



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

VERÔNICA JUSSARA COSTA SANTOS

**MODELO DE PROCESSO PARTICIPATIVO DE ENQUADRAMENTO
APLICADO A BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: BACIA DO
TUCUNDUBA – PA**

Belém
2010



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

VERÔNICA JUSSARA COSTA SANTOS

**MODELO DE PROCESSO PARTICIPATIVO DE ENQUADRAMENTO
APLICADO A BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: BACIA DO
TUCUNDUBA – PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Ana Rosa Baganha Barp, Dr^a
Co-orientadora: Aline Maria Meiguins de Lima, Dr^a

Belém
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará, Belém/PA

Santos, Verônica Jussara Costa, 1981-

Modelo de processo participativo de enquadramento aplicado a bacias hidrográficas urbanas: bacia do Tucunduba - PA / Verônica Jussara Costa Santos; orientadora, Ana Rosa Baganha Barp, Co-orientadora, Aline Maria Meiguins de Lima. – 2010.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Belém, 2010.

1. Recursos hídricos - Desenvolvimento. 2. Bacias hidrográficas urbanas – Tucunduba, Igarapé (PA). 3. Água – Qualidade. I. Título.

CDD – 22. ed. 333.91



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

VERÔNICA JUSSARA COSTA SANTOS

**MODELO DE PROCESSO PARTICIPATIVO DE ENQUADRAMENTO
APLICADO A BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: BACIA DO
TUCUNDUBA – PA**

Aprovado em 30 de setembro de 2010

BANCA EXAMINADORA

**Profª Drª Ana Rosa Baganha Barp (Orientadora)
(ITEC/UFPA)**

**Profª Drª Aline Maria Meiguins de Lima (Co-orientadora)
(UEPA)**

**Profº Drº Carlos Alexandre Leão Bordalo
(IFCH/UFPA)**

**Profº Drº Lindemberg Lima Fernandes
(ITEC /UFPA)**

Belém
2010

*À minha família pelo apoio e encorajamento necessário para a
realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por ter iluminado os meus caminhos dando-me força e coragem para vencer obstáculos e alcançar mais esta vitória.

À Profª Drª Ana Rosa Barp, que me conduziu no mundo das águas cujo maior ensinamento foi o próprio exemplo de dedicação e amor ao trabalho.

À Drª Aline Maria Meiguins de Lima, pelo grande incentivo em todos os momentos, pelo apoio, contribuição e excepcional orientação durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao pai L.B. por ter me acolhido em um dos momentos mais difíceis da minha vida, por todo amor, carinho e principalmente por todos os conselhos que me orientaram sempre o melhor caminho a seguir.

À minha mãe Inês, por todo amor e dedicação.

À minha querida avó Maria, pelo exemplo de vida, por todo amor, carinho e dedicação.

Aos meus irmãos Victor e Verena pelo companheirismo, amizade, apoio e incentivo.

Aos meus sobrinhos maravilhosos: Katharina, Izabella e João Victor, meus tesouros.

À amiga Rosielle Pegado pela colaboração na pesquisa de campo e pelo exemplo de coragem e determinação.

À todos os amigos e colegas da Diretoria de Recursos Hídricos (SEMA), pelo companheirismo, apoio e incentivo.

Ao Grupo de Pesquisa de Recursos Hídricos na Amazônia/UFPA.

À querida D. Cleide (secretaria do PPGEC) por todo carinho e atenção em todos os momentos em que precisei tramitar documentos do mestrado.

À todos que me apoiaram e contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

SANTOS, V. J. C. **Modelo de processo participativo de enquadramento aplicado a bacias hidrográficas urbanas: bacia do Tucunduba – PA.** 2010. 138 f. Monografia (Dissertação), Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

O enquadramento de corpos d'água é um instrumento legal do arcabouço da legislação ambiental brasileira contemplado na Política Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Lei 9.433/97. A presente dissertação apresenta um modelo de enquadramento participativo aplicado a bacias urbanas, com aplicação na Bacia Hidrográfica do Igarapé Tucunduba, em Belém/PA. A metodologia desenvolvida baseou-se em cinco etapas, que tiveram como base: a pesquisa bibliográfica em fontes diversas; o resgate dos trabalhos já desenvolvidos na bacia que empregaram metodologias informacionais de suporte à decisão; a elaboração do diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; a realização das oficinas de enquadramento com os atores locais; a aplicação do software Decision Explore como um Sistema de Suporte a Decisão (SSD), utilizado para organizar os dados gerados nas oficinas; o resgate dos trabalhos sobre qualidade da água realizados na bacia do Tucunduba, e por fim a definição da proposta de enquadramento participativo, com base na a classificação atual do corpo hídrico e nos usos futuros para a bacia do Tucunduba. Com base no reconhecimento de campo, nas discussões sobre os usos atuais e sobre as expectativas dos atores locais em relação ao futuro da qualidade ambiental da bacia e na avaliação dos dados de qualidade de água na bacia obtidos, foi definida uma proposta de classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes atuais e futuros identificados, onde foi estabelecido que esta bacia deveria ser enquadrada na Classe 2, que prioriza o abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a irrigação e a pesca.

Palavras-Chave: enquadramento de corpos d'água, metodologias informacionais, diagnóstico Tucunduba, qualidade de água.

ABSTRACT

SANTOS, V. J. C. **Participatory process model of water resources classification applied to urban basins: Tucunduba Basin – PA.** 2010. 138 f. Monograph (Dissertation), University Federal of Pará, Centro Tecnológico, Civil Engineering Post Graduation Program.

The classification of water bodies is a legal instrument present in Brazilian environmental legislation, as the National Water Resources Policy, Law 9.433/97. This dissertation presents a model of participatory classification applied to urban basins, and used in the basin of the Tucunduba stream, in Belém / PA. The methodology was based on five steps, as follows: a literature review on several sources; a research on other studies which took place in the basin and have employed decision support informational methodologies; the diagnosis of land and water resources use and occupation in the basin; classification workshops with local stakeholders; the use of Decision Explore software as a Decision Support System (DSS), to organize the data produced in the workshops; a research on studies related to water quality in the Tucunduba basin; and, finally, the definition of the participatory classification proposition, based on the current water bodies classification and the future uses for the Tucunduba basin. Relying on field recognition, discussions concerning current uses and local stakeholders expectations regarding the future environmental quality in the basin and the assessment of the basin water quality, a proposition for the water body classification was defined, in accordance with the current and future main uses identified, establishing that this basin should be classified as Class 2, which prioritizes the supply for human consumption after conventional treatment, the protection of aquatic communities, the primary contact recreation, irrigation and fishing.

Keywords: water bodies classification, methodology, information, Tucunduba diagnosis, water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Bacia do Tucunduba. _____	19
Figura 2. Vista geral da Bacia do Tucunduba (Fonte: SEDURB, 2010). _____	19
Figura 3. Fluxograma da metodologia adotada. _____	21
Figura 4. Interação entre as fases da gestão ambiental e de recursos hídricos, modificada de Silva et al (2006). _____	27
Figura 5. Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água ANA (2009a). _____	31
Figura 6. Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos ANA (2009a). _____	32
Figura 7. Estrutura conceitual geral dos mapas cognitivos, segundo Laura (2004). _____	37
Figura 8. (a) Estrutura geral dos mapas cognitivos dos interesses socioambientais ou públicos; (b) Mapa cognitivo – água para abastecimento d’água para uso industrial e controle de efluentes (LAURA, 2004). _____	43
Figura 9. Rede de drenagem da bacia do Tucunduba, após as sucessivas canalizações. _____	45
Figura 10. Variações do relevo na bacia do Tucunduba, segundo Silva e Cacela Filho (2005). _____	46
Figura 11. Gráfico demonstrando a distribuição espacial da declividade na bacia do Tucunduba (COSTA, 2000). _____	47
Figura 12. Mapas climáticos do nordeste do Pará, segundo CPRM (2002). _____	49
Figura 13. Climatologia mensal da precipitação em Belém (SOUZA <i>et al</i> , 2006). _____	50
Figura 14. Mapa geológico e hidrogeológico da Região Metropolitana de Belém, modificado de CPRM (2002). _____	52
Figura 15. Evolução da cobertura vegetal, segundo Rodrigues e Luz (2007). _____	55
Figura 16. Visão geral das ações a serem implementadas, segundo SEDURB (2010). _____	66
Figura 17. Melhorias habitacionais, segundo SEDURB (2010). _____	66
Figura 18. Área comercial - estâncias localizadas na margem do Tucunduba, próximo á Trav. São Domingos. Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	68
Figura 19. Feira e estâncias, próximo á ponte na Av. Tucunduba com a Trav. São Domingos. Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	69
Figura 20. (a, b, c, d) Lixo e entulho ao longo da Avenida Tucunduba (trecho entre a feira e a ponte da Av. Perimetral. Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	70
Figura 21. (a) Canal da Leal Martins - entre Angustura e Mauriti; (b) Rua Leal Martins; (c) Igarapé Tucunduba próx. ponte porto são domingos; (d) Canal da Rua Leal Martins entre Mauriti e Vileta. Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	71
Figura 22. (a) Leito principal do Igarapé Tucunduba; (b) Leito principal do Igarapé Tucunduba. Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	72
Figura 23. Mapa da Bacia do Tucunduba com a distribuição da ocupação ao longo do canal principal, de 1998 a 2008 (PEGADO, 2010). _____	73
Figura 24. (a) Residências das famílias que foram remanejadas – Comunidade do Pantanal; (b) Fim da linha do Guamá – Margem do Tucunduba (próximo à ponte- Rua São Domingos). Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	74
Figura 25. (a), (b) Coleta de lixo na margem do igarapé Tucunduba; (c) Canal da Vileta – contribuinte do Tucunduba; (d) Canal da Leal Martins. Fonte: Arquivo próprio, 2009. _____	75
Figura 26. Oficina 1: (a) Apresentação do diagnóstico da bacia; (b) Discussão em grupo. _____	77
Figura 27. Oficina 2: (a) Participantes da oficina; (b) discussão em grupo. _____	77
Figura 28. Oficina 3: (a) Apresentação sobre enquadramento; (b) discussão em grupo. _____	78
Figura 29. Resultados Oficina 1: (a) Problemas; (b) Alternativas. _____	79

Figura 30. Resultados Oficina 2: (a) Problemas; (b) Alternativas. _____	80
Figura 31. Resultados Oficina 3: (a) Problemas; (b) Alternativas. _____	81
Figura 32. Os <i>Conceitos</i> e suas Ligações no <i>Mapa</i> . Fontes: SANTOS, 2004. _____	85
Figura 33. Mapa síntese (3 oficinas) - <i>Qual o rio que nós temos?</i> Estrutura do mapa construído a partir da situação atual do Tucunduba. _____	90
Figura 34. Lista dos conceitos inseridos no mapa da Figura 31. _____	90
Figura 35. Lista com os conceitos do tipo “cauda” (<i>Tails</i>) existentes no mapa. _____	91
Figura 36. Lista com os conceitos do tipo “cabeça” (<i>Heads</i>) existentes no mapa. _____	91
Figura 37. Resultado obtido para a análise <i>Dmain</i> (Domínio). _____	93
Figura 38. Resultado da análise <i>Cotail</i> . _____	93
Figura 39. Resultado da análise <i>Central</i> . _____	94
Figura 40. Estrutura do mapa construído a partir dos usos desejados. _____	95
Figura 41. Lista com os conceitos do tipo “cauda” (<i>Tails</i>) existentes no mapa. _____	96
Figura 42. Resultados: <i>Dmain</i> (Domínio). _____	96
Figura 43. Resultados: a) <i>Cotail</i> ; b) <i>Central</i> _____	97
Figura 44. Modelo de força impulsora: PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA (modificado de LAURA, 2004). _____	101
Figura 45. Distribuição da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ig. Tucunduba. _____	112

LISTA DE TABELA

Tabela 1. O enquadramento nas Unidades Federativas Brasileiras, adaptada de Christofidi (2006). _	34
Tabela 2. Número de habitantes nos bairros da Bacia do Igarapé Tucunduba. _____	58
Tabela 3. Perfil por seção da bacia, Segundo Pegado (2010). _____	68
Tabela 4. Descritivo dos pontos considerados. _____	110
Tabela 5. Classificação atual da Bacia do Tucunduba. _____	114
Tabela 6. Proposta de enquadramento da bacia – resultados das oficinas. _____	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resgate dos trabalhos desenvolvidos na bacia. _____	21
Quadro 2. Resultado comparativo entre o gerado pelos trabalhos já desenvolvidos na bacia do Igarapé Tucunduba e o produto das oficinas executadas neste trabalho em 2010. _____	106
Quadro 3. Síntese dos parâmetros analisados pelos autores consultados. _____	107
Quadro 4. Comparativo de métodos analíticos empregados. _____	109
Quadro 5. Valores limites segundo a legislação vigente e escala adotada. _____	111

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	<i>Objetivo geral</i>	16
2.2	<i>Objetivos específicos</i>	16
3	ÁREA DE ESTUDO: BACIA DO TUCUNDUBA	17
4	METODOLOGIA	20
4.1	<i>Formulação teórica</i>	20
4.2	<i>Diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica</i>	21
4.3	<i>Realização de Oficinas de apoio ao Processo de Simulação de Decisão sobre Enquadramento</i>	22
4.4	<i>Aplicação do SSD (Sistema de Suporte a Decisão)</i>	23
4.5	<i>Revisão dos dados de qualidade da água da bacia do Tucunduba</i>	25
4.6	<i>Definição da proposta de enquadramento para a bacia do Tucunduba</i>	25
5	REFERENCIAL TEÓRICO: A GESTÃO HÍDRICA APLICADA A BACIAS URBANAS	26
5.1	<i>Dinâmica de bacias hidrográficas urbanas</i>	26
5.2	<i>Gestão e planejamento dos recursos hídricos</i>	28
5.3	<i>Enquadramento dos corpos d'água</i>	30
5.4	<i>Mapeamento conceitual e sistemas de suporte à decisão</i>	36
5.4.1	<i>Sistemas de Suporte à Decisão (SSD)</i>	36
5.4.2	<i>Metodologia informacional qualitativa</i>	38
5.4.3	<i>Mapeamento conceitual</i>	40
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1	<i>Diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos</i>	45
6.1.1	<i>Hidrografia</i>	45
6.1.2	<i>Geomorfologia</i>	46
6.1.3	<i>Clima</i>	48
6.1.4	<i>Cobertura de solos</i>	50
6.1.5	<i>Características geológicas</i>	51
6.1.6	<i>Hidrogeologia da Região Metropolitana de Belém</i>	53
6.1.7	<i>Cobertura vegetal</i>	54
6.1.8	<i>Identificação dos aspectos socioeconômicos relevantes</i>	56
6.1.8.1	<i>Desenvolvimento urbano</i>	56
6.1.8.2	<i>População</i>	57
6.1.8.3	<i>Socioeconomia local</i>	58
6.1.9	<i>Saneamento ambiental</i>	59
6.1.9.1	<i>Abastecimento de água</i>	59
6.1.9.2	<i>Sistema de esgotamento sanitário</i>	60
6.1.9.3	<i>Coleta de resíduos</i>	61
6.1.10	<i>Projetos de Intervenção na área de estudo (Obras de infra-estrutura)</i>	61

6.1.10.1	Projeto de Macrodrenagem da Bacia Tucunduba	61
6.1.10.2	Plano de Desenvolvimento Local de Riacho Doce e Pantanal/PDL	63
6.1.10.3	Projeto de Saneamento Integrado da Bacia do Tucunduba (PAC)	65
6.2	<i>Caracterização dos recursos hídricos da bacia do Tucunduba</i>	67
6.3	<i>Oficinas de apoio ao processo de decisão sobre enquadramento</i>	76
6.3.1	Realização das oficinas	76
6.3.2	Perspectivas dos atores locais quanto aos usos atuais e futuros da água na bacia	82
6.4	<i>Aplicação do Sistema de Suporte à Decisão</i>	84
6.4.1	Definição do SSD: Software <i>Decision Explore</i>	84
6.4.2	Estruturação do Mapa	87
6.4.3	Analisando o Modelo	92
6.4.4	Definição dos usos desejados de recursos hídricos	94
6.5	<i>Análise comparativa de resultados obtidos pelo uso de mapas cognitivos</i>	98
6.5.1	Exemplos de trabalhos executores da técnica	98
6.5.2	Retrospectiva de trabalhos executados na bacia hidrográfica do Tucunduba com o suporte de técnicas informacionais	103
6.5.3	Análise comparativa de PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA com base nos trabalhos desenvolvidos com o suporte de técnicas informacionais na bacia do Tucunduba	104
6.6	<i>Revisão das informações de qualidade das águas da bacia do igarapé Tucunduba como subsídio ao enquadramento</i>	107
6.7	<i>Definição do enquadramento da bacia do Tucunduba</i>	113
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	117
8	REFERÊNCIAS	120
	APÊNDICE I	128
	APÊNDICE II	129
	ANEXO I	131
	ANEXO II	134

1 INTRODUÇÃO

O instrumento do enquadramento está presente em vários países, pois há uma preocupação latente sobre a manutenção da qualidade da água, uma vez que essa representa alívio na busca incessante pela manutenção da qualidade de vida das populações humanas e pelo bem-estar econômico.

