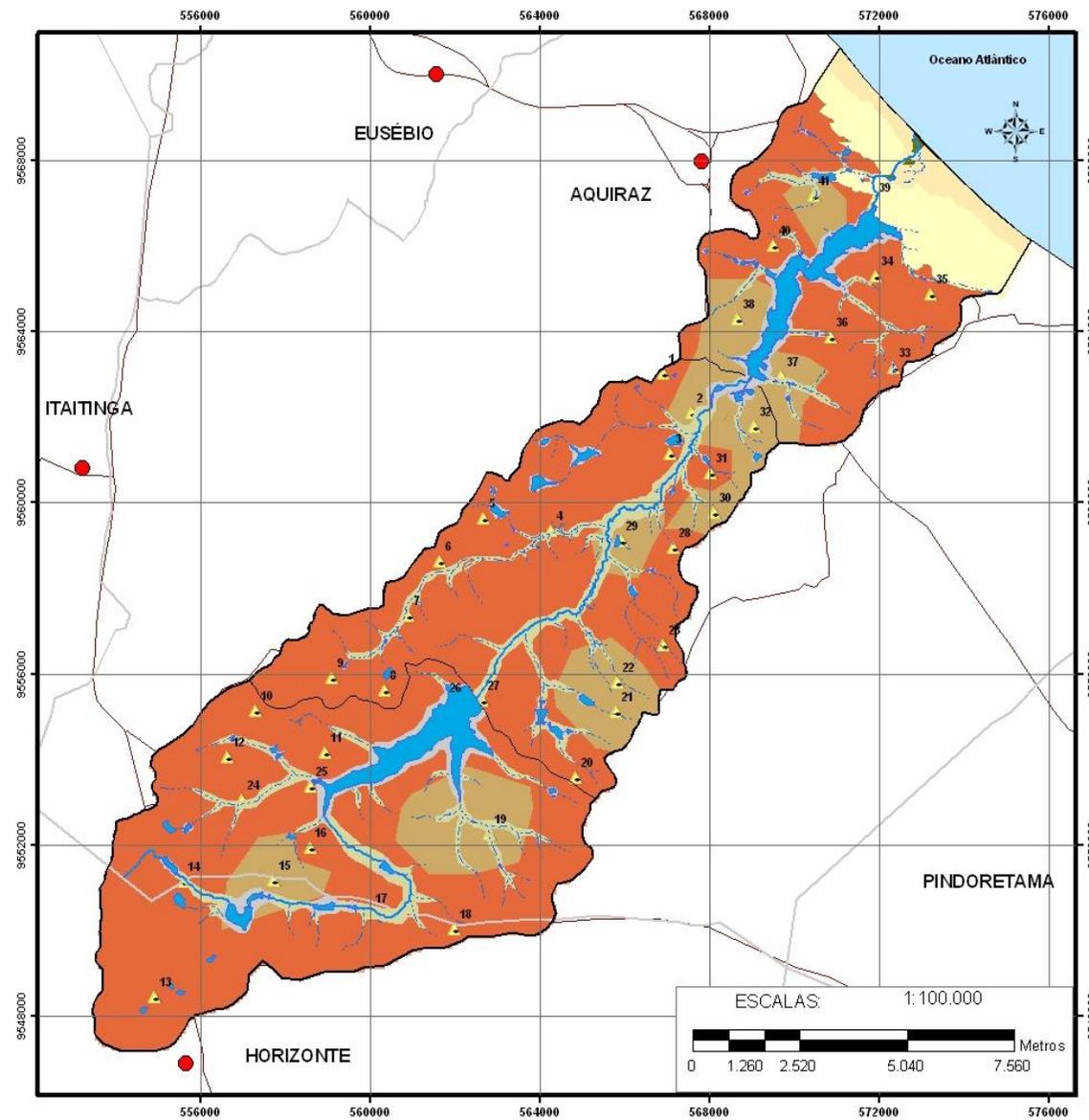
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

FIGURA 35:
DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS
E GRAU DE SUSCETIBILIDADE DA TEXTURA DOS SOLOS
À EROSIÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ.

Autora:
MARIA LUZINEIDE GOMES

Orientadora:
Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

Co-orientador:
Prof. Dr. Jâder Onofre de Moraes



LEGENDA

- Área de vulnerabilidade alta
- Área de vulnerabilidade muito alta
- Amostra de sedimentos
- Depósito flúvio-aluvionar
- Depósito flúvio-marinho
- Depósito flúvio-lacustre
- Depósito areno-quartzoso eólico
- Depósito areno-quartzoso marinho

Convenções cartográficas

- Cursos fluviais
- Lagoas e reservatórios
- Limites Municipais
- Sedes municipais
- Sistema viário



Referência do mapeamento geológico:
Brandão (1995), Pessoa (2003) e CPRM (2011)

Referência das imagens:
Ortofotocartas Retificadas
PECE (Ano: 2008)
Datum de referência: SAD-69

Mapa que integra o trabalho de tese intitulado
Análise ambiental e avaliação quali-quantitativa
da bacia hidrográfica do Rio Catú
(Aquiraz/Horizonte - Ceará).
Ano: 2012

Figura 35: Distribuição das amostras de sedimentos e grau de suscetibilidade da textura dos solos à erosão na Bacia Hidrográfica do rio Catú.

Quadro 5 - Suscetibilidade à erosão das amostras sedimentológicas da Bacia do Rio Catú.

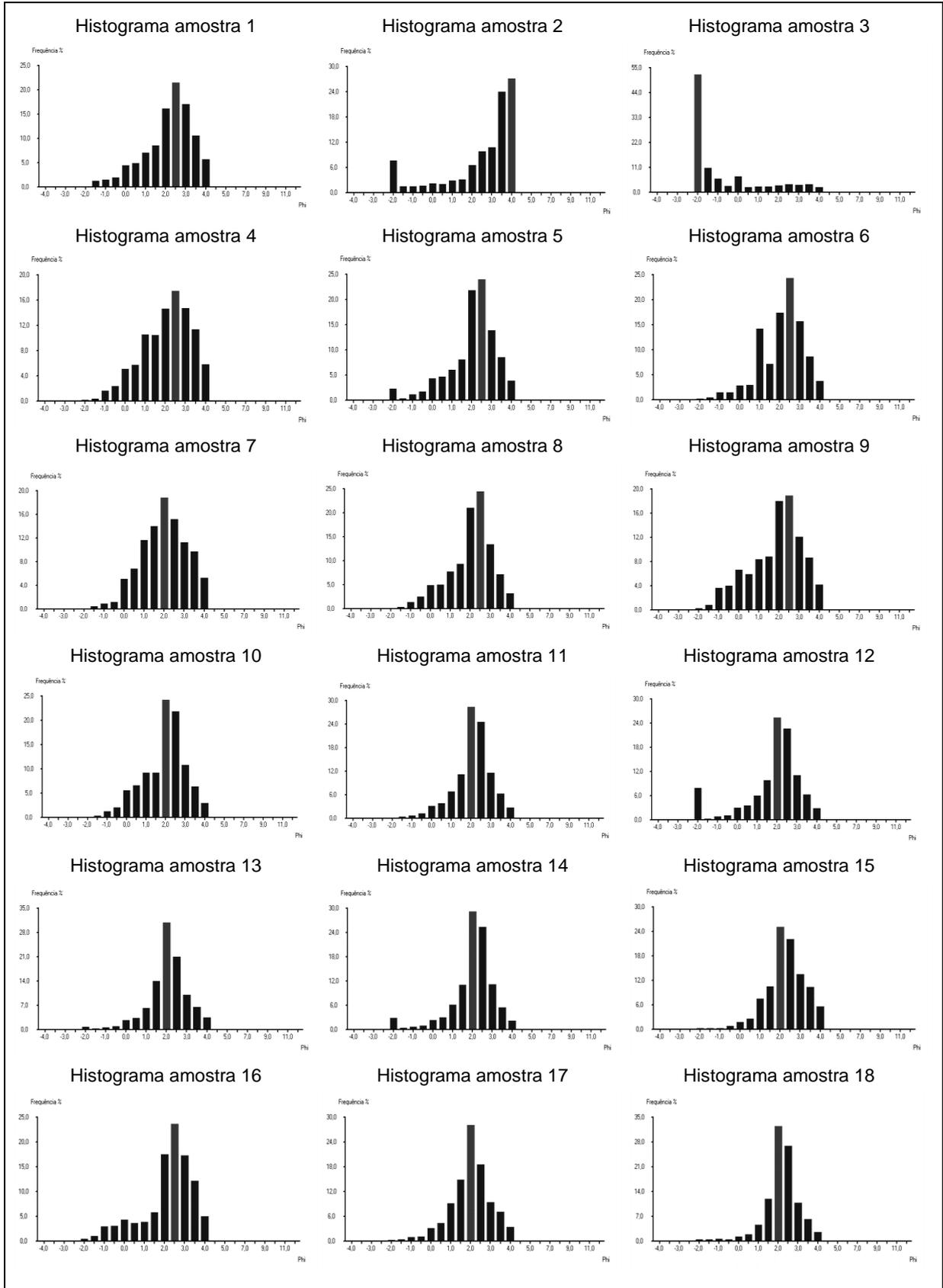
Classes texturais	Classe de suscetibilidade de à erosão	AMOSTRAS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cascalho	Média	2,673	10,407	68,375	2,055	3,613	1,885	1,326	1,673	4,718	1,550	0,921
Areia muito grossa	Alta	6,245	3,688	9,548	7,346	5,966	4,249	6,221	7,401	10,563	7,491	4,326
Areia grossa	Muito alta	11,875	4,780	4,571	16,195	10,578	17,149	18,349	12,629	14,256	15,782	10,451
Areia média	Muito alta	24,565	9,615	5,445	25,055	29,819	24,434	32,708	30,289	26,729	33,320	39,409
Areia fina	Alta	38,439	20,432	6,628	32,170	37,747	39,923	26,460	37,737	30,998	32,597	36,027
Areia muito fina	Alta	13,165	33,368	5,423	16,979	11,760	11,360	12,836	10,271	11,687	8,650	8,636
Silte	Média	3,016	12,330	0,010	0,200	0,500	1,200	2,100	0,000	1,050	0,600	0,230
Argila	Baixa	0,020	5,380	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Classificação pela média		Areia Média	Areia Fina	Areia Grossa	Areia Média							
Classes texturais	Classe de suscetibilidade de à erosão	AMOSTRAS										
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cascalho	Média	8,892	1,351	3,852	0,420	4,182	1,251	1,405	1,523	1,349	0,344	1,737
Areia muito grossa	Alta	4,026	3,588	3,119	2,573	7,247	4,170	1,526	6,326	4,343	1,786	2,348
Areia grossa	Muito alta	9,410	9,434	9,060	10,114	7,379	13,455	6,459	8,236	11,611	6,521	3,670
Areia média	Muito alta	35,017	44,613	40,103	35,508	23,170	42,834	44,342	29,084	46,514	36,716	23,758
Areia fina	Alta	33,533	31,016	36,350	35,464	40,933	27,820	37,695	36,310	29,749	44,238	50,235
Areia muito fina	Alta	6,500	8,199	6,805	11,760	9,089	7,220	6,902	12,500	4,600	8,800	10,200
Silte	Média	2,122	1,800	0,680	3,658	6,025	3,250	1,470	4,522	1,800	1,050	6,052
Argila	Baixa	0,500	0,000	0,000	0,500	1,950	0,000	0,200	1,500	0,000	0,500	2,000
Classificação pela média		Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Fina	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Fina	Areia Média	Areia Fina	Areia Fina

Quadro 5 - Suscetibilidade à erosão das amostras sedimentológicas da Bacia do Rio Catú (continuação).

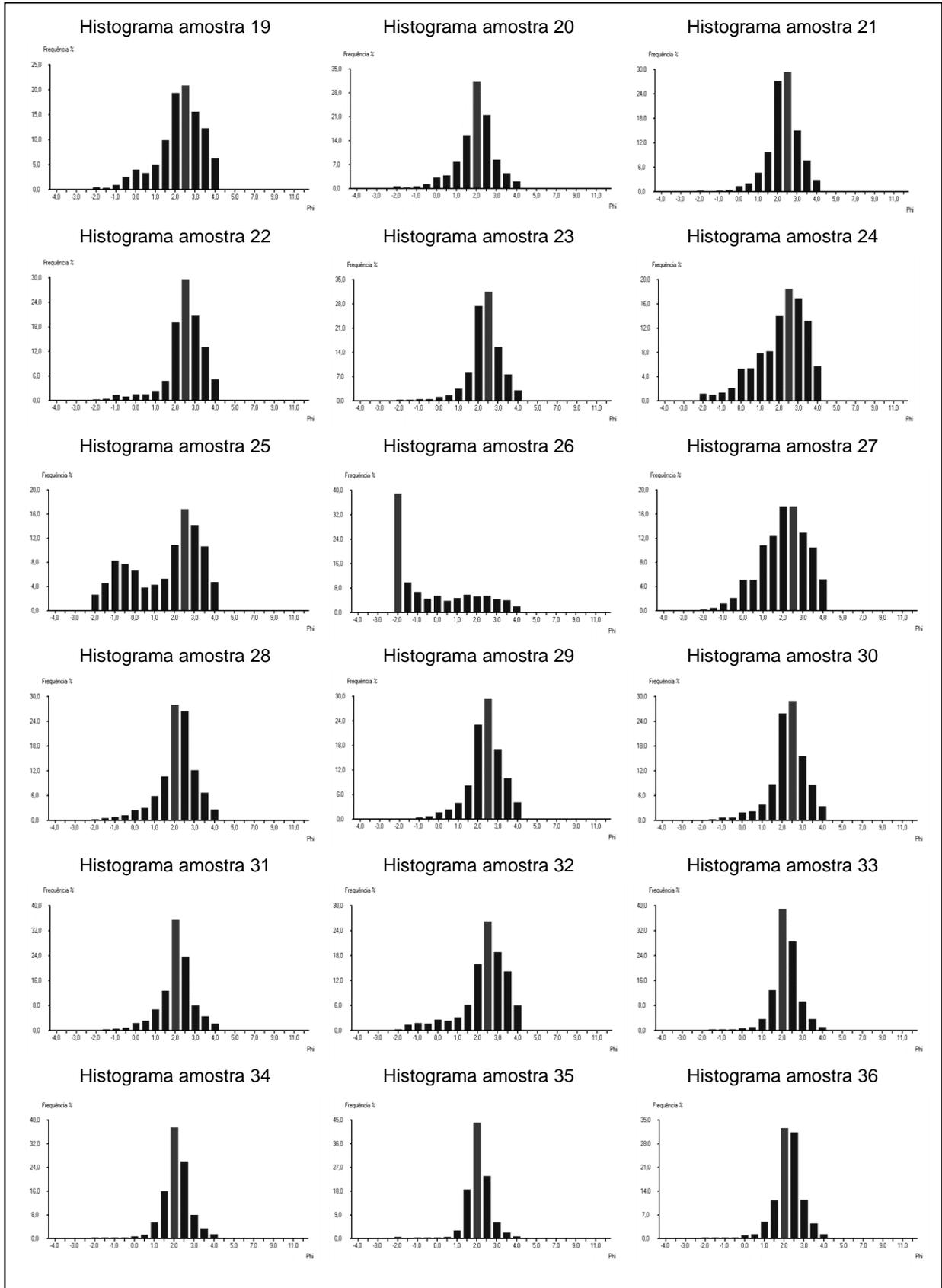
Classes texturais	Classe de suscetibilidade de à erosão	AMOSTRAS										
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Cascalho	Média	0,600	3,423	15,358	55,165	1,666	1,384	0,344	0,727	0,698	3,407	0,338
Areia muito grossa	Alta	1,489	7,251	14,268	9,857	7,148	3,515	2,245	2,463	3,181	4,052	1,003
Areia grossa	Muito alta	5,057	13,100	8,063	8,569	15,860	8,700	6,190	5,880	9,788	5,328	4,520
Areia média	Muito alta	35,251	22,094	16,101	10,930	29,593	38,548	31,137	34,624	48,092	22,116	51,764
Areia fina	Alta	46,995	35,321	30,877	9,628	30,133	38,603	46,227	44,364	31,625	44,968	37,695
Areia muito fina	Alta	6,108	11,890	12,982	5,140	13,560	5,165	8,450	7,890	4,203	13,285	3,247
Silte	Média	3,250	6,030	2,250	0,600	1,200	3,050	3,781	2,900	1,025	5,320	1,020
Argila	Baixa	1,150	0,870	0,100	0,100	0,650	1,030	1,220	1,042	1,250	1,362	0,330
Classificação pela média		Areia Fina	Areia Média	Areia Média	Areia Grossa	Areia Média	Areia Média	Areia Fina	Areia Fina	Areia Média	Areia Fina	Areia Média
Classes texturais	Classe de suscetibilidade de à erosão	AMOSTRAS										
		34	35	36	37	38	39	40	41			
Cascalho	Média	0,473	0,547	0,442	0,137	2,718	0,295	0,270	0,188			
Areia muito grossa	Alta	0,966	0,423	1,041	0,376	5,531	1,061	0,674	0,323			
Areia grossa	Muito alta	6,594	3,651	6,203	2,655	8,926	4,869	4,209	1,899			
Areia média	Muito alta	53,361	62,514	43,760	32,577	19,608	42,926	48,398	38,481			
Areia fina	Alta	33,827	29,824	42,803	49,852	44,760	45,638	41,547	53,777			
Areia muito fina	Alta	3,665	1,554	4,754	9,050	10,320	3,647	3,599	4,845			
Silte	Média	1,070	0,589	0,589	4,003	6,235	0,500	0,890	0,425			
Argila	Baixa	0,100	0,735	0,177	1,120	1,895	1,020	0,410	0,050			
Classificação pela média		Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Fina	Areia Fina	Areia Média	Areia Média	Areia Fina			

Fonte: Resultados das análises sedimentológicas (granulometria) realizadas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará.

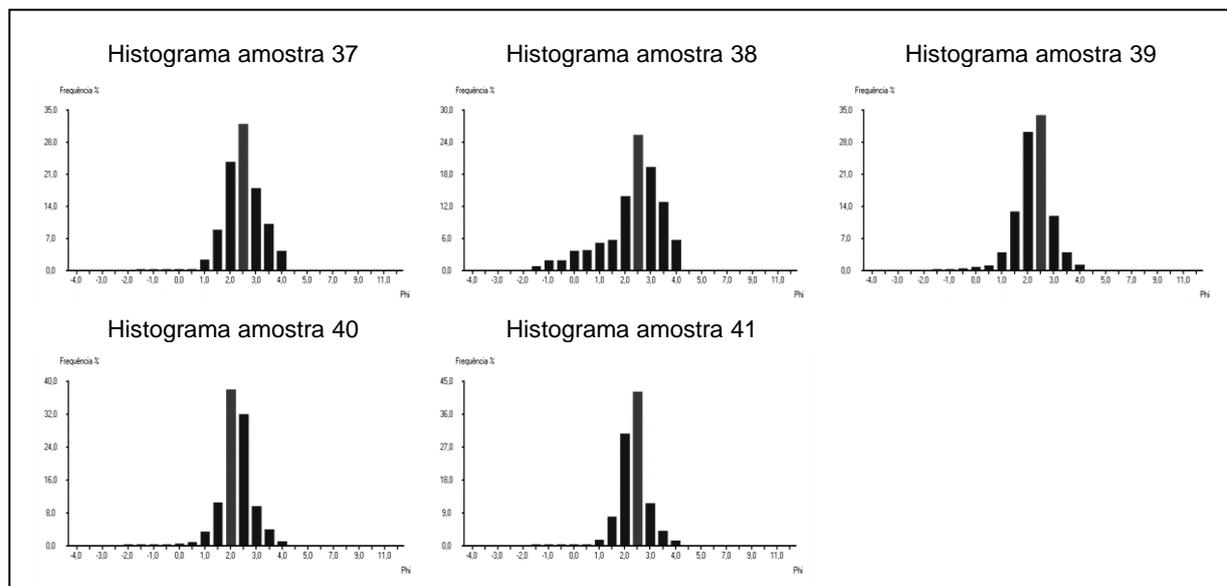
Quadro 6 - Histogramas de distribuição textural em Phi (ϕ) das amostras sedimentológicas da Bacia do Rio Catú.



Quadro 6 - Histogramas de distribuição textural em Phi (ϕ) das amostras sedimentológicas da Bacia do Rio Catú (Continuação).



Quadro 6 - Histogramas de distribuição textural em Phi (ϕ) das amostras sedimentológicas da Bacia do Rio Catú (Continuação).



Fonte: Resultados das análises sedimentológicas (granulometria) realizadas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará.

Em síntese, a classe modal da textura dos solos da área foi “areia média”, que de acordo com a classificação proposta por Hjulstrom *in* Beltrame (1994) apresenta suscetibilidade à erosão muito alta. Associado a isso há o fato da área (principalmente em Aquiraz) apresentar valores muito expressivos para o potencial erosivo das chuvas.

Conseqüentemente, o incremento nos valores da pluviometria e a elevada suscetibilidade da textura do solo a ser erodido permitem inferir que as áreas que compoem a da bacia do rio Catú, principalmente aquelas onde os solos encontram-se expostos, representam áreas potenciais de produção de sedimentos para os vales e cursos fluviais que se converte no assoreamento e também por conseqüência na alteração da qualidade ambiental das águas superficiais principalmente.

5.4 USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM DA BACIA DO CATÚ

5.4.1 Levantamento do uso da terra e cobertura do solo.

A confecção do mapa de uso da terra e cobertura do solo (Apêndice A) através da interpretação de imagens aéreas objetivou visualizar a distribuição

espacial das formas de uso atuais. Os valores encontrados para os diferentes usos da terra na bacia hidrográfica do Rio Catú estão resumidos na Tabela 11.

Tabela 11 – Áreas e classes do uso da terra na área da Bacia hidrográfica do Rio Catú (Aquiraz/Horizonte-CE).

Classes	Área em Km²	Área em %
Vegetação arbórea-arbustiva densa	53,52	32,82
Vegetação arbórea-arbustiva esparsa	43,08	26,42
Vegetação herbácea	17,02	10,44
Agricultura	17,85	10,95
Áreas urbanizadas, povoados e edificações	10,79	6,62
Agroindústrias	1,35	0,83
Indústrias	0,62	0,38
Solo exposto	1,43	0,88
Área de extração mineral	0,39	0,24
Lagoas e reservatórios	6,89	4,23
Campo de dunas móveis e faixa praial	10,11	6,20
Total da área de estudo	163,05	100,0

Fonte: Fotointerpretação de imagem aérea da área estudada.

A classe “vegetação arbórea-arbustiva densa” corresponde à vegetação mais densa da área, incluindo toda a vegetação primária e/ou secundária reconstituída ocupando 32,82% da área estudada. A “vegetação arbórea-arbustiva esparsa” corresponde à vegetação menos densa da área ocupa 26,42% da área.

A “vegetação herbácea” corresponde aos terrenos com gramíneas e outros tipos de vegetação de pequeno porte que ocupam principalmente as áreas de várzea, planícies e margem fluviais. Fazem ainda parte dessa classe os terrenos que muitas vezes representam áreas de pousio ou áreas anteriormente utilizadas para cultivo abandonadas que hoje encontram-se colonizadas por gramíneas. Essa classe ocupa 10,44% da área estudada.

A classe “agricultura” composto por culturas temporárias e permanentes representam pouco mais de 10% da área de estudo abrangendo cerca de 17,85 km². Apesar não ser elevado tal percentual, a grande preocupação que se faz sentir em relação a essa classe é em relação à sua disposição próximo aos cursos fluviais (como ocorre próximo ao leito do rio principal). Destaca-se ainda que grande parte desse percentual é representado pela monocultura da cana-de-açúcar que abrange cerca de 46% das formas de cultivo da área (8,22km²). O restante dos cultivos está

representado pela agricultura de subsistência e cultivos permanentes (frutíferas em geral) realizadas em pequenas propriedades (sítios).

A classe “áreas urbanizadas, povoados e edificações” refere-se aos terrenos ocupados com edificações urbanas e/ou rurais para fins de moradia (primeira ou segundas residências). Essa classe apresenta cerca de 10,79 km² da área da bacia, sendo vista como bastante significativa ao passo que já corresponde a 6,62% da área estudada. Na área do alto tais edificações são geralmente de residências na área urbana do município de Horizonte.

Entre o alto e baixo curso as edificações são em sua maioria sítios, fazendas e povoados (com destaque para Justiniano de Serpa, Patacas, Tapera). Já na área do baixo curso, verifica-se a efetiva presença das “segundas residências” (representadas pelos sítios e casas de veraneio). Com o advento dos investimentos público privado nesse setor tem ocorrido um aumento demográfico bastante significativo para o distrito-sede de Aquiraz e para o distrito de Prainha. Isso resultará conseqüentemente no desenvolvimento dos povoados próximos, sendo necessário se ordenar as formas de ocupação ocorrentes resultantes desse processo.

As “agro-indústrias” referem-se principalmente às granjas dispostas por toda a área de estudo. Também fazem parte dessa classe as indústrias de rações geralmente associadas às granjas. Essa classe ocupa 0,83% da área estudada estando distribuídas nos três setores da bacia do Rio Catú.

A classe “indústria” representa as estruturas industriais (de confecção, de bebidas, de produtos alimentícios e automobilística) em funcionamento não estando necessariamente associadas à produção rural da área. Essas indústrias correspondem a 0,38% da área da bacia.

As agroindústrias e indústrias não têm grande representatividade espacial em termos de área. No entanto isso não representa participação diminuta quando se trata de impactos ambientais. Mesmo distribuídas de forma pontualizada geralmente causam alterações freqüentes por meio dos resíduos gerados nos processos produtivos afetando bem mais do que apenas a área em que ocupam.

A classe “solo exposto” representa áreas onde as atividades humanas anteriormente executadas (seja pela agricultura ou outra atividade interveniente) causaram o desgaste dos horizontes superiores (horizonte O a A) impedindo, até o momento, o desenvolvimento de processo pedogenético suficiente para a

recolonização por vegetação de qualquer porte. O solo exposto corresponde a 0,88% da área chegando a pouco mais de 1,43 km². Esse baixo valor para o solo exposto é fator favorável para a proteção total dos solos da bacia.

Fez-se distinção ainda para a classe “extração mineral” que mesmo representando uma exposição do solo, procurou-se mensurar a dimensão espacial dessa atividade extrativa. A atividade extrativa mineral (extração de areia) ocorre em uma área de aproximadamente 0,39km² correspondendo a 0,24% da bacia sendo bastante verificadas na estrutura da Formação Barreiras. Entretanto, não foram mensuradas as possíveis extrações nas áreas das lagoas (onde muitas vezes no mapeamento se confunde com a porção hídrica ou sua margem fluvial) e nos leitos fluviais.

As áreas ocupadas pelas lagoas e reservatórios perfazem um total de 4,23% da área estudada. Já o campo de dunas móveis e faixa praial (não edificadas) representam 6,20% da área de estudo. Essas áreas representam importantes fontes de abastecimento, reserva hídrica para as gerações atuais e futuras.

5.4.2 Análise do grau de proteção da cobertura vegetal atual

Com a classificação feita no mapa de uso do solo e nos índices de adaptados de Beltrame (1994) foram mensurados os índices de proteção fornecida pelas áreas cobertas pela vegetação atual (Tabela 12), logo ficaram de fora dessa análise as áreas já desprovidas de vegetação, edificadas, lagoas e reservatórios tendo em vista que não representam proteção ao solo.

Tabela 12 - Tipos de cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Catú e o respectivo índice de proteção fornecida ao solo, de acordo com a área ocupada pelas mesmas.

Tipo de cobertura vegetal	Coluna 1 Área (km²)	Coluna 2 Índice de Proteção	Coluna 3 Superfície reduzida	Coluna 4 Índice de proteção total da área
Vegetação arbórea-arbustiva densa	53,52	1,0	53,52	
Vegetação arbórea-arbustiva esparsa	43,08	0,8	34,46	
Vegetação herbácea	17,02	0,5	8,51	
Agricultura	17,85	0,4	7,14	
TOTAL	131,47	-	103,63	0,78

Fonte de Dados: Fotointerpretação da Imagem aérea de Aquiraz (2008).