Em alguns países a água é um bem privado e, portanto, associado à posse da terra onde aflora ou por onde passa o corpo hídrico. Em outros países a água é um bem público e pertence a todos, independentemente da posse das terras adjacentes. Os Estados Unidos da América e o Chile são exemplos americanos de águas privadas, enquanto o México, Brasil, Canadá e outros países latinos enfatizam a gestão participativa. Isso ocorre, pois, nos países que consideram os recursos hídricos um bem público, os recursos tornam-se bens difusos e os cidadãos desses países tem de direitos e deveres em relação a eles (CHRISTOFIDIS, 2006).

O Brasil ocupa hoje, no mundo, uma posição particularmente privilegiada, pois tem relativa abundância do “ouro azul”, e nesse país somente a falta de saneamento básico e de outros cuidados com a qualidade da água é responsável pela baixa disponibilidade em quase todas as regiões aonde há escassez. Por causa da relação direta entre atividades sociais e econômicas e a saúde da água na bacia hidrográfica é que surgem os desafios em relação à implantação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos. Essa implantação deverá se dar de forma progressiva e gradual, tendo em vista todo o processo e seus aspectos políticos, sociais, ecológicos e econômicos, passando, portanto, por sucessivas etapas de aperfeiçoamento que respeitem as peculiaridades de cada região ou bacia hidrográfica no Brasil (ANA, 2005b).

O enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes foi inicialmente instituído pela Portaria MINTER n.º GM 0013 de 1976, que em 1986 foi substituída pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n.º 20. Trata-se de instrumento orientador de planejamento de uso da água a partir de definição de um objetivo de qualidade de água em um segmento de corpo hídrico correspondente a uma classe preestabelecida.

A Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, definiu o enquadramento dos corpos de água em classes como um dos cinco instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e em 19 de julho de 2000, foi aprovada a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos n.º 12 que estabelece procedimentos para o instrumento de enquadramento (atualizada através

da Resolução CNRH nº 91, de 05/11/08). Este instrumento tem como objetivo assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes.

A Resolução CONAMA nº 357/05 descreve no art. 2º, inc. XX, como sendo o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.” Esse instrumento deve ser aplicado conforme os fundamentos da Lei nº 9.433/97, considerando, portanto, a água como um bem público dotado de valor econômico e social. Bem esse, que deve ser gerido de forma participativa e descentralizada.

Embora se trate de instrumento definido há certo tempo, poucas são as experiências com implementação e aplicação do enquadramento no Brasil, causado por se desconhecer o funcionamento do instrumento e pela falta de formulação metodológica adequada, entre outros.

Na década de 80 foram realizados estudos diagnósticos que resultaram na implementação dos Comitês Executivos de Bacias Hidrográficas e na definição de Projetos Gerenciais para cada bacia. Na época foram instalados, dentre outros, os Comitês de Bacias de Paraíba do Sul, Paranapanema, Guaíba, São Francisco, Jari, Iguaçu, Jaguarí/Piracicaba, Paranaíba, Ribeira do Iguape e Pardo/Mogi. Apesar desses estudos servirem como subsídios para enquadramento, somente quatro rios foram enquadrados. O rio São Francisco foi o único enquadrado nos moldes da Resolução CONAMA 20/86. Os rios Jari, Paranapanema e Paraíba foram enquadrados por meio de Portarias MINTER; necessitam, portanto, ser reenquadrados (ANA, 2005a).

O presente trabalho discute e propõe um procedimento metodológico participativo de enquadramento de corpos de água voltado a questão de bacias hidrográficas urbanas e enfatiza a participação dos segmentos que compõem o sistema de gerenciamento de recursos hídricos. Toma como região de estudo a bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, uma das principais bacias urbanas de Belém, com aproximadamente 10,55 Km² de abrangência. Este igarapé possui características singulares, percorre cerca de 14.175 km, atravessando bairros populosos de Belém e com sérios problemas de saneamento. No seu trecho final, o igarapé tem sua foz no rio Guamá, que abastece Belém e recebe todos os seus efluentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor um modelo participativo de enquadramento dos corpos de água para bacias hidrográficas urbanas, considerando o seu estado atual e os níveis de qualidade que o curso de água deveria possuir para atender às necessidades definidas pelos atores locais, tendo como estudo de caso a bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba.

2.2 Objetivos específicos

- Gerar um diagnóstico integrado da bacia do igarapé Tucunduba como subsídio ao enquadramento;
- Aplicar a metodologia informacional de suporte à decisão, especificamente o Software Decision Explorer, na análise dos resultados do processo participativo de enquadramento dos corpos de água;
- Integrar a metodologia informacional de modelagem qualitativa aplicada à gestão hídrica de bacias hidrográficas urbanas;
- Propor um enquadramento à bacia conforme o resultado de um processo participativo de consultas sociais locais;
- Oferecer instrumento de tomada de decisão de suporte a formulação de modelos de gestão aplicados ao contexto amazônico.

3 **ÁREA DE ESTUDO: BACIA DO TUCUNDUBA**

A ocupação populacional da bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba teve início com o processo de urbanização pelo qual vivia a cidade de Belém, no início da década de 40. Nesse contexto, é possível identificar períodos distintos, na década de 30 e na década de 60, segundo estudos realizados por Ferreira (1995).

A várzea da bacia do igarapé Tucunduba, a partir dos anos 30, foi utilizada para o desenvolvimento de atividades agropastoris, pois o quadro econômico da época obrigou o governo a permitir a ocupação de seu território. Em 1940, houve uma redução de terras de cotas mais elevadas, pois com a formação de um Cinturão Institucional na área da bacia do igarapé Tucunduba, ocorreu uma interrupção do seu crescimento urbano, o que ocasionaria em anos posteriores a invasão das áreas de baixadas. No ano de 1950, era evidente a tomada dos terrenos pertencentes a esta bacia pelas indústrias, serrarias, atividades comerciais de modo geral, além de funcionar como portos privados para o embarque e desembarque de produtos (FERREIRA, 1995).

De acordo com Belém (2000), os anos 60 foram caracterizados, pela construção do conjunto habitacional Montepio e no eixo institucional, o surgimento da Universidade Federal do Pará, fato que gerou um novo ambiente, que evidenciava a degradação de uma parcela significativa das áreas verdes da bacia hidrográfica.

Em 1970, o controle das terras da cidade de Belém foi repassado à Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM). No entanto, o processo de verticalização do município de Belém, ocorrido nos anos 80, foi introduzindo as áreas de baixada à cidade de Belém, o que ocasionou uma migração das áreas de baixadas no sentido dos bairros, tais como: Guamá, Condor, Jurunas e Terra Firme (TRINDADE JR., 1998).

Dentre as áreas de baixada de Belém, distribuídas entre as 14 bacias hidrográficas existentes na cidade, destaca-se a bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba, localizada à sudeste da cidade de Belém, com uma área de 10,55 km² e abrangendo três distritos administrativos: DAGUA, DABEL e DAENT. Atinge os bairros de Canudos e Terra Firme, e parte dos bairros do Guamá, Marco e Universitário, com uma população de aproximadamente 198.350 habitantes, da qual cerca de 80 % moram em áreas alagadas (BELÉM, 2000).

Esta bacia possui uma densa malha de drenagem, com extensão total de 14.175 m, dos quais 7.865 m são retificados. O igarapé Tucunduba é a principal da bacia, e possui uma extensão de 3.600 m, sendo o maior contribuinte para os alagamentos dos terrenos localizados nas baixadas do Guamá (BELÉM, 2001a). Toda a drenagem da extensa área da bacia é feita

através do Tucunduba, o qual inicia na Travessa Angustura (entre as avenidas Almirante Barroso e 1º de Dezembro), no Bairro do Marco, e deságua no Rio Guamá, no bairro do mesmo nome, em área da Universidade Federal do Pará (UFPA).

A população residente às margens da bacia do Tucunduba é de aproximadamente 150.000 pessoas, atingindo os seguintes bairros: Universitário, Terra Firme, Guamá, Canudos e Marco. Cerca de 125.000 moram em palafitas, nas chamadas áreas alagadas (BELÉM, 1999).

No aspecto físico, a área do Tucunduba apresenta-se semelhante a um arco, de um lado ocupada por residências de alvenaria e de outro, por instituições com vegetação típica, sendo circundada por muitas casas de palafitas acessíveis através de estivas e passagem de aterro (BELÉM, 1999).

Na várzea do Tucunduba manifestam-se variados níveis de degradação ambiental produzidos principalmente pelo adensamento populacional, pelo tipo de aterro e pela maneira como é feito nas planícies holocênicas, pelo lançamento de lixo e esgotos no solo e nos canais de drenagem, promovendo uma obstrução da drenagem natural. Esses níveis de degradação vão desde a contaminação da água do igarapé, do lençol freático e do solo até a exposição de depósito de dejetos e a propagação de doenças (BELÉM, 2001a).

A área do Tucunduba tem sofrido um intenso processo de ocupação por pessoas de baixa renda, que ao longo das últimas décadas, invadiram propriedades públicas e privadas, devido à facilidade de acesso à bacia do Tucunduba e pela proximidade com as áreas infra-estruturais, onde ocorre uma maior concentração de trabalhos informais e condições de sobrevivência da população menos favorecidas do município.

Em áreas de elevada densidade populacional (áreas urbanas), conflitos de uso das bacias urbanas têm provocado extensas degradações no meio ambiente, pois, em geral, o acréscimo da demanda por água reflete no declínio de sua qualidade, observa-se que os esgotos e os resíduos sólidos são lançados diretamente no corpo hídrico e o mesmo é utilizado para recreação e lazer, aumentando o índice de doenças transmitidas pela água.

A Bacia do Tucunduba, por se tratar de uma bacia hidrográfica urbana com características extremamente negativas, como: falta de saneamento básico, precárias habitações, ausência de coleta e tratamento dos esgotos, inadequada/insuficiente coleta de lixo que misturado com a água, contribui para a contaminação por completo de toda área, disto advém a necessidade da gestão dos recursos hídricos (Figura 1).

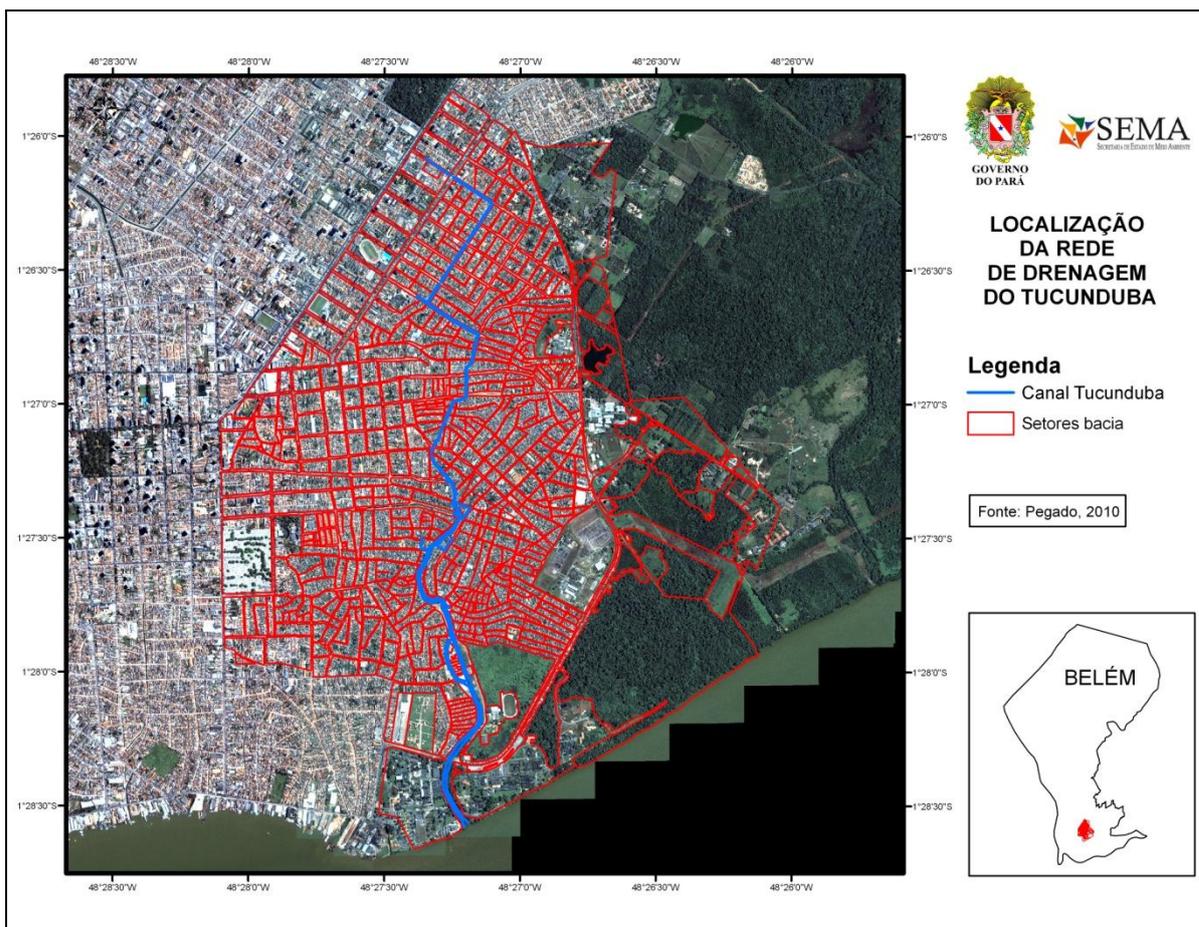


Figura 1. Localização da Bacia do Tucunduba.

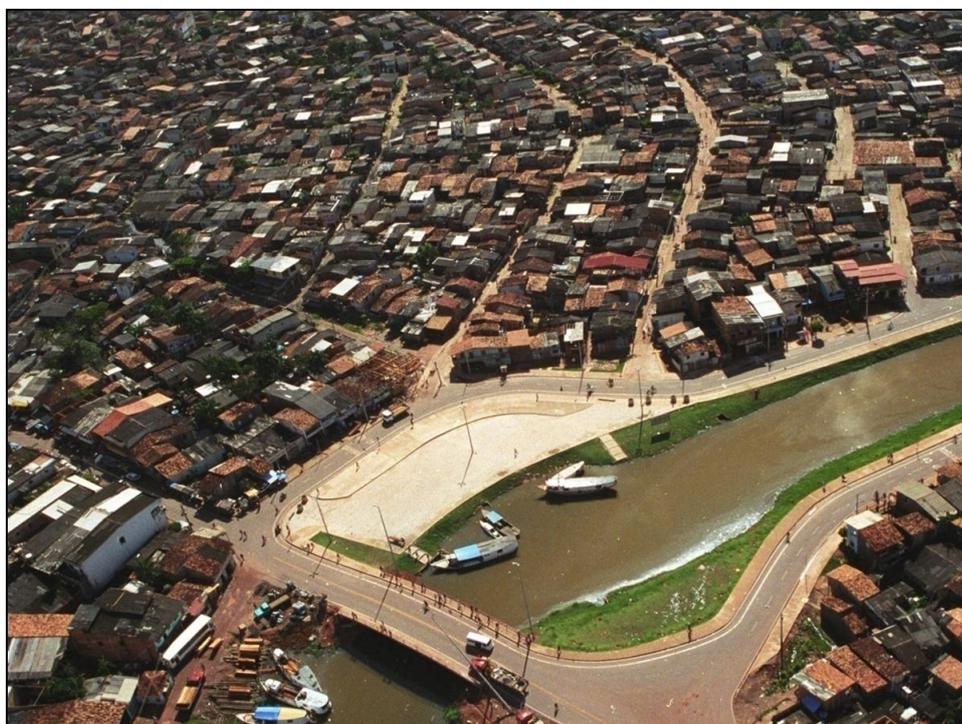


Figura 2. Vista geral da Bacia do Tucunduba (Fonte: SEDURB, 2010).

4 METODOLOGIA

A pesquisa contemplou as seguintes etapas metodológicas:

Etapa 1. Formulação teórica.

Etapa 2. Diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Etapa 3. Realização de Oficinas de apoio ao Processo de Simulação de Decisão sobre Enquadramento.

Etapa 4. Aplicação do SSD (Sistema de Suporte a Decisão).

Etapa 5. E definição da proposta de enquadramento de corpos d'água para a micro-bacia.

O fluxograma simplificado da Figura 3 resume as etapas dissolvidas neste estudo; no Apêndice I está a estrutura completa.

4.1 Formulação teórica

Esta etapa foi composta pela pesquisa bibliográfica em fontes diversas, considerando o rigor científico, além do emprego das bases existentes dos projetos desenvolvidos na bacia do Igarapé Tucunduba.

Nesta constaram também o ordenamento das bases cartográficas, sendo os referenciais principais: CODEM (1998); Costa (2001); SEMA (2008) e Pegado (2010).

Em termos de arcabouço teórico, buscaram-se autores que discutam os seguintes temas: Dinâmica de bacias urbanas; Gestão e planejamento dos recursos hídricos; Enquadramento dos corpos de água; Mapeamento Conceitual e Sistemas de Suporte a Decisão.

De forma complementar, foi feito o resgate dos trabalhos já desenvolvidos na bacia que empregaram metodologias informacionais de suporte à decisão, assim como os relativos ao monitoramento da qualidade das águas da bacia, nos anos de 1988, 1989, 1999, 2000, 2003 e 2009.

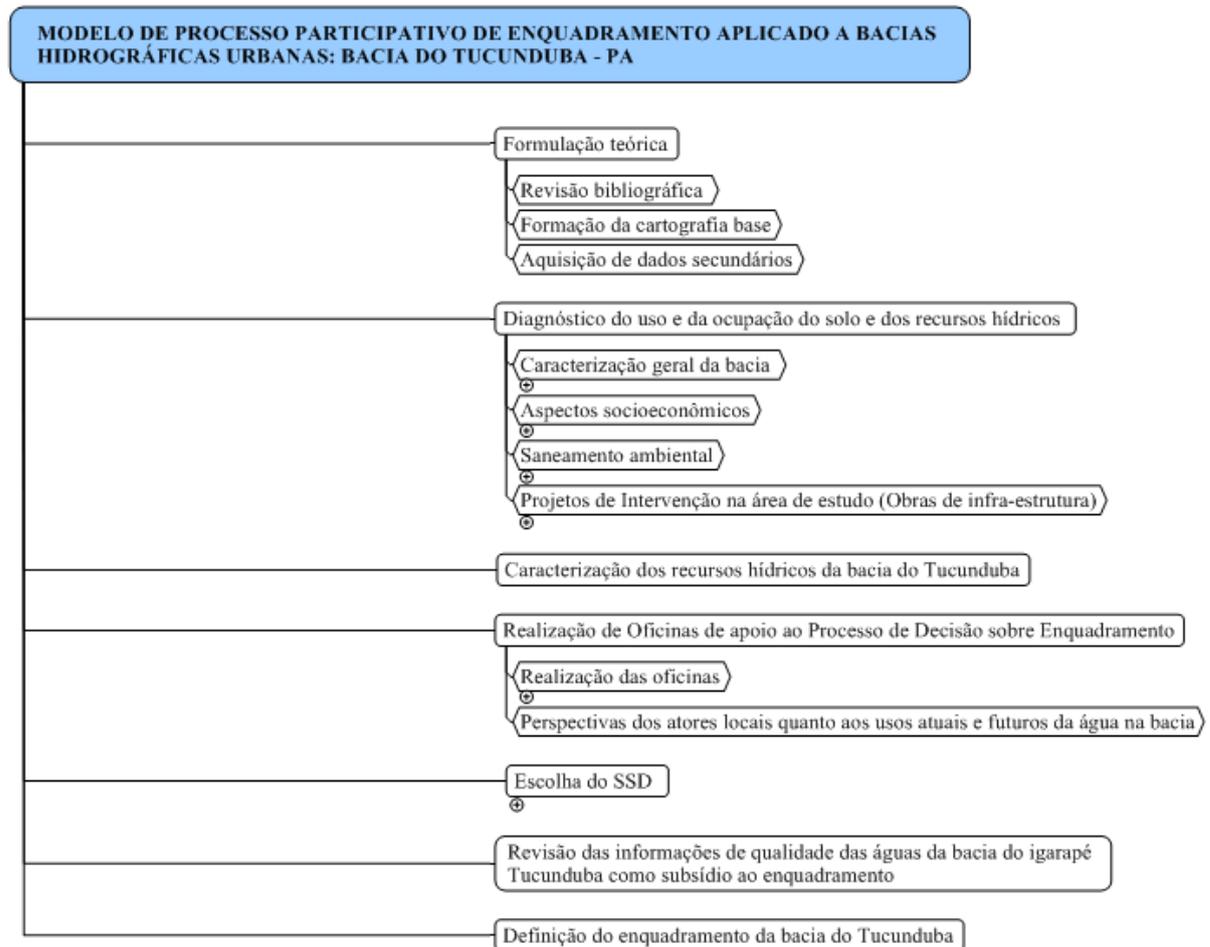


Figura 3. Fluxograma da metodologia adotada.

Quadro 1. Resgate dos trabalhos desenvolvidos na bacia.

Metodologias informacionais de suporte à decisão	Qualidade das águas da bacia
Baganha Junior (2005)	Braz et al (1988)
Cacela Filho et al. (2007)	Braz et al. (1989)
Pegado (2010)	Dias et al. (2003)
Pereira e Barp (2007)	Lopes e Bezerra (2001)
Santos (2004)	Pires et al. (2009)
Silva e Barp (2004)	

4.2 Diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica

Esta etapa compreendeu a descrição e a avaliação integrada e contextualizada do quadro natural e antrópico existente na bacia, das restrições e das potencialidades dos recursos hídricos associadas às demandas atuais para os diversos usos, foi construída a partir de dados secundários e primários:

a) Fonte secundária: levantamento da caracterização física geral da bacia e dos aspectos sócio-econômicos envolvidos. Neste foram empregados como referenciais os produtos dos projetos desenvolvidos na bacia; dados de teses, dissertações e monografias; além das fontes

tradicionais oriundas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e relatórios produzidos pelo Governo do Estado do Pará (SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará; SEDURB – Secretaria de Desenvolvimento Urbano; COHAB - Companhia de Habitação do Pará).

b) Fonte primária: por meio das ações de campo e do resultado das oficinas, foi possível traçar o perfil dos usos consuntivos e não-consuntivos, além demanda atual de águas da bacia. Durante o reconhecimento da área identificou-se as principais formas de intervenção presentes, que indicaram o estado atual do curso d'água. Ao final teve-se um perfil consolidado dos atores locais de maior intervenção.

4.3 Realização de Oficinas de apoio ao Processo de Simulação de Decisão sobre Enquadramento

As oficinas tiveram como objetivo principal tornar o processo mais participativo, informando a população sobre as condições atuais da bacia e buscando, em contrapartida, informações relevantes que auxiliassem na classificação dos corpos de água. Para obter tais resultados, adotou-se uma metodologia participativa com as seguintes etapas:

- **Apresentações oral (com projeção multimídia):** com o objetivo de propiciar embasamento aos participantes, visando a nivelar o conhecimento e a compreensão dos mesmos para que, dessa maneira, pudessem opinar sobre as decisões que seriam tomadas. Os temas apresentados foram direcionados para facilitar a compreensão do processo de enquadramento, sendo eles: “*A Política de Recursos Hídricos – nacional e estadual*”; “*O Enquadramento dos corpos de água: diretrizes, metodologia e futuras implicações*” e, por fim, o “*Diagnóstico ambiental da bacia*”.
- **Discussão e contribuição para formulação de futuras propostas:** considerando todas as atividades desenvolvidas, esta consistiu em uma tentativa, por parte da população local, de classificação dos corpos de água, de acordo com os usos preponderantes identificados. Neste momento foi feita a caracterização da realidade existente (“*a bacia que temos*”), vista inicialmente de forma global e, em seguida, em suas especificidades. E em seguida coube aos participantes estabelecer a visão de futuro para a bacia, isto é, a realidade desejada (“*a bacia que queremos*”).

A partir do diagnóstico local, em cada oficina sucedeu-se uma discussão sobre os principais problemas da bacia. Essa discussão conduziu à definição dos principais problemas e das alternativas de solução aos mesmos.

As técnicas utilizadas pela equipe capacitadora, durante esta etapa, foram a “*Árvore de Problemas*” e a “*Árvore de Alternativas*” (PENA, 2000, 2002).

A árvore de problemas é uma técnica participativa que ajuda a desenvolver idéias criativas para identificar um problema e que organiza as informações coletadas sobre o mesmo. Para montar a árvore de problemas os participantes foram orientados da seguinte forma:

- O moderador discutiu com os participantes cada problema considerado como central.
- Estes foram reproduzidos em fichas, afixadas em um painel para serem visualizadas por todos.
- Os participantes identificaram cada problema e sua conseqüência.
- Os problemas apresentados foram discutidos, sendo ou não confirmados pelo grupo.

A árvore de alternativas foi elaborada a partir da árvore de problemas e do diagnóstico. Os passos para sua elaboração foram os seguintes:

- Reformular as condições negativas da árvore de problema identificando as soluções associadas.
- Identificar as diferentes combinações de meios-fins que possam se constituir em estratégias para o enquadramento.

4.4 Aplicação do SSD (Sistema de Suporte a Decisão)

Essa etapa contou com a utilização de uma ferramenta computacional para organizar os dados gerados nas oficinas; definir as demandas e por fim orientar quanto aos usos desejados de recursos hídricos.

Para viabilizar este procedimento e suas inter-relações foi utilizado o software de análise de dados qualitativos “*Decision Explorer*”; o qual apresenta a vantagem de expressar através da economia de tempo e de custo, a possibilidade de explorar de forma acurada o relacionamento entre os dados, e por outro lado, as vantagens em termos de uma estrutura formal que auxilia na construção conceitual e teórica dos dados. Assim, pode ser construída uma análise de todo o material bibliográfico resgatado e das oficinas/entrevistas realizadas, a partir de uma codificação estabelecida pelas categorias definidas como prováveis conflitos existentes.

O *Decision Explorer* fornece ajuda estruturando e analisando a informação qualitativa. É um programa de apoio à tomada decisão, quando a informação está na forma de idéias claras, que exige exploração suplementar e exame minucioso ou idéias complexas e acontecimentos, que exigem estrutura e análise em ordem de complexidade. O software trabalha com um modelo que interliga idéias usando mapas conceituais (BANXIA et al., 1999).

De forma geral, o resultado das oficinas foi sistematizado na forma de “*frases conceituais*”; associadas aos questionamentos: “*a bacia que temos*”; e “*a bacia que queremos*”. Tendo sido em seguida analisados na forma de mapas conceituais adotando os seguintes pré-supostos:

- *A ponderação dos temas ou tópicos*: que foram considerados e identificados os maiores pontos de interesse.
- *A conectividade*: cada um dos conceitos deve ser observado em volta e observe se um dos outros conceitos se ligam a ele, ou se ele se liga a outro.
- *A formulação do mapa*: se informações adicionais ocorrerem de forma que se julgue importante ou conectadas com os tópicos, então se dá entrada a novos conceitos no mapa, também observando, individualmente, cada um dos conceitos.

Usando o *Decision Explorer* foi possível: gerir um mapa de idéias, e reuni-las em um quadro coerente que ajuda a entender melhor a situação; descobrir os pontos focais de análise ao enquadramento; utilizar reuniões de grupo reduzindo, a necessidade de repetir idéias enquanto está construindo e argumentando, para identificar a área de concordância; ter raciocínio efetivamente presente pela estrutura das linhas de argumento no mapa; prover um estímulo visual, como idéias que são registradas e exibidas na tela, ativando idéias novas; construir soluções possíveis, práticas e aceitáveis, combinando as opiniões de pessoas diferentes envolvidas nas reuniões; e rever um quadro explícito de um assunto que mostra claramente o inter-relacionamento e a interdependência de diferentes aspectos deste, que pode ser explorado e então pode ser debatido.

A utilização do modelo qualitativo, aplicando a metodologia informacional, tal como o *Software Decision Explorer*, na área de recursos hídricos, ajudou a entender os aspectos ambientais e sócio-econômicos, indispensáveis na tomada de decisão diante de um cenário de conflitualidade quanto ao uso desses recursos.

As principais fases foram:

- Transformação do resultado das oficinas em frases conceituais que reproduzissem as duas situações enfocadas: o estado da bacia atual e o desejado em termos de usos da água.
- A entrada dos dados, organizando a idéia central e a rede de conectividade envolvida.
- A análise comparativa dos resultados e seu ordenamento segundo a ordem de prioridade visualizada por meio das relações definidas.
- Identificação a partir do ordenamento obtido, da classe de água desejada para a bacia, conforme a Resolução CONAMA 357/2005.

4.5 Revisão dos dados de qualidade da água da bacia do Tucunduba

No apoio a definição da classe atual da bacia, foi feito o resgate na literatura dos dados de monitoramento da qualidade da água na bacia do Tucunduba, com base nos trabalhos de: Braz et al (1988); Braz et al. (1989); Lopes e Bezerra (2001); Dias et al. (2003); e Pires et al. (2009).

Estes foram ordenados no programa Excel e sistematizados de forma a obter um nivelamento segundo: os parâmetros adotados, o período de amostragem e os métodos analíticos empregados. Os dados tabulados encontram-se no Anexo II.

O mapa final, ilustrando a distribuição das classes, segundo o direcionamento adotado pela Resolução CONAMA 357/2005, foi elaborado no ArcGis 9.2.

4.6 Definição da proposta de enquadramento para a bacia do Tucunduba

Esta proposta terá como base o diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, os usos atuais e desejados, segundo os atores locais e a avaliação dos estudos de qualidade da água, que possibilitarão a classificação atual do corpo hídrico, e a definição do enquadramento, de acordo com os usos futuros.

Destaca as medidas necessárias ao alcance deste objetivo, a partir das necessidades de ação/intervenção nos processos em andamento, para reorientar o curso dos acontecimentos e/ou promover as transformações necessárias de forma a implantar a realidade desejada. Essas transformações serão induzidas, conduzidas ou suportadas por um conjunto de intervenções (estruturais e não estruturais) destinadas a modificar a realidade existente, diminuindo a distância entre o real e o desejado segundo as metas estabelecidas nas oficinas.

5 REFERENCIAL TEÓRICO: A GESTÃO HÍDRICA APLICADA A BACIAS URBANAS

5.1 Dinâmica de bacias hidrográficas urbanas

A gestão de recursos hídricos em bacias predominantemente urbanas tem como principais objetos de planejamento: o controle de inundações, o uso da água para fins econômicos em geral, o abastecimento urbano, a coleta e tratamento das águas servidas, o lazer e a preservação ambiental. Dessas formas de uso urbano da água, a drenagem e o controle de inundações destacam-se como os maiores desafios para o gerenciamento, sobretudo pelos altos custos sociais e econômicos envolvidos (CARNEIRO et al, 2008).

Segundo Carraro et al (2008) a cidade caracteriza-se por um espaço onde ocorre uma multiplicidade de atividades sociais e econômicas, sendo necessário a definição de estratégias de gestão urbana a fim de potencializar o seu papel na superação dos problemas ambientais, que são decorrentes do crescimento urbano desordenado. O planejamento urbano é desvinculado do ambiente onde está inserido, desprezando assim as questões referentes ao planejamento ambiental devido à dificuldade de harmonizar esses dois ambientes, ou seja, espaço urbanizado e não urbanizado. Neste sentido, a escala da cidade, permanece uma grande “zona de sombra”, uma vez que não é do conhecimento dos cidadãos e administradores da cidade, qual o efetivo papel dos municípios nos Sistemas Nacional e Estadual dos Recursos Hídricos.

As características sociais e ambientais de diversas cidades brasileiras, tais como a impermeabilização excessiva do solo e parcela considerável da população ocupando fundos de vale e áreas de inundação, acarretaram problemas crônicos de enchentes nos últimos anos, causando grandes impactos em áreas urbanas, prejudicando as condições de vida da população e provocando prejuízos econômicos. O modelo de urbanização observado nas grandes cidades mundiais permite a ocupação das planícies de inundação dos cursos d’água urbanos e expõe a população ao risco de impactos de enchentes, agravados pelos episódios anômalos de precipitação. Em regiões tropicais, devido às características físico-naturais, as inundações e enchentes decorrentes de chuvas intensas são acidentes comuns (PERES FILHO et al, 2006).

A consequência da expansão sem uma visão ambiental é a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população, ou seja, a escassez qualitativa. Este processo necessita de diferentes ações preventivas de planejamento urbano e ambiental, visando a minimizar os impactos e buscar o desenvolvimento sustentável (TUCCI, 2005).

Os sistemas de gestão ambiental do espaço urbano devem ser concebidos segundo cada realidade e necessidades locais, buscando cada vez mais, a melhoria da qualidade de vida da coletividade e a construção plena da cidadania (PEGADO, 2010).

A integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental pressupõe uma visão sistêmica e, conseqüentemente, mais realista, não se detendo ao reducionismo da abordagem compartimentalizada e puramente quantitativa. Na gestão integrada, faz-se necessária a incorporação dos níveis ambiental, social e econômico. A efetiva gestão ambiental dos recursos hídricos depende de um conjunto mínimo de dados representativos, inclusive séries temporais, a partir dos quais seja possível o diagnóstico ambiental desses sistemas. Esse conjunto de dados serve como base para o planejamento ambiental (Figura 4) e o sucesso das intervenções necessárias para a recuperação e uso sustentável dos corpos aquáticos (SILVA et al, 2006).

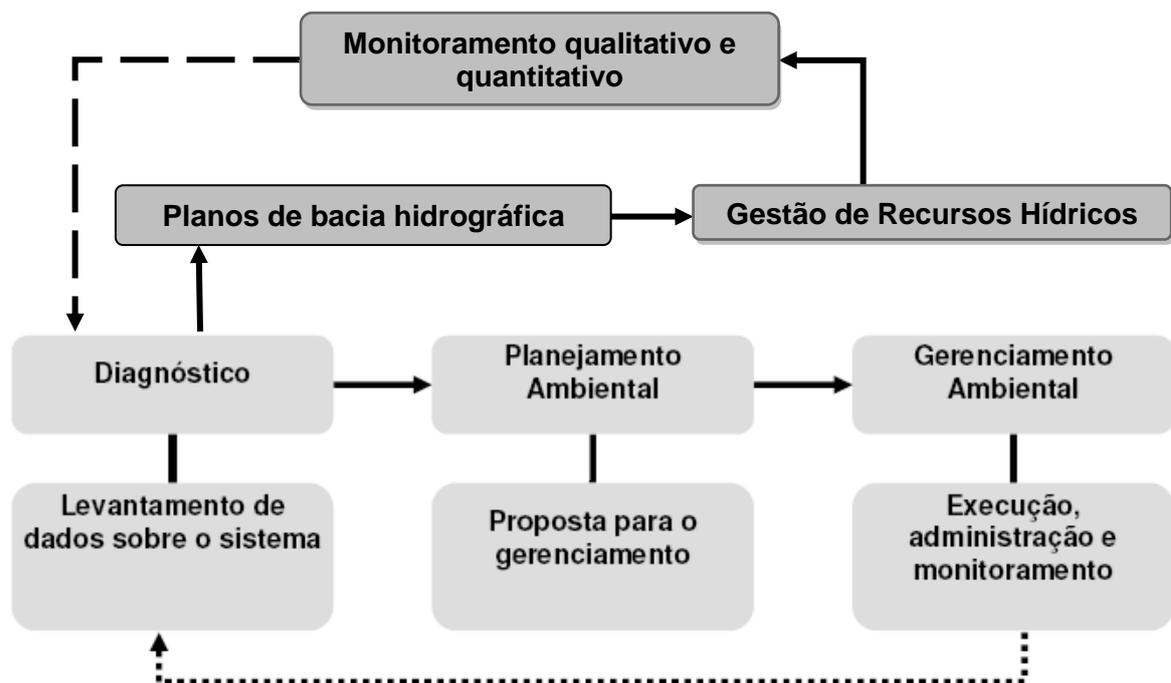


Figura 4. Interação entre as fases da gestão ambiental e de recursos hídricos, modificada de Silva et al (2006).