O valor 0,78 obtido corresponde ao índice de proteção total da bacia estudada, que conforme a classificação proposta enquadra-se como área dotada de **proteção de média a alta** (Tabela 13). Este fato se deve a existência de grandes áreas compostas por vegetação (densa e esparsa) que protegem o solo.

Tabela 13 – Índice e grau de proteção total da área fornecida pela vegetação atual da Bacia Hidrográfica do Rio Catú.

Índice de proteção total (escalonamento dos índices)	Grau de proteção
1	Proteção Máxima
0,8 - 0,99	Proteção Alta
0,6 – 0,79	De média a alta proteção
0,4 – 0,59	Proteção Moderada
0,2 – 0,39	De moderada a baixa Proteção
0,0 – 0,19	Proteção Baixa
0,0	Nenhuma Proteção

Fonte: Adaptado de BELTRAME (1994)

Entretanto, os valores de vegetação herbácea (geralmente resultante associada à retirada da vegetação original) e presença efetiva da agricultura denotam a necessidade de se propor um plano de manejo para a área.

Nesse sentido, a criação de uma Área de Preservação Ambiental para a região poderia restringir o uso desordenado, visto que mesmo a bacia hidrográfica do Catú apresentando proteção de média a alta, deve haver o controle das formas de uso e ocupação ocorrentes na área com a finalidade de manter a proteção adequada à manutenção da diversidade local.

Deve ser dito ainda que a parte vegetada, ora analisada, corresponde somente a 80,63% da área da bacia, o que já indica a magnitude das alterações ocorridas nos últimos anos.

5.4.3 Caracterização dos diversos usos na Bacia do Catú

A necessidade do uso diferenciado dos recursos hídricos, principalmente superficiais, vem gerando sérios conflitos de uso do solo associado aos recursos hídricos. Logo, aqui são discutidos os principais usos verificados e possíveis correlações com os comprometimentos para a bacia do Rio Catú.

a) Consumo humano e abastecimento: A bacia do Catú em termos de consumo humano e abastecimento público é um importante recurso hídrico para os dois municípios que está inserida (Aquiraz e Horizonte). Entretanto o município de Aquiraz é que mais utiliza de seus recursos hídricos superficiais (Figura 36). O referido município usa cerca de aproximadamente 30% da água que abastece a sede do município é proveniente da Lagoa do Catú que representa segundo os dados da CAGECE um volume de 700m³/dia e uma vazão de 58m³/h. As perdas ocorrentes entre o processo de captação e abastecimento (que chegam a aproximadamente 70m³ ou 10% do valor captado) são justificadas em função da água utilizada nas lavagens de filtros de tratamento, também devido aos vazamentos que ocorrem no processo de adução (operação de trazer a água, nos sistemas de abastecimento, desde o ponto de captação até à rede de distribuição). Para seguir às exigências legais é feito tratamento (convencional) prévio da água da lagoa (GOMES, 2003).

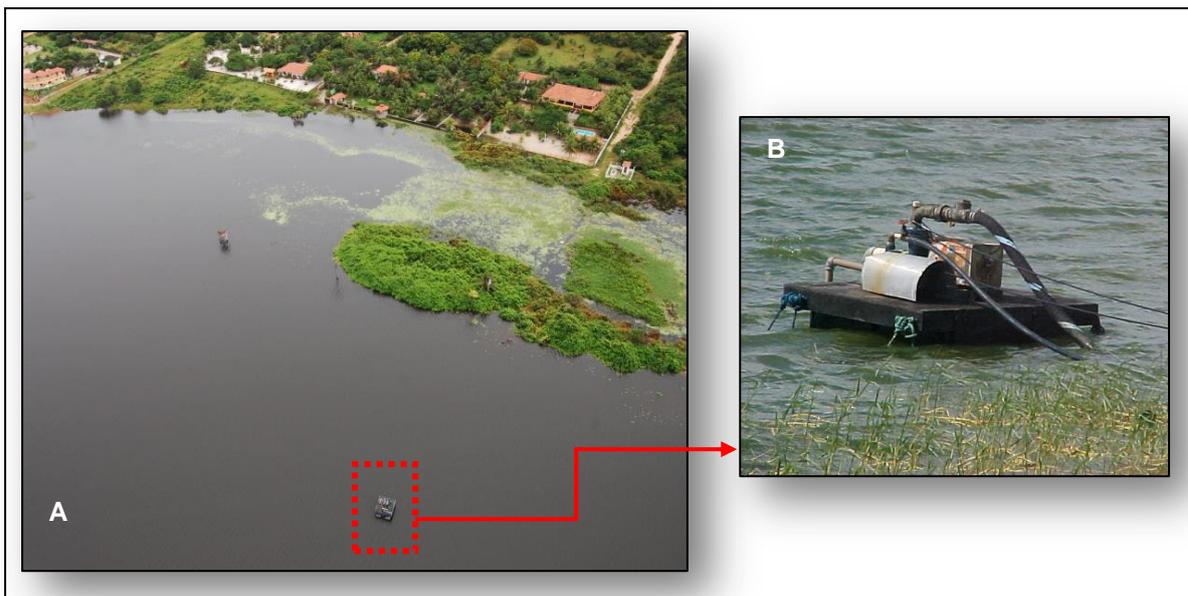


Figura 36 – A: Vista aérea da localização de bomba de captação d'água na lagoa do Catú que auxilia no abastecimento da sede do município. Foto: Bastos, 2010. B – Detalhe da bomba de captação da CAGECE na lagoa do Catú. Foto: da autora, 2010.

Os dados acerca da densidade demográfica de Aquiraz e Horizonte mostram que houve um aumento da população relacionando-se principalmente ao aumento da urbanização de áreas também distantes da sede do município. Conseqüentemente, uma das grandes preocupações (senão a maior delas) é se o abastecimento está acompanhando esse crescimento (Quadro 7). Ao analisar esses

dados é possível perceber que o abastecimento ainda é um problema bastante atual se forem consideradas as taxas de urbanização verificadas.

Quadro 7 - Densidade demográfica, taxa de urbanização e taxa de cobertura de abastecimento e esgotamento sanitário para os municípios da bacia do Rio Catú.

Municípios	Densidade demográfica (hab/km ²) 2010			Taxa de urbanização (%)			Taxa de Cobertura urbana (%)			
							Abastecimento		Esgotamento Sanitário	
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	2008	2009	2008	2009
AQUIRAZ	98,4	125,8	151,0	88,1	90,4	92,4	47,24	47,34	22,74	22,41
HORIZONTE	98,2	176,9	344,8	59,0	83,2	92,5	83,97	90,71	2,17	8,99

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2011); CEARÁ/IPECE (2010).

O município de Aquiraz passou na última década por um aumento da densidade demográfica da ordem de 53,4% e aumento da urbanização em 4,3%. O abastecimento mostrou um aumento de 0,1% ao ano o que poderia ser estimado um aumento na última década de apenas 10% no abastecimento para o município. Se analisarmos a questão do esgotamento sanitário a situação é até mais delicada, pois os dados mostram uma diminuição na cobertura do esgotamento sanitário da ordem de 0,33% ao ano.

O município de Horizonte, por sua vez, teve um aumento da densidade demográfica da ordem de 251,1% e aumento da urbanização em 33,5%. O que também contrasta com o aumento da cobertura do abastecimento que foi de 6,74% e para o esgotamento sanitário o aumento foi de 6,82% entre 2008 e 2009. Esses valores aumentaram consideravelmente para o município em função do mesmo ter se destacado nas últimas décadas como espaço polarizador para a instalação de indústrias diversas. Mas ainda assim as taxas de cobertura verificadas não acompanham a densidade demográfica crescente.

Dessa forma boa parte da população dos dois municípios sofre com a dificuldade de acesso à água para consumo. Isso se agrava consideravelmente nas localidades menores, onde muitas vezes a população necessita da boa vontade de vizinhos (que dispõem de poço profundo) para levar para casa alguns baldes d'água (Figura 37), isso em pleno século XXI, e a menos de 15 quilômetros onde casas de

alto padrão ocupam as áreas de preservação permanente às margens dos recursos hídricos estudados (Figura 38).



Figura 37 – Falta de canalização de água e esgoto na localidade de Genipapeiro. Foto: da autora, 2010.



Figura 38 – Casas de alto padrão com franco acesso à água e que ocupam áreas de preservação permanente. Foto: Bastos, 2010.

No município de Aquiraz é bem visível a distinção da qualidade do abastecimento de água, sendo precário o abastecimento público das pequenas localidades, que dispõem muitas vezes somente de chafarizes e lavanderias públicos (Figura 39). Em contraposição empreendimentos hoteleiros de iniciativa privada são beneficiados com a construção de estações elevatórias e estações de tratamento de esgoto (Figuras 40, 41 e 42). Empreendimentos estes que também estão situados em áreas que deveria ser de preservação permanente, sobre as dunas móveis do litoral da bacia.



Figura 39 – Chafariz e lavanderia pública que servem aos moradores da localidade de Lagoa dos Ramos. Foto: da autora, 2010.



Figura 40 – Construção de canalização nas dunas móveis do litoral para beneficiar empreendimento hoteleiro. Foto: da autora, 2010.



Figura 41 – Estação elevatória de água próxima à localidade de Engenho Velho construída para subsidiar o empreendimento. Foto: da autora, 2010.



Figura 42 – Estação de tratamento de esgoto próxima à localidade de Engenho Velho construída, situada à retaguarda do empreendimento. Foto: da autora, 2010.

Considerando a contribuição dessas formas de uso para o sistema, entende-se que o esgotamento sanitário da área de estudo (como também verificou-se nos dados apresentados) não supre a necessidade da população da região. Portanto as águas que compõe o esgoto doméstico (águas utilizadas para higiene pessoal, lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários) acabam em grande parte funcionando como fonte de poluentes para os recursos hídricos. Quando identificados pontos com vazão regular (como em esgotos industriais ou saídas de estações de tratamento de esgoto) podem ser vistos como fontes pontuais de poluição. Já a contribuição das localidades configura-se como fonte difusa de poluição.

Fica claro que a população dos dois municípios em que está inserida a bacia de drenagem do Catú está contribuindo direta e indiretamente para a diminuição da qualidade da água, seja por meio de despejos clandestinos de efluentes domésticos ou industriais, seja pelas simples “línguas negras” provenientes de residências que não estão ligadas á rede de esgoto da área. Logo, essas ações poderiam ser resolvidas ou até minimizadas, se houvessem mais investimentos em saneamento básico para ambos os municípios.

Como forma de auxiliar o abastecimento no município de Aquiraz foram realizadas, em períodos distintos, as seguintes obras de engenharia:

Açude Catúcinzenta: construído em maio de 2002, na antiga localidade de Cinzenta, próximo à localidade de Pau Branco e ao distrito Justiniano de Serpa,

região do médio-alto curso do rio Catú. Apresenta capacidade volumétrica de até 27.673.000m³, Conforme dados da FUNCEME/COGERH (2011). A barragem que dá corpo ao açude é de enrocamento e conta com saída de fundo e vertedouro, permitindo a regularização do rio nos períodos de estiagem.

Barragem da Lagoa do Catú: No baixo curso do rio Catú houve, naturalmente e associado ao panorama evolutivo da área, o represamento das águas junto às dunas, o que permitiu formar o espelho d'água que deu origem à lagoa costeira do Catú. No entanto, a área do espelho d'água inicialmente formado não se apresentava, necessariamente, como se apresenta hoje. A configuração atual do espelho d'água da lagoa se deu através da intervenção antrópica fazendo o barramento do rio na porção norte da lagoa, reforçando a ação das dunas. Em 1993 a administração local (Prefeitura de Aquiraz) decidiu barrar o curso do Rio Catú (que ainda corria contornando o campo de dunas) para manter o nível da lagoa mais elevado a fim de garantir o abastecimento da sede do município que passava por dificuldades de abastecimento d'água, pois se encontrava durante um intenso período de estiagem. Logo, foi criada, inicialmente uma barragem feita com sacos de areia e meses depois foi construída uma barragem de aterro compactado a rolo com cota de 12 metros em relação ao nível do mar.

Essa barragem contava com dois canos servindo de vertedouro com aproximadamente 40 cm de diâmetro cada um, que drenava a água para um canal artificial aberto na estrutura da Formação Barreiras que reencontra o leito natural do rio cerca de 400m à jusante do vertedouro. O barramento acarretou, no período chuvoso posterior à instalação da mesma, o aumento do nível da água que ultrapassou o limite esperado, pois em 1994 houve um aporte muito grande de água para a lagoa, e que estando barrada, fez com que muitas propriedades ficassem alagadas e até praticamente submersas (Figura 43 e 44).

A construção da barragem, associada à distância que esta se encontra do oceano (2,7km, aproximadamente) e juntamente com o assoreamento do canal do rio, impossibilita que haja uma interação flúviomarinha significativa. As dunas de terceira geração (móveis) exercem também papel importante no barramento atual. Desse modo, para evitar que no período chuvoso o nível da lagoa subisse demais e compromettesse a estrutura da barragem e as benfeitorias no entorno da lagoa (casas, pousadas, restaurantes e cultivos), foi construído em 2002 neste mesmo ano (em fevereiro) um vertedouro de concreto, revestido por enrocamento (Figura 45).

Entretanto, não foi feita manutenção do vertedouro e houve a deterioração da estrutura, assoreamento da canalização que compunha o vertedouro, bem como houve o arrasto das rochas da estrutura do enrocamento para o leito do rio (Figura 46).



Figura 43 – Detalhe das marcas deixadas pela água em algumas propriedades em 2001. Fonte: GOMES (2003).

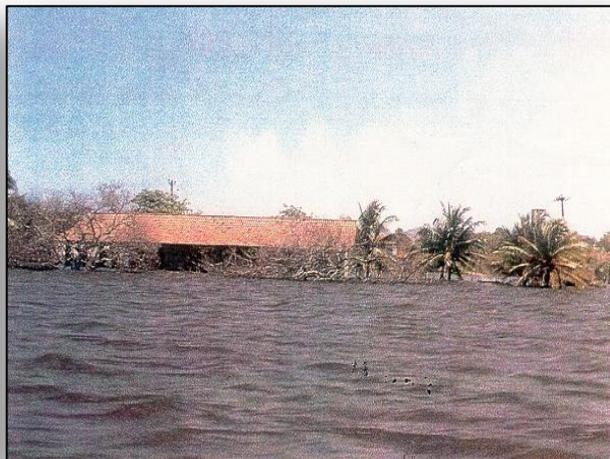


Figura 44 – Propriedade quase totalmente coberta pelas águas na período chuvoso de 1994. Fonte: SRH, 1995, *in* GOMES (2003).



Figura 45 – Vertedouro criado em 2002 para manter regularizado o nível da água na lagoa do Catú. Foto: da autora, 2002.

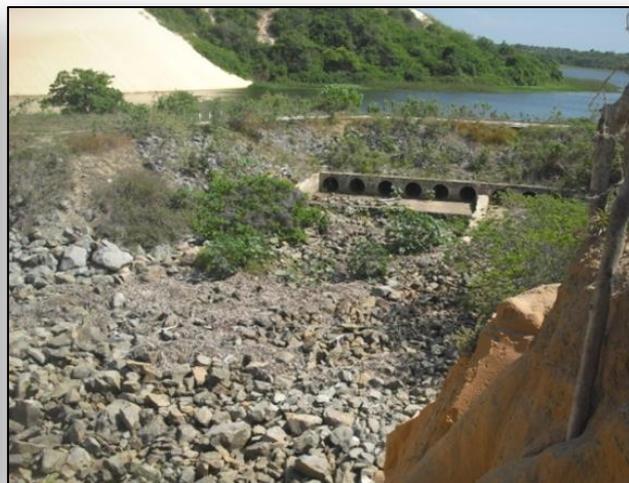


Figura 46 – Aspecto da deterioração do vertedouro. Rochas arrastadas para o leito comprometendo o escoamento fluvial. Foto: da autora, 2009.

No ano de 2010, com a instalação de canalizações para o complexo hoteleiro situado por sobre as dunas, foram feitas alterações com a finalidade de recuperar o vertedouro e estabilizar as margens por onde passa a tubulação (Figura 47 e 48). Verificou-se, depois de concluída a obra de recuperação, que a estrutura do vertedouro foi modificada, onde os anéis deram lugar a uma espécie de passagem molhada com o setor à jusante composto por batentes e uma estrutura rígida para

diminuir a tensão das correntes nos períodos de sangria elevada. Apesar das alterações a cota continua sendo de 12 metros, o que deve manter o espelho d'água da lagoa no nível atual.



Figura 47 – Detalhe das obras de recuperação do vertedouro e leito do rio Catú em dezembro/2010. Foto: da autora, 2010.



Figura 48 – Depois de finalizada a obra, o leito recebeu estruturas rochosas assentadas em malha de arame para evitar a erosão das rochas. Foto: da autora, 2011.

Mesmo tendo, as obras de engenharia, o objetivo de recuperar um trecho específico do rio, o que se percebeu é que essas mesmas obras deixam alterações significativas na paisagem (Figuras 49 e 50), representando impactos negativos que talvez só sejam mais bem percebidos a médio e longo prazo, ou seja, nos períodos de chuva subsequentes.



Figura 49 – A margem direita do Catú em 2002, apresentando ainda a vegetação de tabuleiro na parte superior dos taludes. As intervenções humanas foram no intuito de abrir um canal proveniente do vertedouro. Fonte: GOMES (2003).



Figura 50 – A mesma área na fase de execução da obra de recuperação do canal e instalação de canalizações para o empreendimento turístico/hoteleiros na região. Foto da autora, 2010.

A recuperação do vertedouro e do leito nesse trecho do rio foi realizado a contento, porém em parte das margens ficaram as marcas da retirada da vegetação (Figura 51), principalmente na área onde fora instalado o canteiro de obras. A vegetação foi retirada e nada mais foi feito, finda a obra só foi realizada a limpeza dos materiais de construção. Não houve recuperação da área desmatada.

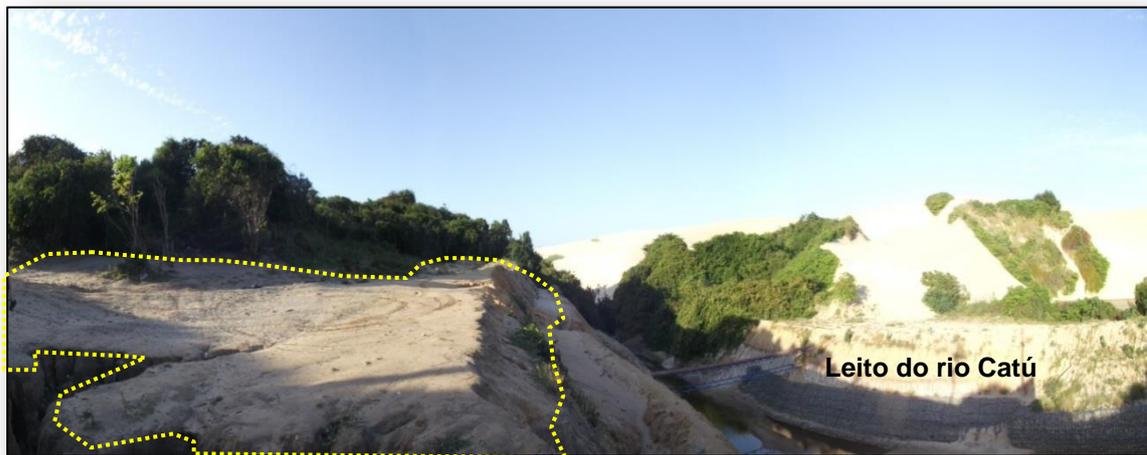


Figura 51 – A área, depois de concluída a obra. Destaque da área desmatada que deu lugar para o canteiro de obras em 2011. Foto: da autora, 2010.

Assim, em função do desmatamento ocorrido associado ao potencial erosivo dos sedimentos superficiais da Formação Barreiras, área já indica processos erosivos associados às intervenções ocorridas. As margens estão já em processo de erosão com ravinas e voçorocas (Figura 52, 53, 54, 55). Esse processo tende a ser acelerado, pois com o período de estiagem não há como a vegetação se estabelecer sem uma intervenção de recuperação. Nem haveria tempo suficiente para a mesma crescer antes da chegada do período chuvoso. Ou seja, os taludes que hoje se encontram desprotegidos deverão ser erodidos gradativamente.

Portanto, a qualidade ambiental a ser comprometida agora é da zona estuarina com possível assoreamento dos setores à jusante. Considerando que o período chuvoso de 2011 até o mês de junho (onde o período teve uma média de mais 297mm/mês) verifica-se que os taludes já estão sendo bastante erodidos, com acúmulo de material arenoso no leito da área (Figura 56). Esse material é proveniente dos taludes e não do rio. Afirma-se isso pelo fato de que os materiais arenosos dificilmente chegariam à cota do vertedouro (12 metros), permitindo apenas a passagem dos mais finos em suspensão.

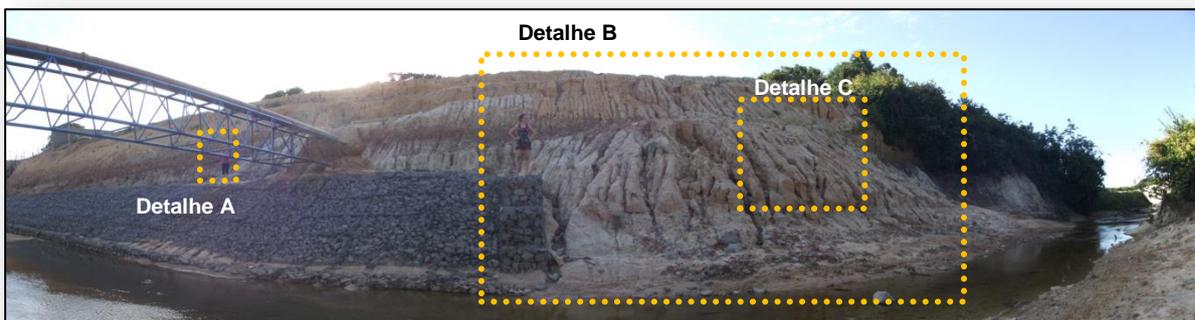


Figura 52 – Margem direita do Catú. As intervenções humanas, principalmente pela retirada da vegetação das margens desencadearam mais processos erosivos nas margens contribuindo para o assoreamento do canal. Foto da autora, 2011.



Figura 53 – Detalhe A: Voçorocas de mais de 3 metros de profundidade. Foto da autora, 2011.



Figura 54 – Detalhe B: Vertente abandonada onde sulcos e ravinas se desenvolveram depois da retirada da vegetação. Foto da autora, 2011.

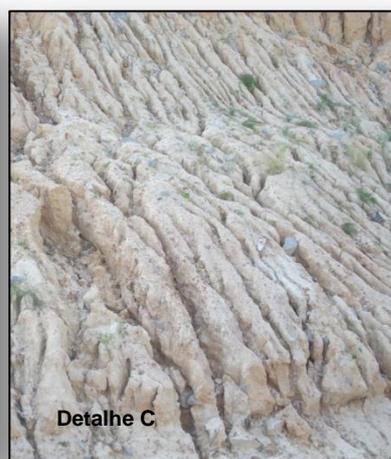


Figura 55 – Detalhe C: Margem esquerda do Catú - Zoom nos sulcos e ravinas da vertente abandonada. Foto da autora, 2011.



Figura 56 – Assoreamento do leito com material arenoso no leito que desce dos taludes. Foto da autora, 2011.

b) Dessedentação e criação animal: O consumo de água por animais é constatado ao longo de toda a bacia (Figuras 57 e 58). O gado bovino criado solto, que caracteriza a pecuária extensiva da área, pode ser visto nas margens do açude Catucinzena (alto curso do rio) ou da lagoa do Catú (baixo curso do rio). A presença deles é freqüente junto aos recursos hídricos superficiais, não sendo exclusividade do açude Catucinzena ou da lagoa do Catú.



Figura 57 – Presença de gado bovino às margens do rio Catú (açude Catúcinzena) no alto curso do rio. Foto da autora, 2010.



Figura 58 - Presença de gado bovino dentro d'água na lagoa do Catú no baixo curso do rio. Foto da autora, 2010.

O gado bovino caracteriza-se ainda como o tipo de gado mais comum da área. O gado criado solto pode causar na área de pastoreio a redução da variedade vegetal, provocando o uso desequilibrado dos recursos naturais, com maior escoamento das águas das chuvas, erosão e até podem provocar mudanças microclimáticas na região (HARRINGTON, 1984 *in* BNB, 1999).

Ocorre ainda a criação do gado em currais dispostos por toda a bacia. Os currais por sua vez representam importantes fontes contribuintes de contaminação para as águas ao passo que os dejetos produzidos por eles (mesmo pontuais) não recebem o devido tratamento, muitas vezes escoando para os recursos hídricos superficiais, além de comprometer também parte da água subterrânea (Figura 59 e 60). Além disso, são também criadas de forma confinada as aves (galinhas) que representam a atividade agroindustrial mais expressiva da região. É importante ainda frisar que eqüinos, asininos, suínos, muares, aves e caprinos também são criados soltos na área representando os rebanhos domésticos.



Figura 59 – Gado bovino criado em curral próximo à lagoa do Ramos, alto curso da bacia do Catú. Foto da autora, 2010.



Figura 60 – Gado bovino (búfalo) em curral próximo à uma área de extração de água mineral na bacia do Catú. Foto da autora, 2010.

A preocupação maior com essa atividade é que as fezes e urinas expelidas pelos animais depositam-se aleatoriamente ao longo das áreas de pastagem e na água por onde passam. A incorporação desta matéria orgânica ao solo é benéfica para a fertilização, no entanto o mesmo não ocorre com os recursos hídricos, pois estes podem ser contaminados pelo excesso de material, principalmente quando essa atividade é desenvolvida em regiões com altas taxas de evaporação e poucas oportunidades de renovação hídrica, como ocorre em praticamente todo o Ceará (BNB, 1999). As fezes e urinas são em Carbono, Nitrogênio e Fósforo que, em excesso, geram a perda da qualidade da água. Abreu (2004) aponta que a criação de forma extensiva contribui para a poluição/contaminação e os valores chegam a até 1097 t.ano⁻¹ de Carbono, 82 t.ano⁻¹ de Nitrogênio e de 40 t.ano⁻¹ de Fósforo.

c) Atividade industrial: Na área da bacia do Catú também é comum a utilização das águas (superficiais e/ou subterrâneas) dentro do processo industrial, que ao final do processo se converte em águas residuárias.

Verificou-se a presença de várias indústrias na bacia do Rio Catú (nos municípios de Aquiraz e Horizonte) e tendo em vista que esses municípios não contam com o serviço de tratamento adequado de águas servidas (águas residuárias), acredita-se que boa parte dessas industriais possa ter como principal destino os afluentes rio Catú, conforme é citado por CEARÁ (2005).

Existem indústrias de produtos alimentares como de beneficiamento da castanha de caju (Figura 61); cana-de-açúcar que serve a pequenos engenhos e grande indústria de aguardente (Figura 62); indústria de extração e beneficiamento

de água mineral (Figura 63); indústrias de produção de rações; indústria automobilística; indústria têxtil; granjas produtoras de ovos e frango (Figuras 64). Foram identificadas tanto nas áreas urbanas quanto rurais dos municípios estudados e somam 35 indústrias na área da bacia do Catú (conforme fotointerpretação de imagens), que podem contribuir com águas residuárias, pois são raros os casos de indústrias com estações de tratamento de água residuária (sendo visualizada apenas uma em Horizonte em uma indústria têxtil).



Figura 61 – Indústria de beneficiamento da castanha de caju situada na área do baixo curso. Foto: da autora, 2010.