Na abordagem deste trabalho será considerada como área de estudo a bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, pela sua importância no município de Belém e problemática associada; e a partir dos usos preponderantes identificados e dos usos futuros, será elaborada uma proposta de enquadramento participativo, dando assim o enfoque de gestão e planejamento hídrico ao reordenamento do espaço urbano.

5.2 Gestão e planejamento dos recursos hídricos

A gestão dos recursos hídricos é definida, segundo Leite (2001, apud SILVA, 2003), como o conjunto de procedimentos organizados para solucionar os problemas referentes ao seu uso e controle da água, por meio da formulação de princípios e diretrizes. O objetivo da gestão é o de promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos, bem como, atender a demanda de água pela sociedade, a partir de uma disponibilidade limitada. Fazem parte desta atividade os seguintes elementos: Gerenciamento dos Recursos Hídricos, Política dos Recursos Hídricos e Plano de Uso, Controle ou Proteção dos Recursos Hídricos.

Rebouças (2001) define ainda a gestão dos recursos hídricos como sendo o conjunto de procedimentos integrados (planejamento e administração) pelo qual se procura equacionar e resolver as questões de escassez relativa ou de uso sustentado e proteção da sua qualidade. A condição fundamental para que a gestão dos recursos da água se realize é a decisão política para sua efetiva implantação, de modo a alcançar os objetivos definidos pela variável de decisão, tais como atender as demandas e assegurar a proteção da qualidade do manancial, dentro dos limites impostos pelas suas características naturais de recarga, transporte e descarga.

Entende-se ainda por gestão de bacias hidrográficas uma ação conjunta dos diferentes atores envolvidos (sociais, econômicos ou sócio-culturais), no intuito de melhor adequar o uso, controle e proteção de um recurso natural, sujeitando as respectivas ações antrópicas à legislação ambiental existente, visando atingir deste modo o desenvolvimento sustentável (FREITAS, 2000).

A gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma sistemática, abrangendo os aspectos de quantidade e qualidade. Essa gestão deve levar em conta as diferenças e particularidades existentes nas diversas regiões do território brasileiro, tais como físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais. Além disso, há necessidade de examinar minuciosamente as diversidades existentes entre as várias bacias hidrográficas, que são unidades territoriais básicas que não correspondem aos limites entre as regiões e os estados.

O conceito de gerenciamento de recursos hídricos designa, o conjunto de ações a serem desenvolvidas a fim de garantir às populações e às atividades econômicas uma utilização otimizada da água, tanto em termos de quantidade como de qualidade (CHRISTOFIDIS, 2002).

O termo “gerenciamento” não pode ser usado como sinônimo de “gestão” visto que para ele trata-se de “atividade administrativa envolvendo mais especificamente a execução e

acompanhamento das ações” (BARROS, 2001), sendo o gerenciamento, portanto, parte da gestão.

O gerenciamento pode ser entendido como sendo a aplicação de medidas estruturais e não-estruturais para controlar os sistemas hídricos, naturais e artificiais, em benefício humano e atendendo a objetivos ambientais (CAMPOS, 2001).

Por ações ou medidas estruturais entende-se que são aquelas que requerem a construção de estruturas, para que se obtenham controles no escoamento e na qualidade das águas, como por exemplo, a construção de barragens e adutoras, a construção de estações de tratamento, etc (CAMPOS, 2001). Em síntese, as medidas estruturais são ações que constituem a gestão da oferta, ou seja, ações designadas para a ampliação do suprimento de água através dos diversos tipos de obras. Enquanto que as ações não estruturais são programas ou atividades que não requerem a construção de estruturas, como cobrança pela poluição, incentivos fiscais, restrições e sanções, o estabelecimento de quotas de consumo e normas de utilização da água, além de campanhas educativas.

Segundo Campos (2001) as medidas estruturais podem ser divididas em pontuais, sobre o rio, ou difusas, sobre toda a bacia. Já as não-estruturais (mais recomendadas no mundo inteiro, atualmente) são aquelas em que os prejuízos são reduzidos com a melhor convivência da população com o rio, para o equacionamento de problemas de ordem qualitativa e quantitativa. Portanto o gerenciamento dos recursos hídricos pode ser obtido por um conjunto de medidas estruturais e não-estruturais permite à população minimizar suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio. Estas ações incluem medidas de engenharia, de cunho social, econômico e administrativo. Percebe-se, em função de ocorrências em outros países, que deve ser dada preferência às medidas não-estruturais, com atuações pontuais de medidas estruturais.

As medidas estruturais podem atuar na melhoria do abastecimento público, qualidade das águas, controle de cheias, navegação, etc., porém apresentam, usualmente, custos mais altos (além de trazerem agressões ambientais) e, a fim de que alcancem a plenitude da sua eficácia, precisam ser aplicadas conjuntamente com as denominadas medidas não-estruturais. Estas, por sua vez, agem sobre a demanda (consumidores e usuários de recursos hídricos) a fim de que o uso das águas seja feito de forma regrada.

Silva (2003) afirma que as ações estruturais e não-estruturais são assim subdivididas com intuito de melhor analisá-las com todas as suas vantagens e desvantagens de acordo com o fim que se deseja – inclusive para decidir a necessidade de implantação das duas ou somente de uma delas, visto que, dependendo do caso, a medida estrutural pode ser

desnecessária e assim postergada – além de esclarecer a função de cada instituição na execução das mesmas, contribuindo desta forma para organização, clareza, facilidade no processo de tomada de decisão, melhoria na qualidade dos projetos e por fim a obtenção de uma solução equilibrada na gestão e gerenciamento das águas.

O instrumento de enquadramento de corpos d'água segundo classes de uso é o exemplo claro de agregação destes conceitos, por representar uma demanda de atendimento das necessidades e perspectivas de manutenção da oferta hídrica em qualidade e quantidade.

5.3 Enquadramento dos corpos d'água

O enquadramento dos corpos d'água é o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. O enquadramento busca assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e a diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (art. 9º, Lei 9.433/1997).

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o enquadramento, visa ao estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo. Mais que uma simples classificação, o enquadramento dos corpos d'água deve ser visto como um instrumento de planejamento, pois deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que o curso de água deveria possuir para atender às necessidades estabelecidas pela comunidade.

Trata-se de um instrumento de preservação dos níveis de qualidade dos corpos de água, que considera que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados em consequência da deterioração da qualidade das águas. Também considera que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos estão de acordo com os usos que se pretende dar.

O instrumento é especialmente importante nas bacias hidrográficas onde existem conflitos de uso. Acarreta, na sua aplicação, consequências econômicas, sociais e ambientais, propiciando aos diferentes gestores de água uma ferramenta para assegurar a disponibilidade quantitativa e qualitativa de água em uma bacia hidrográfica. O instrumento faz também ligação entre gestão de quantidade e gestão de qualidade de água, fortalecendo a relação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental, promovendo a proteção e a recuperação dos recursos hídricos.

O enquadramento apresenta interligação com os demais instrumentos da Política Nacional, sobretudo com os planos de recursos hídricos, a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos preponderantes, passou a constituir-se um instrumento das Políticas Nacional, Distrital e Estaduais de Recursos Hídricos, havendo consenso na sua adoção. A Lei 9.433/97, em seu art. 9º, recomenda “Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” (inc.I) e “Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas e permanentes” (inc. II); aspectos que são aprofundados na recente Resolução CONAMA 357/2005.

ANA (2009) sintetiza as principais classes e seus usos principais, fundamentais na definição de que rio deseja-se, principalmente quando se considera o espaço urbano (Figuras 5 e 6).



Figura 5. Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água ANA (2009).

De acordo com a Lei 9.433/97, Política Nacional de Recursos Hídricos, os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, elaborados por bacia hidrográfica, por estado e para o país e deverão incluir, entre outros, metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis (Art. 7º, V). O enquadramento deve, de preferência, constar desses planos, resultado de um processo de planejamento que estabeleça as prioridades de usos dos corpos hídricos.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cereais e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Figura 6. Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos ANA (2009).

A Agência Nacional de Águas promoveu a organização e definição das ações necessárias e prazos para o alcance das metas intermediárias e final de qualidade da água, que deverão compor um programa de efetivação do enquadramento, aprovado pelo respectivo Comitê, o qual deverá ser observado pelos órgãos gestores de recursos hídricos e de Meio Ambiente em seu relatório “Panorama do Enquadramento de Corpos d’Água”, publicado em maio de 2005.

Entre as ações do Programa estão:

- reconhecimento dos usos existentes no corpo d’água;
- levantamento da condição de qualidade do corpo d’água;
- identificação dos parâmetros prioritários de qualidade da água;
- identificação das medidas ou ações necessárias à melhoria da qualidade das águas;
- estabelecimento de metas intermediárias progressivas de melhoria da qualidade da água; e
- elaboração do programa de efetivação do enquadramento.

A Lei das Águas define que toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos planos de recursos hídricos e deve respeitar a classe em que o corpo de água

estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso.

Define, ainda, que na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos deve ser observado, nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação. Nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, deve ser observado o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente. A cobrança considera os aspectos quantitativos e qualitativos do uso e, portanto, faz clara ligação entre a outorga e o enquadramento dos corpos de água.

A Resolução CNRH n.º 91, de 05 de novembro de 2008, estabelece procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Em seu art. 2º estabelece que o enquadramento dos corpos de água se dá por meio do estabelecimento de classes de qualidade conforme disposto nas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008, tendo como referências básicas: a bacia hidrográfica como unidade de gestão e os usos preponderantes mais restritivo.

Pode-se afirmar que a implementação do enquadramento no Brasil é ainda tecnocrática, pouco participativa e não leva em consideração os aspectos econômicos (ANA, 2005a).

A decisão deve ser tomada a nível local quando se trata de enquadramento, e o órgão competente é o Comitê de bacias hidrográficas respectivo. Isso ocorre, pois o enquadramento deve ser uma meta mais próxima das expectativas da comunidade sobre a qualidade da água e é um pacto social, pois implica investimentos na bacia para que se alcance os objetivos propostos. A comunidade precisa estar ciente de que objetivos de qualidade de muita excelência requerem pesados investimentos financeiros (PORTO; AZEVEDO, 1997).

Nos estados brasileiros o enquadramento, quando existe, está regulamentado de acordo com a Lei 9.433/1997 e a Resolução do CONAMA 357/2005 e existem ainda alguns estados desatualizados que não consideram o enquadramento de corpos d'água um instrumento em suas respectivas políticas. Entre as 27 Unidades da Federação – UF, 17 tratam do enquadramento como instrumento da Política Estadual de recursos hídricos, sendo, em 14 delas, estabelecido que o enquadramento fará parte do Plano de recursos hídricos (ANA, 2009).

Em 10 Estados (BA, CE, GO, PB, PE, RN, RR, SC, SP, TO), o enquadramento dos corpos d'água não é considerado um instrumento da Política Estadual de recursos hídricos, embora a outorga ou a cobrança devam ser subsidiadas pelo enquadramento (ANA, 2005a).

Algumas bacias possuem enquadramento antigos, baseados na Portaria 13/1976 do Ministério do Interior ou na Resolução CONAMA 20/1986. Tais enquadramentos devem ser atualizados segundo a Resolução CONAMA 357/2005 e a Resolução CNRH 91/2008 (CHRISTOFIDI, 2006).

Tabela 1. O enquadramento nas Unidades Federativas Brasileiras, adaptada de Christofidi (2006).

UF	Política estadual de recursos hídricos	Regulamenta enquadramento	Há lei complementar versando sobre enquadramento
AC	1.500/03	SIM	-
AL	5.965/97	SIM	-
AP	686/02	SIM	-
AM	2.712/01	SIM	-
BA	11.612/09	-	-
CE	11.996/92	NÃO na PERH e SIM em 2001.	26.462/01
DF	2.725/01	SIM	-
ES	5.818/98	SIM	-
GO	13.123/97	NÃO	5.327/00
MT	6.945/97	SIM	-
MS	2.406/02	SIM	-
MG	13.199/99	SIM	-
PA	6.381/01	SIM	-
PB	6.308/96	NÃO	18.824/97
PR	12.726/99	SIM	-
PE	11.426/97	NÃO	-
PI	5.165/00	SIM	-
RJ	3.239/99	SIM	-
RN	6.908/96	NÃO	13.284/97
RS	10.350/94	SIM	-
RO	10.114/02	SIM	255/02
RR	547/06	NÃO	-
SC	9.148/94 e projeto 292	NÃO	-
SP	7.663/99	NÃO	-
SE	3.870/97	SIM	-
TO	10.307/02	SIM	-

A implementação do enquadramento apresenta uma situação bastante diversa entre as unidades da Federação. Com relação aos corpos d'água de domínio estadual, atualmente apenas 10 das 27 unidades da Federação (Alagoas, Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) possuem instrumentos legais que enquadram total ou parcialmente seus corpos d'água (ANA, 2009).

O documento Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2009), apresenta o histórico do processo de implementação do enquadramento no Brasil até os dias atuais:

- O estado de Pernambuco enquadrou seus principais corpos d'água em 1986, com base na Portaria Interministerial n. 13, de 1976, por meio de decretos. Entretanto, com a mudança da legislação ambiental, esses decretos perderam sua validade.

- No estado do Rio de Janeiro, o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras estabeleceu, na década de 1970, uma sistemática de classificação dos corpos de água diferente da norma federal.
- Com relação aos corpos d'água federais, na década de 1980, foram estudados os principais mananciais hídricos brasileiros para fornecer elementos aos futuros trabalhos de planejamento da utilização integrada desses recursos.
- A realização desses estudos resultou na implementação dos Comitês Executivos de Bacias Hidrográficas e na definição de projetos gerenciais. Na época, foram instalados, entre outros, os comitês das bacias dos rios Paraíba do Sul, Paranapanema, Guafba, São Francisco, Jari, Iguaçu, Jaguari/Piracicaba, Paranaíba, Ribeira do Iguape e Pardo/Mogi.
- Alguns destes projetos gerenciais apresentaram propostas de enquadramento feitas com base nos usos preponderantes da água, nas alternativas de tratamento de esgoto e na existência de programas de investimentos. Assim, foram enquadrados os rios federais das bacias do Paranapanema, Paraíba do Sul e São Francisco.
- Posteriormente, em 1989, os corpos d'água da Bacia do Rio São Francisco foram enquadrados pelo IBAMA, segundo as normas estabelecidas pela Resolução CONAMA n. 20, de 1986.
- As demais bacias, Paranapanema e Paraíba do Sul, necessitam de atualização de seus enquadramentos, pois eles foram feitos segundo a Portaria do Ministério do Interior n. 13, de 1976, anterior à Resolução CONAMA n. 20, de 1986.
- Ao longo dos últimos anos, a Agência Nacional de Água tem feito propostas de enquadramento no âmbito da elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.
- Em 2004 foi elaborada uma proposta de enquadramento no Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. A proposta foi aprovada pelo Comitê da Bacia.
- Em 2006 o Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, estado do Rio de Janeiro, apresentou uma proposta de enquadramento, a qual foi aprovada pelo Comitê.
- Em 2007 a ANA elaborou uma proposta de enquadramento dos trechos dos rios Mundaú, Canhoto e Inhumas e da Lagoa Mundaú no estado de Alagoas.
- Em 2008 uma proposta de enquadramento foi feita no Plano Estratégico da Bacia Hidrográficas dos rios Tocantins e Araguaia.

- No momento, está em elaboração o Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Afluentes da Margem Direita do Rio Amazonas, o qual também apresentará uma proposta de enquadramento.
- Os estados também vêm realizando seus enquadramentos. Minas Gerais realizou o enquadramento da Bacia do Rio Paracatu. O estado de São Paulo criou um grupo para discutir o reenquadramento dos seus corpos d'água. O Comitê das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (estados de São Paulo e Minas Gerais) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (estado de Minas Gerais) elaboraram propostas de reenquadramento de suas bacias.

No contexto das bacias urbanas a importância do enquadramento está na revitalização destas segundo sua vocação estabelecida pelo espaço urbano, de modo que venha a satisfazer tanto as condições ecológicas quanto as demandas sociais. Estas últimas, objeto de investigação deste trabalho, por meio de metodologias informacionais que apóiam a definição das reais diretrizes indicadas pelos atores locais.

5.4 Mapeamento conceitual e sistemas de suporte à decisão

5.4.1 Sistemas de Suporte à Decisão (SSD)

Os Sistemas de Suporte à Decisão (SSD) são sistemas interativos, baseados em computadores, que têm como objetivo principal ajudar os decisores a utilizar dados e modelos para identificar, estruturar e facilitar o processo de tomada de decisões (BRAGA et al, 1998).

A metodologia de auxílio à tomada de decisões, genericamente conhecida como Sistemas de Suporte a Decisões, vem sendo aplicada, com sucesso, a diversos campos da atividade humana em que o problema da decisão é muito complexo, como é o caso do gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos. Sendo as partes que compõem o sistema: a obtenção das informações, a base de dados, informações e conhecimento, a disponibilização da informação e a tomada de decisão (SMA, 2004).

A tomada de decisões a respeito do sistema de recursos hídricos deve considerar os aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais, mutáveis no tempo e associados a incertezas de difícil quantificação. À medida que as demandas de água crescem acirram-se os conflitos e disputas pelo recurso e os sistemas de recursos hídricos tendem a se tornar maiores e mais complexos.

A construção e gerenciamento destes sistemas estão associados geralmente a investimentos de grande porte, longos prazos e políticas cuidadosas de operação e manutenção. Tais características impõem a necessidade de planejamentos estratégicos que

conciliem eficiência econômica, sustentabilidade, flexibilidade e equidade. Convém enfatizar-se que as decisões de boa qualidade contribuem enormemente para o desenvolvimento do país em termos econômicos e sociais. Enquanto que, situações concretizadas a partir de decisões instáveis podem redundar em prejuízos de vários tipos (econômicos, sociais, ambientais, dentre outros) e são, geralmente, de correção onerosa, quando não impossível (ALBUQUERQUE, 2003).

A consciência ecológica e a tendência crescente de participação pública são características marcantes de nossos tempos e exigem mudanças de atitudes por parte de administradores públicos. O conceito de desenvolvimento sustentável, hoje aceito universalmente, exige a avaliação estratégica dos efeitos das decisões para que gerações futuras não sejam prejudicadas. Assuntos complexos, que há pouco tempo ficavam restritos a esferas técnicas, precisam ser comunicados e difundidos, em linguagem acessível ao leigo, para estabelecer canais adequados à participação pública (Figura 7).

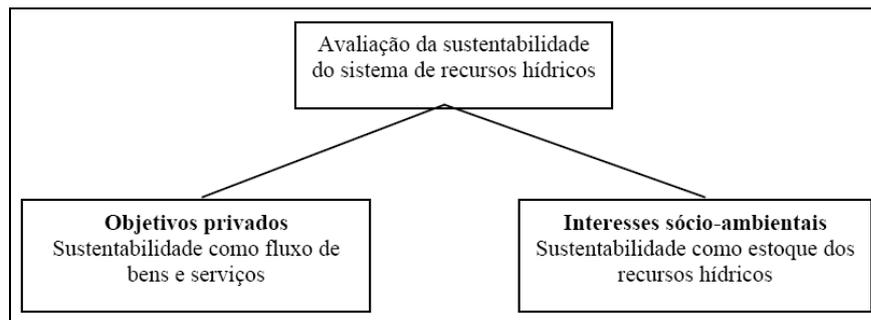


Figura 7. Estrutura conceitual geral dos mapas cognitivos, segundo Laura (2004).

A gestão de recursos hídricos no Brasil esteve por longo tempo reduzida à avaliação quantitativa das reservas hídricas, especialmente para fins de produção de energia, resultado do modelo de gestão centralizado então em vigor, basicamente voltado às necessidades de planejamento estratégico do setor de hidroeletricidade (MUÑOZ, 2000).

Os setores usuários de recursos hídricos mais dependentes da qualidade de água, ficaram praticamente ausentes do processo decisório sobre o aproveitamento hídrico no nível sistêmico das bacias hidrográficas, realizando ou projetando seus investimentos de forma pontual e desarticulada.

Com o advindo das leis estaduais de recursos hídricos a partir do início da década de 1990 e, posteriormente, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433/97, ao incorporarem o princípio do aproveitamento múltiplo e integrado dos recursos

hídricos, afirmaram a opção brasileira por um modelo de gestão de águas que contemplasse simultaneamente aspectos quantitativos e qualitativos.

Nessa nova perspectiva de gestão dos recursos hídricos, ganha importância as questões situadas na interface entre as áreas de recursos hídricos e de saneamento ambiental. Entre essas questões, destacam-se algumas de caráter mais abrangente, como as intervenções voltadas ao controle da poluição hídrica difusa - por exemplo, drenagem e disposição de resíduos sólidos - e outras mais específicas, por sua estreita e direta relação com a saúde pública, caso dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (LIBÂNIO, 2005).

Neste sentido, os SSD não são construídos para tomar decisões, mas para auxiliar ou apoiar os decisores nesta tarefa, com objetivo de coletar, processar e prover informações. A experiência tem mostrado que uma das maiores qualidades dos SSD é exatamente tornar o processo de decisão mais ordenado e transparente prevenindo, desta forma, grande parte das falhas introduzidas por fatores subjetivos. Os SSD utilizam softwares que auxiliam na estruturação dos modelos de tomada de decisão. Portanto, podem contribuir de forma significativa para a gestão dos recursos hídricos abrangendo seus múltiplos usos em determinada bacia hidrográfica.

A seguir serão discutidas duas abordagens correlatas: o uso de metodologias informacionais qualitativas e de modelos conceituais.

5.4.2 Metodologia informacional qualitativa

A pesquisa qualitativa tem, a princípio, o papel de interpretar as informações, tendo como elementos básicos de análise palavras, idéias, e maior interesse na qualidade das informações¹.

A pesquisa qualitativa é caracterizada por uma quantidade volumosa de documentação, as quais se pode citar documentos de papéis, transcrições, jornais, fotocópias assim como documentos eletrônicos e em áudio e vídeo. O investigador que usa os dados qualitativos procura geralmente alcançar a compreensão de uma situação, experiência ou processo, através do aproveitamento dos documentos na sua forma original (FOREST, 2000).

A análise de dados qualitativos (termo usado para métodos que tratam de dados relativamente não-estruturados e que não consideram apropriado reduzir tais dados a

¹ Para contrapor e esclarecer faz-se saber que a pesquisa quantitativa mensura as informações, tem como elementos básicos de análise os números e maior interesse na quantidade das informações.

números) é feita por muitas disciplinas e profissões, nos quais se pode encontrar as ciências sociais e da saúde, pesquisa de mercado, estudos legais, políticos e históricos, sendo que agora apresenta-se neste trabalho o uso deste método no campo da engenharia (DUARTE, 2002).

O termo metodologia informacional é aplicado nas ciências sociais, computacionais, hídricas e ambientais para designar instrumentos e técnicas, que são formados por teorias materializadas em ato, por ferramentas metodológicas que amplificam, exteriorizam e modificam numerosas funções cognitivas humanas: memória (bancos de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais de todos os tipos), imaginação (simulações), percepção (sensores digitais, telepresença, realidades virtuais), raciocínios (inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos (SIMÕES, 2009).

É importante atentar para grandes vantagens que surgem a partir de uma revolução informacional, em que novos padrões de trabalho científico vêm sendo orientados pelo uso das metodologias informacionais que irão criar novas possibilidades na pesquisa, no ensino e no processo de construção da teoria.

A escolha de um modelo computacional de análise qualitativa consiste, basicamente, em se dispor de dados necessários com qualidade; no conhecimento detalhado da região de estudo e da estrutura do modelo escolhido; da performance do processo de calibração do modelo e na aplicação do mesmo à sua finalidade, de maneira que possa descrever, com certa fidelidade, o sistema físico escolhido (COSTA; KRUCKEN, 2004).

Os modelos usados como ferramenta fundamental são necessários como meio de qualificação dos conflitos investigados que constituem o sistema, permitindo, assim, avaliar as diversas alternativas propostas, pesquisadas na área de estudo, promovendo melhor qualidade no processo de decisão.

O processo de qualificação destes conflitos em bacias hidrográficas compreende uma ação conjunta dos diferentes atores envolvidos (sociais, econômicos ou sócio culturais), no intuito de melhor adequar o uso, controle e proteção de um recurso natural, sujeitando as respectivas ações antrópicas à legislação ambiental existente, visando atingir deste modo o desenvolvimento sustentável (ARAÚJO, 2005).

A solução de problemas relacionados ao uso dos recursos hídricos deve considerar questões ambientais, políticas, econômicas e sociais, apresentado uma grande quantidade de informações (variáveis ou conceitos) que de uma maneira ou de outra podem vir a interferir, em menor ou maior intensidade, nos resultados da pesquisa.

A construção de representações visuais do problema identificado é bastante complexa e deve se apresentar de forma simples, de fácil compreensão, direcionando para a tomada de decisão. O mapeamento de problemas deve considerar todas as características importantes que compõe o sistema e estabelecer parâmetros que não simplifiquem demasiadamente suas inter-relações, possibilitando a inclusão de variáveis que possam surgir ao longo do tempo, permitindo que as representações atuem eficazmente como subsídio para o desenvolvimento de uma visão compartilhada de suas metas e estratégias (COSTA; KRUCKEN, 2004).

Desta forma, o pode-SE definir um mapa² como uma fonte de comunicação, um guia que traz orientações, um instrumento para atingir algum objetivo e também facilitar a tomada de decisões. O mapa carrega uma intencionalidade e não é um artefato neutro. Sendo fundamental uma visão do contexto a ser mapeado e do contexto no qual o mapa será utilizado.

Este estudo basear-se-á na utilização de Mapas Conceituais, os quais indicam relações significativas entre conceitos de um conteúdo/tema/assunto, ou, ainda, um instrumento de avaliação. Podem indicar também proposições entre dois conceitos ligados por uma unidade semântica, formando uma rede, que constitui-se de nós e conexões, onde os nós representam os conceitos e as ligações, as relações entre eles (PEREIRA, 1998).

A utilização do modelo qualitativo, aplicando a metodologia informacional, tal como o Software Decision Explorer, na área de recursos hídricos, ajuda a entender os aspectos ambientais e sócio-econômicos, indispensáveis na tomada de decisão diante de um cenário de conflitualidade quanto ao uso desses recursos.

5.4.3 Mapeamento conceitual

Os mapas conceituais com apresentado neste trabalho são uma ferramenta metacognitiva³ que por sua natureza gráfica podem tornar as informações desejadas mais acessíveis, o que certo os credencia como um importante ferramental para expressão do conhecimento (NUNES; DAVIS, 2005).

² Destacam-se alguns significados de mapa, conforme o Moderno Dicionário da Língua Portuguesa Michaelis (2004): “ma.pa - sm (lat mappa): 1 Representação plana e reduzida de um setor da superfície terrestre. 2 Carta geográfica ou celeste. 3 Lista, catálogo, relação, quadro sinóptico. 4 Inform Dado que é ligado a um outro conjunto de dados. 5 Inform Lista de itens de dados ou objetos dentro de uma aplicação ou livro multimídia. (...)”

³ “Metacognição refere-se ao conhecimento que se tem sobre os próprios processos cognitivos, e produtos ou qualquer coisa relacionada a eles, isto é, o aprendizado das propriedades relevantes da informação ou dos dados”. (Flavell, 1976 apud NUNES; DAVIS, 2005).

Desenvolvidos por Joseph Novak os mapas conceituais são uma ferramenta para organizar e representar o conhecimento. Eles são utilizados como uma linguagem para descrição e comunicação de conceitos e seus relacionamentos e foram originalmente desenvolvidos para o suporte à Aprendizagem Significativa (GAVA et al, 2005).

No contexto deste trabalho tem fundamental importância à *Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel* (TSA), desenvolvida pelo psicólogo americano D. P. Ausubel, (MOREIRA; MASINI, 1982), vista como a melhor teoria de aprendizagem focada na aprendizagem de conceitos e proposições compostas de conceitos. De acordo com essa teoria, novas idéias são relacionadas àquelas já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

A idéia central da teoria de Ausubel é a de *Aprendizagem Significativa*. Esta é um processo através do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com a estrutura de conhecimento específica, definida como conceitos subsunçores (significados) ou simplesmente subsunçores, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. O armazenamento de informações no cérebro humano é considerado como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Estruturas cognitivas significam, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo (MOREIRA, 1993).

A diferenciação progressiva apresenta palavras diferenciadas enfatizando suas especificações, deve ser levado em conta as idéias mais gerais e mais inclusivas devem ser apresentadas no início para, somente então, ser progressivamente diferenciadas em termos de detalhe e especificidade; enquanto que na reconciliação integrativa o relacionamento de idéias, a fim de salientar diferenças e semelhanças significativas. Segundo Novak (1996) para atingir-se a reconciliação integrativa de forma mais eficaz deve-se organizar o ensino descendo e subindo nas estruturas conceituais hierárquicas à medida que a nova informação é apresentada. Isto é, começa-se com os conceitos mais gerais, mas é preciso ilustrar logo como os conceitos subordinados estão a eles relacionados e, então, voltar, através de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem mais alta na hierarquia.

O ser humano apresenta a tendência de aprender mais facilmente um corpo de conhecimentos quando ele é apresentado a partir de suas idéias mais gerais e mais inclusivas

(AUSUBEL et al, 1980; AUSUBEL, 2003) e se desdobrando para as idéias mais específicas e menos inclusivas.

Considerando essa característica da construção de significados, Novak e Gowin (1999) propuseram a construção de mapas conceituais como estruturador do conhecimento. Um *Mapa Conceitual* constitui-se em um conjunto de conceitos inter-relacionados, segundo uma estrutura hierárquica proposicional e permite, através de recursos gráficos, enfatizar as relações mais importantes entre conceitos. Considera-se um Mapa Conceitual uma maneira alternativa de estruturar e representar informações de forma relacional e modular, integrando e inter-relacionando conceitos, identificando protótipos, semiotizando o percurso que conduziu à sua construção. Logo, este pode ser definido como um recurso para representar um conjunto de significados conceituais incluídos em uma estrutura de proposições.

Amoretti e Tarouco (2000) apresentam as propriedades básicas que caracterizam os Mapas Conceituais, onde a forma de representar determinado conhecimento fundamenta-se: na *tipicidade* dos conceitos envolvidos – realçando a representatividade dos mesmos para o grupo cultural que o está empregando; no *nível de abstração* envolvido na categorização das informações – pela estruturação hierárquica de conceitos que permite associações, disposição em classes e sub-classes e identificação de suas propriedades, a partir de conceitos prototípicos; na *flexibilidade na modelagem de fenômenos cognitivos* – onde a rede que constitui o mapa simula a cognição humana, por associações entre propriedades de conceitos que permitem uma representação aberta do conhecimento; na *presença dos planos inferencial e referencial* – onde os conhecimentos são hierarquizados nesta representação, através de um componente terminológico e um componente lógico, que permitem transitar semiologicamente através do mapa conceitual (Figura 8).

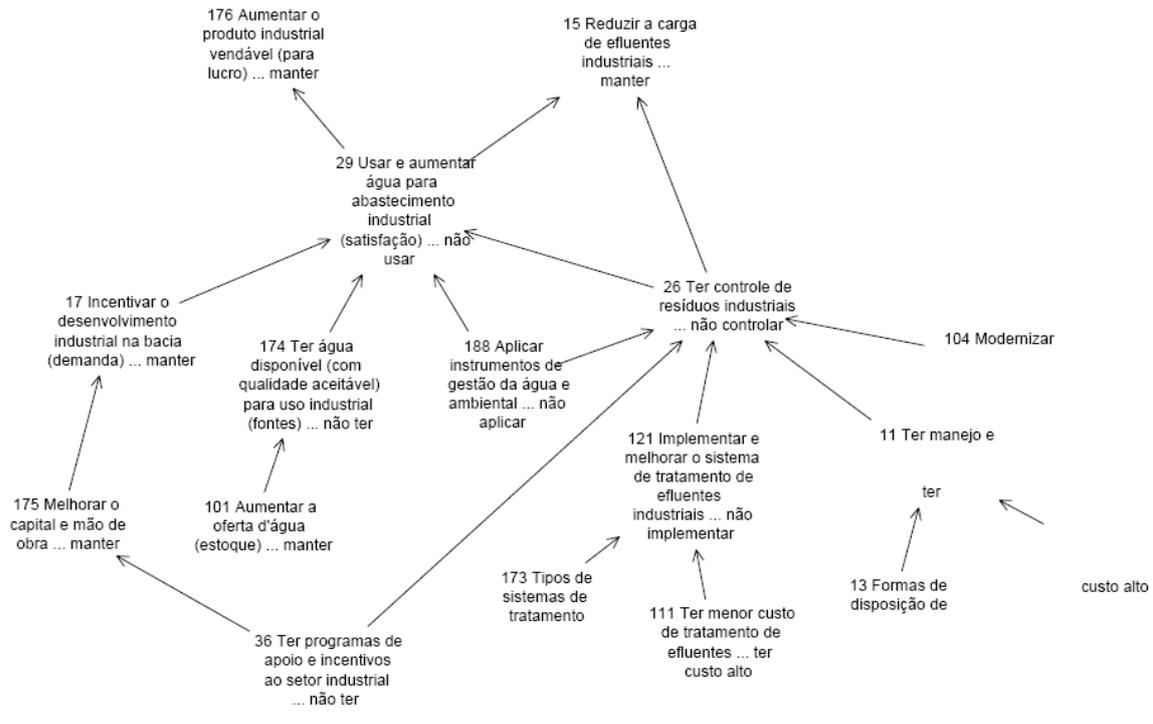
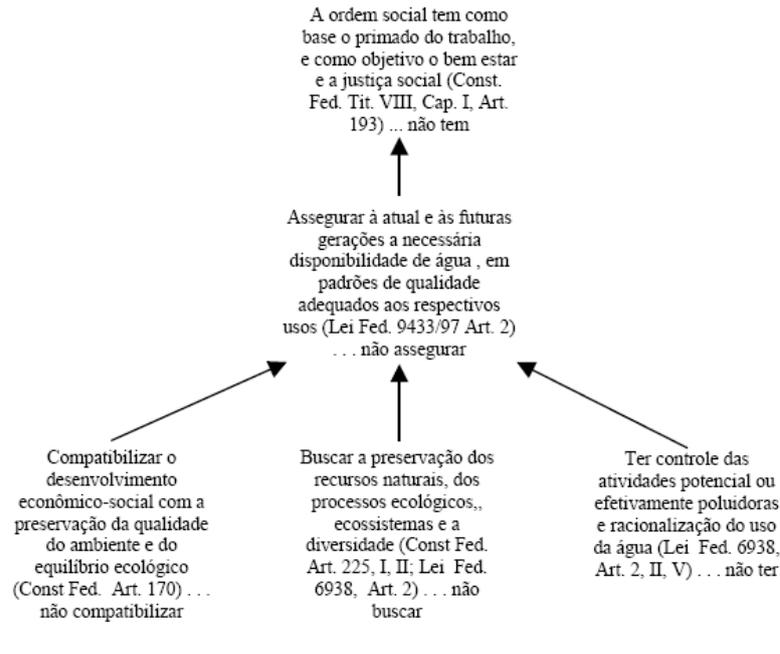


Figura 8. (a) Estrutura geral dos mapas cognitivos dos interesses socioambientais ou públicos; (b) Mapa cognitivo – água para abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes (LAURA, 2004).