Figura 62 – Visão geral de indústria de aguardente de cana-de-açúcar, a indústria que detém maior espaço de cultivo na área. Foto: da autora, 2010.



Figura 63 – Indústria que extrai e envasa água mineral na localidade de Guarda. Foto: da autora, 2010.

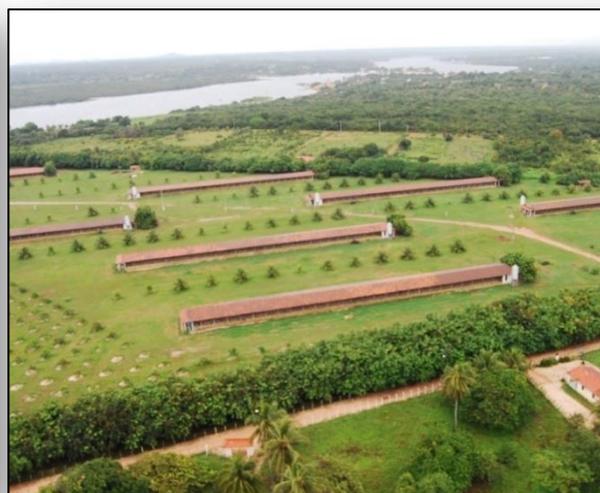


Figura 64 – Visão aérea das granjas (agroindústrias) bastante expressivas na área. Foto: Bastos, 2010.

As granjas têm grande expressividade na área e representam a maioria das agroindústrias da mesma, cerca de 21 granjas. Em função do abate para o

processamento da carne, as granjas geram muitos poluentes que geralmente chegam aos recursos hídricos. A quantidade de água residuária gerada pelo abate é de aproximadamente 0,26 m³/animal (CEARÁ, 2005).

d) Extração mineral: A extração mineral é uma das atividades mais impactantes ao ambiente na bacia do rio Catú, e gera a degradação da paisagem, do solo e do relevo; alterações na qualidade das águas (superficiais principalmente); transtornos gerados às populações que habitam o entorno dos projetos minerários e afetam à saúde humana (de forma direta e indireta). A atividade de exploração mais significativa da área é a extração de areia. Em seguida podem ser citadas a extração de diatomita e extração de água mineral.

A exploração de areia para a construção civil é muito presente ao longo da bacia, e muitas vezes ocorre próxima ao leito fluvial deixando degradadas grandes áreas (Figura 65). O principal problema desta atividade é que a retirada da vegetação deixa o solo desprotegido, e, por conseguinte, o material sedimentar é carregado para os cursos d'água contribuindo excessivamente para o assoreamento ou com o aumento do material suspenso na água, prejudicando assim a sua qualidade.

Outro grande problema é que em várias das jazidas, apesar de ser exigido pelos órgãos competentes, não são executados os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas. Logo, vastas áreas são freqüentemente abandonadas após a atividade extrativa.

Na porção norte da bacia, próximo à localidade de Velho Engenho também são verificadas áreas de extração de areias que além de alterar a paisagem comprometem muitas vezes a estabilidade da vegetação de áreas adjacentes, permitindo muitas vezes a queda de árvores (Figura 66). Brigante; Espindola e Eler (2003) citam ainda que mesmo estas extrações não ocorrendo diretamente no leito do rio, geralmente afetam sobremaneira a Área de Preservação Permanente, principalmente quando a inclinação da rampa da planície fluvial se faz mais acentuada. Assim a mata ciliar passa a receber contribuições de sedimentos e as vezes até soterramento.

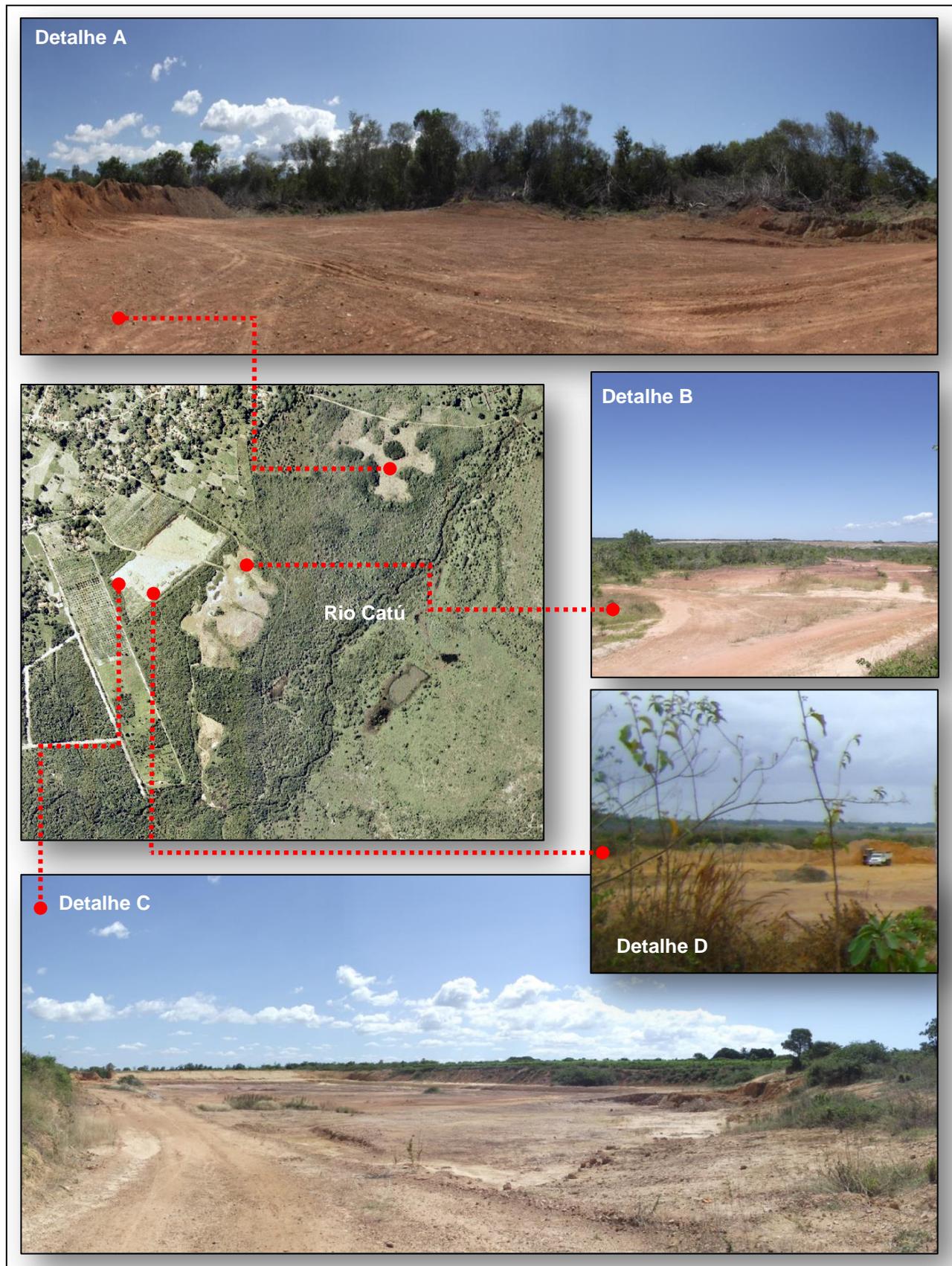


Figura 65 – Áreas de extração mineral a indústria da construção civil a menos de 250 metros do leito do rio Catú (Imagem: Ortofocartas IPECE, 2008). Detalhe A: Retirada da vegetação e abertura de área para início de extração (Foto: da autora, 2011). Detalhe B: Área de extração aparentemente abandonada com superfície desprovida de vegetação (Foto: da autora, 2011). Detalhe C: Jazida ainda em funcionamento vista no final de semana (Foto: da autora, 2010). Detalhe D: A mesma jazida com maquinário e caminhão trabalhando na semana (Foto: da autora, 2010).

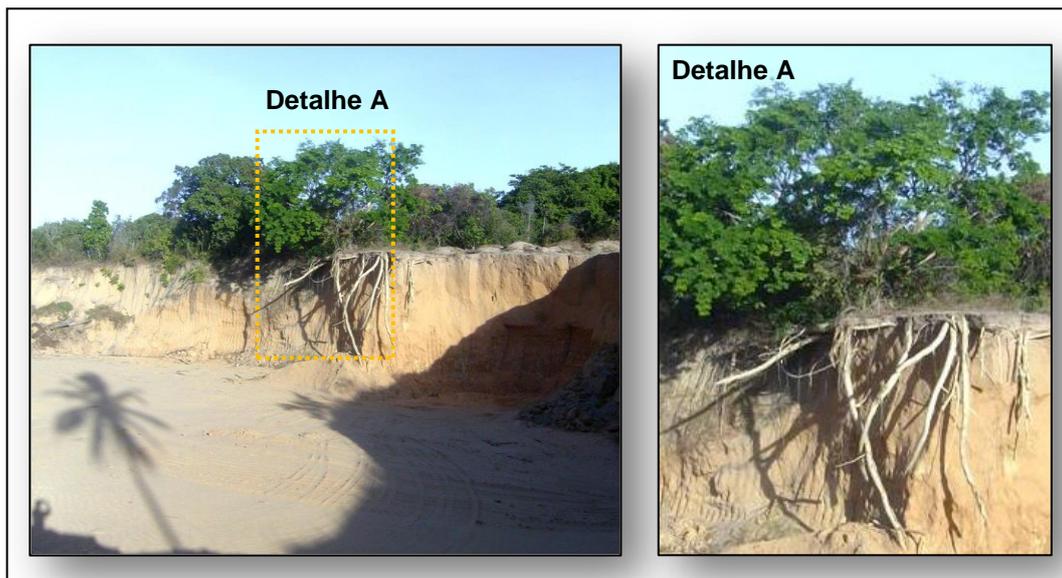


Figura 66 – Área de extração de areia na porção norte da bacia do Catú. Detalhe A: Comprometimento de árvores das áreas adjacentes (Foto: da autora 2009).

São registrados pela CPRM (2011) também áreas de extração de diatomita na bacia do rio Catú nas localidades de lagoa das Canas, Jambeiro, Aroeira (Figura 67). A diatomita é uma rocha silicosa de origem sedimentar composta por diátomos fossilizados (algas microscópicas). Sendo utilizada para a filtração, isolamento térmica e acústica, como abrasivo, como absorvente dentre outras formas.

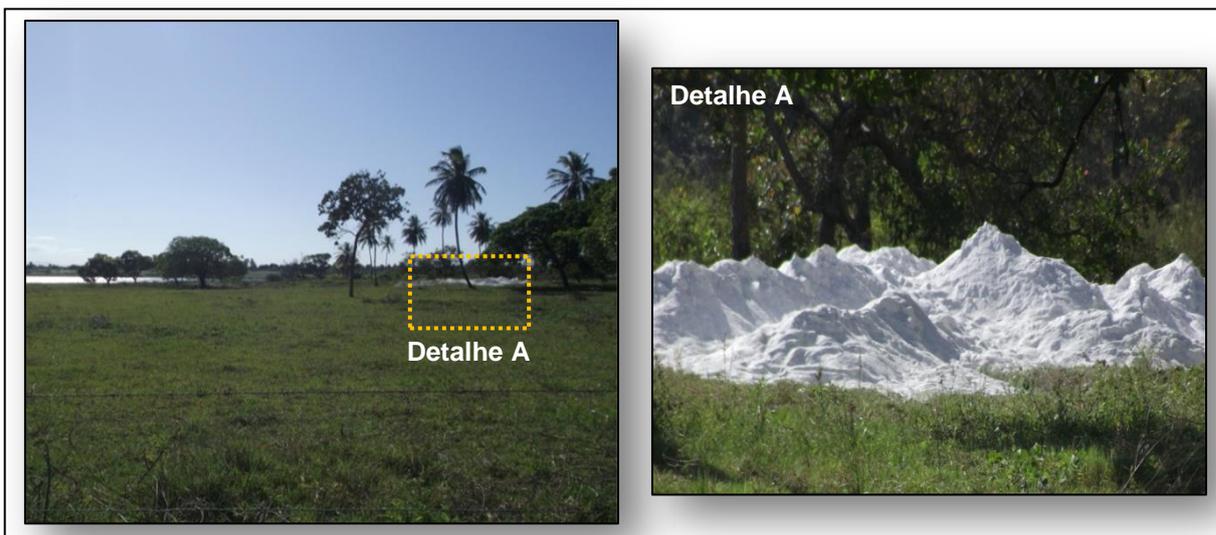


Figura 67 – Extração de diatomita na localidade de Aroeira (Foto: da autora 2011). Detalhe A: Aspectos da diatomita extraída na área (Foto: da autora, 2011).

De acordo com os dados da SRH (2005) a mineração da diatomita pode provocar poluição de natureza química, por efluentes que se dissolvem na água usada no tratamento do minério ou na água que passa pela área de mineração.

Estes contaminantes solúveis podem ainda ser reagentes usados no tratamento do minério ou podem ser originado pela própria rocha minerada. A extração de água mineral na bacia do Catú é bastante discreta ocorrendo apenas na localidade Aroeira próximo ao açude Catucinzena. Os impactos podem ser relacionados a alterações do fluxo subterrâneo em função da exploração, o possível rebaixamento do lençol freático, podendo representar risco às nascentes de afluentes do Catú do setor sudeste da área.

e) Culturas e irrigação: As atividades que envolvem a agricultura na área também são muito significativas. Foram detectadas várias pequenas propriedades que usam da irrigação para cultivos relacionados a agricultura de subsistência como banana, capim, milho, mandioca, feijão, hortaliças e frutíferas (Figuras 68, 69, 70 e 71).



Figura 68 - Vista de um dos afluentes do rio Catú o cultivo de banana e capim para gado. Foto: da autora, 2010.



Figura 69 - Plantação de mandioca caracterizando a cultura de subsistência da área. Foto: da autora, 2010.



Figura 70 - Cultivos de frutífera permanente (cajeiro) no alto curso da bacia do Catú. Foto: da autora, 2010.



Figura 71 – Cultivo de frutífera permanente (mangueira) na região do médio curso do Catú. Foto: da autora, 2010.

Essas áreas de cultivo geralmente são instaladas nas usam das proximidades dos afluentes do rio Catú e as vezes ao longo dele. É por isso que este fato se faz pertinente, a inserção de nutrientes (NPK) ou uso de agrotóxicos podem representar fontes difusas de poluição.

Além dessas culturas de pequeno porte há um grande cultivo da cana-de-açúcar (Figura 72) que dá base para a produção de aguardente da região. Esse cultivo detém a maior área dentro da bacia e fica bem próximo ao leito do rio Catú na área do médio curso, o que representa mais um risco, tendo sido ainda verificado (dentro da referida propriedade) o despejo de resíduos líquidos da produção da aguardente em uma espécie de tanque por meio de uma ligação improvisada e suspeita (Figura 73). O tanque receptor apresenta-se enferrujado e parece ser pequeno para a demanda. Logo, verificando a grande produção da referida indústria e as condições do tanque, acredita-se que este não é o destino final desse resíduo.



Figura 72 – área do cultivo (a perder de vista) da cana-de-açúcar no médio Catú que dá base para a produção de aguardente. Foto: da autora, 2010.



Figura 73 – Descarte de resíduos líquidos da produção da aguardente de forma inadequada na área do médio Catú. Foto: da autora, 2010.

Outro problema associado aos cultivos é o uso dos praguicidas. O acúmulo deles é muitas vezes persistente ao longo das cadeias alimentares. Os inseticidas quando usados de forma indevida, acumulam-se no solo, os animais se alimentam da vegetação prosseguindo o ciclo de contaminação. Com as chuvas, os produtos químicos usados na composição dos pesticidas infiltram no solo contaminando os lençóis freáticos ou acabam escorrendo para os rios continuando a contaminação.

Desse modo, a agricultura também tem contribuído para a poluição do solo e das águas.

f) Uso da água para fins de limpeza: Ao longo da bacia do Catú, foi identificado que um dos usos mais comuns para as águas da bacia, principalmente das comunidades que vivem em torno dos recursos hídricos, é o uso da água para higiene e lavagem de roupas (Figuras 74 e 75), estando esse problema geralmente associado à má distribuição da água. Entretanto, a ocorrência abusiva e frequente desse tipo de uso da água pode contribuir para a contaminação dos recursos hídricos, pois o sabão e detergentes contêm fósforo em sua composição, que é mais um elemento que atua na perda da qualidade das águas, como já fora discutido no texto. Vale salientar já se discute hoje a redução dos teores de fósforo para a indústria de sabões, detergentes em pó e demais saponáceos.



Figura 74 – Moradores que usam da água da lagoa do Catú para a lavagem roupas e utensílios. Foto: da autora, 2010.

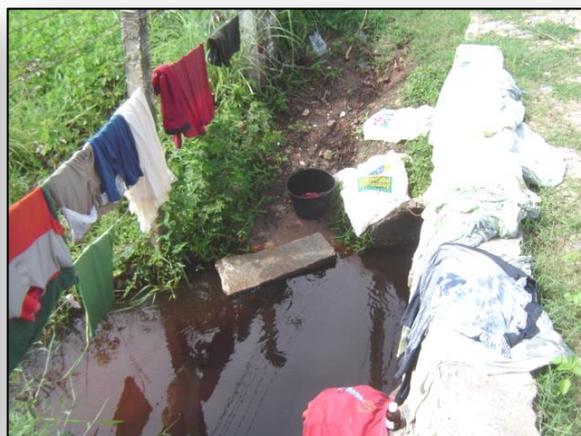


Figura 75 – Lavagem de roupa em um dos afluentes do Catú. Foto: da autora, 2009.

Além disso, sabões e detergentes também conferem mudanças no sabor da água. Outro fator também relevante é que os detergentes quebram as moléculas de água fazendo com que a propriedade de tensão superficial da água seja alterada. Isso causa a interferência no ciclo de vida em algumas espécies (animais e/ou vegetais) que usam dessa propriedade da água para se manter nas camadas mais superficiais da coluna d'água.

g) Pesca e/ou a aquicultura: A pesca artesanal (que representa uma forma de sobrevivência) praticada por moradores próximos aos cursos d'água ainda é verificada na região, porém de forma bastante reduzida. Essa atividade é

caracterizada por apresentar baixo impacto negativo, pois geralmente o produto serve apenas para o consumo direto (Figura 76). A diminuição da prática dessa redução da atividade é justificada pela população ribeirinha como sendo causada pelo desaparecimento e diminuição das espécies (Figura 77).



Figura 76 – A prática da pesca artesanal na lagoa do Catú, atividade em declínio. Foto: da autora, 2009.



Figura 77 – Produto da pesca artesanal. Pouca variedade de espécies, introdução de espécie não nativa (piranha) e coleta antes de atingirem tamanho ideal. Foto: da autora, 2010.

Em contraposição a essa atividade está o cultivo confinado de peixes, realizado por grandes empresários e que alteram significativamente as águas onde são instaladas as gaiolas ou cativeiros de criação. Verificou-se a presença de criatórios tanto na lagoa do Catú (baixo curso) quanto no açude Catucinzenta, sendo nesse último bem mais relevante as criações.

Ao longo da pesquisa verificou-se ainda que alguns criatórios foram desativados, entretanto outros ainda permanecem na área, principalmente na margem leste (Figura 78). Nas áreas abandonadas ficam as marcas da atividade, o desmatamento e restos de gaiolas (Figura 79).

É preciso destacar que essa prática deve ser realizada com os devidos cuidados para não provocar um aumento de nutrientes na água (o que foi verificado em vários meses durante a presente pesquisa). Nem toda a ração lançada aos peixes é absorvida, permanecendo as mesmas na água, o que a torna bem “nutrida”, ou seja, a consequência dessa atividade muitas vezes é eutrofização da água em função da proliferação de fitoplâncton e outros seres menores que tentam consumir os nutrientes presentes em excesso.



Figura 78 – Caminhão fazendo o descarregamento de ração para piscicultura e as gaiolas ainda em funcionamento situadas no lado leste do açude Catucinzenza. Foto: da autora, 2010.



Figura 79 – Restos de gaiolas e desmatamento em áreas abandonadas. Foto: da autora, 2011.

h) Lazer e urbanização: O lazer é verificado na área principalmente no baixo curso, na lagoa do Catú, que é o principal atrativo da região depois da praia do litoral. A lagoa é usada para passeios de lancha e *jet ski* e para o banho.

A população que a utiliza é caracterizada principalmente pelos proprietários de segundas residências instaladas na área (casas à beira da lagoa e sítios próximos a ela) e visitantes que vão aos fins de semana geralmente oriundos da capital. O uso da área por lanchas e *jet ski* é um fato preocupante, pois essas atividades são bem intensas, basta ver a quantidade e variedade de lanchas por toda a lagoa (Figuras 80 e 81).



Figura 80 – Lanchas nas margens da lagoa do Catú, presença freqüente aos finais de semana. Foto: da autora, 2010.



Figura 81 – Variedade de lanchas e jet skis nas margens da lagoa do Catú denotando a intensidade da atividade de lazer. Foto: da autora, 2010.

A poluição da água por óleo é bem característico em área em que haja intensa atividade desse esporte, pois geralmente a água entra em contato com componentes do aparelho que liberam óleo para a água (Figuras 82 e 83).



Figura 82 – Presença de *jet ski* na porção norte da lagoa do Catú. Foto: da autora, 2010.



Figura 83 – Presença de *jet ski* na porção sul da lagoa do Catú. Foto: da autora, 2010.

Nessa porção da bacia do Catú são freqüentes os usos das dunas móveis por visitantes, turistas e desportistas. São comuns passeios em bugres, carros de tração, motos ou a pé pelas dunas (Figura 84 A). Esse tipo de prática compacta o solo arenoso dificultando a percolação da água diminuindo a recarga dos aquíferos subterrâneos. No ano de 2011 identificou-se mais uma atividade ocorrendo nas dunas (na porção norte da lagoa do Catú) que foi a instalação de barracas sobre as dunas (Figura 84 B) para a prática da tirolesa e “esqui-bunda”, outra atividade que remobiliza sedimentos e altera o comportamento natural migratório das dunas. Algumas dessas atividades já haviam sido observadas no trabalho de Pinheiro & Cabral (2007) como a instalação de edificações e barracas. A desestabilização das dunas e sua transportabilidade se dão pela retirada da vegetação quando ocorre a execução de algumas dessas atividades.

Os banhos são muito comuns havendo fluxo mais significativo aos finais de semana e acontecem em bares e restaurantes ao longo de toda a lagoa do Catú, região do baixo curso. Entretanto, associado aos banhos está o acúmulo de lixo (Figura 84 C) e infra-estrutura dos empreendimentos da área que nem sempre são adequadas para receber o fluxo de pessoas que atualmente recebe. Isso se reflete na qualidade da água nesses setores que fica geralmente fora dos padrões de balneabilidade exigidos.



Figura 84 – Atividades no baixo curso do rio Catú (Foto: Bastos, 2010). Detalhe A: Automóveis sobre as dunas causando compactação e revolvimento das areias (Foto: da autora, 2011); Detalhe B: Barracas construídas para a prática da tirolesa e “esqui-bunda” em área de proteção ambiental (Foto: da autora, 2011); Detalhe C: Acúmulo de lixo nos arredores dos bares que não dispõem de infra-estrutura adequada (Foto: da autora, 2011). Detalhe D: Crianças e adultos se banham desconhecendo a balneabilidade das águas da lagoa (Foto: da autora, 2011); Detalhe E: Presença de carros nas margens e até dentro d’água aos finais de semana (Foto: da autora, 2011).

Logo, tanto adultos quanto crianças usam a água sem saber as reais condições de balneabilidade da mesma (Figura 84 D e E), pois inexistem placas

informativas sobre as condições da água. A lagoa do Catú já apresentou, segundo Gomes (2003) valores bastante elevados de coliformes fecais em algumas águas usadas para o lazer junto às áreas de bares situados na beira da lagoa.

No estuário do rio Catú acontecem ainda a prática do kite-surf, onde desportistas aproveitam o período de baixa mar, em que o estuário fica totalmente barrado e pelo fato do rio Catú nesse trecho ter pouca competência para desobstruir naturalmente sua desembocadura. Logo, forma-se ali uma espécie de laguna que permite a referida atividade que acontece sem prejuízos significativos ao ambientes (Figura 85).

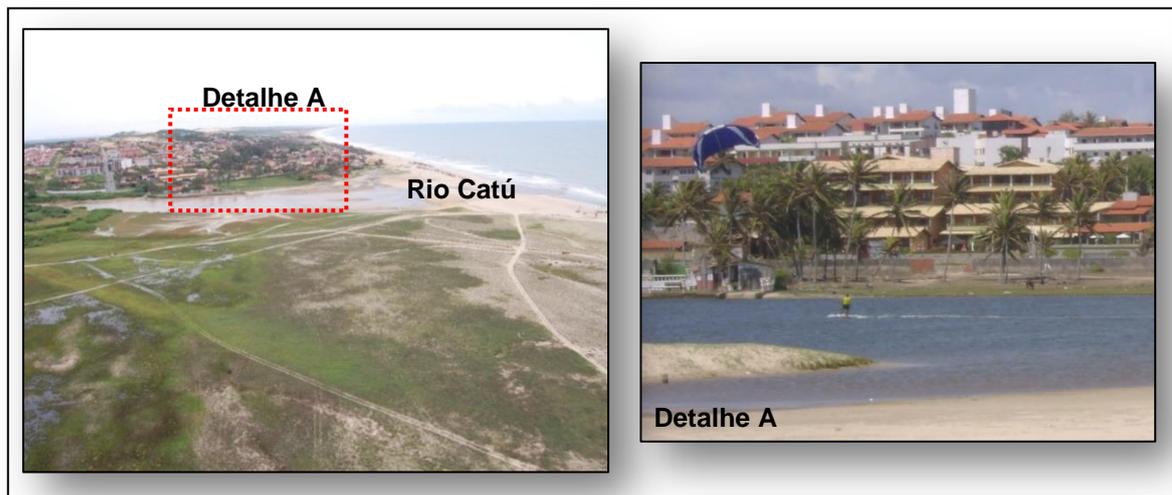


Figura 85 – O estuário do rio Catú, na localidade de Prainha (Foto: Bastos, 2010). Detalhe A: A prática do kitesurf na área do estuário do rio Catú e os empreendimentos turísticos e residenciais no distrito de Prainha ao fundo. Foto: Moura, 2009.

Como se verificar nos trabalhos de campo, associada a essas atividades de lazer está a intensa urbanização no baixo curso do rio Catú, contrapondo-se às áreas de médio e alto curso onde as atividades de lazer e urbanização encontram-se mais dispersas. Entretanto, no baixo curso a urbanização é marcada principalmente pela implementação da atividade turística e as segundas residências que na década de oitenta ocuparam toda a duna da porção oeste do baixo curso no distrito de Prainha de Aquiraz. Atualmente a as dunas da porção leste também já se encontram ocupadas por um grande empreendimento turístico imobiliário que conta com hotéis, apartamentos residenciais, campos de golfe dentre outros atrativos. Apesar da lei ser clara sobre a ocupação de dunas móveis as obras no empreendimento estão em plena fase de execução (Figura 86), permitidas por medida provisória que autoriza a

supressão da vegetação e ocupação de áreas de dunas quando a atividade tem interesse “social” e “em caso de “utilidade pública”.



Figura 86 – O grande empreendimento hoteleiro/residencial assentado sobre parte das dunas do baixo curso do rio Catú. Alterações significativas nas dunas e nas áreas de deflação e eólica. Foto: Bastos, 2010.

A urbanização crescente motivada pela especulação imobiliária ocorre também de forma bastante efetivas em toda a área da lagoa do Catú. Na porção mais ao sul da lagoa é bastante visível a densa ocupação das margens (Figura 87 e 88). O uso da terra nessa ocasião compromete muito a qualidade da água. Tendo em vista que o saneamento básico dos dois municípios inseridos na área de estudo ainda é deficitário. As ocupações na área da lagoa do Catú encontram-se geralmente desrespeitando as áreas de preservação permanente. Pinheiro e Cabral (2007) afirmam que da área total de 82,01 km² de APP da lagoa, somente cerca de 18,65% (15,27 km²) são remanescentes da vegetação original. Nessa área, outro empreendimento de cunho residencial ocupou parte das margens da lagoa (Figura 89) e alterou significativamente um afluente do rio Catú para a construção de uma marina. A obra foi embargada diversas vezes, mas acabou conseguindo prosseguir.



Figura 87 – Residências de alto padrão na margem oeste desrespeitando as áreas de proteção permanente na lagoa do Catú. Foto: Bastos, 2010.



Figura 88 – Residências de alto padrão na margem leste desrespeitando as áreas de proteção permanente na lagoa do Catú. Foto: Bastos, 2010.



Figura 89 – Empreendimento hoteleiro/residencial situado na porção sul da lagoa do Catú embargado diversas vezes mas que já encontra-se em fase final de construção causando alterações no afluente que passa atrás dos blocos de apartamentos. Foto: Bastos, 2010.

Os terrenos situados nas margens de cursos d'água e de reservatórios exercem papel de grande importância, principalmente porque são geralmente cobertos por vegetação natural, sendo por isso considerados área de preservação permanente. A vegetação nessas áreas protege o solo contra erosão das partes mais elevadas das vertentes, evitando o assoreamento dos corpos de água, além de garantir áreas livres para os casos de grandes cheias permitindo ainda o monitoramento dessas cheias. Por isso se faz necessário que os terrenos

localizados em planícies fluviais e de inundação tenham uso restrito, de forma a garantir, a máxima proteção.

Outro tipo de lazer verificado na área (baixo curso) foi a aviação desportiva (Figura 89) que tem sede e pista de pouso situados às margens da lagoa Catú. De lá partem várias diversas aeronaves (ultraleves, planadores e aviões mono e bimotores), principalmente aos finais de semana. Destaca-se que para a implantação e manutenção dessa atividade houve a retirada da vegetação original e é preciso ainda que frequentemente seja feito o rebaixamento da vegetação que se desenvolve na área.



Figura 89 – Vista aérea da margem oeste da lagoa do Catú e a presença da pista de pouso do clube de vôo. Foto: Bastos, 2010.

Ao analisar as atividades de uso e ocupação ao longo da bacia, foi possível compreender a diversidade de usos ocorrentes bem como entender como essas formas de uso do espaço da bacia hidrográfica do rio Catú se revertem em ônus para a natureza, bem como para a própria sociedade.

5.5 QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CATÚ

5.5.1 Avaliação da transparência da água, sólidos dissolvidos totais, turbidez e suas relações com a qualidade.

De acordo com as análises realizadas ao longo dos pontos de monitoramento (Figura 90), a água do rio Catú de forma geral encontra-se clara, entretanto muitos pontos demonstraram pouca incidência de luz na coluna d'água.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

FIGURA 90:
DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATÚ.

Autora:
MARIA LUZINEIDE GOMES

Orientadora:
Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

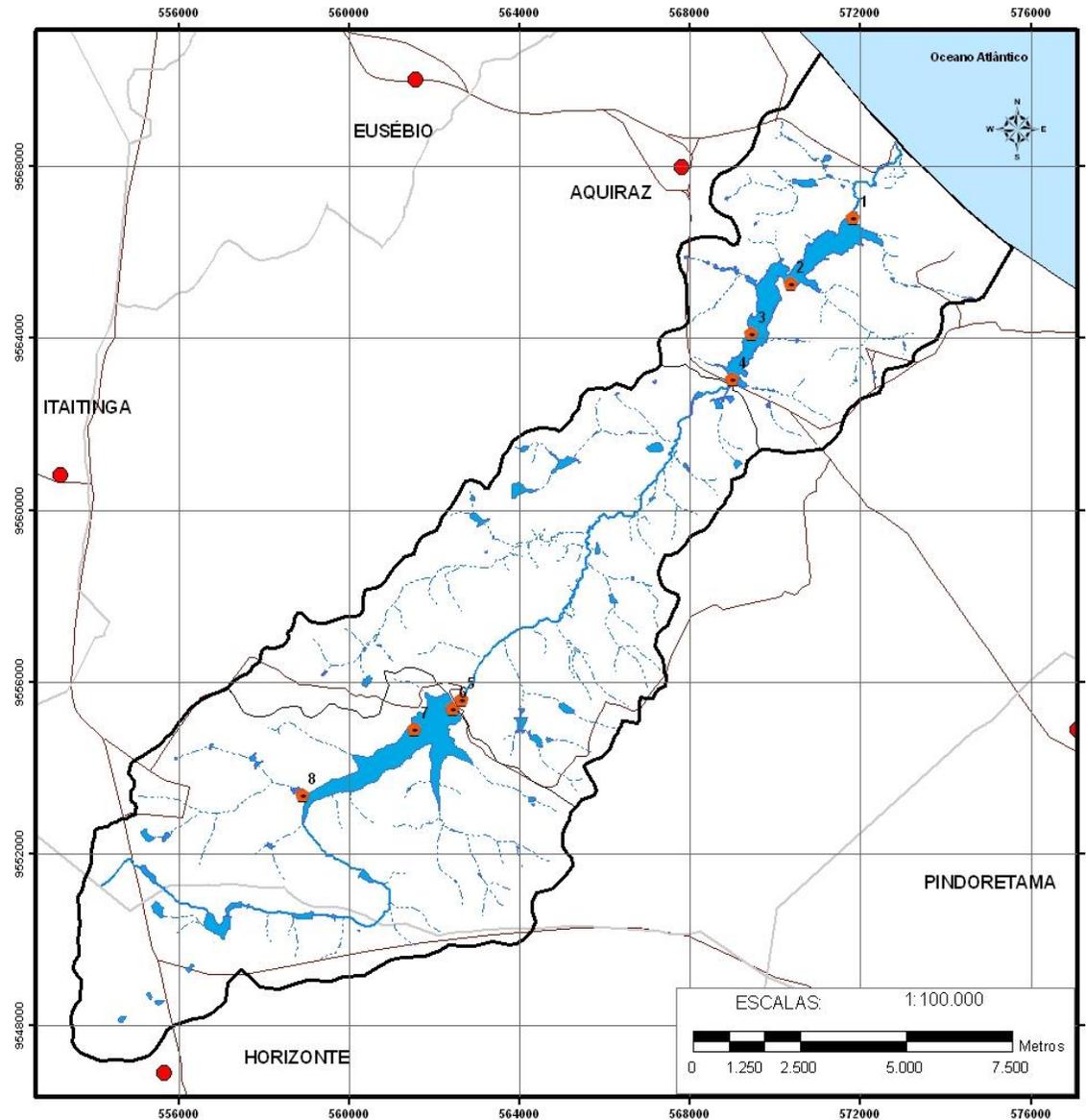
Co-orientador:
Prof. Dr. Jäder Onofre de Moraes

LEGENDA

 Amostras de água

Convenções cartográficas

 Cursos fluviais
 Lagoas e reservatórios
 Limites Municipais
 Sedes municipais
 Sistema viário



Referência do mapeamento geológico:
Brandão (1995), Pessoa (2003) e CPRM (2011)

Referência das imagens:
Ortofotocartas Retificadas
IPECE (Ano: 2008)
Datum de referência: SAD-69

Mapa que integra o trabalho de tese intitulado
Análise ambiental e avaliação quali-quantitativa
da bacia hidrográfica do Rio Catú
(Aquiraz/Horizonte - Ceará).
Ano: 2012

Figura 90: Distribuição das amostras de água na Bacia Hidrográfica do rio Catú.

Os valores máximos e mínimos encontrados em toda a bacia variam de 0 a 1,41 metros. Ao analisar os pontos verificou-se que a transparência se comporta de forma quase uniforme no decorrer dos meses monitorados, entretanto no ponto P4 (localizado à jusante da ponte da CE-040) observou-se um aumento significativo na transparência em praticamente todos os meses (Figura 91).

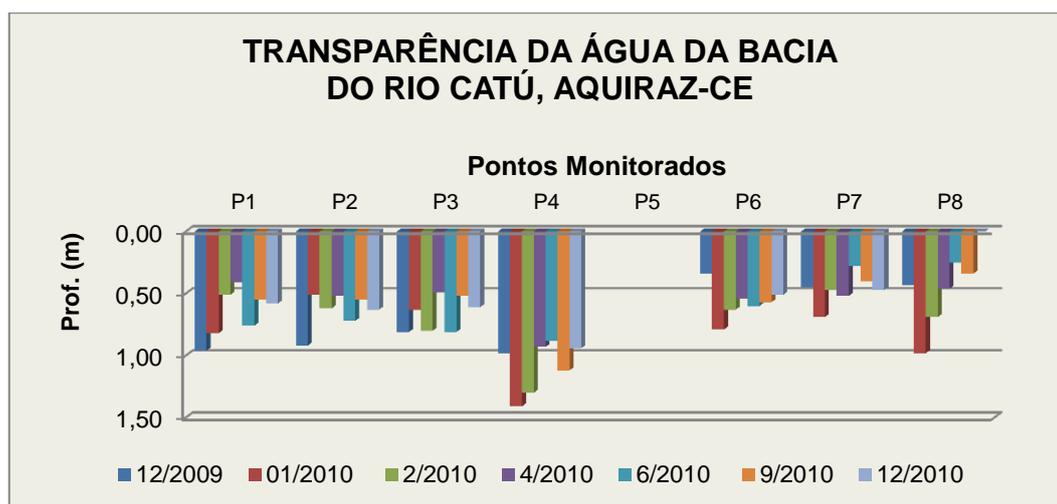


Figura 91 - Transparência da água nos pontos monitorados na bacia do Rio Catú.

Considerando o levantamento batimétrico realizado por Gomes (2003) é possível afirmar que na porção sul da Lagoa do Catú (à montante da CE-040) ocorre significativo processo de deposição e/ou assoreamento. Isso se deve ao fato de ser nessa área que a descarga d'água advinda dos setores A e B do rio Catú (alto e médio cursos, respectivamente) deposita grande parte do material transportado em suspensão e por arraste à montante da CE-040.

Isso acontece decorrente da mudança na velocidade do fluxo fluvial quando encontra uma bacia de deposição (neste caso a bacia lacustre da referida lagoa). Isso também é justificado pelo fato de que a CE-040 também funciona como uma "barragem" no curso fluvial, tendo como ponto de estrangulamento o vão da ponte onde está situado o ponto P4. Assim, esses fatores fazem com que a área à jusante da ponte se apresente com baixo teor de material em suspensão se refletindo numa transparência que chega a mais de 1,4 metros de profundidade. Outra variável que pode ser considerada é o fato de que o período chuvoso no ano de 2010 (período que compreende a maioria das coletas) não ter sido significativo, de acordo com os dados da FUNCEME (com pluviometria de 774 mm).

No açude Catú Cinzenta (pontos P6, P7 e P8), no período de estiagem, os valores da transparência variaram entre 0,34 e 0,79 m. Se comparado o período chuvoso com o de estiagem, o açude não obteve grandes mudanças na transparência. No ponto P8, no mês de dezembro de 2010, o valor para a transparência foi “zero” em função da grande quantidade de material em suspensão, principalmente material orgânico (Figuras 92 e 93) dando aspecto esverdeado à água, mudando também sua densidade.



Figura 92 – Instante da coleta da transparência no ponto P8 em dez/2010. Foto: da autora, 2010.



Figura 93 – Aspecto da coloração e densidade da água associada ao material em suspensão no ponto P8 que alteram a transparência da água. Foto: da autora, 2010.

Acredita-se, portanto, com base nos dados de transparência, que a quantidade de sedimentos suspensos é mais significativo no açude. Isso é confirmado pelos dados de SDT que, mesmo realizados em apenas alguns meses, mostram claramente a maior predominância de materiais suspensos no setor do açude (Figura 94 e 95). Onde os valores mínimos e máximos variaram entre 135 a 1.397mg/L.

No mês de dezembro de 2010, especificamente no ponto P8 observou-se que houve um aumento bem considerável de sólidos dissolvidos. O que corresponde a um comportamento atípico, pois a alta concentração desses sólidos está associada ao baixo nível da água encontrado no período analisado, juntamente com dejetos de animais e grande desenvolvimento de organismos clorofilados.

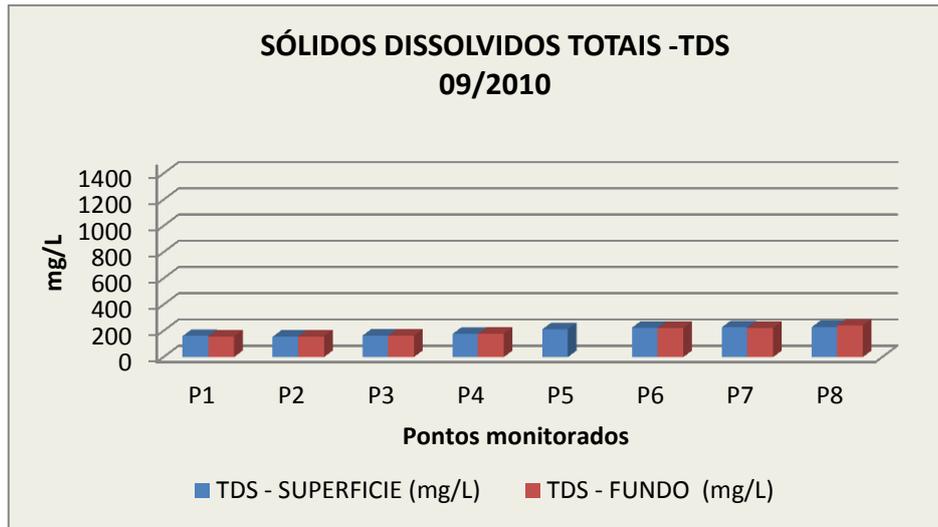


Figura 94 – Distribuição dos Sólidos Dissolvidos Totais ao longo da bacia do rio Catú em set/2010.

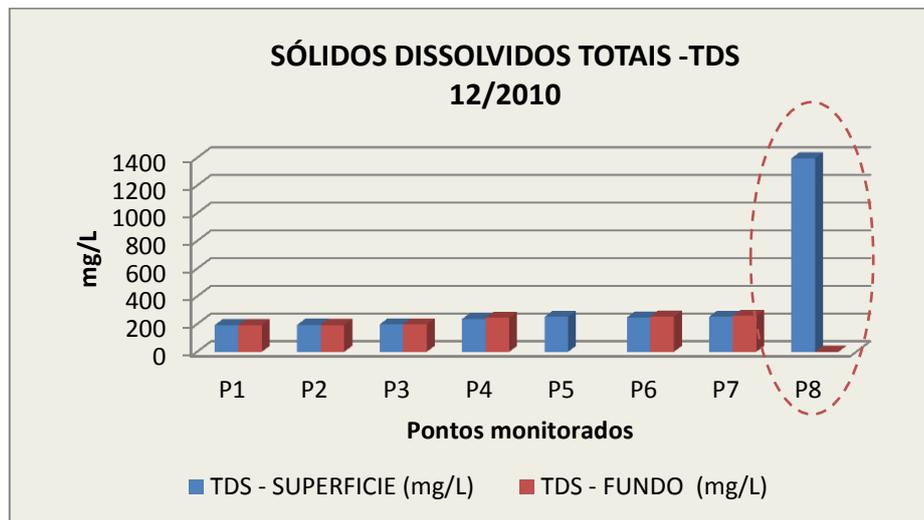


Figura 95 – Distribuição dos Sólidos Dissolvidos Totais ao longo da bacia do rio Catú em Dez/2010.

Considerando o limite de sólidos dissolvidos totais exigido pelo CONAMA (para águas de classe 2) e pelo Ministério da Saúde (em águas para consumo humano) que determina concentrações de até 500 mg/L e 1.000mg/L, respectivamente, verificou-se que o mês de dezembro de 2010 mostrou uma elevada quantidade de sólidos dissolvidos (no valor de 1.397mg/L no P8) na porção mais sul da bacia, excedendo todos os limites estabelecidos. Isso pode ser explicado pela associação dos seguintes fatores:

O rebaixamento do nível da água do açude atingiu a cota de 41,99 metros (Figura 96), chegando ao volume de 48,53% da capacidade do reservatório, o que representou uma diminuição de cerca de 13.963 hm³ (FUNCEME/COGERH, 2011). Na

Outro fator que pode ser considerado para justificar a grande concentração de sólidos suspensos no ponto P8 é a própria morfologia do açude no setor onde é localizado o ponto. Nesse local, o canal fluvial é bastante estreito e raso nos períodos de estiagem, não permitindo, conseqüentemente, a ocorrência de corrente fluvial superficial ou subaquática, fazendo com que esse trecho do rio apresentasse características lânticas (água parada). Nas condições normais de escoamento do rio (em águas lólicas) esse material seria levado rio abaixo, o que deve ter acontecido nos outros meses, onde a concentração dos sólidos foi consideravelmente menor (seja através da análise dos dados de TDS ou outros parâmetros que dão indicativos da presença de materiais dissolvidos como a turbidez e transparência).

A turbidez da água aponta também a quantidade de sólidos em suspensão, responsáveis por variações quantitativas e qualitativas da qualidade das águas, como penetração da luz, fotossíntese e produtividade. Ela é resultante da presença de partículas orgânicas ou do solo (inorgânicas), até certo ponto desejáveis na medida em que reduzem a penetração de luz. A origem natural dos sólidos suspensos que causam turbidez provêm de partículas de rochas, argila e silte, bem como algas e outros microorganismos, não trazendo inconvenientes sanitários diretos. Porém é esteticamente desagradável na água potável. As origens antropogênicas são os despejos industriais e domésticos, microorganismos e erosão, podendo estar associadas a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

Os valores encontrados ao longo da bacia em relação aos pontos monitorados são bem distintos com valores que variaram entre 5,44 UNT e 146,56 UNT (Figura 98). Os pontos 01, 03, 06 e 07 encontram-se em níveis considerados adequados pelo CONAMA. De acordo com o CONAMA a turbidez é admitida em até 100 UNT. Entretanto, para o Ministério da Saúde-MS (2004) o padrão de aceitação para consumo humano é de 5 UNT.

Verifica-se, portanto que há uma discrepância muito grande entre os valores exigidos, o que compromete a classificação das águas, e se reflete indiretamente nos usos delas ou associados a elas (Figura 99). No ponto P2, por exemplo, o valor máximo encontrado foi de 74,79 UNT em janeiro/2010, que apesar do período chuvoso não ter ocorrido de forma significativa, ainda assim foi suficiente para aumentar a carga de material dissolvido e levado por lixiviação. Existe às margens desse ponto um bar/restaurante (Figura 100) que pode estar contribuindo com a suspensão e re-suspensão dos sólidos em função do fluxo de pessoas e visitantes.

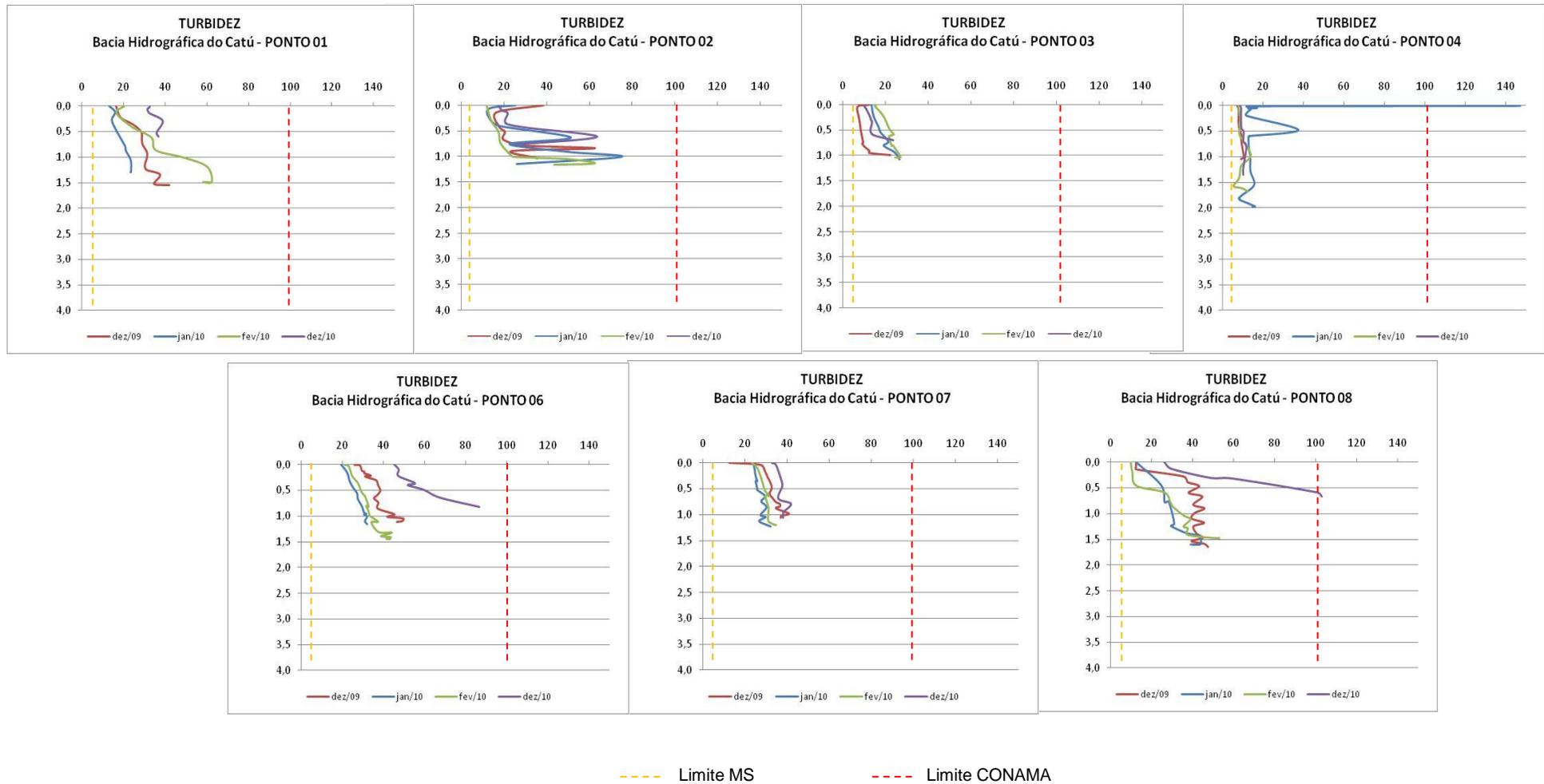


Figura 98 – Valores da variação do potencial hidrogeniônico ao logo do período analisado.



Figura 99 – Áreas de solos expostos às margens da lagoa do Catú representando fontes de contribuição de sedimentos. Foto: da autora, 2010.



Figura 100 – Bar/restaurante localizado na margem da lagoa. Nos finais de semana e feriados o fluxo de pessoas é intenso. Foto: da autora, 2010.

Entretanto, não existe apenas este estabelecimento na área. Existem diversos empreendimentos e estabelecimentos margeando a lagoa do Catú que têm contribuído para o aporte de material particulado em suspensão. Analisando os dados do ponto P4 verifica-se o valor de 146,56 UNT, especificamente no mês de fevereiro de 2010 (chuva), representando o valor mais elevado desse parâmetro. Nesse ponto (que corresponde ao ponto da Ponte da CE-040) verificou-se que esse valor elevado ocorre somente até pouco mais que 3,0 cm de profundidade. Passada essa faixa a turbidez decresce. O que pode ter causado esse valor é a fina camada de vegetação flutuante (macrófitas) presente na área (Figura 101).

No ponto P8 verifica-se também no mês de dezembro de 2010 um aumento da turbidez de 103,11 UNT a uma profundidade de 0,67m. Essa turbidez é justificada pela grande concentração de material suspenso que mudou até a densidade da água no local (Figura 102).

A partir dos valores obtidos de transparência da água, foi possível calcular empiricamente o limite da zona eufótica em cada ponto monitorado durante o período analisado. Multiplicou-se o valor da profundidade do disco de Secchi pelo fator 3,0, conforme apresentado na metodologia.

Apesar da medição da transparência da água (realizada por meio do disco de Secchi) não fornecer boa exatidão, verificou-se com base nesses dados que a zona eufótica (ou zona fótica) avaliada nos pontos monitorados se comportou de forma expressiva.



Figura 101 – Associações vegetais que recobrem a camada superficial da água.
Foto: da autora, 2009.



Figura 102 – Aspecto da densidade da água no ponto P8 denotando a grande concentração de material. Foto: da autora, 2010.

Assim, a extensão da zona eufótica pôde atingir valores estimados de 0,0 metros como ocorreu no Ponto P8, no mês de dezembro/2010, denotando a ausência da zona eufótica, e até 4,23 metros no Ponto P4, no mês de janeiro/2010 (Tabela 14). Entretanto o Ponto P8 não se torna referência tendo em vista que foi um ponto onde a concentração de sólidos se comportou muito diferenciada em função do rebaixamento do nível da água. Para o restante dos pontos, com a aplicação das fórmulas empíricas foi possível calcular de forma simples a zona de possível produtividade biológica da água.

Tabela 14 - Limite aparente da zona eufótica nos pontos distribuídos ao longo da bacia do Catú, Aquiraz/Horizonte-CE.

Pontos	dez/09	jan/10	fev/10	abr/10	jun/10	set/10	dez/10
Extensão da zona eufótica estimada							
P1	2,88m	2,46m	1,53m	1,23m	2,28m	1,65m	1,74m
P2	2,76m	1,53m	1,86m	1,56m	2,16m	1,65m	1,89m
P3	2,43m	1,89m	2,4m	1,47m	2,43m	1,56m	1,83m
P4	2,94m	4,23m	3,9m	2,79m	2,64m	3,36m	2,82m
P5	-	-	-	-	-	-	-
P6	1,02m	2,37m	1,89m	1,62m	1,8m	1,71m	1,53m
P7	1,35m	2,07m	1,41m	1,56m	0,84m	1,2m	1,41m
P8	1,29m	2,94m	2,07m	1,38m	0,75m	1,02m	0

Fonte: Cálculos realizados com base nos dados coletados em campo.

O que se percebe é que a bacia tem baixa concentração de sólidos em suspensão na água no setor da lagoa do Catú, classificando-a como fracamente

túrbida, o que permite uma boa produtividade primária nessa área. Já para o setor do açude Catucinzena os dados do limite da zona eufótica e coeficiente de atenuação (Tabela 15) denotam uma característica de água fortemente túrbida, o que por sua vez deve comprometer a produtividade primária e a qualidade da água.

Tabela 15 - Cálculo indireto do coeficiente de atenuação vertical ao longo da bacia do rio Catú, Aquiraz/Horizontal-CE.

Pontos	dez/09	jan/10	fev/10	abr/10	jun/10	set/10	dez/10
Calculo indireto do coeficiente de atenuação vertical							
P1	1,77	2,07	3,33	4,15	2,24	3,09	2,93
P2	1,85	3,33	2,74	3,27	2,36	3,09	2,70
P3	2,10	2,70	2,13	3,47	2,10	3,27	2,79
P4	1,73	1,21	1,31	1,83	1,93	1,52	1,81
P5	-	-	-	-	-	-	-
P6	5,00	2,15	2,70	3,15	2,83	2,98	3,33
P7	3,78	2,46	3,62	3,27	6,07	4,25	3,62
P8	3,95	1,73	2,46	3,70	6,80	5,00	0,00

Fonte: Cálculos realizados com base nos dados coletados em campo.

Os resultados de maior coeficiente de atenuação vertical podem estar relacionados às atividades de uso na bacia, que trazem bastantes contribuintes para o açude, como também está relacionado ao período sazonal (sendo diferenciados entre a estação seca e chuvosa). Em particular os pontos 06 e 07 no mês de junho/2010, apresentaram uma coloração mais esverdeada com grande concentração de fitoplâncton (Figuras 103) na água podendo ser associada à entrada de nutrientes proveniente da aqüicultura presente na área.