Os mapas conceituais podem ser usados para esclarecer ou descrever as idéias que as pessoas têm sobre determinado assunto, uma vez que se apresentam com gráficos de conceitos, semelhantes a diagramas, em um domínio específico de conhecimento construído de tal forma que os relacionamentos entre os conceitos tornem-se evidente. Ou seja, eles representam conceitos e suas ligações (relacionamentos) na forma de um mapa, onde os nós são os conceitos e os links entre os nós, os relacionamentos entre os conceitos. Tais

relacionamentos são nominativos, ou seja, cada relacionamento entre dois conceitos forma uma proposição (BEUTER; PINTO, 2003).

Observa-se então que além da ordenação entre os conceitos (microordenação), o mapa apresenta uma ordenação de caráter mais macro (ACKERMANN, 1993), ou seja, o mapa pode ser visto como um conjunto de camadas: no topo o conjunto de metas do indivíduo; mais ao centro, conceitos que sugerem possíveis direções estratégicas; e abaixo destes, as opções que potencialmente podem viabilizar tais direções. Permeando essas três camadas têm-se todo o detalhamento, em termo de exemplos, explicações, opções e mesmo ponderações, que fundamenta a argumentação e as reflexões de quem relata o problema e torna o mapa um modelo de riqueza inquestionável (RIEG; ARAUJO FILHO, 2003).

Não há ainda uma metodologia bem definida para a construção do Modelo Conceitual, no entanto algumas etapas foram identificadas como sendo de importância primordial para o processo de modelagem, são elas (SILVA, 1999):

- Definir os objetivos: é necessário que o tomador de decisões tenha em mente os objetivos da pesquisa
- Delimitar o escopo: um modelo não se destina a representar o universo, mas sim a mapear uma parte dele à luz de um objetivo definido.
- Adquirir o conhecimento necessário: serão utilizadas técnicas de aquisição de conhecimento e o próprio modelo como fonte de dúvidas e de esclarecimentos.
- Identificar as possíveis soluções para o problema: com o decorrer da construção do modelo, soluções mais elaboradas vão se tornando mais visíveis.
- Abstrair e detalhar cada vez mais: a construção de um Modelo Conceitual deve iniciar-se simples, evoluindo para uma maior elaboração, com níveis de complexidade adaptados aos objetivos propostos.

Neste trabalho optou-se por um processo que cumpre 6 etapas básicas:

- i - identificar conceitos organizá-los de maneira hierárquica;
- ii - distribuí-los;
- iii - efetuar ligações para verificar seus relacionamentos;
- iv - atribuir nomes para a natureza da relação;
- v - revisar o mapa conceitual; e
- vi - preparar o mapa final e fazer as análises.

A elaboração final dos mapas representou um apoio no processo de percepção e raciocínio, pois as imagens obtidas pelos mapas conceituais tornaram-se um instrumento de investigação para a melhor proposição do enquadramento do curso hídrico estudado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos

6.1.1 Hidrografia

A rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Tucunduba caracteriza-se pela drenagem principal representada pelo Igarapé Tucunduba, cuja extensão é de 3.600 m, conservando em sua trajetória um aspecto natural dendrítico; alterado pelas sucessivas intervenções (canalizações) que descaracterizam o padrão de drenagem natural (Figura 9).

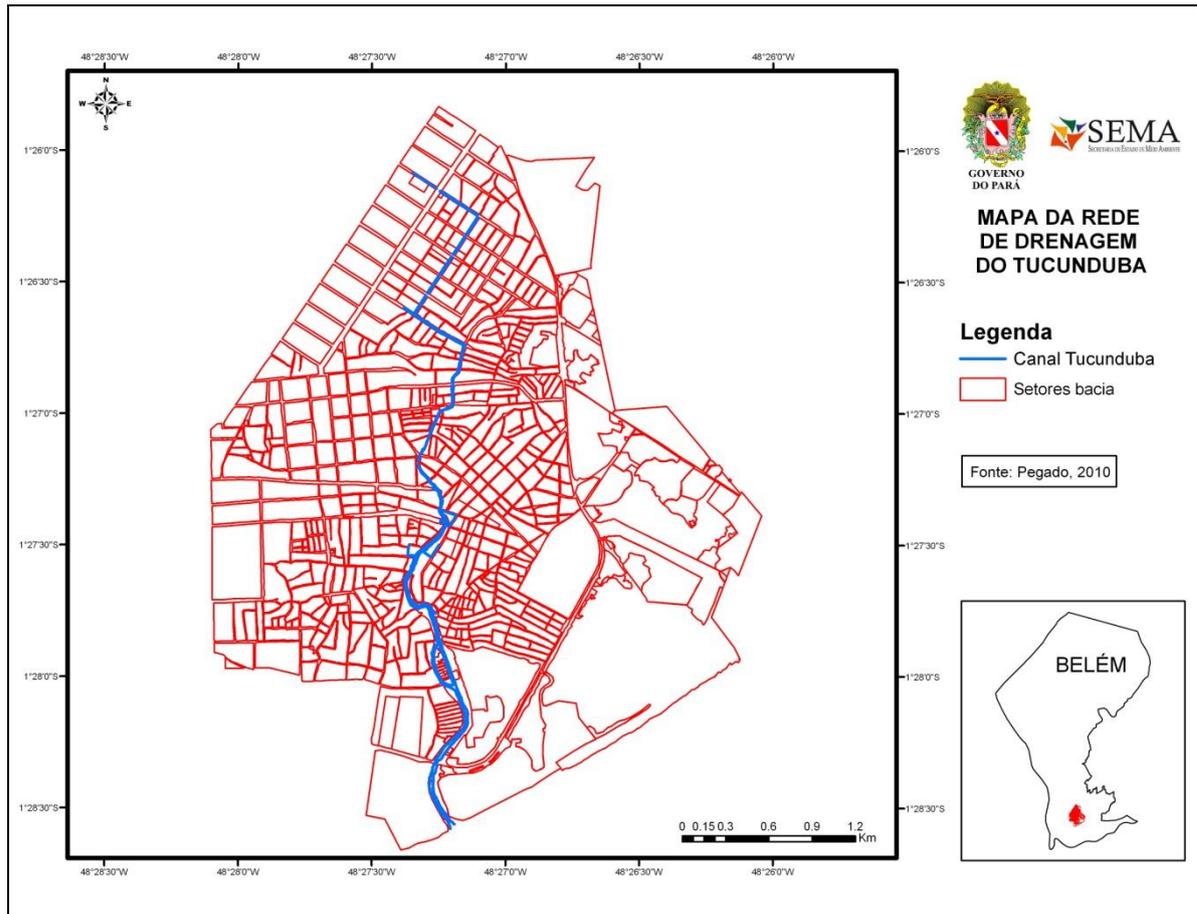


Figura 9. Rede de drenagem da bacia do Tucunduba, após as sucessivas canalizações.

A rede de drenagem secundária é composta por 13 canais, que representam antigos cursos naturais que foram retificados e perfazem cerca de 14.175 m de extensão (BELÉM, 2001a).

Dentre os canais que foram retificados ou revestidos destacam-se: Tucunduba (3900m), Angustura (430m, dos quais 387m são revestidos), Leal Martins (885m, com 664m revestidos), Vileta (570m, com 342m revestidos), Timbó (300m, 180m revestidos), Santa Cruz (890m), Cipriano Santos (650m, retificados), Nina Ribeiro (510m, retificados), Gentil (1480m, retificado e revestido), 2 de Junho (650m, retificado), Caraparu (1 310m, retificado),

Lago Verde (1100m, retificado), Mundurucus (700m, 250m revestidos) e Lauro Martins (800m). (COSTA, 2000)

Com relação às suas características físicas, a bacia do Tucunduba apresenta 59% de sua área com cota altimétrica inferior a 5 m, fator de forma (K_f) igual a 0,53 e fator de compacidade igual a 1,19, além de uma densidade de drenagem igual a 0,99 km/km^2 (FIGUEIREDO, 2004).

A canalização executada não considerou os ciclos naturais da drenagem (erosão-transporte-deposição), assim como as demandas de manutenção de área de preservação permanente e do entorno de nascentes.

6.1.2 Geomorfologia

Segundo a Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém (SAÚMA FILHO, 1996), a Região Metropolitana de Belém, apresenta quatro unidades de relevo: Terrenos Sedimentares do Quaternário-Pleistoceno, Terrenos Sedimentares do Quaternário-Holoceno, Zonas Rebaixadas e Terraços Fluviais Inundáveis e Planícies Flúvio-Marinhas, descritas a seguir (Figura 10).

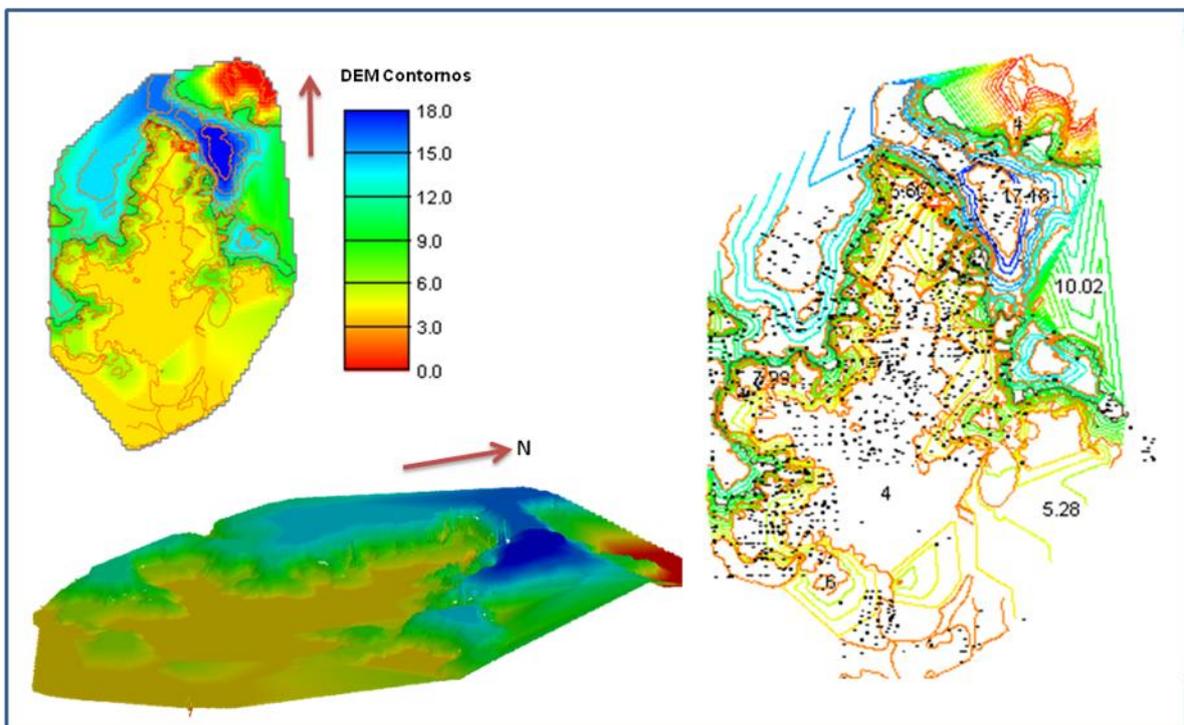


Figura 10. Variações do relevo na bacia do Tucunduba, segundo Cacula Filho et al (2007).

Os Terrenos Sedimentares do Quaternário-Pleistoceno constituem unidade com maior expressão no município de Belém, correspondendo a pediplanos aplainados, observando-se

localmente ondulações suaves de topos ferruginosas e que podem pertencer à base dos sedimentos Pós-Barreiras. Corresponde às maiores cotas topográficas dos bairros do Marco, Pedreira e Terra Firme.

Os Terrenos Sedimentares do Quaternário-Holoceno correspondem às áreas de baixadas, estando relacionados a antigos depósitos de terraços fluviais. Encontram-se bem representados nos bairros do Jurunas, Terra Firme, Guamá, Batista Campos, Sacramento, Telégrafo e adjacências dos distritos de Icoaraci e Mosqueiro.

A Zona Rebaixada e Terraços Fluviais Inundáveis corresponde aos depósitos que sobrepõe-se aos terrenos quaternários mais antigos, sendo bem representados nas zonas de baixadas do município de Belém, corresponde à planície de inundação do Igarapé Tucunduba. Representa a zona onde ocorrem inundações periódicas, por ocorrência de chuvas ou de marés. Relacionam-se às menores cotas topográficas da região. A deposição de sedimentos, em geral argilosos, dá-se com o represamento dos rios e igarapés na região, com o aporte da maré alta, sendo encontrados em áreas urbanizadas ou não.

As Planícies Fluvio-marinhas correspondem às áreas de manguezais, praias, rios e igapós, onde se depositam sedimentos modernos.

A declividade (dada em porcentagem), na bacia do Tucunduba, em maior concentração está próxima de zero, isso quer dizer que a bacia apresenta em sua maioria a área plana. No geral (mais de 90%) as declividades variam de 0 a 3%, o que corresponde a aproximadamente 12 graus. Portanto a bacia do Tucunduba é pouco acidentada, com relevo considerado plano (COSTA, 2000). (Figura 11)

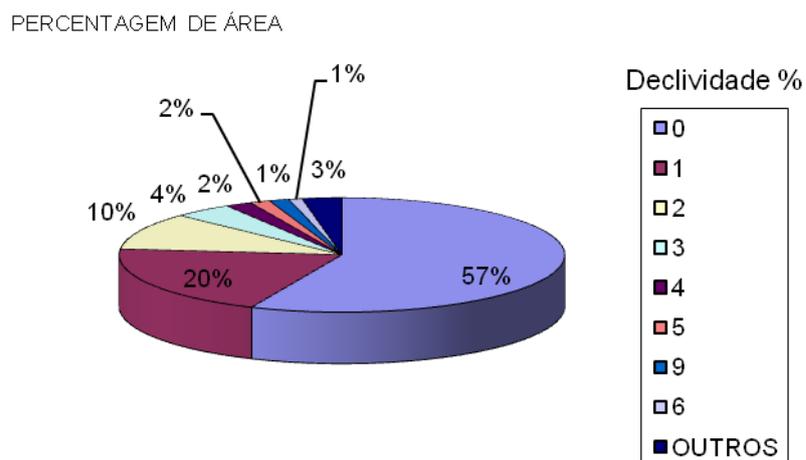


Figura 11. Gráfico demonstrando a distribuição espacial da declividade na bacia do Tucunduba (COSTA, 2000).

6.1.3 Clima

Considerando os trabalhos de Figueiredo (2004); Costa e Mattos (2000), CPRM (2002) e Souza et al (2006) destacam-se as seguintes características (Figura 12):

- A cidade de Belém, onde está situada a Bacia do Tucunduba, apresenta características distintas daquelas comuns a Região Amazônica, apresentando um clima quente e úmido, com baixas amplitudes térmicas e sem estação seca bem definida.
- Segundo Koeppen, a cidade de Belém pode ser classificada como de clima tropical chuvoso, com pequena amplitude térmica anual e precipitação média mensal superior a 60 mm, ou seja, do tipo Af_i. Quando considerada a classificação de Thorthwaite, ela é classificada como clima muito úmido, com pequena deficiência de água, ou seja, do tipo B4A'r.
- Estas características podem ser justificadas pela sua posição geográfica (próxima ao Oceano Atlântico), sua baixa altitude, seu relevo plano e vegetação arbórea densa.
- Analisando o índice pluviométrico diferenciado, de aproximadamente 2.800 mm/ano, é uma região que apresenta dois períodos sazonais distintos: o período chuvoso (“inverno”) e o período seco, popularmente chamado de verão.
- A Figura 13 mostra a variação média mensal da precipitação no período de 1923 a 2001. Observa-se que o mês mais chuvoso foi o mês de março com o valor médio mensal de 437,5mm e o mês menos chuvoso foi novembro com o valor médio mensal de 106,4mm. O período de chuva é indicado em dezembro e diminui em maio. Os seis meses mais chuvosos são: dezembro a maio (neste período ocorreu aproximadamente 73% de toda a precipitação) e os menos chuvosos foram de junho a novembro.
- Por estar localizada na Região Equatorial, apresenta uma pequena variabilidade anual na sua temperatura média, sendo que o máximo valor ocorre no mês de outubro e o mínimo no mês de março, com 27,9°C e 25,7°C, respectivamente; com amplitude térmica média anual de apenas 2,2°C. Em termo de valor médio anual, o seu valor é de 26,5°C. As menores temperaturas médias são verificadas nos meses de fevereiro, março e abril, que correspondem aos meses de maior nebulosidade e precipitação pluviométrica.
- Os maiores valores de umidade relativa do ar ocorrem nos meses de fevereiro, março e abril, com uma média de 91%, diminuindo em seguida até atingir os valores mínimos, da ordem de 83%, nos meses de outubro e novembro. A oscilação média anual é relativamente pequena, estando em torno de 8 %, enquanto que o valor médio anual é de aproximadamente 84%.