Figura 103 – Coloração esverdeada associada à presença de fitoplâncton. Foto: da autora, 2010.

5.5.2 Temperatura e oxigênio dissolvido

A temperatura é um parâmetro que não indica necessariamente o estado da qualidade da água, logo não há na legislação valores limites de temperatura para qualquer uma das Classes. Entretanto, como já fora discutido, altas temperaturas diminuem a solubilidade dos gases, podendo reduzir, neste caso, a concentração de oxigênio dissolvido. Logo, tentou-se fazer uma correlação entre a variação da temperatura e os valores de oxigênio dissolvido para melhor entendimento do comportamento desse último. A temperatura variou ao longo dos pontos amostrados de 28,22°C a 31,64°C. Assim os dados de temperatura corroboram a informação de que se trata de ambientes tropicais com de águas relativamente quentes.

Ao analisar os dados de oxigênio em relação à temperatura do ponto P4 verifica-se que na medida em que a temperatura vai caindo para 28°C o oxigênio começa a diminuir também (Figura 104, 105, 106 e 107). A explicação possível para essa diminuição é a introdução de matéria orgânica ao sistema que resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido.

Nesse ponto (P4) em Fevereiro/2010 o valor máximo encontrado foi de 6,32 mg/L e o mínimo foi de 3,02 mg/L. Logo, percebe-se que a taxa de oxigênio decai a medida em que vai aumentando a profundidade, diminuindo a temperatura. A relação entre o oxigênio e a temperatura ao longo dos meses estudados vai demonstrar claramente isso.

Entretanto nesse mesmo ponto em Dezembro/2010 fica claro que a depleção de oxigênio é bastante acentuada. O valor mínimo encontrado foi de 1,74mg/L. Este baixo valor de OD reflete a carga de matéria orgânica que entra no sistema e é decomposta onde os microrganismos consomem todo o oxigênio dissolvido. Se compararmos o gráfico do oxigênio com a temperatura verifica-se que a temperatura fica em certa constância apesar de o oxigênio oscilar muito.

O oxigênio é caracterizado com um dos mais importantes na avaliação da qualidade da água. O oxigênio dissolvido (OD) é essencial ao metabolismo respiratório da maior parte dos organismos aquáticos.

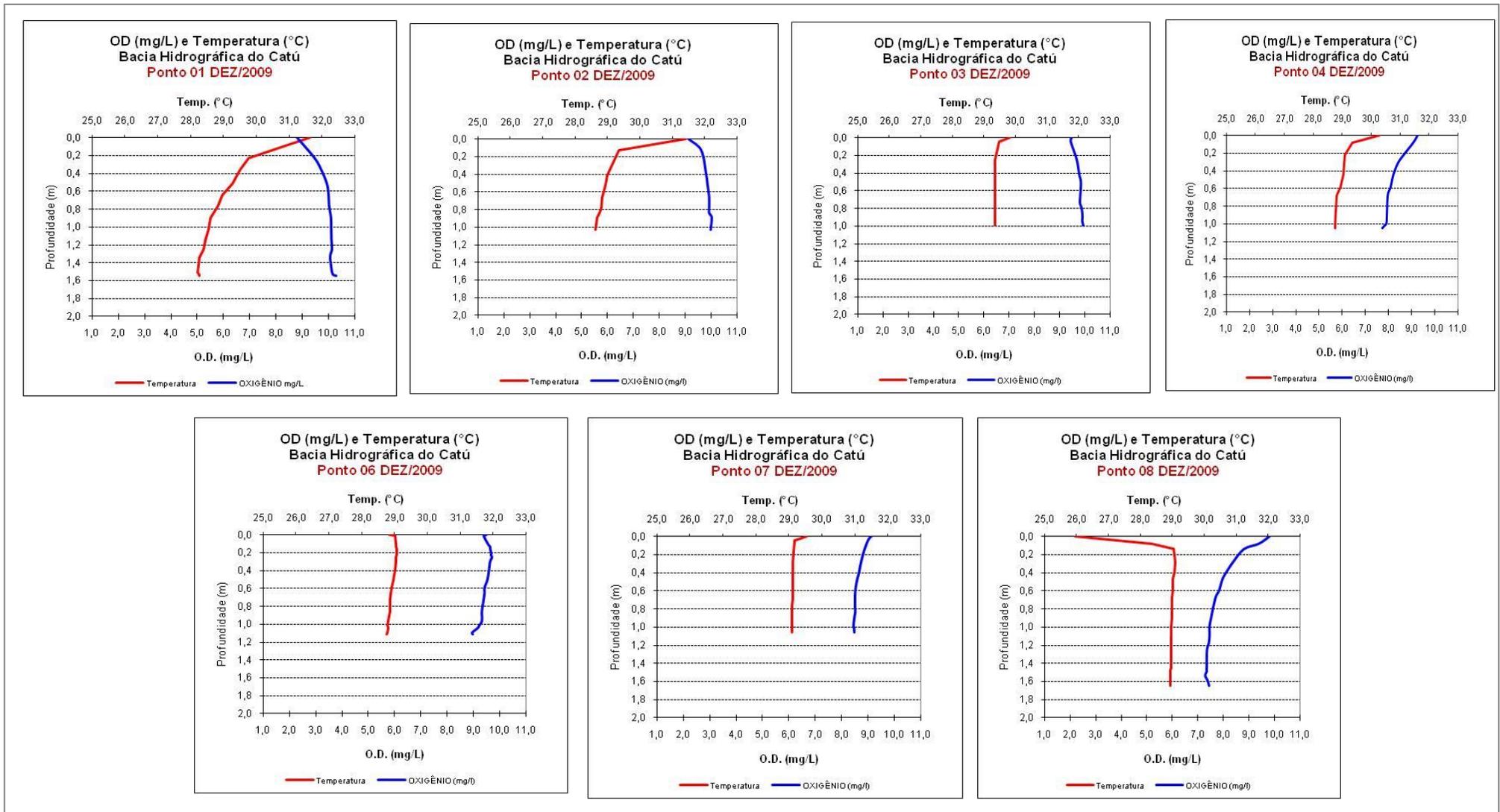


Figura 104 – Valores da relação da variação do Oxigênio Dissolvido e da Temperatura em Dezembro de 2009.

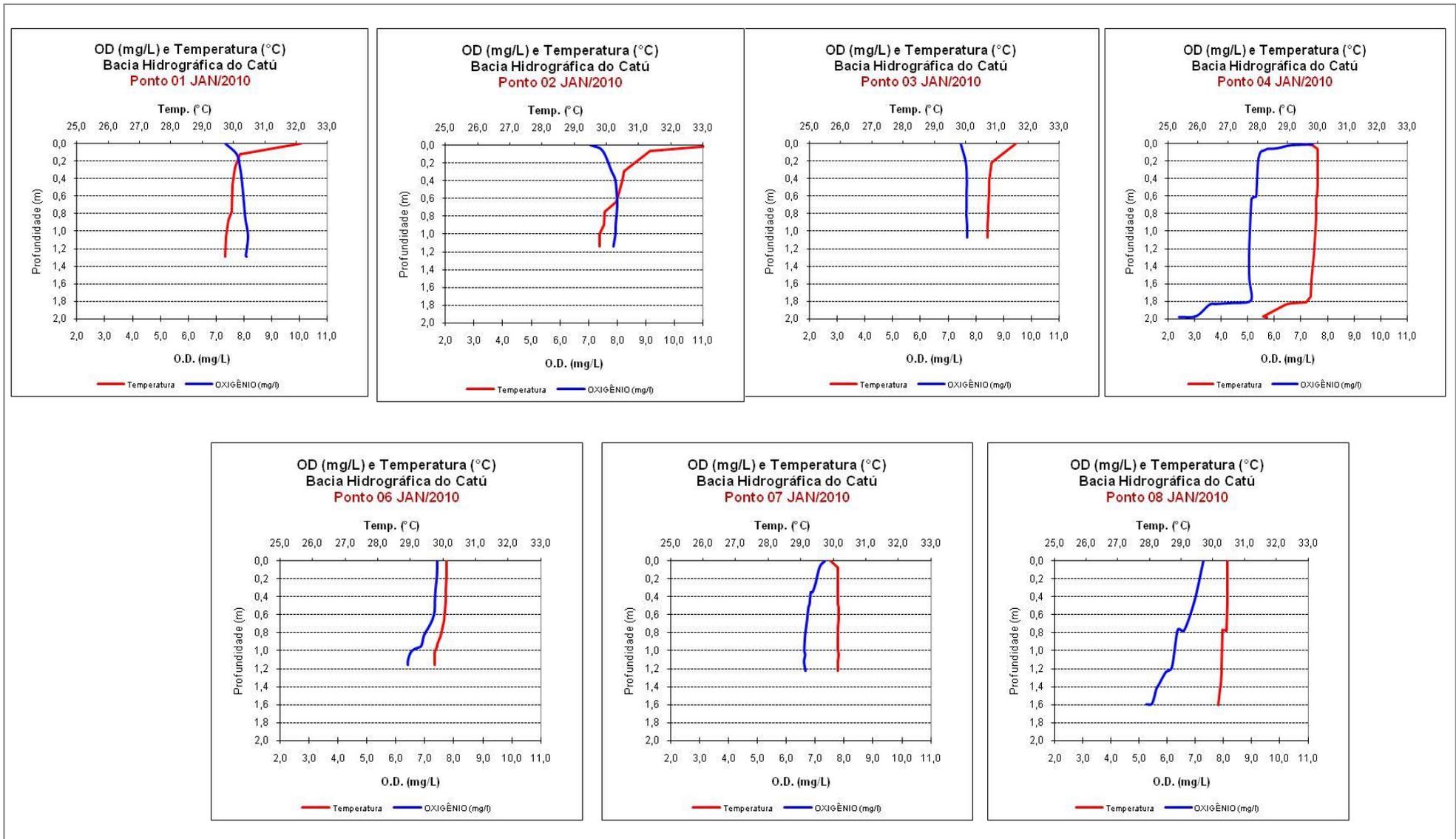


Figura 105 – Valores da relação da variação do Oxigênio Dissolvido e da Temperatura em Janeiro de 2010.

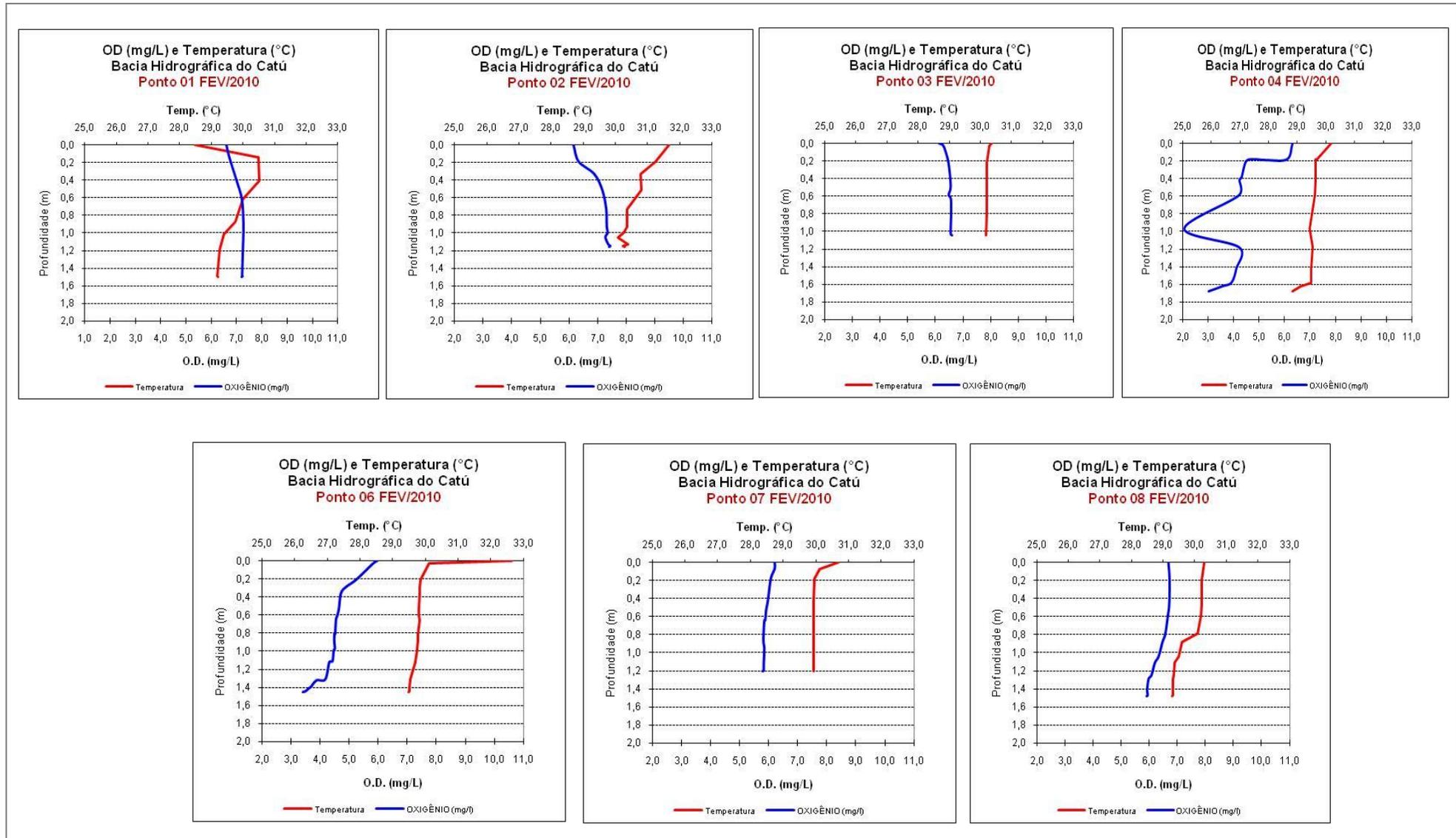


Figura 106 – Valores da relação da variação do Oxigênio Dissolvido e da Temperatura em Fevereiro de 2010.

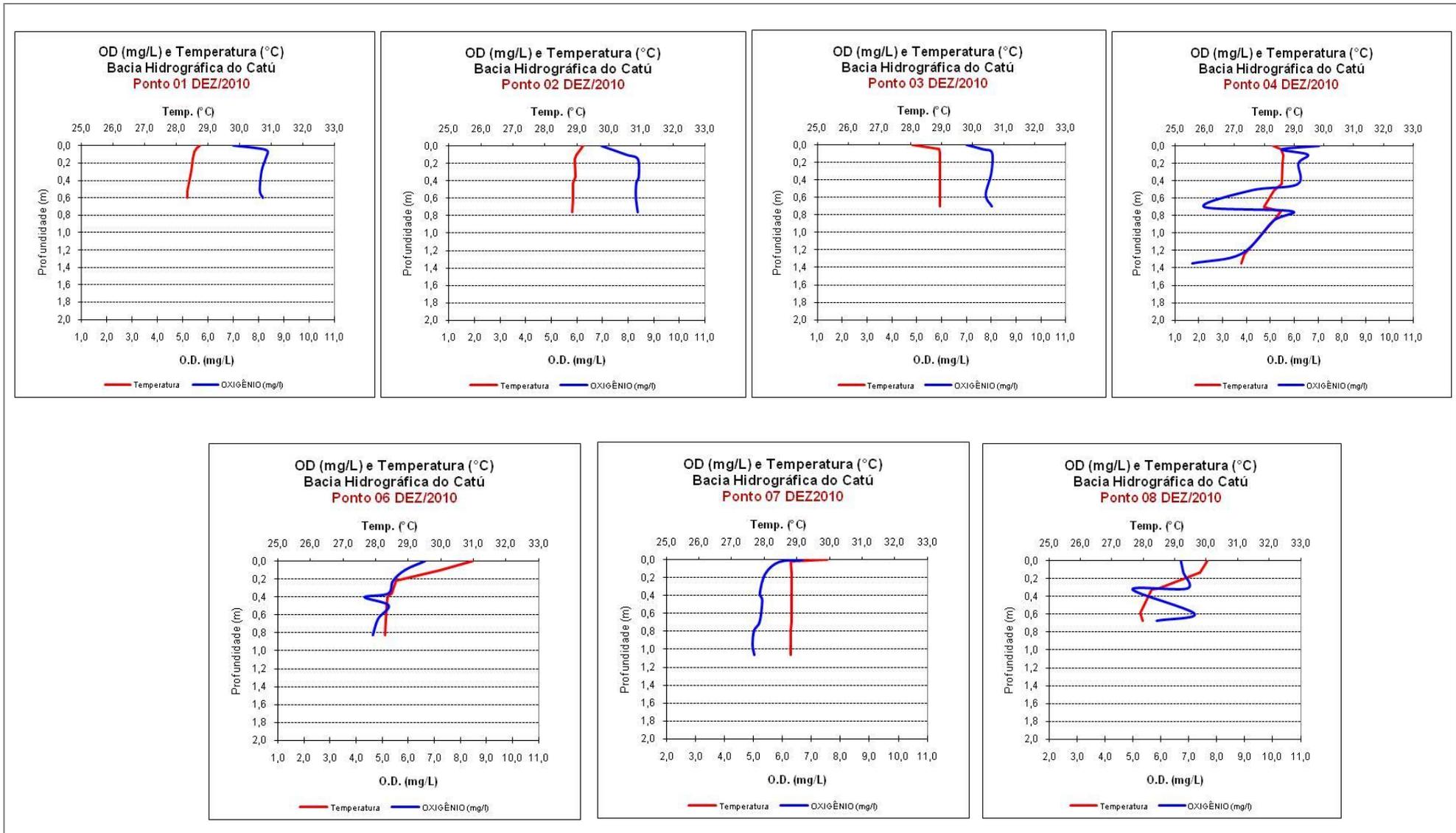


Figura 107 – Valores da relação da variação do Oxigênio Dissolvido e da Temperatura em Dezembro de 2010.

A presença do oxigênio, quando em altas concentrações, beneficia a vida aquática e favorece a depuração da matéria orgânica lançada nos corpos hídricos. Em baixas concentrações (< 2,0 mg/L) pode ocasionar mortandade de peixes e outros seres vivos do meio, caso o oxigênio seja totalmente consumido o ambiente pode apresentar condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com possível geração de maus odores (VON SPERLING, 2005).

Se analisarmos o oxigênio dissolvido ao longo dos meses de forma conjunta verifica-se que os pontos amostrados apresentaram-se bem oxigenados com valores variando com mínimo de 1,74mg/L (ponto P4) no mês de dezembro de 2010 e máxima de 10,29 mg/L (ponto P1) no mês de dezembro também de 2010 (Figura 108). Em média ao longo da bacia do Catú o oxigênio se encontrou em valores normais nos pontos P1, P2, P3, P7 e P8. Entretanto os pontos P4 e P6 atingiram em alguns meses valores abaixo do estabelecido pela legislação.

Especificamente, verificou-se ainda no ponto P4, que o oxigênio teve um comportamento bem diferente em praticamente todo o trabalho, com exceção do mês dezembro/09, onde oxigenação esteve boa. Os meses de janeiro, fevereiro e dezembro de 2010 apresentaram valores bem irregulares. No mês de janeiro de 2010, nesse ponto observou-se uma variação de 7,46mg/L (máximo) a 2,41 mg/L (mínimo). No início da coluna d'água o oxigênio apresenta-se alto, entretanto vai diminuindo ao longo da coluna d'água. Essa queda do oxigênio com o aumento da profundidade pode estar associada ao período de chuva que traz um aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada. Assim, com esse acréscimo de matéria orgânica ao ecossistema aquático, a decomposição microbiana consome grande parte ou totalidade do oxigênio dissolvido.

Entretanto durante os meses de fevereiro de 2010 e dezembro de 2010 os valores se apresentam de forma bastante irregular sem grandes explicações aparentes. O que se pode afirmar é que esse ponto está situado numa área onde pode haver, principalmente em alguns períodos, fluxos de corrente, pois trata-se de uma área de estrangulamento do leito, assim esses fluxos podem ter proporcionado ruídos ao aparelho ou até mesmo ter trazido correntes onde a massa d'água teve oxigenação bastante variável.

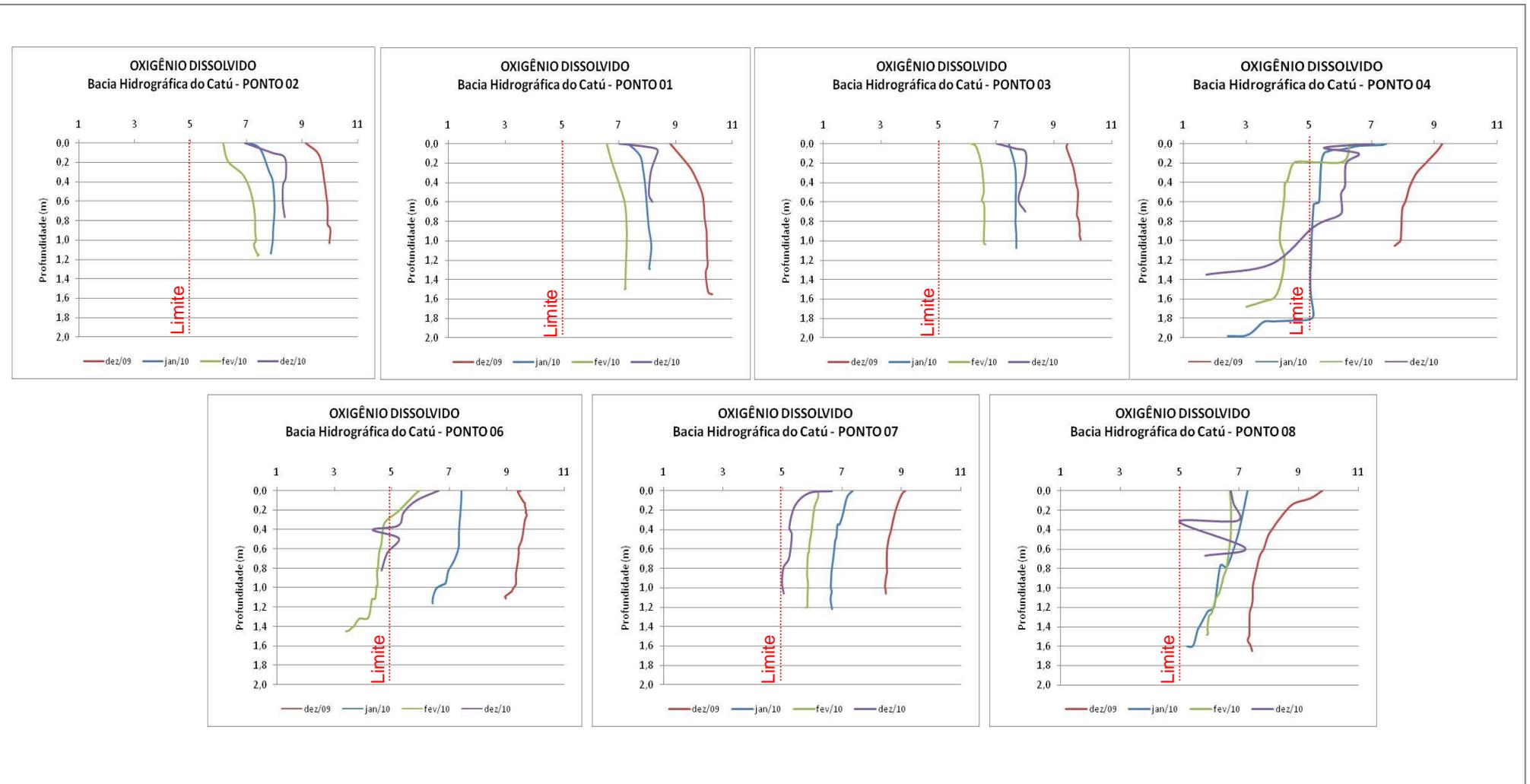


Figura 108 – Valores da variação do Oxigênio Dissolvido entre dezembro de 2009 e dezembro de 2010. Destaque para os pontos P4 e P6, que apresentaram valores que atingiram bem além do mínimo de Oxigênio Dissolvido exigido pela legislação em vigor.

Esses valores permitem averiguar, quanto ao limite estabelecido pelo CONAMA, quais pontos apresentam-se dentro dos padrões exigidos. O Ponto P4 mais especificamente nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro de 2010 apresentou déficits de oxigênio. Segundo o CONAMA o valor para esse parâmetro não deve ser inferior a 5 mg/L.

Ao analisar o ponto P6, o mês de Dezembro/2009 obteve valor máximo de 9,68mg/L e mínimo de 8,95. Já em Fevereiro/2010 pôde-se perceber que o valor oscilou no início da medição com valores altos e à medida que foi descendo a sonda foi diminuindo o valor do oxigênio. O valor máximo encontrado no mês de fevereiro foi de 5,97 mg/L e mínimo de 3,41mg/L. Ao fazer a relação do oxigênio e a temperatura do ponto P6 verifica-se que a temperatura fica com uma certa constância de 29°, contudo ao longo do perfil da coluna d'água o oxigênio vai decaindo. Ainda em relação ao ponto P6, em Dezembro/ 2010, o valor máximo encontrado foi de 6,64mg/L e o mínimo de 4,34mg/L.

De acordo com Esteves (1998), a temperatura influencia diretamente tanto a respiração dos organismos, como outros processos oxidativos (por ex.: decomposição da matéria orgânica por microorganismos). Esta ação direta da temperatura sobre os organismos aquáticos se baseia na regra de Van T'Hoff, que possui caráter apenas aproximativo, e sua maior aplicação encontra-se em soluções aquosas. Segundo a regra Van T'Hoff, a elevação da temperatura das soluções em 10°C pode duplicar ou triplicar a velocidade das reações.

As perdas de oxigênio são pelo consumo e pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998).

O que se percebe em alguns dos gráficos explicitados anteriormente é que na superfície a concentração é mais elevada do que em partes inferiores. Essa diferença está relacionada com a produção primária que diminui quando escurece, e os organismos que produzem oxigênio, passam a consumir, diminuindo a disponibilidade OD na coluna d'água.

Os valores que foram encontrados para o conjunto de dados mostraram-se acima do valor limite da Resolução do CONAMA indicando uma boa capacidade de oxigenação da águas superficiais deste corpo hídrico. O oxigênio dissolvido é o

principal parâmetro para a caracterização dos efeitos de poluição por despejos orgânicos.

Quanto ao período sazonal (estiagem e chuva) não foi possível visualizar grandes diferenças, tendo em vista que o ano de 2010 foi um ano atípico no caso com baixos índices pluviométricos.

No período de estiagem, geralmente são encontrados os maiores valores de OD, embora possam ocorrer déficits nas camadas inferiores da coluna d'água (ESTEVES, 1998). Neste período, a produção de oxigênio é favorecida pelas altas taxas fotossintéticas e pela redução da concentração de matéria orgânica, uma vez que a matéria orgânica carregada no período chuvoso já foi sedimentada ou decomposta. E no período de chuva ocorre o inverso, apresentando menores valores de OD.

5.5.3 pH – Potencial hidrogeniônico

O valor do pH (potencial hidrogeniônico) traduz a acidez ou basicidade da água. A escala do pH compreende valores entre 0 e 14. Um pH igual a 7,0 indica uma solução neutra. Se for menor do que 7,0 indica uma solução ácida. E se for maior do que 7,0 correspondem a uma solução alcalina.

A variação do pH para os pontos estudados apresentou valor máximo de 9,53 e a mínimo de 6,05. De acordo com o CONAMA o pH ao longo da bacia encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, que é de 6,0 a 9,0. Entretanto verifica-se que há uma tendência a valores neutros a alcalinos (Figura 109). Brasil (2004) recomenda que, para o sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Em geral houve um comportamento alcalino das águas ao longo do período estudado. Verificou-se que houve discreto aumento nos valores de pH no período entre dezembro/2009 e abril/2010 (período chuvoso). Esse aumento é comum devido o carregamento de materiais orgânicos e gás carbônico livre (CO₂) provocando a alcalinidade da água. Verificou-se ainda que a partir de junho/2010 os valores oscilaram bastante e depois passaram a subir novamente até dezembro/2010, onde em alguns pontos os valores ultrapassaram a faixa ideal.