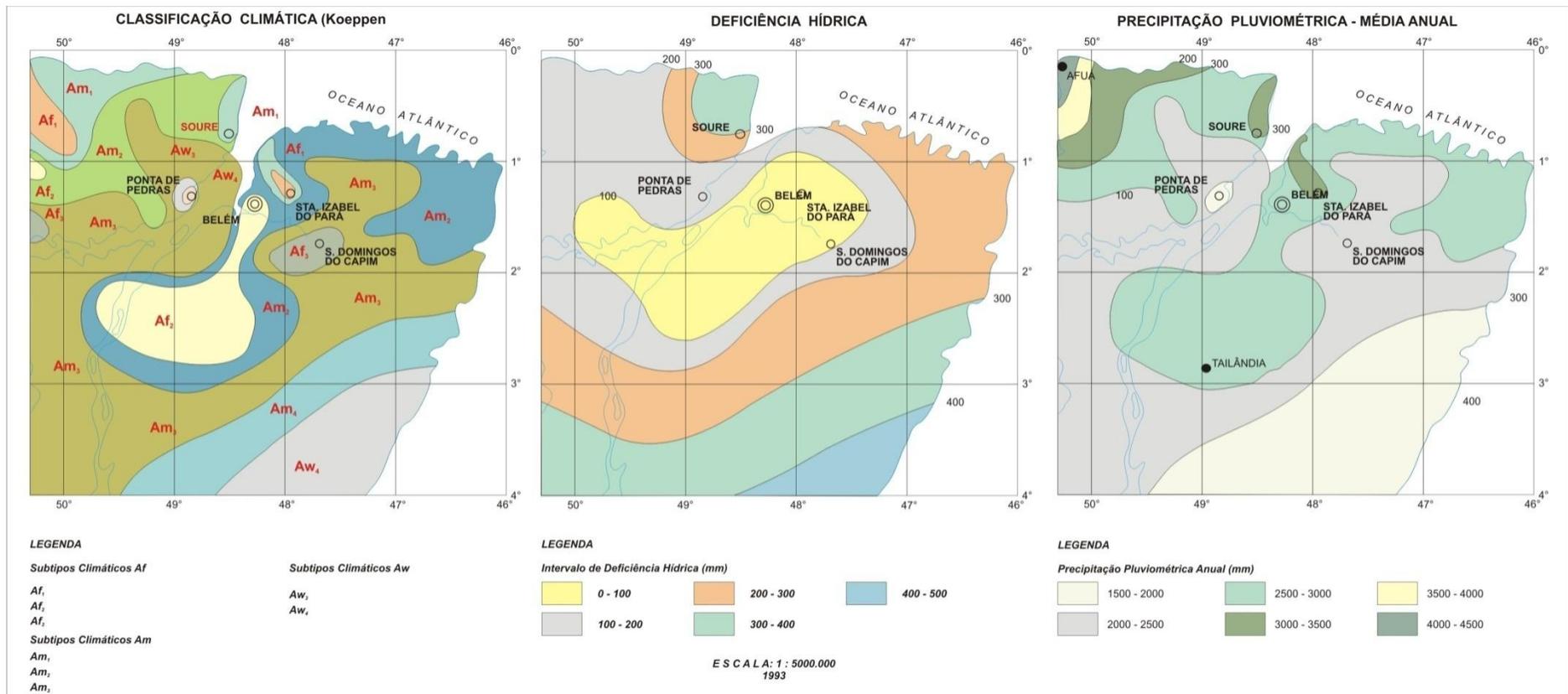


Figura 12. Mapas climáticos do nordeste do Pará, segundo CPRM (2002).

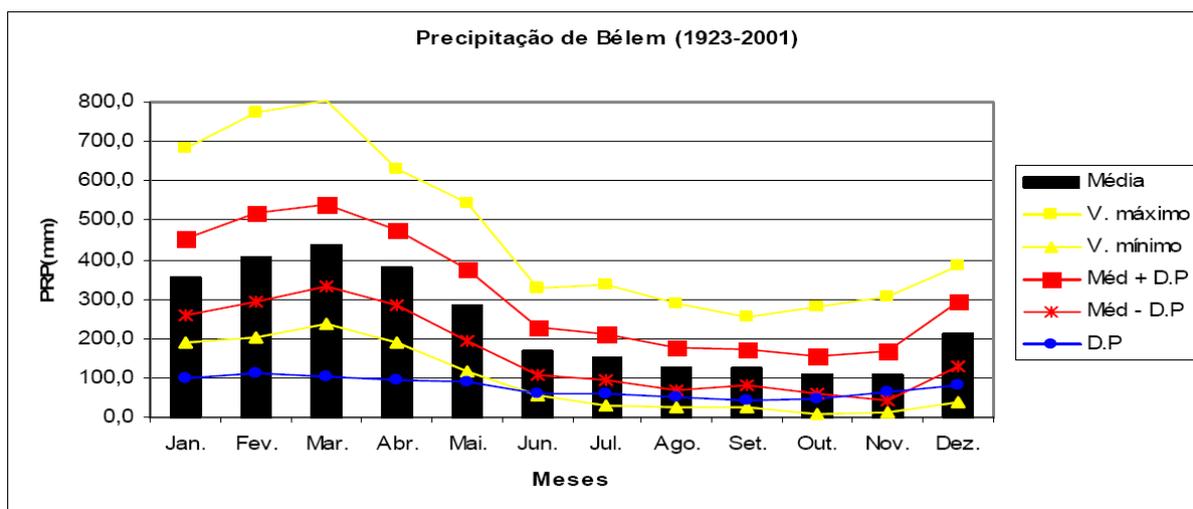


Figura 13. Climatologia mensal da precipitação em Belém (SOUZA *et al*, 2006).

- A evaporação média anual é elevada e da ordem de 771 mm. Entretanto, a oscilação média mensal é bem acentuada, com os menores valores ocorrendo no mês de fevereiro, com média de 38,5mm, quando predomina grande nebulosidade, inibindo o aquecimento da superfície, até um máximo de 83 mm, no mês de novembro, onde a pequena porcentagem de cobertura do céu proporciona a ocorrência de elevadas temperaturas.
- Localizada na região de confluência dos ventos Alísios, a cidade de Belém apresenta direção predominante dos ventos de Norte e Nordeste, com baixas velocidades médias anuais, oscilando entre 1.0 m/s e 2,0 m/s, sendo que os menores valores ocorrem, geralmente, na estação chuvosa.

6.1.4 Cobertura de solos

Os trabalhos de Mazzeo (1991), Saúma Filho (1996), Pinheiro (2002) indicam que a cobertura de solos no município de Belém é caracterizada por:

- Apresentar sete unidades taxonômicas de solo que são: Latossolo amarelo, Laterita hidromórfica, Concrecionário laterítico, Podzol hidromórfico, Hidromórfico gleizado, Areia quartzosa, e áreas aterradas.
- O solo Concrecionário laterítico possui maior distribuição espacial, o Latossolo amarelo ocorre em Ananindeua e Mosqueiro, enquanto que às margens do Rio Guamá (baixadas de Belém), ocorre o tipo “gley pouco úmido”.
- Os solos do Gley Húmico originam-se a partir de sedimentos argilo-siltíficos e são pouco profundos, formam-se em relevo plano. São pouco permeáveis e predominam às margens dos igarapés.

- Além dos tipos de solo acima, ainda ocorrem três tipos, associados a sua topografia: solos de igapó, que são encharcados, inconsistentes e ácidos; solos de várzea, que ficam encharcados no período chuvoso mais intenso; e os solos de terra firme.

6.1.5 Características geológicas

Com base em CPRM (2002) e Pinheiro (2002) citam-se as seguintes características da geologia formadora das bacias hidrográficas do município de Belém (Figura 14):

- Os litotipos que compõem a moldura geológica da área estão nos domínios das coberturas fanerozóicas e acham-se representados por uma seqüência carbonática em subsuperfície, denominada Formação Pirabas, de idade miocênica. Esta unidade está recoberta por sedimentos clásticos do Grupo Barreiras, de idade terciária, e, seqüencialmente, pelas coberturas Detrítico Lateríticas, Sub-Recente e Aluvionar Recente, todas de idade quaternária. As duas últimas coberturas são constituídas pelos sedimentos aluvionares inconsolidados que jazem na faixa costeira, leitos das drenagens e manguezais.
- Na cidade de Belém, a Formação Barreiras aflora abrangendo cerca de 5% da cidade, nos bairros da Pedreira, Terra Firme e Tapanã. As suas melhores exposições ocorrem em Outeiro (com estruturas e fósseis preservados) e Santana do Aurá.
- A Formação Barreiras é representada por sedimentos continentais argilosos, arenosos e conglomeráticos, de coloração amarelada a alaranjada, com níveis de areníticos ferruginosos, pouco consolidados, com estruturas primárias do tipo estratificações e conteúdo fossilífero vegetal (folhas, galhos e raízes) e animal (ophiomorphas), além de estruturas possivelmente tectógenas como microfaturas e microfalhas.
- Os sedimentos Pós-Barreiras são areno-argilosos, de granulometria grossa, amarelados e inconsolidados. Estão em discordância erosional sobre o Grupo Barreiras, cujo contato é marcado por seixos rolados de arenito ferruginoso ou, ainda, fragmentos dos sedimentos Barreiras.

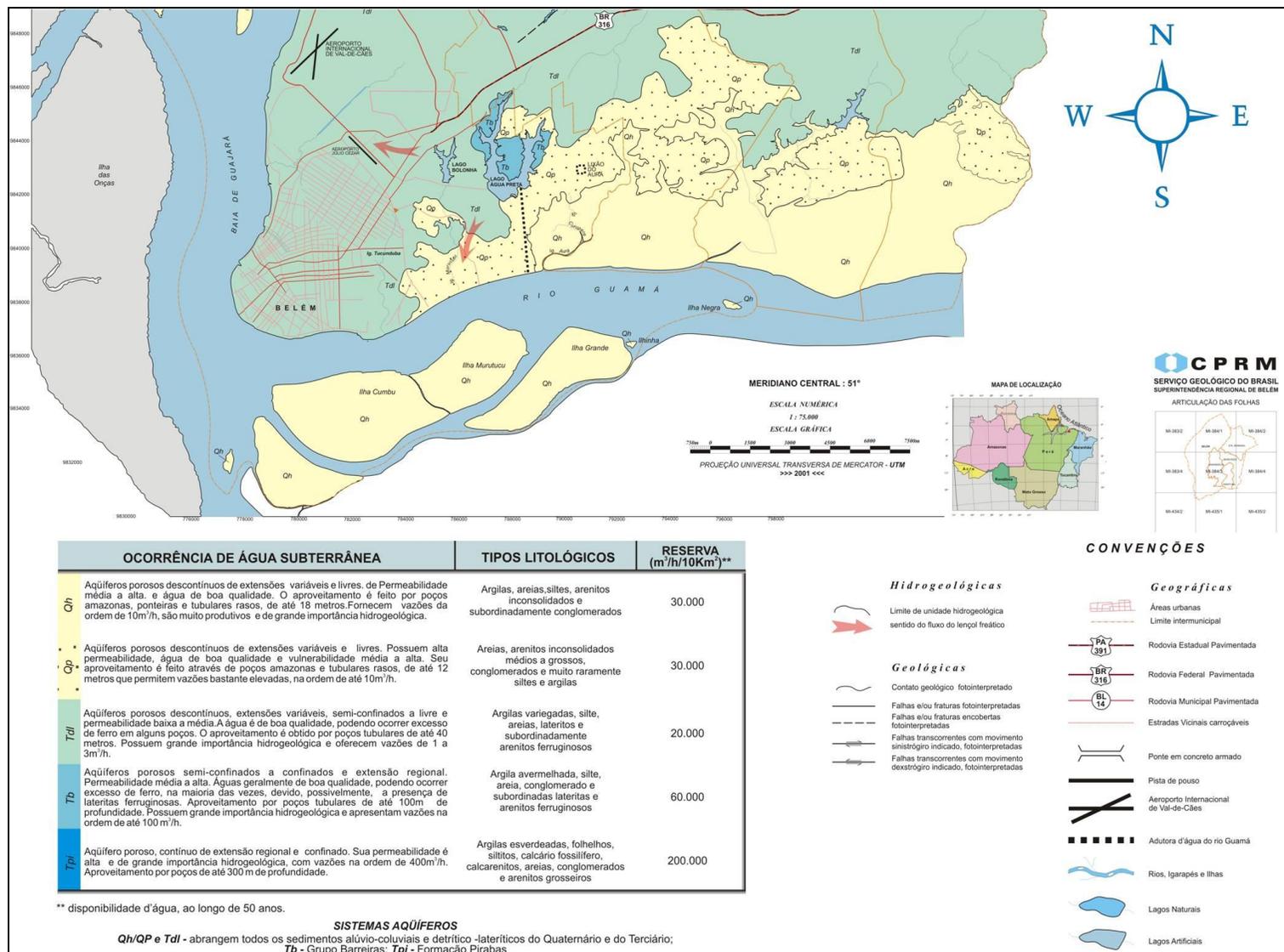


Figura 14. Mapa geológico e hidrogeológico da Região Metropolitana de Belém, modificado de CPRM (2002).

6.1.6 Hidrogeologia da Região Metropolitana de Belém

Na caracterização da hidrogeologia da região de estudo, foram utilizados os trabalhos já consolidados de SEICOM (1995), Oliveira et al (1998) e CPRM (2002); a partir destes foram elencados os seguintes componentes (Figura 14):

- Os litotipos que podem exercer papel de aquífero dentro do arcabouço geológico da cidade de Belém, são representados por sedimentos arenosos, de origem continental, pertencentes ao Quaternário e ao Grupo Barreiras, e pelas areias e arenitos, de origem marinha, da Formação Pirabas. Nesta, a profundidade atinge até mais de 500 m, estando intercalados com camadas argilosas. As variações de fácies dessas formações se refletem na distribuição espacial desses aquíferos, com profundidades, espessuras e características hidrodinâmicas variáveis. Essas características (condutividade hidráulica, transmissividade e coeficiente de armazenamento) permitem definir a resposta de um aquífero a uma determinada perturbação externa, como um bombeamento.
- Esses aquíferos são do tipo permo-poroso, constituídos pelos sedimentos da Unidade Pós-Barreiras formada por níveis argilo-arenosos e material inconsolidados alúvios e colúvios.
- Os aquíferos do Quaternário são representados por areias finas a médias, quartzosas, de origem continental, em geral de planícies aluviais. Sua espessura atinge um pouco mais de 10 m e em alguns locais a profundidade alcança pouco mais de 20 m. Esses aquíferos apresentam grande vulnerabilidade à poluição e/ou contaminação, principalmente por fossas e esgotos domésticos, devido à sua proximidade da superfície.
- Os aquíferos do Grupo Barreiras são os mais explorados, são compostos por litotipos de natureza heterogênea, gradando desde argilitos até arenitos com granulometria grossa, intercalados por alguns locais, cavidades intercunicantes, constituindo zonas com transmissão de água relativamente elevada. As camadas aquíferas apresentam espessuras reduzidas não permitindo grandes vazões. Frequentemente apresentam teor de ferro incompatível, com o recomendado pelo Ministério da Saúde. São aquíferos semi-livres a confinados.
- Os aquíferos do Grupo Barreiras têm distribuição espacial irregular, sendo muito variáveis em espessura, profundidade, continuidade lateral e características hidrodinâmicas. Atinge a profundidade máxima em torno de 100 m.
- A Formação Pirabas é formada por dois sistemas de aquíferos, do tipo multimarcas, denominados de Pirabas e Pré-Pirabas. O aquífero Pirabas é caracterizado por sedimentos

marinhos, fossilíferos, compostos por argilas calcíferas de cor cinza esverdeada e por leitos de calcário duro, de coloração cinza esbranquiçada, que se alternam sucessivamente com camadas de arenito calcífero, calcário e folhelho. A produtividade desse aquífero é moderada, contudo, pode-se esperar boas vazões, principalmente nos arenitos de maior granulação.

- O aquífero Pré-Pirabas constitui-se predominantemente, de camadas repetitivas de arenitos de cor cinza esbranquiçada, granulação fina a conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados. Esse sistema ocorre abaixo de 180 m, com vazões de até 600 m³/h, de boa potabilidade, na maioria das vezes com teores de ferro baixíssimos ou até mesmo com ausência deste elemento.