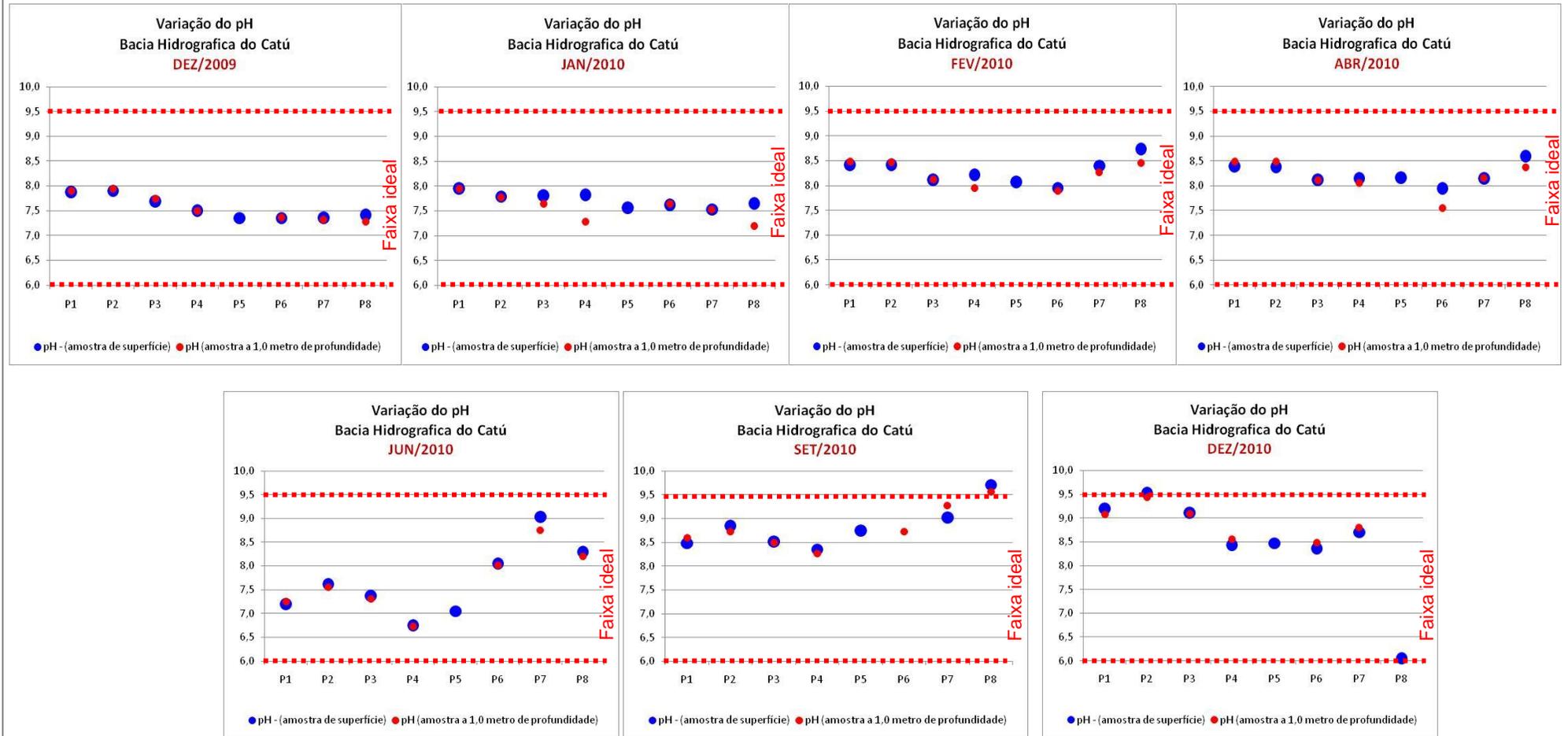


Figura 109 – Valores da variação do potencial hidrogeniônico ao longo do período analisado.

De acordo com Esteves (1998), o pH acima do permitido pode ser devido às comunidades de vegetais aquáticas que interfere no aumento do pH e vice-versa. Isso porque através da assimilação do CO₂, pois durante o processo fotossintético, as macrófitas aquáticas e as algas podem elevar o pH do meio. Ecossistemas aquáticos com elevados valores de pH são encontrados, geralmente, em regiões com balanço hídrico negativo (onde a precipitação é menor do que a evaporação).

Essa elevação do pH pode ser pela maior atividade fotossintética neste período seco, tendo como consequência a diminuição de CO₂ dissolvido na água, proveniente da oxidação da matéria orgânica pelas bactérias, necessárias à fotossíntese, que, pela dissociação dos íons carbonato e bicarbonato, libera hidroxila, o que acarretou o aumento do pH.

Destaca-se ainda um comportamento excepcional no ponto P4 em junho/2010, onde se encontrou os valores de 6,75 (superfície) e 6,73 (fundo) destacando um caráter ácido para a água desse ponto. O mesmo foi verificado no ponto P8 em dezembro de 2010 que apresentou o valor de 6,05 (superfície). Isso indica que nesses pontos (nos períodos analisados) as contribuições não conseguiram ser tamponadas pela água desses reservatórios, dando o caráter ácido à água.

5.5.4 Fosfato (Fósforo solúvel reativo)

O fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, e na forma de fosfatos dissolvidos é um importante nutriente para produtores primários. Também pode ser o fator limitante da produtividade primária de um curso d'água.

Os valores máximos e mínimos encontrados foram respectivamente 0,08mg/L no ponto P8 em setembro/2010 e 0,001mg/L no ponto P6 em junho/2010, (Figura 110).

As amostras analisadas mostraram que não foi atingido o valor máximo permitido, exigido pelo CONAMA, pois o mesmo exige 0,1 mg/L (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) para água doce, classe 2. Já o Ministério da Saúde não faz referência sobre valores de fosfato.

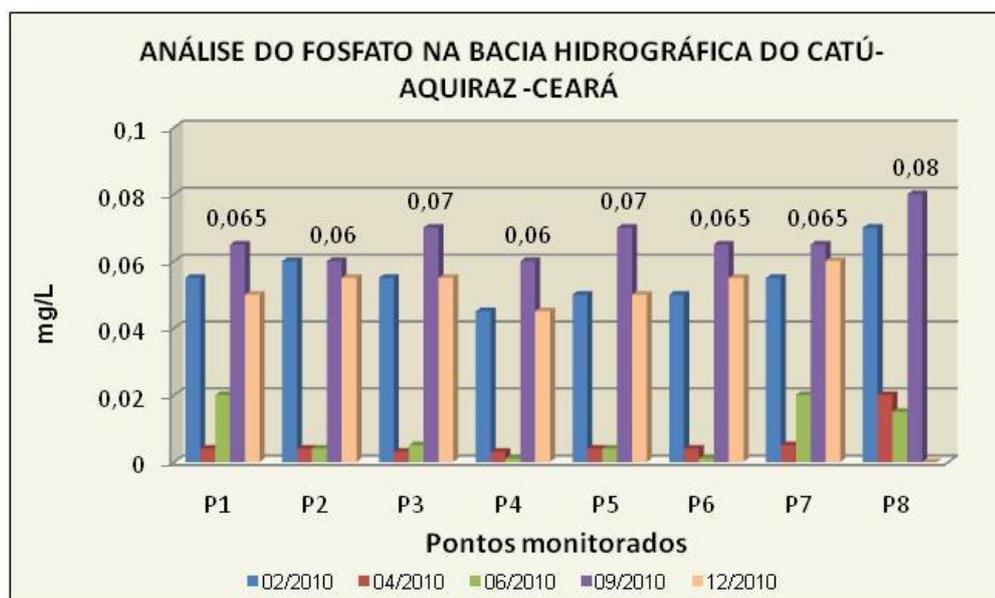


Figura 110 – Comportamento do fosfato nos pontos monitorados entre fevereiro/2010 e dezembro/2010.

Apesar de todos os pontos não atingirem o limite estabelecido, verificou-se um comportamento elevado das águas para o fósforo solúvel reativo principalmente no período de estiagem, em especial no mês de setembro, período em que as amostras mais se aproximaram do limite. Alguns pontos apresentando concentrações de valores iguais ou superiores a 0,07mg/L.

Verificou-se ainda que em fevereiro/2010 as concentrações já se apresentavam muito elevadas. Relacionando estes dados com as informações da pluviometria é possível afirmar que até fevereiro de 2010 a pluviometria foi extremamente baixa (55mm em janeiro e 48,4mm em fevereiro) em relação aos anos anteriores como 2009 (215,2mm em janeiro e 211mm em fevereiro). Logo, acredita-se que não houve entrada de grande volume de água na bacia, assim a concentração do fosfato apresentou-se mais elevada. Já nos meses de abril e junho. Mesmo em junho não tendo mais ocorrido precipitações, acredita-se que os valores estiveram mais baixos em função do aporte das águas das chuvas de todo o período chuvoso. A partir daí a concentração volta a se elevar nos pontos analisados.

No ponto P5 (Figura 111), que se refere à saída de fundo do açude Catúcinzenta foi possível também averiguar um aumento no fósforo. Portanto, verifica-se que as águas na área do açude estão sendo enriquecidas em toda a coluna d'água, já que as águas da saída de fundo apresentaram em geral valores

também elevados semelhantes aos outros pontos de amostragem. No ponto P8 situado no início do açude (porção extremo-montante) onde foi verificado o valor mais expressivo de fosfato (com 0,08mg/L em setembro/2010) verificou a presença de gado pastando as margens do açude, o que pode representar risco à qualidade da água nesse setor (Figura 112).



Figura 111 – Saída da água de fundo do açude (Ponto P5) que também apresentou valores elevados de fosfato. Foto: da autora, 2009.



Figura 112 – Coloração da água no Ponto P8 e o gado pastando nas margens representando risco à qualidade da água no local. Foto: da autora, 2010.

O gráfico de fosfato não apresenta valor em dezembro/2010 para este ponto. Entretanto há que se considerar que nesse período – onde houve o rebaixamento do nível da água e maior concentração de poluentes - a viscosidade e densidade da amostra foi tão elevada que não foi possível mensurar o teor de fosfato, mas é preciso destacar pelo aspecto da água que o valor deveria ser superior ao máximo verificado. Os elevados teores de fosfato atestam que, além do fator climático, que permite que a concentração seja mais alta no período de estiagem em função da diminuição do volume de água dos dois reservatórios, está havendo introdução de efluentes ao longo de todo o curso fluvial justificando a presença elevada do fosfato. Constatou-se ainda que por toda a bacia existem agroindústrias (com destaque para as granjas) que são contribuintes diretos e indiretos do aporte de matéria orgânica. Some-se a isso os excessos de rações usadas na piscicultura local.

Apesar do valor do fosfato encontrar-se dentro dos padrões recomendados, verificou-se em muitos meses (pela simples constatação visual) que a qualidade da água ao longo da bacia não apresentava boas condições para alguns tipos de usos. Azevedo e Vasconcelos (2006) in Soares Filho (2010) consideram que o aumento da

concentração de fósforo nos ambientes aquáticos principalmente próximos à zona urbana é devido ao crescimento da agroindústria, por meio do uso extenso de fertilizantes para aumentar a biomassa de cultivos monoespecíficos, aliado à crescente taxa de urbanização com o aumento de descarga de esgotos sem nenhum tratamento prévio.

5.5.5 O estado de trofia da Bacia do Catú.

Com base nos dados do fósforo solúvel reativo e informações sobre a variação da transparência do disco de Secchi foi possível calcular o estado trófico para a bacia do Catú considerando a área dos pontos monitorados.

Logo, considerando a análise por meio do fósforo solúvel reativo verificou-se que no mês de fevereiro, setembro e dezembro de 2010, a água da bacia encontra-se no estado eutrófico (Quadro 8). Os meses que de exceções, referem-se a abril e junho de 2010. Onde se apresenta quase em sua totalidade oligotrófico.

Quadro 8 – Estado trófico das águas da bacia do Catú entre fevereiro/2010 e dezembro/2010 com base nos valores de fosfato.

Pontos	02/2010	04/2010	06/2010	09/2010	12/2010
	IET (PSR)	IET (PSR)	IET (PSR)	IET (PSR)	IET (PSR)
P1	73,43	35,62	58,84	75,84	72,06
	Eutrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
P2	74,69	35,62	35,62	74,69	73,43
	Eutrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico
P3	73,43	31,47	38,84	76,91	73,43
	Eutrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico
P4	70,54	31,47	15,62	74,69	70,54
	Eutrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico
P5	Não se aplica				
P6	72,06	35,62	15,62	75,84	73,43
	Eutrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico
P7	73,43	38,84	58,84	109,06	74,69
	Eutrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
P8	76,91	58,84	54,69	78,84	---
	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

(---) Análise não realizada

Ao analisar a distribuição do fosfato ao longo da bacia, fica claro que esse comportamento eutrófico não é o quadro permanente, também muda com os meses, estando também associado ao aporte de água para o sistema. Ou seja, nos meses de abril e junho (que melhor representaram o período chuvoso do ano de 2010) o sistema saiu de eutrófico para estados oligotróficos, retornando ao estado eutrófico com a chegada do período estio.

O ponto P8 se manteve, quase que na sua totalidade, no estado eutrófico, apresentando uma aproximação para o estado mesotrófico. Como não foi possível mensurar os valores de fosfato no mês de dezembro/2010 para este ponto, não se chegou a uma classificação clara para este ponto especificamente neste mês. Entretanto, é indiscutível que o ponto sofre de eutrofização tendo por base as características visuais apresentadas pela água.

Utilizando os dados de transparência da água pela profundidade do disco de Secchi também foi calculado os estado trófico dos pontos mensurados (Quadro 9). Verificou-se que, na ausência de métodos químico-quantitativos de fósforo, a transparência funciona como um método razoável para análise do estado de trofia de ambientes de água doce em regiões tropicais.

Quadro 9 – Estado trófico das águas da bacia do Catú entre fevereiro/2010 e dezembro/2010 com base nos valores da transparência (disco de Secchi).

Pontos	02/2010	04/2010	06/2010	09/2010	12/2010
	IET (DS)	IET (DS)	IET (DS)	IET (DS)	IET (DS)
P1	60,48	63,62	54,72	59,39	58,62
	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
P2	57,66	60,20	55,50	59,39	57,43
	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
P3	53,98	61,05	53,80	60,20	57,89
	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico
P4	46,98	51,81	52,61	49,13	51,65
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
P5	Não se aplica				
P6	57,43	59,65	58,13	58,87	60,48
	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
P7	61,65	60,20	69,13	63,98	61,65
	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
P8	56,12	61,96	70,76	66,33	---
	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

(---) Análise não realizada

Entretanto deve-se destacar que discrepâncias foram verificadas em relação aos dados de fósforo. Por isso deve-se associar os dados do IET calculado pelo disco de Secchi com as características do ambiente analisado (Quadros 10 e 11).

Quadro 10 - Caracterização dos ambientes em cada estado trófico (CETESB, 2008).

Estado trófico	Especificação/características	Valores IET
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.	$IET \leq 44$
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.	$44 < IET \leq 54$
Eutrófico	Corpos de água com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos usos múltiplos.	$IET > 54$

Fonte: Modificado de CETESB, 2008.

Quadro 11 - Caracterização trófica de lagos e reservatórios, segundo Vollenweider *apud* Von Sperling (2005).

CLASSE DE TROFIA					
Item	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipertrófico
Biomassa	Bastante baixa	Reduzida	Media	Alta	Bastante alta
Fração de algas verdes e/ou cianobactérias	Baixa	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa ou ausente	Baixa	Variável	Alta ou baixa	Baixa
Dinâmica da produção	Bastante baixa	Baixa	Média	Alta	Alta, instável
Dinâmica de oxigênio na camada superior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável em torno da supersaturação	Freqüentemente supersaturação	Bastante instável, de supersaturação a ausência
Dinâmica de oxigênio na camada inferior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação á completa ausência	Bastante instável, de supersaturação a ausência
Prejuízo aos usos múltiplos	Baixo	Baixo	variável	alto	Bastante alto

Fonte: adaptado de Vollenweider *in* Von Sperling (2005).

Como fora discutido, boa parte das empresas de gestão de águas utilizam os dados de Clorofila-a e Fósforo total para o cálculo do IET. No entanto pela ausência de dados de Fósforo Total, verificou-se a correlação existente entre o Fosfato (Fósforo Solúvel Reativo) e a Clorofila-a. Na correlação de Pearson, os valores de “r” (coeficiente de correlação do momento do produto Pearson) ao longo das estações de monitoramento correspondentes aos meses de fevereiro/2010 e dezembro/2010 foi de -0,5577 e -0,01736, respectivamente (Figura 113).

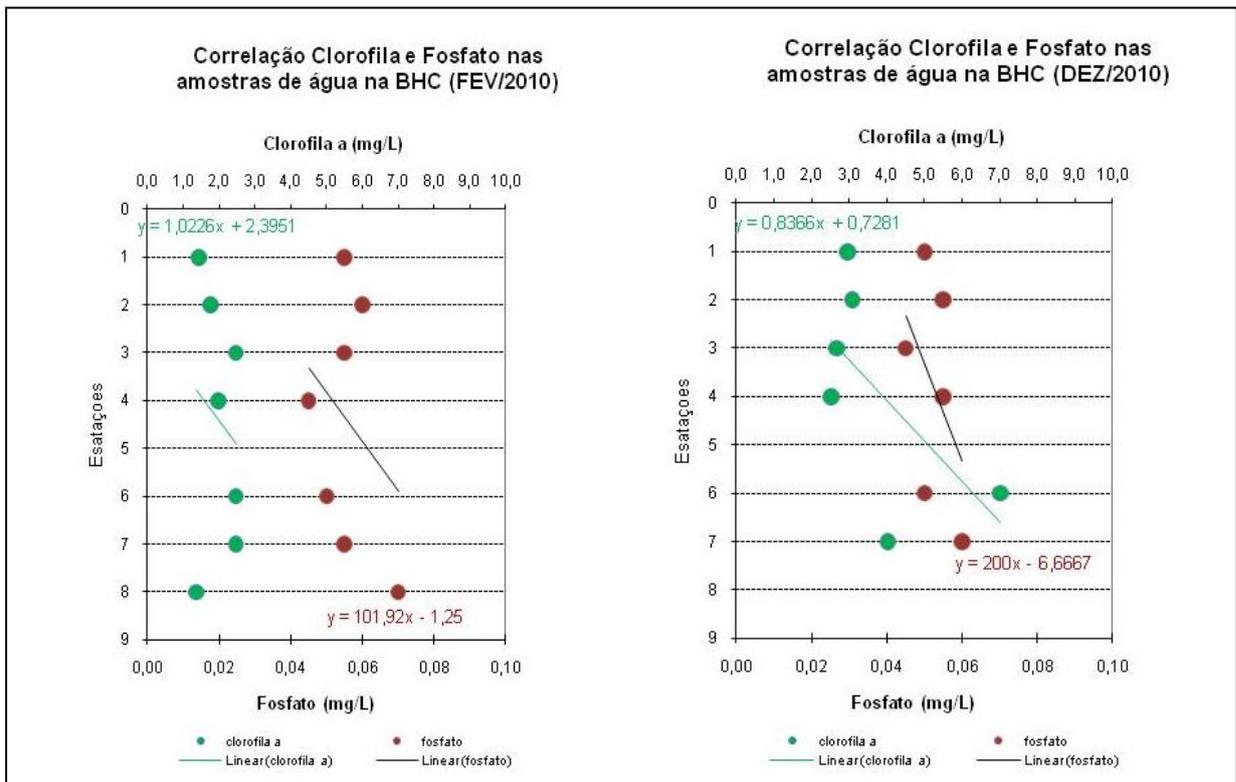


Figura 113 – Correlação de Pearson para estações de monitoramento na bacia do Catú.

Verifica-se que os valores apresentaram discreta relação de dependência. Isso pode se dá pelo fato do não exprimir o valor real do Fósforo Total, pois ele é apenas um dos tipos de Fósforo presentes na forma de poluentes. Logo, o valor do Fósforo Total deve sempre ser mais elevado do que apenas o valor do Fosfato. Entretanto, há que se considerar que a relação de dependência existe.

De acordo com a CEARÁ (2008), que fez alguns monitoramentos da qualidade das águas do açude Catucinzenza, verificou-se em 2008 que o açude já sofria com a eutrofização. Entretanto nos anos seguintes a referida companhia não relatou novas medições que permitissem avaliar o estado de trofia do açude. Já para

a lagoa do Catú, informações sobre o estado de trofia são citados por Ceará (2005) que também apontavam em algumas áreas um estado eutrófico para a lagoa.

Apesar da influência das características morfométricas, o nível trófico de um ambiente não é estático ou imutável. Com o avanço do estado trófico, todo o ambiente aquático é afetado e em cada um dos compartimentos do ecossistema ocorrem alterações que levam a degradação da qualidade da água (WETZEL, 1981; HARPER, 1992 *in* XAVIER, 2005). Com o ambiente passando de um estágio menos produtivo (oligotrófico) para outro mais produtivo (eutrófico) as características físicas, químicas e biológicas são alteradas, conforme visto no Quadro 11.

É importante relatar as possíveis vinculações entre os graus de trofia e os usos da água (Quadro 12) para que a partir dos resultados se possa enquadrar e planejar de forma adequada os diversos usos da área. O abastecimento da água para o município de Aquiraz é proveniente da lagoa do Catú e do açude Catúcinzenta.

Quadro 12 – Classes de trofia e possibilidades de usos de lagos e reservatórios.

USO	Classe de trofia				
	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesoeutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Abastecimento	Desejável	Tolerável	Indesejável		
Uso industrial		Desejável	Tolerável	Indesejável	
Uso para resfriamento			Desejável	Tolerável	Indesejável
Recreação contato primário		Desejável	Desejável Tolerável	Indesejável	
Recreação contato secundário			Desejável	Tolerável	Indesejável
Criação de peixes (espécies sensíveis)		Desejável	Tolerável	Indesejável	
Criação de peixe (espécies tolerantes)				Desejável	Tolerável
Irrigação			Desejável	Tolerável	Indesejável
Produção de energia			Desejável	Tolerável	Indesejável
Paisagismo			Desejável	Tolerável	Indesejável

Fonte: Modificado de Thornton & Rast , (1994) *in* Von Sperling (2005).

De acordo com Gomes (2003) a CAGECE da sede do município de Aquiraz tem bombas de captação flutuantes na lagoa Catú que transportam água auxiliando, em cerca de 30%, o abastecimento da sede. No açude Catucinzena por sua vez verificam-se algumas bombas de captação de pequeno porte que captam água para algumas propriedades particulares.

Segundo o posto da CAGECE de Aquiraz, são bombeados $700\text{m}^3/\text{dia}$ durante 12 horas, resultando uma vazão horária de 58m^3 . Desse total, ocorre uma perda de aproximadamente 10% até a água chegar ao consumidor. Em detrimento às exigências legais apresentadas, a CAGECE afirmou que faz tratamento (convencional) prévio da água da lagoa.

Enfim, considerando os graus de trofia verificados, boa parte dos usos que ocorrem na bacia precisaria ser revista. Sperling (2005) Para abastecimento, por exemplo o tratamento convencional já não é método suficiente para requalificar a água. Pois segundo Von Sperling (2005), com a eutrofização mais tratamentos precisam ser realizados, como a remoção das algas presentes, da cor, do sabor e odor gerando assim mais ônus no tratamento.

Assim, somente em alguns pontos ao longo da bacia e em alguns meses específicos é que se pode fazer o uso para o abastecimento, nos pontos onde ela foi classificada no mínimo como oligotrófica. Já para a piscicultura (identificada principalmente no ponto P7), coincidente onde verificou-se o maior valor de fosfato, só é indicada a criação de peixes se forem espécies tolerantes, havendo comprometimento das espécies mais sensíveis.

Outro ponto importante é na questão da recreação com contato primário, podendo ainda haver ingestão da água. Ao longo dos pontos analisados todos eles encontraram-se impróprios para a execução dessa atividade nos meses de fevereiro/2010, setembro/2010 e dezembro/2010. Somente no período chuvoso é que houve uma mudança para o estado oligotrófico, o que permitiria a execução tal atividade de forma mais segura.

5.5.6 Fluorescência da clorofila A

A Clorofila A ou Biomassa de Algas é considerado como a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos, logo, esse parâmetro está diretamente relacionado a possível tendência à eutrofização. Desse modo, a

fluorescência da clorofila A (FCA) em águas, indica o grau de desenvolvimento da clorofila, mas, no entanto, não quantifica o valor da clorofila propriamente dito. Assim, esse é um parâmetro correlativo.

Nas águas do Catú (conforme figura 114) os valores variaram de 0 (mínimo) e 9,71 µg/L (máximo). No ponto P6 (açude) mais precisamente no mês de fevereiro/10 o valor da FCA foi bem expressivo principalmente na área mais profunda desse ponto (por volta de 1,31m). A explicação para esses valores poderia ser a maior entrada de radiação ao longo da coluna d'água e altas concentrações de nutrientes na parte mais profunda. Entretanto a transparência da água para este ponto no referido mês não denota grande profundidade, sendo reduzida a zona eufótica no setor. Logo, pode-se tratar de um comportamento anômalo na coluna d'água ou algum ruído do aparelho.

No ponto P7 (área da piscicultura no açude) também obteve-se um valor significativo dentre os encontrados ao longo do ano. No mês de dezembro/2010 a FCA chegou a 9,12 µg/L e isto pode ter sido provocado pela maior concentração de nutrientes no período, pois estes aumentam a taxa de produção fotossintética.

No ponto P8 em dezembro/2010, a FCA comportou-se de forma bem peculiar, iniciou em 6,65 µg/L e aumentou até 7,42 µg/L. À medida em que foi aumentando a profundidade os valores foram diminuindo até chegar a 0,34 µg/L. O baixo nível da água e a grande concentração de nutrientes e sólidos suspensos repercutiu na pouca transparência. A ausência de luz permitiu ocorrer declínio súbito da fluorescência, mesmo a água estando enriquecida por nutrientes. Em resumo, apesar de terem sido constatados valores bem significativos, os pontos se apresentaram ao longo do ano dentro dos padrões exigidos pelo CONAMA, que é de 30 µg/L.

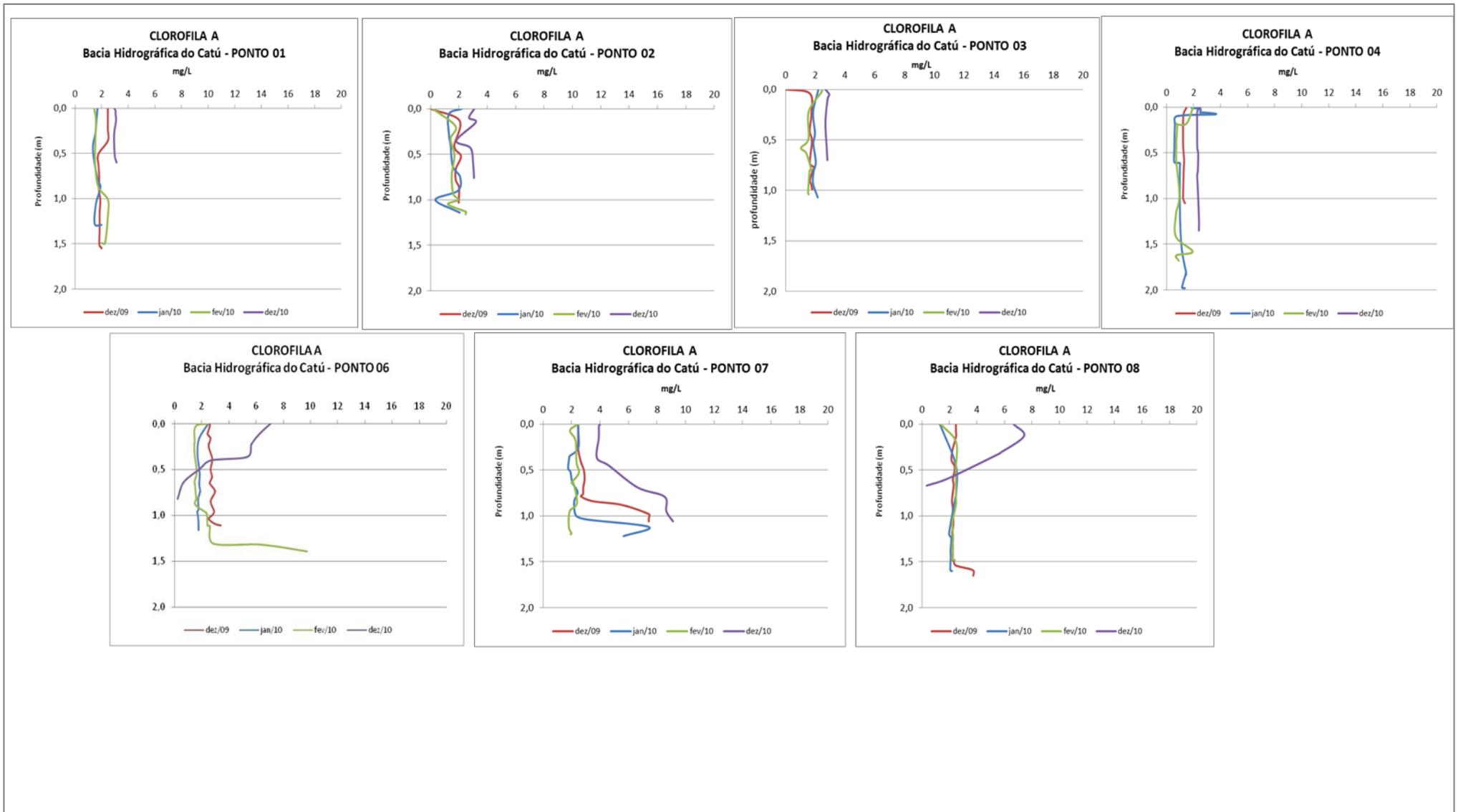


Figura 114 – Valores da variação da fluorescência da Clorofila A ao longo do período analisado.

5.5.7 Condutividade elétrica

Quanto os dados de condutividade, estes foram medidos em apenas dois períodos (setembro/2010) e (dezembro/2010) em função da aquisição posterior de aparelho específico, portanto esses são dados complementares. A importância desse parâmetro se justifica pelo fato que, de acordo com a CETESB, a condutividade representa uma medida indireta da concentração de poluentes, pois geralmente eles trazem consigo para a água íons que aumentam a condutividade. Assim, para a CETESB níveis de condutividade superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

O valor mínimo encontrado para o mês de setembro/2010 foi de 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o máximo 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Já no mês de dezembro/2010 o valor mínimo foi de 274 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o máximo chegou a 1997 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figuras 115 e 116).

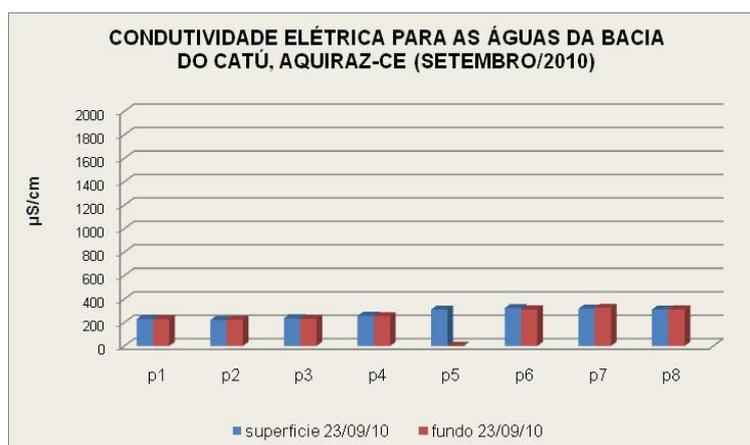


Figura 115 – Valores da variação da condutividade elétrica nas águas da bacia do Catú em setembro/2010.

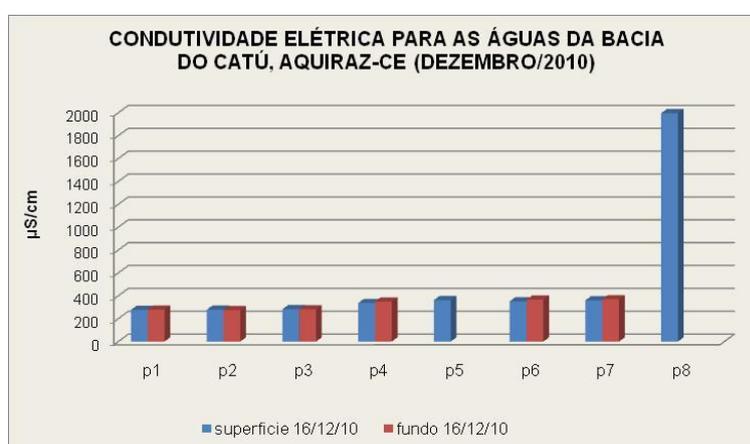


Figura 116 – Valores da variação da condutividade elétrica nas águas da bacia do Catú em dezembro/2010.

Verificou-se que o comportamento da condutividade elétrica no período de estiagem, como era de se esperar, foi bem expressivo, onde em todas as amostras os valores apresentaram-se bastante elevados.

Analisando a coluna d'água, a condutividade elétrica não apresentou comportamento muito diferenciado entre as amostras de superfície e fundo, denotando um comportamento relativamente uniforme para a coluna d'água.

Mais uma vez o local que apresentou os valores mais elevados foi o ponto P8 em dezembro/2010, atingindo o valor de 1997 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dada as condições pluviométricas discutidas e possivelmente as altas concentrações de íons e sais existentes.

É importante ainda destacar que as amostras (tendo sido mensuradas apenas no período de estiagem, onde a concentração dos íons deve ser maior, dada a diminuição do volume de água) devem apresentar valores mais discretos ao longo do período chuvoso em função do aumento do volume de água no sistema.

O fato de todas as amostras apresentarem valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ corrobora com a idéia de que a bacia do Catú tem sido palco de intervenções muito significativas trazendo a depleção de sua qualidade ambiental.

5.5.8 Carbono dissolvido - CO_2 (COD)

O Carbono dissolvido (COD) influencia a dinâmica dos ecossistemas aquáticos de várias maneiras, sendo que as principais são: a) Desempenhando importante papel como fonte de energia para bactérias e algas cianofíceas, sendo, portanto, importante na cadeia alimentar; e b) Atuando como agente de interferência na fotossíntese dos organismos aquáticos.

Esta interferência ocorre principalmente através das alterações qualitativas e quantitativas da radiação na coluna d'água. O COD atua também como agente precipitador de nutrientes importantes para a produção primária. A decomposição de matérias orgânicas e/ou inorgânicas, bem como a respiração de microorganismos contidos em amostras de água, pode resultar em concentrações elevadas de CO_2 . Desse modo em termos de qualidade ambiental das águas, a presença do carbono dissolvido deve, de acordo com Portz *et al.* (2005) *in* Soares Filho (2010) ter concentração máxima entre 15 e 20mg/L, principalmente em ambientes lênticos ou com baixa circulação da água, como é o caso dos dois reservatórios estudados.

Entretanto, valores muito baixos também tendem a diminuir a qualidade ambiental das águas, pois interfere na cadeia alimentar do sistema lacustre, podendo representar distúrbios que também vão trazer alterações à qualidade das águas.

Os valores encontrados ao longo da bacia durante o ano de 2010 foram de 10mg/L no Ponto P4 (dezembro/2010) para o valor máximo, e 0,0mg/L nos Pontos P2 (dezembro/2010), P7 (junho/2010) e P8 (em setembro/10 e dezembro/2010), conforme pode ser visto na Figura 117.

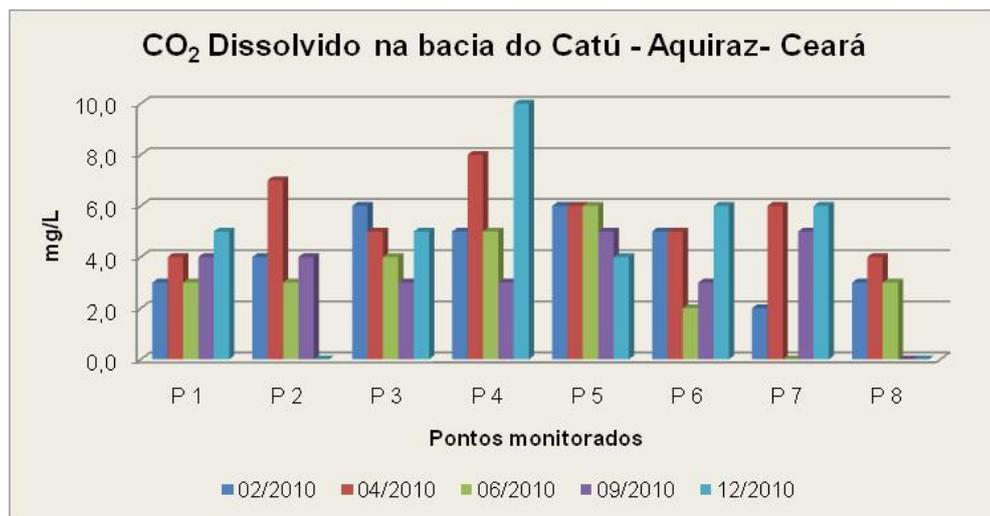


Figura 117 – Valores da variação da CO₂ dissolvido nas águas da bacia do Catú em dezembro/2010.

Os valores de zero em alguns dos meses indicam que deve ter havido provavelmente grande quantidade de fitoplâncton em função da eutrofização do sistema que acabou por consumir todo o CO₂ dissolvido na água do ponto amostrado. Nos pontos P2, P7 e P8, por exemplo, isso pôde ser facilmente atestado pela presença excessiva de fitoplâncton na água (Figura 118). Com isso as águas do açude Catucinzena adquiriram aspecto esverdeado em vários pontos (Figuras 119 e 120).

Assim, níveis baixos de CO₂ dissolvido podem comprometer a manutenção da comunidade fitoplanctônica, pois este constitui a fonte de carbono para o processo fotossintético. Segundo Sipaúba-Tavares (1995) o CO₂ dissolvido é essencial para o metabolismo das algas e outros organismos vegetais fotossintetizantes, interferindo diretamente na variação do pH. Em geral, a fotossíntese e a respiração comandam as concentrações de O₂ e CO₂ dissolvidos na água, estando estes gases intimamente ligados à dinâmica do ecossistema aquático.



Figura 118 – Presença excessiva de fitoplâncton nas águas do rio Catú em diversos pontos de amostragem. Foto: da autora, 2010.



Figura 119 – Aspecto esverdeado para as águas no ponto P7 em função da presença elevada de fitoplâncton e baixos valores para o Carbono Dissolvido. Foto: da autora, 2010.



Figura 120 – Aspecto esverdeado para as águas no ponto P8 em função da presença elevada de fitoplâncton e baixos valores para o Carbono Dissolvido. Foto: da autora, 2010.

O gás carbônico em grandes concentrações tem uma influência enorme sobre a maioria dos organismos aquáticos, principalmente quando essa concentração é acompanhada por um teor baixo de oxigênio (KLEREKOPER, 1990). Sua relação com o pH ocorre à medida que as comunidades aquáticas interferem nos valores de pH do meio. Isso ocorre de diferentes maneiras. Esteves (1998) exemplifica que, através da assimilação do CO_2 , durante o processo fotossintético, as macrófitas aquáticas e as algas podem elevar o pH do meio.

5.5.9 Nitrito e nitrogênio amoniacal

O nitrato e o íon amônio são as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários num ecossistema aquático. A fase intermediária destes dois elementos é representada pelo nitrito que é encontrado em baixas concentrações. A ocorrência de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (ESTEVES, 1998).

Em geral, a amônia encontra-se presente em pequenas quantidades em águas potáveis, águas em estado natural ou água de subsolo. Todo tipo de matéria orgânica nos rios (resto de plantas, peixes mortos, esgoto doméstico) transforma-se em amônia. Esta é altamente tóxica para a fauna aquática, no entanto, a atividade bacteriana pode transformar a amônia em nitrito, substância menos tóxica, mais ainda assim perigosa (QUEIROZ, 2005).

O nitrito ao longo da bacia apresentou o valor máximo de 0,21mg/L e mínimo de 0,04mg/L (Figura 121). O limite estabelecido pelo CONAMA (2005) e o Ministério da Saúde (2004) para água doce de classe 2 é de 1,0 mg/L de nitrito. Dessa forma os pontos monitorados mantiveram-se dentro dos padrões exigidos.

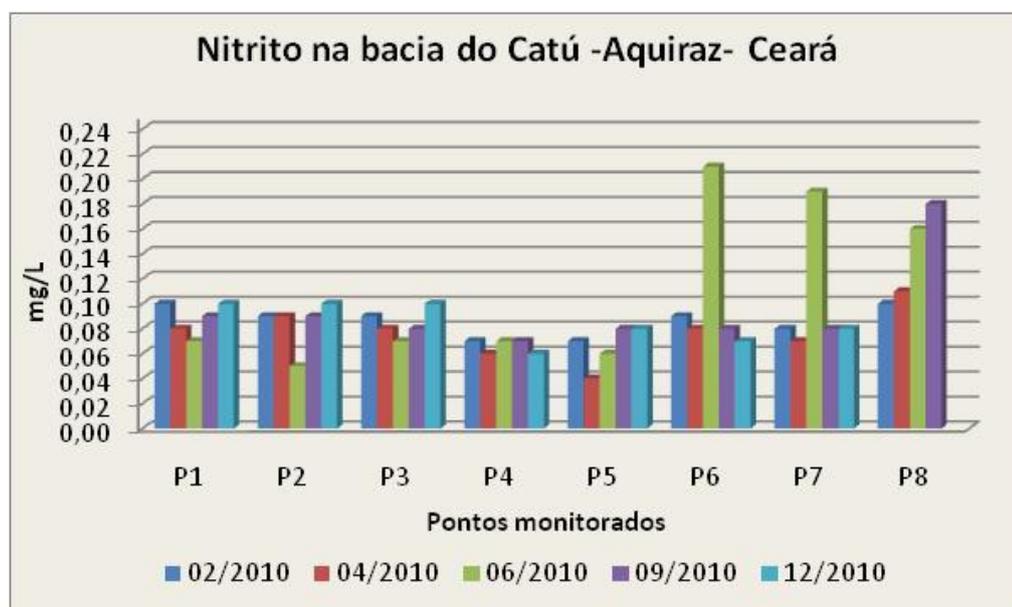


Figura 121 – Valores da variação do nitrito nas águas da bacia do Catú entre fevereiro e dezembro/2010.

Verifica-se que os mais expressivos valores de nitrito se concentraram no período de estiagem. Entretanto as maiores concentrações do período ocorreram

em junho/2010 e estão associadas ao aporte de material nitrogenado e à diminuição das chuvas. Mesmo se destacando essas maiores concentrações, o comportamento do nitrito ao longo da bacia apresentou valores relativamente baixos.

Já para o nitrogênio amoniacal (NH_4^+) o Ministério da Saúde (2004) relata que o valor máximo permitido é de 1,5mg/L. Para o CONAMA, por sua vez, o padrão exigido depende dos valores de pH (Tabela 16).

Tabela 16– Valores de referência para o nitrogênio amoniacal considerando faixas específicas de pH.

Valor do Nitrogênio Amoniacal	Faixa de pH da água
3,7mg/L	$\text{pH} \leq 7,5$
2,0 mg/L	$7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
1,0 mg/L	$8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
0,5 mg/L	$\text{pH} > 8,5$

Fonte: CONAMA (2005).

Desse modo, a partir dos valores do Nitrogênio amoniacal (que é a amônia total) fez-se a relação com os valores do pH e temperatura de cada amostra na hora da coleta possibilitando o cálculo da amônia tóxica (NH_3), tendo por base a tabela de leitura do teor de NH_3 (Tabela 17). Os valores de NH_3 na zona verde são considerados adequados. Os pontos com valores localizados na zona amarela merecem atenção enquanto os valores na zona vermelha indicam risco e pedem providências.

Para Esteves (1998), nestes tipos de reservatórios a decomposição da biomassa vegetal na parte inferior da coluna d'água, é responsável pelo acúmulo de nitrato, nitrito e, sobretudo nitrogênio amoniacal.

Em muitas épocas, especialmente no período de estiagem, a concentração de nitrogênio amoniacal nestes ambientes pode atingir valores muito elevados, especialmente na parte próxima ao sedimento. Mesmo na parte superior da coluna d'água, onde ainda se detecta oxigênio, a concentração de nitrogênio amoniacal pode ser muitas vezes superior.

Tabela 17 – Tabela de leitura do teor de NH₃ (amônia tóxica).

pH	Temp (°C)	Concentração da Amônia Total em ppm.					
		0,25	0,50	1,00	2,00	3,50	6,50
6,6	22	0,001	0,001	0,002	0,004	0,006	0,012
	25	0,001	0,001	0,002	0,005	0,008	0,014
	28	0,001	0,001	0,003	0,006	0,011	0,020
6,8	22	0,001	0,001	0,003	0,006	0,011	0,020
	25	0,001	0,002	0,004	0,007	0,013	0,023
	28	0,001	0,002	0,005	0,009	0,016	0,029
7,0	22	0,001	0,002	0,005	0,009	0,016	0,029
	25	0,001	0,003	0,006	0,011	0,020	0,037
	28	0,002	0,003	0,007	0,014	0,025	0,044
7,2	22	0,002	0,004	0,007	0,014	0,025	0,047
	25	0,002	0,004	0,009	0,018	0,032	0,059
	28	0,003	0,006	0,011	0,022	0,039	0,073
7,4	22	0,003	0,006	0,011	0,023	0,040	0,074
	25	0,004	0,007	0,014	0,028	0,049	0,092
	28	0,004	0,009	0,017	0,034	0,060	0,112
7,6	22	0,004	0,009	0,018	0,036	0,062	0,116
	25	0,006	0,011	0,022	0,045	0,078	0,145
	28	0,007	0,014	0,027	0,054	0,095	0,176
7,9	22	0,009	0,018	0,036	0,072	0,127	0,234
	25	0,011	0,022	0,044	0,090	0,156	0,289
	28	0,014	0,028	0,055	0,109	0,191	0,353
8,1	22	0,014	0,028	0,056	0,111	0,194	0,362
	25	0,017	0,034	0,068	0,136	0,238	0,441
	28	0,021	0,042	0,083	0,166	0,289	0,538
8,3	22	0,022	0,043	0,085	0,170	0,298	0,552
	25	0,026	0,052	0,104	0,208	0,363	0,674
	28	0,032	0,063	0,126	0,252	0,440	0,817
8,5	22	0,032	0,064	0,128	0,256	0,448	0,830
	25	0,039	0,077	0,155	0,309	0,540	1,005
	28	0,047	0,092	0,185	0,370	0,647	1,201
8,7	22	0,047	0,094	0,187	0,374	0,654	1,213
	25	0,056	0,110	0,222	0,439	0,769	1,440
	28	0,066	0,129	0,260	0,520	0,909	1,688

Fonte: Kit Labcon test® para água doce.

Verificou-se que a amônia total apresentou comportamento discreto ao longo do ano, mas suas maiores concentrações se destacam também no período de estiagem (Figura 122). O valor mínimo foi de 0,00 mg/L em vários meses (principalmente em abril e junho de 2010). E o valor mais elevado chegou a 1,00mg/L no mês de junho/2010. Acredita-se, que os valores geralmente elevados no ponto P5 (saída de fundo do açude) no período chuvoso, possam estar relacionados com o fato de nesse setor haver maior mistura da água pois funciona como uma espécie de funil para escoamento.

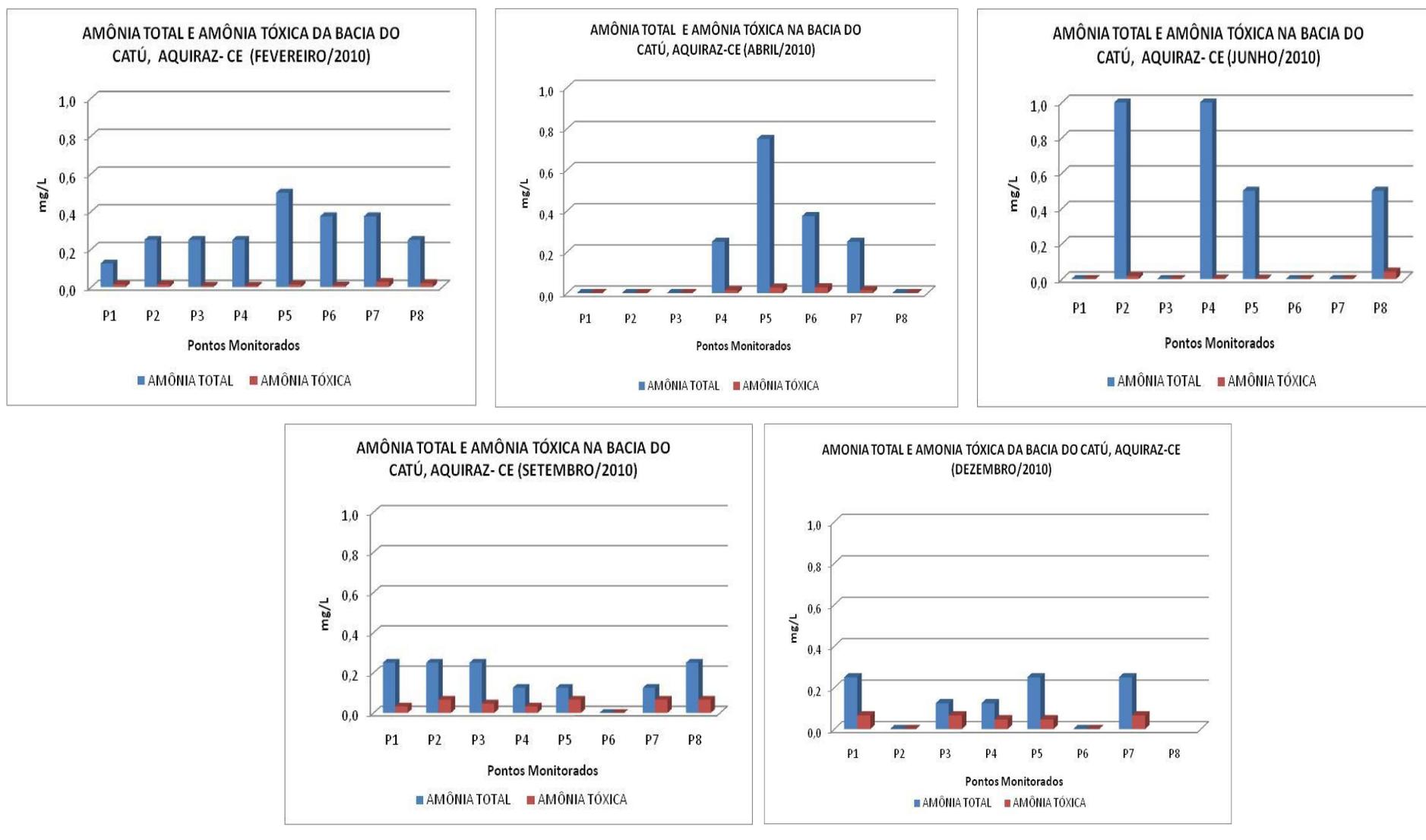


Figura 122 – Valores da variação da amônia total e amônia tóxica ao longo do período analisado.

Já em relação aos pontos P2 e P4, que apresentaram em junho/2010 o valor de 1,00 mg/L pode-se considerar que houve uma entrada considerável de compostos nitrogenados com as últimas chuvas. Próximo ao ponto P4, por exemplo, há várias granjas que podem ser importantes fontes de contribuições desses compostos (Figura 123). Além disso, nesse ponto há maior tempo de residência da água devido ser o início da lagoa do Catú, que funciona como uma barreira hidráulica à corrente fluvial que chega rica de nutrientes. O ponto P4 também apresenta características morfológicas podem indicar maior tempo de residência de suas águas, além de ser também ocupado por vários bares/restaurantes sem infraestrutura adequada e residências.

Verificou-se ainda que nos meses de abril, junho, setembro e dezembro, alguns pontos apresentaram o valor “zero” para amônia total. Nestes casos a produção de matéria orgânica está deficiente, pois amônia é o principal produto final da decomposição da matéria orgânica.



Figura 123 – Vista parcial de uma das granjas localizadas na área de drenagem do rio Catú. Foto: Bastos, 2010.

Tendo por base legislação, verifica-se que segundo o Ministério da Saúde, os pontos encontram-se dentro do limite estabelecido. Considerando as variações de pH (que é exigência do CONAMA), verificou-se também que os pontos não atingiram os valores máximos regulamentados. Até mesmo os que apresentaram maiores valores de pH, geralmente tiveram valores muito baixos para a amônia total.

Quanto a amônia Tóxica (NH_3) constatou-se que alguns pontos apresentaram valores relativamente altos (Tabela 18) e já representam riscos. Isso ocorre principalmente no período de estiagem. Entretanto é preciso considerar que até mesmo no período chuvoso já há pontos em que a amônia tóxica apresenta valores transicionais podendo se configurar como uma tendência a valores de risco. Destaca-se ainda que os valores mais elevados concentraram-se na área do açude Catucinzena, podendo estar associado à presença da piscicultura (Figura 124 e 125) que gera a aumento de nutrientes no reservatório.

Tabela 18 – Valores e classificação da amônia tóxica (NH_3) para os pontos de amostragem na bacia do Rio Catu.

Pontos	Valores e classificação da amônia tóxica				
	Meses				
	02/2010	04/2010	06/2010	09/2010	12/2010
P1	0,014	0,000	0,000	0,032	0,066
P2	0,014	0,000	0,017	0,066	0,000
P3	0,007	0,000	0,000	0,047	0,066
P4	0,007	0,014	0,003	0,032	0,047
P5	0,014	0,027	0,002	0,066	0,047
P6	0,009	0,028	0,000	0,000	0,000
P7	0,028	0,014	0,000	0,066	0,066
P8	0,021	0,000	0,042	0,066	-

adequado

merece atenção

representa risco e necessita de providências



Figura 124 – Grande quantidade de gaiolas usadas na piscicultura no açude Catucinzena. Foto: da autora, 2010.



Figura 125 – Embarcação que faz a distribuição da ração para as gaiolas e marcas indicativas já denotando a eutrofização na área com fitoplâncton em excesso. Foto: da autora, 2010.

Desse modo, em condições de pH elevado (freqüentes durante os períodos de elevada fotossíntese), a amônia apresenta-se em grande parte na forma livre (NH_3) sendo tóxica representando risco à biota, como foi verificado. Por consequência, o envenenamento dos peixes por amônia se reflete na qualidade das águas representando risco principalmente para o uso com a finalidade de abastecimento.

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo levantar e conhecer a funcionalidade, fisiologia e diagnóstico atual da bacia hidrográfica do Rio Catú de modo a caracterizar a qualidade dos meios naturais e avaliar sua correlação com as atividades em execução na área. Para entender a funcionalidade da bacia considerou-se as formas de uso e ocupação, entendendo as funções sociais econômica e ambientais que a mesma desempenha na região. Na tentativa de compreender a fisiologia, buscou-se compreender o comportamento da área, regido por meio da interação entre os fatores que compõem os sistemas ambientais e sociais presentes. Por fim o diagnóstico surge como a resultante ou reflexo dessa gama de interações.