6.1.7 Cobertura vegetal

Rodrigues e Luz (2007) indicam que a porção meridional do município de Belém, apresenta altos níveis de alteração da paisagem como resultado do processo histórico de produção do espaço urbano. Onde se observa que em 1984 a cobertura vegetal era de 49%, com perda significativa nos últimos vinte anos, decaindo para 27% em 2004. O distrito administrativo do Guamá possui 14.000 m², é o mais populoso com cerca de 349.535 habitantes. Apresentava 27,7% de cobertura vegetal em 1984, sobretudo na porção leste do distrito, em forma de manchas conectadas na área de influência da bacia do rio Tucunduba, incluindo as remanescentes de floresta ombrófila densa aluvial ou vegetação de várzea. Em 2004, a área de cobertura vegetal caiu para 9,25%, sobretudo em decorrência de ocupações espontâneas de terrenos institucionais pertencentes à Universidade Federal do Pará, pela população de baixa renda, tornando o distrito em uma das maiores áreas de adensamento populacional do município de Belém (Figura 15).

Na bacia do Tucunduba, deveria ter como esperado a predominância de várzeas, vegetação característica dos processos de colmatação natural provocada pelas inundações decorrentes do período de enchentes, em virtude da elevada concentração de sólidos suspensos presentes em águas estuarinas. A composição e o desenvolvimento da vegetação de várzea dependem principalmente da relação entre o relevo e o regime de marés. Em áreas permanentemente inundáveis é possível identificar a formação de igapós. Nas regiões mais elevadas, a vegetação dominante é a de várzea alta (DIAS et al, 2003). Destaca-se que parte dos limites geográficos da bacia abrange os limites da APA Belém, que representa o único fragmento de vegetação nativa na mesma.

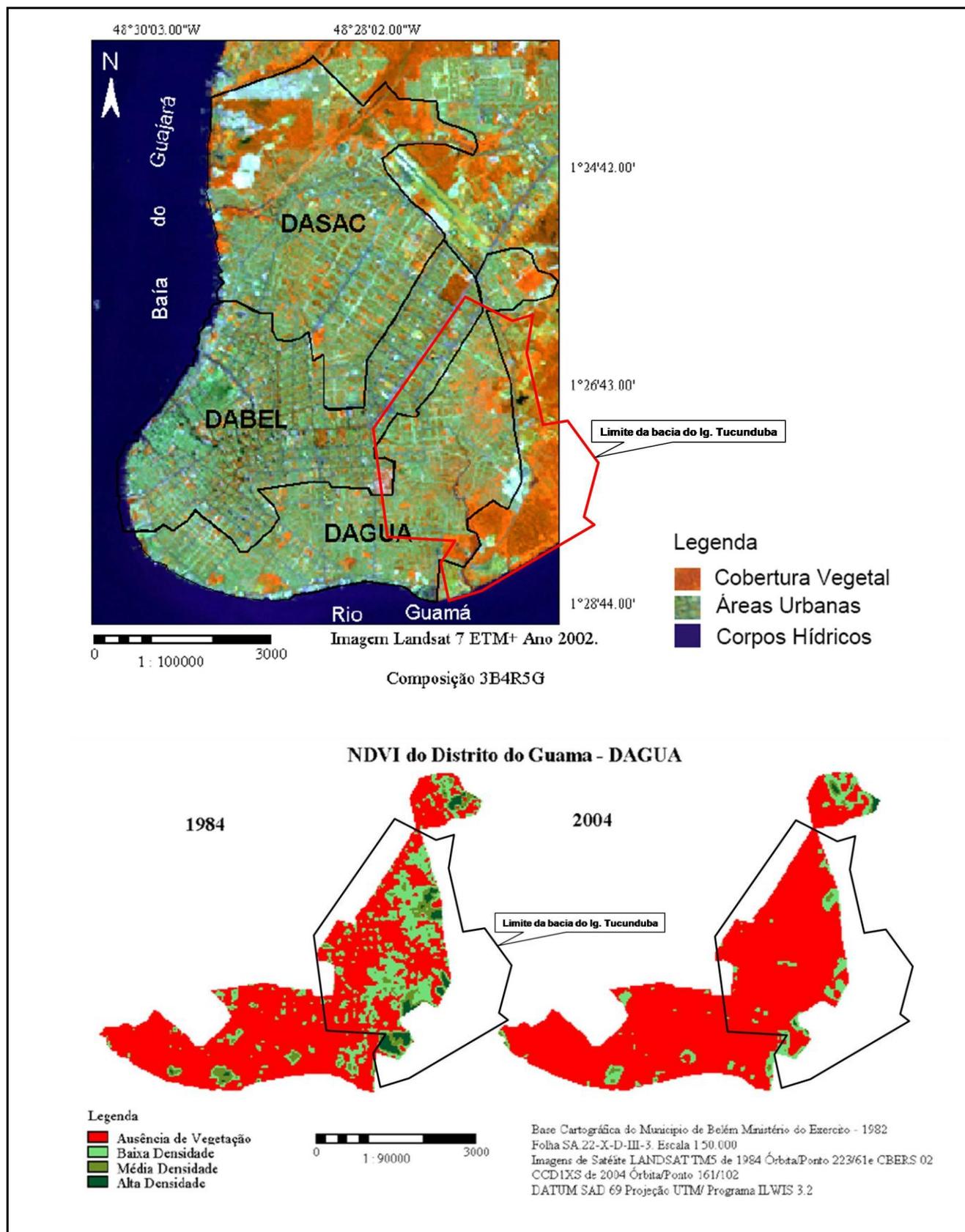


Figura 15. Evolução da cobertura vegetal, segundo Rodrigues e Luz (2007).

6.1.8 Identificação dos aspectos socioeconômicos relevantes

A bacia hidrográfica do Tucunduba está situada na parte sudeste do município de Belém, no distrito administrativo do Guamá, conforme a Lei N° 7682 de 05/01/1994. É delimitada pelas bacias de Murutucum, Una e Estrada Nova, abrangendo sete bairros, sendo eles: Guamá, São Braz, Marco, Canudos, Curió-Utinga, Universitário e Terra Firme sendo os quatro últimos de completa abrangência. No aspecto físico, a área do Tucunduba apresenta-se semelhante a um arco, de um lado ocupada por residências de alvenaria e de outro, por instituições com vegetação típica, sendo circundada por muitas casas de palafitas acessíveis através de estivas e passagem de aterro (SANTOS, 2004).

6.1.8.1 Desenvolvimento urbano

A história da ocupação e transformação sócio-espacial da Bacia do Tucunduba, data do final do século XIX e início do século XX (1887 e 1910) ainda durante a administração do Intendente Antônio Lemos. Neste período Antônio Lemos proibiu a construção de estábulos e pastoreio de gado nas áreas centrais da cidade que compunham as terras altas, já muito povoadas. Aqueles que exerciam atividades agropecuárias passaram a se dirigir para as áreas mais afastadas do centro da cidade - as áreas de baixada (FERREIRA, 1995).

A várzea do Tucunduba também serviu para abrigar construção de asilos e casas de saúde e de recolhimento de mendigos e doentes mentais, os afastando do centro da cidade e do convívio social devido às exigências de programas de higienização, assim com para valorização das áreas centrais da cidade.

Sem opções de expansão urbana devido ao grande cinturão institucional que delimita a primeira Léngua Patrimonial de Belém, as terras alagáveis consideradas impróprias para urbanização e por isso, até meados do século XX eram ocupadas por vacarias, passaram a sofrer pressões para ocupações consideradas ilegais. Essas ocupações geraram áreas de aglomerações humanas desordenadas e bastante adensadas.

Ao longo das décadas de 60 e 80 o número de ocupações cresceu na cidade de Belém, segundo Costa (1992) esse fenômeno ocorre em função do elevado número de desemprego e subempregos. Muitas famílias foram levadas a habitar áreas de periferia ou núcleos surgidos a partir do processo de ocupação. Esse período foi marcado então por um adensamento populacional acelerado e por um processo de valorização cada vez maior dos espaços urbanos centrais.

Nesse contexto de ocupação desordenada que se formaram no baixo curso do igarapé Tucunduba, os assentamentos do riacho Doce e do Pantanal. No caso do Riacho Doce a consolidação desta ocupação se deu a partir de uma olaria existente às margens do igarapé Tucunduba e no caso do Pantanal o centro agregador foi uma fábrica de palmito, também localizada às margens do igarapé. Ao longo da margem do igarapé havia a existência de uma mata de várzea que foi gradativamente sendo substituída por unidades habitacionais.

Em meio a muitos conflitos com os supostos proprietários dos terrenos as famílias foram se instalando e a ocupação se efetivou, os lotes foram sendo divididos, a construção de barracos de madeira foi ocorrendo de forma desordenada, ocupando até mesmo porções do terreno recortadas por pequenos igarapés. Sem saneamento básico, sem energia e água as soluções pra os problemas vividos no cotidiano foram surgindo em meio às adversidades.

A água usada era retirada, direto do igarapé Tucunduba ou de canos quebrados ao longo da Av. Perimetral, ou ainda de dentro da Universidade Federal do Pará. Mulheres e crianças carregavam baldes e latas, ou ainda tanques em cima de carro de mão.

O abastecimento de energia elétrica era feito através de linhas clandestinas – os “gatos” – instalados pelos próprios moradores, expondo-os ao risco de curto-circuito e incêndios.

O lixo e os dejetos não tinham destino certo. A maioria das famílias despejava no terreno ao lado, que hoje abriga a Cooperativa Habitacional dos Servidores da UFPA, ou despejavam direto no Igarapé Tucunduba ou deixavam acumular debaixo das casas.

Nestas duas áreas, benefícios como abastecimento de água, ligações da rede de energia elétrica, foram conquistados através do Centro Comunitário que organizou os moradores e com o apoio de organizações não governamentais e da Igreja (católica e evangélica).

6.1.8.2 População

A população residente às margens da bacia do Tucunduba é de aproximadamente 150.000 pessoas, o equivalente a 15,5% da população do município de Belém. Cerca de 125.000 moram em palafitas, nas chamadas áreas alagadas (SANTOS, 2004).

O bairro do Guamá é o que possui maior densidade demográfica, correspondendo a 38% da toda a área da bacia do Tucunduba. O espaço em volta da Universidade Federal do Pará abriga cerca de 27.000 habitantes (IBGE, 2000).

A área do Tucunduba tem sofrido um intenso processo de ocupação por pessoas de baixa renda, que ao longo das últimas décadas, invadiram propriedades públicas e privadas,

devido a facilidade de acesso à bacia do Tucunduba e pela proximidade com as áreas infra-estruturais, onde ocorre uma maior concentração de trabalhos informais e condições de sobrevivência da população menos favorecidas do município.

De acordo com o IBGE (2000) dentre os bairros que sofrem influência da Bacia do Tucunduba, o bairro do Guamá, é o mais populoso e o Montese/Terra Firme ocupa segunda colocação, como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Número de habitantes nos bairros da Bacia do Igarapé Tucunduba (Fonte: IBGE/Censo, 2000).

Bairros	Homens (mil habitantes)	Mulheres (mil habitantes)	Total (mil habitantes)
Guamá	49.034	53.131	102.161
Montese/Terra Firme	30.498	32.319	63.267
Universitário	1.296	1.332	2.628
Condor	6.660	7.942	14.602
Marco	28.889	34.934	63.823

6.1.8.3 Socioeconomia local

A área físico-territorial da Bacia do Igarapé Tucunduba caracteriza-se como uma área marcada pela concentração de moradias inadequadas, que são casas edificadas em madeira, em estado precário de conservação, e madeira/alvenaria (uso misto) composto de compartimento de comércio e moradia onde inexitem, ou são insuficientes, os serviços básicos de saneamento que afetam de forma direta a saúde desta população.

A área do canal do Tucunduba pode ser considerada como uma zona de característica prioritária como de uso residencial, onde se constata a prática de diversas atividades econômicas, principalmente as de uso diário dos moradores tais como: feira, padarias, estâncias, açougues, pequenos comércios com venda de roupas de roupas novas e usadas, venda de açaí, etc.

Através do banco de dados coletados pela equipe Secretaria Municipal de Saneamento-SESAN (BELÉM, 2000) observou-se que os moradores apresentam um baixo poder aquisitivo, estando à renda familiar compreendida na faixa de $\frac{1}{2}$ a 3 salários mínimos e que tem no mercado informal de trabalho, a sua principal fonte de renda, em função da ausência de alternativas para o seu sustento e sobrevivência necessária, este considerado um fator decorrente do elevado índice de desemprego e subemprego.

Dentre os bairros que formam a bacia do Tucunduba, o bairro do Guamá é considerado um dos bairros mais populosos de Belém (aproximadamente 250 mil habitantes) e de acordo

com dados oficiais da Secretaria de Estado de Segurança Pública (SEGUP) apresenta índices significativos de criminalidade, sendo considerado o bairro mais violento da RMB.

Seguindo a política Nacional, o Governo do Estado, lançou em 2008 o Plano Estadual de Segurança Pública (Segurança Cidadã), tendo como projeto piloto “A Base comunitária do Guamá e da Terra Firme”, estes bairros foram escolhidos devido à maior incidência dos índices de criminalidade e violência em relação aos outros bairros da região metropolitana de Belém, de acordo com os dados oficiais da Secretária Estadual de Segurança Pública e do Programa Nacional de Segurança Pública com Cidadania (PRONASCI).

Este projeto tem como premissa a atuação de um novo modelo de Segurança Pública no combate a criminalidade e a violência a partir do fortalecimento da interação entre a comunidade e Polícia, e tem como público alvo a comunidade em geral.

O Projeto tem o seguinte plano de ação: prevenção e combate ao uso das drogas, violência, e pequenos delitos; educação para trânsito, educação ambiental e cidadania; prevenção de acidentes domésticos tendo como público alvo as escolas dos bairros; capacitação dos agentes de segurança pública e dos comunitários como Promotores de Polícia Comunitária, além do policiamento ostensivo, bem como de atendimento ao público direcionando aos órgãos competentes as demandas solicitadas e visitas nas áreas de difícil acesso dos bairros e aplicação de questionários sobre as necessidades da comunidade.

6.1.9 Saneamento ambiental

6.1.9.1 Abastecimento de água

O abastecimento de água na área é de inteira responsabilidade da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), porém é bastante deficiente, situação esta evidenciada através das constantes baixas de pressões na rede geral de abastecimento, impossibilitando a chegada de água às torneiras das residências, o que torna comum o transporte e armazenamento de água em camburões e vasilhames reutilizados.

Não há previsão à expansão de rede, ou substituição das tubulações antigas existentes, restando ao próprio morador a alternativa de buscar através de iniciativa própria a solução para o seu problema, através da escavação de poços a céu aberto do tipo convencional (amazonas), predominantemente nas adjacências das fossas sépticas. Com isso em função das precárias condições principalmente a sanitária, registra-se um elevado índice principalmente de mortalidade infantil no bairro: 34,40% de mortes em cada 1000 nascidos vivos (DIAS et al, 2003).

Marques (2000) cita que o precário sistema de abastecimento de água da área do Tucunduba tem contribuído para a ocorrência de doenças de veiculação hídrica com maior incidência de diarreias, cólera, verminoses e hepatite.

6.1.9.2 Sistema de esgotamento sanitário

O problema que mais se destaca na bacia do Tucunduba está relacionado com a inexistência de um sistema de esgotamento sanitário adequado na área. Os dejetos humanos e as águas servidas de uso doméstico são lançados diretamente sobre a referida bacia (MARQUES, 2000).

As residências localizadas nas margens do igarapé são predominantemente de madeira, sobre passarelas de madeiras, localmente denominadas de estivas, apresentando diferentes etapas de acabamento e de manutenção, algumas são de alvenaria, mas inacabadas. Os banheiros, em grande parte, estão localizados no lado externo das residências, e muitos não possuem louças sanitárias, com estruturas apenas de vedação em madeira, com os dejetos lançados diretamente no terreno em função da não existência de rede coletora de esgoto.

Braz e Menezes (1989) citavam como característica marcante ao longo de toda a extensão do igarapé a ausência de saneamento básico na área ribeirinha, notadamente com relação a distribuição de água, sistema de esgoto e coleta de lixo. Em quase todo o curso do igarapé, com exceção do trecho dentro do campus universitário, existem banheiros construídos na margem, provocando, invariavelmente, o despejo de urina e fezes humanas nas águas.

Apesar disso, é comum as crianças tomarem banho em suas águas; contudo essa prática pode ter sérias conseqüências com relação a saúde como o aparecimento de doenças gastrointestinais, viroses ou dermatoses. Tal descrição nos mostra que a situação atual do igarapé, é algo acumulativo que vem se agravando ao longo dos anos (DIAS et al, 2003).

De acordo com dados de Seara (1998), é freqüente às águas estagnadas penetrarem nas tubulações de água de abastecimento, ocorrendo então, a mistura com o esgoto sanitário.

Nascimento (2002), em pesquisa realizada com os moradores do Riacho Doce/Pantanal, indica que estes utilizam em suas casas três tipos de fossas, as quais são: 1) fossas sépticas; 2) fossas de fundo falso e; 3) fossas sem lançamento ou “fossas secas” que são simples buracos escavados no solo para o lançamento de dejetos humanos, sem a existência de descarga,

possibilitando a contaminação dos lençóis d'água, denominadas pelo Ministério da Saúde em 1981, de “fossas negras”.

6.1.9.3 Coleta de resíduos

O sistema de coleta e transporte de resíduos domiciliares adotados pela Prefeitura