Os dados morfométricos destacam a importância da bacia em termos regionais em função das suas dimensões (abrangendo uma área de 163,05km², dentro da Região Metropolitana de Fortaleza). Os dados de densidade de drenagem, declividade média, forma da bacia, densidade dos rios permitiram avaliar melhor as atividades de uso e ocupação ocorrentes. Logo, considerando os parâmetros analisados, acredita-se que a bacia do Catú deverá sofrer com intensos processos de erosão e conseqüentemente o assoreamento principalmente no médio e baixo cursos.

Os dados de suscetibilidade da textura dos solos à erosão apresentaram que a Bacia tem de alta a muito alta suscetibilidade, sendo, portanto necessário o planejamento estratégico das práticas agrícolas. Isso ainda é bastante negligenciado em toda a região, pois não são consideradas por boa parte dos proprietários as limitações dos solos da região resultantes da morfologia dos mesmos (abrangendo estrutura, textura, consistência dentre outras características). A preocupação que existe é em função da conhecer a fertilidade e ainda no cumprimento da legislação (e quando isso ocorre). Logo, as potencialidades dos solos da área não são conhecidas e são por vezes utilizadas de forma inadequada. Outra condição que implicará a aceleração da erosão é a declividade da área, que a partir dos dados morfométricos mostrou-se dentro da classificação do relevo como forte ondulado merecendo gestão e manejo adequados com vistas a minimizar a produção de sedimentos para os cursos fluviais. Isso pode ainda ser corroborado pelos dados da análise do grau de proteção da cobertura vegetal atual para a bacia hidrográfica do

Rio Catú, que se enquadrrou entre média a alta proteção com índice variando entre 0,6 a 0,79. Mas é preciso considerar que boa parte da classe herbácea representa terrenos potenciais para a utilização agrícola, bem como a classe agricultura pode representar alterações no grau de proteção em função da tipologia da cultura realizada. Enfim os solos da área encontram-se razoavelmente protegidos contra a erosão, pois a vegetação da área se caracteriza como densa e esparsa atinge valores superiores a 50% da bacia. Somando-se a classe herbácea esse valor já se aproxima de 70% da área da bacia.

Quanto ao levantamento do uso da terra e cobertura do solo na bacia do Catú, ela apresenta alterações significativas, pois as atividades humanas estão espalhadas de forma abrangente ao longo da bacia, ocorrendo muitas vezes de forma inadequada. Todavia, essas atividades acontecem na área de drenagem da bacia, possibilitando assim uma maior interação com os recursos hídricos da referida bacia, repercutindo diretamente na qualidade ambiental da mesma.

As atividades identificadas foram: mineração, desenvolvimento de indústrias e agroindústrias, criação de gado nas margens dos cursos fluviais, irrigação de culturas, urbanização motivada principalmente pela especulação imobiliária, além de atividades de recreação e uso doméstico. Ao serem identificadas as atividades ocorrentes foi possível avaliar a relação delas com a vulnerabilidade da área, onde se percebeu que algumas dessas atividades contribuem para a degradação do solo e poluição da água dos recursos superficiais e subsuperficiais.

Considerando o abastecimento humano e saneamento básico dos municípios que abrangem a bacia em questão (Aquiraz e Horizonte), verificou-se que o mesmo ainda é precário em algumas áreas, representando risco para a qualidade das águas. A urbanização acelerada verificada nos últimos anos não foi acompanhada pela implantação da infra-estrutura básica adequada, havendo assim o déficit no abastecimento e saneamento básico. As águas superficiais disponíveis na bacia também são utilizadas para consumo animal na pecuária extensiva, irrigação de médias e pequenas culturas, uso domésticos como a lavagem de roupas, banho etc. No entanto, como foi verificado em campo essas práticas estão relacionadas a vários problemas gerados para os recursos hídricos ora utilizados, pois representam fontes de poluição para as águas (podendo ser difusas ou pontuais).

A gestão dos recursos hídricos da área tem relevância no contexto regional e local, tendo ocorrido a execução de políticas públicas para auxiliar no acesso à água para algumas localidades. Isso foi verificado com a construção do açude Catucinzenza. Esse reservatório possui uma importância muito grande para o município de Aquiraz, pois serve tanto para o abastecimento de várias localidades da porção sul do município quanto para o fomento de atividades econômicas associadas à aqüicultura e irrigação de culturas. Logo, a preservação da qualidade ambiental desse recurso é de extrema relevância. Porém, algumas das atividades associadas a esse recurso hídrico acabam por comprometê-lo de forma significativa. Verificou-se assim alterações na qualidade das águas principalmente representados pelo excesso de nutrientes produzidos pelas atividades verificadas.

Na porção nordeste da bacia a atividade preponderante e mais visível é a urbanização acelerada resultante de maciços investimentos da parceria público-privadas no desenvolvimento do turismo no litoral. Isso acaba por valorizar as áreas adjacentes à linhas de costa, causando motivação para a especulação imobiliária nas margens dos recursos hídricos costeiros principalmente. Como resultado disso constatou-se a descaracterização da vegetação ribeirinha dando lugar à instalação (inicialmente) de segundas residências, bares e restaurantes.

Nos últimos anos, dado crescimento na própria Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), muitas das propriedades da área (que se configurava como segunda residência) já representam hoje como domicílio principal. Além disso, são freqüentes os casos de instalação de complexos residenciais na área. Logo, têm havido o comprometimento das margens dos cursos fluviais e lagoas, sendo muitas vezes desrespeitada a legislação vigente que define as APP's. A fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes não ocorre de forma efetiva pois além desses instrumento funcionarem com base em denúncias, existem ainda as "brechas" na legislação que funcionam em alguns momentos como ações permissivas à execução de determinadas atividades que acabam por comprometer a curto, médio e longo prazo os recursos ambientais da área.

Na porção sudoeste, por sua vez, a presença de agroindústrias é constante. Representada por granjas, indústrias de grãos, beneficiamento de cana-de-açúcar dentre outras. Muitas dessas agroindústrias usam de extensas áreas gerando impactos diversos, desde a poluição de águas (quando localizadas nas proximidades de afluentes) até a erosão dos solos (como se verifica no cultivo da

cana). Em muitos dos casos é quase impossível verificar todos os danos causados em função da limitação de acesso a essas áreas. Já na porção que abrange a região das nascentes (no município de Horizonte) as indústrias já são mais bem estruturadas em função de ser esse município concentrador de um pólo industrial da grande RMF. Ali se verificam indústrias automotivas, de alimentícios e de têxteis, sendo algumas delas dotadas de instrumentos e equipamentos que minimizam os impactos gerados pela produção. Entretanto algumas delas ainda não dispõem de tais práticas ambientais.

A extração mineral, também ocorre de forma expressiva na área, havendo maior destaque para a extração de areia, seguida de diatomita. Na extração de areia, além da retirada da vegetação nativa, há ainda o abandono das lavras de extração, mesmo havendo a necessidade de planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) para a liberação das licenças de operação e execução dessas atividades, o que se verifica é que não são postos em práticas estes planos, ficando descaracterizado o terreno geralmente com a presença de cavas ou com áreas suscetíveis à erosão ou desabamento de vertentes. Outra ação desencadeada com isso é que, a partir da retirada da vegetação superficial, a atuação do escoamento superficial (concentrado ou difuso) nos períodos chuvosos subseqüentes permitirá a mobilização dos sedimentos mais suscetíveis a erosão. Já na extração da diatomita os impactos ambientais gerados por esta atividade estão representados por poluição de natureza química associada principalmente ao tratamento do minério, mas não são mencionadas informações sobre a mitigação de tal impacto.

As atividades de recreação e lazer são bem significativas na porção nordeste da bacia e no litoral propriamente dito. Ao longo da lagoa do Catú, por exemplo, estão dispostos diversos bares e restaurantes que proporcionam o acesso à água para lanchas e jet ski's. No entanto, o óleo dos motores desses equipamentos contribuem para a poluição da água por óleo, sendo difícil a remoção desses principalmente quando afetam comunidades aquáticas. As atividades de recreação e lazer são ainda comprometedoras de uma porção da área das dunas móveis. A instalação de barracas para recreação com tirolesa sobre as dunas móveis tem induzido o tráfego de veículos sobre o campo de dunas resultando no revolvimento dos sedimentos dunares. Além disso, tais ocupações (sejam bares e restaurantes nas margens fluviais ou em áreas dunares) pressupõem, a princípio, a retirada da vegetação pré-existente e conseqüentemente a impermeabilização do solo.

Associado a todas essas atividades realizou-se o diagnóstico da qualidade das águas do açude Catucinzena e da Lagoa do Catú, a partir da realização de análises físico-químicas (envolvendo parâmetros como Amônia total e tóxica, CO₂ dissolvido, Clorofila A, Fosfato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Condutividade, Temperatura, Turbidez e outros). Como resultado disso, verificou-se que a qualidade da água se encontra comprometida em muitos dos setores analisados. Pode ser destacado ainda que, na maioria das áreas monitoradas, há grande presença de nutrientes em excesso, resultado num estado eutrófico de forma geral para os reservatórios da bacia. Assim, as condições inapropriadas da água da bacia representam o comprometimento tanto para as comunidades aquáticas quanto para as atividades associadas a utilização dessa água.

As comunidades tradicionais, aqui representadas pela população ribeirinha são os principais prejudicados em função das atividades intervenientes da área. Essa população, que usa diretamente dos recursos, tem se deparado com uma série de dificuldades: a limitação do acesso à água (dado o processo de urbanização e loteamento, voltado principalmente para iniciativa privada); o desenvolvimento de doenças veiculadas pela água já levantada por outros trabalhos onde foram identificados pontos com focos de poluição causada por coliformes fecais, que comprometem a qualidade das águas tanto em termos de potabilidade quanto balneabilidade; a queda na produção da pesca artesanal e perda da identidade com o lugar. Isso se reflete diretamente na qualidade de vida dessa população. Entretanto, essa população também tem sua contribuição para as interferências verificadas, mas representa uma parcela diminuta se comparada à contribuição associada aos projetos que envolvem altos investimentos na área como agricultura monocultora, aqüicultura, indústrias, especulação imobiliária, turismo e outras.

Com base no exposto, a hipótese de que a qualidade ambiental da bacia do Catú tem sido comprometida pela intensificação das atividades de uso e ocupação ocorrentes tem se confirmado com a presente tese. Entretanto faltam ainda serem analisados os dados que tratam sobre a vulnerabilidade do solo a erosão, a erosividade da chuva e o grau de proteção dado ao solo pela vegetação atual que complementarão a presente proposta de tese, dados a partir dos quais se dará a culminância do diagnóstico proposto na análise ambiental da bacia do Rio Catú.

O que se tem percebido com as informações já produzidas é que a bacia hidrográfica do rio Catú passa por um momento de estresse e tensão ambiental em função de que suas potencialidades têm sido buscadas e utilizadas sem que sejam consideradas as limitações dos recursos utilizados. Isso poderá vir comprometer fortemente a qualidade ambiental da mesma de forma irreversível se não foram gestadas e implementadas desde já ações coercitivas e reguladoras frente às práticas inadequadas e que vulnerabilizam os recursos naturais da referida bacia.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I. M. **Distribuição Geoquímica de Carbono, Nitrogênio e Fósforo em Sedimentos Estuarinos do Rio Jaguaribe, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2004.
- ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A. & REINERT, D. J.. **Manejo e conservação do solo e da água: Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos Agregados.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, 24:141-151, 2000.
- ALMEIDA, Diego A.; PARENTE JÚNIOR, Wolney C.; BESERRA NETA, Luiza Câmara; COSTA, Marcondes Lima. **Erodibilidade do solo e erosividade da chuva na Serra do Tepequém – Roraima.** Revista Acta Geográfica, Ano III, nº6, jul./dez. 2009. P.39-46.
- ANDRADE, Eunice M. de, ARAÚJO, Lúcia de F. P. , ROSA, Morsyleide F., DISNEY, Walt , ALVES, Aurilea B. . **Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, set./dez.2007.
- ANDRADE, F. P. P. de (Coord) **Diagnóstico do uso de fertilizantes para o incremento da produtividade agrícola no Ceará.** Fortaleza: Governo do Estado do Ceará. Secretarias de Indústria e Comercio (SIC); Agricultura e Reforma Agrária (SEARA); Planejamento e Coordenação (SEPLAN), 1991.83p.
- APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and waste water.** 17. ed. New York: Ed. APHA, 1989.
- ARGENTON, Erica C.; ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta e NOGUEIRA, Amandio De M. **Avaliação dos Tributários da Represa do Lobo (Itirapina/Brotas, SP): Uma Abordagem Ecosistêmica** in Bacia Hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa ESPINDOLA, Evaldo Luiz Gaeta e SCHALCH, Valdir (org)., São Carlos: Rima, 2004.
- BARBOSA, José Etham de Lucena, ANDRADE, Rogério Souza; LINS, Ruceline Paiva; DINIZ, Célia Regina. **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 ISSN 1519-5228, Suplemento Especial - Número 1 - 2º Semestre 2006.
- BASTOS, F. H. **Acervo fotográfico do litoral de Aquiraz (sobrevô).** Fortaleza, 2010.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico com fins conservacionista de bacias hidrográficas - modelo e aplicação.** 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. v. 1. 132 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do solo.** 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BNB-Banco do Nordeste do Brasil. **Manual de impactos ambientais**. Fortaleza, 1999.

BOTELHO, R. G. M. e SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental** In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil 2004.

BRAILE, P. M. **Despejos industriais**. São Paulo: Livraria Freitas Bastos, 1971. 231 p.

BRANCO, S. M., ROCHA, A. A. **Elementos de Ciências do Ambiente**. São Paulo: CETESB/ ASCETESB. 1987. 206p.

BRANDÃO, R. L. **Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR**. Sistema de Informações para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Fortaleza, 1995.

BRASIL - Presidência da República. **LEI Nº 6.938, Política Nacional do Meio Ambiente**. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, 1981.

BRASIL – PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. -PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – PNMA. **Componente Desenvolvimento Institucional. Subcomponente: Monitoramento da Qualidade da Água**. Brasília, 145p. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Brasília, 2004.34 p.

BRITO, L. T. L. **Avaliação dos impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia do Salitre- Bahia e classificação das fontes hídricas**. Universidade Federal de Campina Grande, 2003.184p. (Tese Doutorado).

CAMPOS, J.N.B. e STUDART, T.M.C. (organizadores). **Gestão de Águas: Princípios e Práticas**. ABRH - Associação Brasileira de recursos Hídricos, Porto Alegre, 2001.

CARIOCA, J. O. B.; ARORA, H. L. **Biomassa: fundamentos e aplicações tecnológicas**. Fortaleza: EUFC, 1984. 644 p.

CARLSON, Robert E.; SIMPSON, J. **A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods**. North American Management Society. *DipIn@kent.edu*, Kent, 96p. 1996. Disponível em: <<http://dipin.kent.edu/tsi.htm>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

CARVALHO, A. M. de, MORAIS, J. O. de, COUTINHO, P. N. **Caracterização geoambiental e dinâmica costeira da Região de Aquiraz na costa leste do Estado do Ceará**. Revista de Geologia, 7: 55-68, 1994.

CARVALHO, Sílvia Méri. **O diagnóstico físico-conservacionista-DFC como subsídio à gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Quebra-Perna, Ponta**

Grossa-PR. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Tese de Doutorado. Presidente Prudente. 2004.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos–SRH/CE – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH. **Rede de monitoramento da qualidade de água: boletim informativo.** Fortaleza, 2008. Disponível em www.cogerh.com.br, acesso em 11/03/2010.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos–SRH/CE – Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Estado do Ceará–PROGERIRH. **Levantamento das fontes pontuais de poluição química e bacteriológica nos ecossistemas estuarinos e de manguezais dos Rios Catú, Malcozinhado, Jaguaribe e Timonha, Estado do Ceará.** / SDP Nº. 006/2002/PROGERIRH-4531-BR/SRH/CE: Fortaleza, 2005.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil Básico Municipal: Aquiraz.** Fortaleza, 2010.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil Básico Municipal: Horizonte.** Fortaleza, 2010.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.** Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo (Série de Relatórios),2008.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Variáveis de qualidade das Águas.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 23 mai. 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed., EDVSP-São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHUEH, A. M.; SANTOS, L. J. C. **Análise do potencial de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio pequeno em São José dos Pinhais/PR, por meio do DFC - diagnóstico físico conservacionista.** R. RA´E GA, Curitiba, n. 10, p. 61-71, 2005. Editora UFPR.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357,** Brasília. 2005

CPRM (2011). **Mapeamento Geológico do Estado do Ceará.** Fortaleza: Mapa digital. 2011.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (orgs). **Avaliação e perícia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266p.

CUNHA, S. B. de; GUERRA, **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Ed.Bertrand do Brasil, 5 ed., 2004.

DODDS, W.K. (2002). **Freshwater ecology: concepts and environmental applications**. London: Academic Press.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro : EMBRAPA,1999, 412p. : ilust.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro : EMBRAPA, 2ª edição. 2006, 398p. : ilust.

ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta e WENDLAND, Edson. **Apresentação: Bacia Hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. In ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta e SCHALCH, Valdir (org)., São Carlos: Rima, 2004.

ESTEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência, 2a Edição, 549 p., 1998.

FERREIRA, Clarisse Wanderley; LIMA, Camila de Sousa Souto; CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza e SANTOS, Alessandro Herbert de Oliveira. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada - PE, Brasil**. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, 2010.

FERREIRA, Daniel Assumpção Costa. **Modelagem do desmatamento no noroeste mato-grossense**. - Manaus: INPA/UFAM, 2006.

FREIRE, R. H. F. **Aspectos Limnológicos de três reservatórios que abastecem a Região Metropolitana- Fortaleza – Açudes Pacajus, Pacoti e Gavião**. Fortaleza. 308p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil área de concentração Saneamento Ambiental) –2000.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos; COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. **Boletim do Volume armazenado dos reservatórios**. Disponível em www.funceme.br, 2011.

GASTALDINI, Maria Carmo Cauduro; MENDONÇA, Antonio Sérgio F. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água**. In: PAIVA, João Batista Dias de; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro Dias de (org.) *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 429-451.

GOMES, Maria Luzineide. **Aspectos hidrológicos, sedimentológicos e impactos ambientais na lagoa costeira do rio Catú, Aquiraz-Ceará**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza. 2003.

GRANELL-PÉREZ, M.D.C. 2001. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ed. Unijuí: Ijuí, Rio Grande do Sul. p.128.

HOLT, M. S. **Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment, Food and Chemical Toxicology**. v.38, pp. 21-27. 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Censo 2010**. disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/default_resultados_dou.shtm. Acesso em 06/06/2011.

INMET – **Dados das Normais Climatológicas do município de Fortaleza, com base no período de 1961 a 2010**. Publicação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2010.

JR. PHILIPPI, Arlindo; SILVEIRA, Vicente Fernando. **Saneamento Ambiental e Ecologia Aplicada**. In JR. PHILIPPI, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade e BRUNA, Gilda Collet (Editores). Curso de Gestão Ambiental, Barueri, SP: Manole, 2004.

KLEREKOPER, H. **Introdução ao Estudo da Limnologia**. Edt. da Universidade /UFRS, Porto Alegre, 2.ed, 1990.

KURODA, Emília Kiyomi; SANTOS, André Cordeiro Alves dos; QUEIROZ, Lucy Aparecida. **Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 2005 - Campo Grande/MS.

LAWS, E. A. **Aquatic Pollution – An Introductory Text**. 2ª Ed. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 1993, 611p

LEEP, Henry. **Dynamic Earth: an introduction to earth science**. 1973.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Limitações do Uso dos Solos do Estado do Ceará por Suscetibilidade à Erosão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 19p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 54).

MABESOONE, Jannes Markus. **Sedimentologia**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 475 p., 1983.

MAFRA, Neusa Maria Costa. **Erosão e Planificação de Uso do Solo** In: **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. A. J. T. GUERRA, A. S da SILVA e R. G. M. BOTELHO (Orgs). 5ª edição – Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2010.

MAIA, L. P. - **Proceso costeros y balance sedimentário a lo largo de Fortaleza (NE- BRASIL): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. 146p. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelona, Barcelona, (1998).

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1030p., 1986.

MERCANTE, C. T. J.; TUCCI-MOURA, A. **Comparação entre os índices de Carlson e de Carlson modificado, aplicados a dois ambientes aquáticos subtropicais**. São Paulo, SP. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 11, n. 1, 1999.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, RS, V.3, n.4, 2002.

MEYBECK, M.; KUUSISTO, E.; MÄKELÄ, A.; MÄLKKI, E. **Water quality.** In: Water quality monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. UNEP/WHO, 1996. Disponível em: <http://www.who.int>. Acesso em: 20/08/2010.

MEYBECK M. **The Global Change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities.** Water Sci. Technol. 2004.

MONTAGNOLLI, Wilma; DORNFELD, Carolina Buso; JUNIOR, Paulino Medina; LUVIZOTTO-SANTOS, Ricardo. **Poluição Ambiental Associada à Aquicultura. Bacia Hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa** ESPINDOLA, Evaldo Luiz Gaeta e SCHALCH, Valdir (org)., São Carlos: Rima, 2004.

MORAIS, Jader O. de , COUTINHO, P.da N. e CARVALHO, A.M de. **Caracterização geoambiental e dinâmica costeira da região de Aquiraz na costa leste do Estado do Ceará.** Revista de geologia. Fortaleza: 1994, vol. 7:55 a 68.

_____; MEIRELES, A. J. - **Evidências de variações relativas do nível do mar durante o Quaternário no litoral leste do Estado do Ceará.** In: XXXVII Cong. Bras.Geologia, São Paulo, SP. Resumos Expandidos do XXXVII Cong. Bras.Geologia. São Paulo, SP : SBG, 1992. v. 1. p. 71-73., (1992).

MUEHE, D. – **Geomorfologia Costeira.** In Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Ed. Bertrand, São Paulo: 253-306, 2001.

NAGHETTINI, Mauro. **A bacia Hidrográfica** in HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio (org). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

OLIVEIRA, Celso Maranhão de. **Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil** in Bacia Hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa. ESPINDOLA, Evaldo Luiz Gaeta e SCHALCH, Valdir (org)., São Carlos: Rima, 2004.

PADUA, de Valter Lucio; FERREIRA, Andrea Cristina da Silva. **Qualidade da água para consumo humano.** in Abastecimento de água para consumo humano- HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio (org). Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

PARPAROV, Arkadi; HAMBRIGHT, K. David. **Composite Water Quality: Evaluation and Management Feedbacks.** Water Qual. Res. J. Canada, 2007, Volume 42, No. 1.

PEDRO, Fábio Giardini; LORANDI, Reinaldo. **Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP.** Revista Brasileira de Cartografia Nº 56/01, 2004.

PESSOA, E. F. V. **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Catu – CE.** Dissertação de Mestrado / MAG – UECE. Fortaleza, 2003.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos & DEL PRETTE. Marcos Estevan. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para Conservação dos Recursos Naturais**. In *Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações*. SCHIAVETTI, Alexandre e CAMARGO, Antonio F.M. (Editores) – Ilhéus, BA: Editus, 2002.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. - **Interferências de barramentos no regime hidrológico do estuário do rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil**. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 22 (2): 237-250, ago. 2010.

PINHEIRO, L. S.; CABRAL; N. R. A. J. **Níveis de ocupação nas áreas de preservação permanente no entorno da lagoa do catú, Aquiraz-CE**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa – PB, 2007.

PORTO, Monica Ferreira do Amaral. **Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro**. 2002. 131 p. Tese (Livre Docência) - ESCOLA POLITECNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PORTZ, D. E.; WOODLEY, C. M.; CECH-JR, J. J.; LISTON, C. R. **Effects of short-term holding on fishes: a synthesis and review**. United State Department of the Interior. Bureau of Reclamation. Mid-Pacific Region and Denver Technical Service Center. Tracy Fish Collection Facility, Denver, v. 29, 2005. 85 p.

QUEIROZ, Ana Beatriz Jucá de. **Análise ambiental do estado de Conservação do baixo curso do rio Pacoti – Ceará** (Dissertação). Universidade Federal do Ceará mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente- PRODEMA. 2005.

QUEIROZ, Ana Maria de. **Caracterização limnológica do lagamar do Cauípe – planície costeira do município de Caucaia-CE**. Dissertação de mestrado. Universidade federal do ceará, Fortaleza -Ce, 2003.

RIBEIRO, José Alcir Pereira (2001). **Caracterização Hidrogeológica e Hidroquímicas da faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará**. Defesa de Dissertação de Mestrado. Fortaleza.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M.R.V.B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR. 372p, 2001.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: oficina de Textos, 2004.

SILVA, Alexandre Marco, SHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos; RIMA, 2003.

SILVA, Djane Fonseca da; GALVÍNCIO, Josicleda Dominiciano; e ALMEIDA, Henrique Ravi Rocha de Carvalho. **Análise espaço-temporal de parâmetros de qualidade de água no alto São Francisco e sua relação com intervenções**

ntrópicas. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 492-518, mai /ago 2009.

SILVA, José Gonzaga. **Hidrogeologia da faixa Costeira de Aquiraz-Ceará.** Defesa de Mestrado. Universidade Estadual Paulista- UNESP. 2000.

SILVA, M. M. P. **Desmatamento e queimadas.** Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande (PB): 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1995. 72 p.

SOARES FILHO, Aldeney Andrade. **Comunidade fitoplanctônica e qualidade da água, em ecossistemas aquáticos do Estado do Ceará, Brasil.** Universidade Federal do Ceará. Tese de doutorado. Fortaleza, 2010. 211 p.

SORIANO, B. A. M.; CLARKE, R. T.; CATELLA, A. C. **Evolução da erosividade das chuvas na bacia do alto Taquari.** Corumbá: Embrapa Pantanal,. 18p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 25), 2001.

SOUZA, M. J. N. de. **Diagnóstico geoambiental: unidades geoambientais.** In: A zona costeira do Ceará: diagnóstico para gestão integrada. Coordenadores Alberto Alves Campos... [et al.]. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

SOUZA. C. G. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas.** Belo Horizonte: EMATER, 2002. 124p.

STUDART, T.; CAMPOS, N. **Gestão das Águas. Princípios e práticas.** 2 ed. Porto Alegre.ABRH, 2003.

SUCUPIRA, P. A. P. **Indicadores de degradação ambiental dos recursos hídricos superficiais no Médio e Baixo Vale do Rio Acaraú - CE.** 2006. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SUGUIO; K & BIGARELLA; J. J. **Ambientes Fluviais.** Editora da UFSC. Editora da Universidade Federal do Paraná. Florianópolis-SC, 1991.

SUGUIO; K. **Introdução a Sedimentologia.** Ed. Edgard Blucher Ltda. 317 p. São Paulo, 1973.

SUGUIO; K. **Rochas Ornamentais: Propriedades – Gênese – Importância Econômica.** Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1980.

TUNDISI, J.G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios.** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Water for people, water for life.** Executive Summary of the UN World Water development Report. França, UNESCOWWAP, 2003.

VALENTI, V, W. C. **Aqüicultura sustentável**. *In:*, 12º Congresso de Zootecnia, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais...p.111-118, 2002.

VERHEYE, W . H . **Land use, land cover and soil sciences** – Vol. I – Rev. Land Use, Land Cover and Soil Sciences. DATA ?

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. **Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico**. Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 107.

VOLLENWEIDER, R. A. (1976). **Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication**. Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, Milano, v. 33, p. 53-83.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3º ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA, UFMG, 2005. Vol 1, 452 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Vol. 7. Estudos de Modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA, UFMG, 2007. Vol. 7, 588p.

WETZEL, R. G.(1993). **Limnologia**. Lisboa; Fund. Calouste Gulbenkian, 919p.

WETZEL, R.G. (2001). **Limnology: lake and river ecosystems**. San Diego: Academic Press.

XAVIER, Christine da Fonseca. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2005.

ANEXO A

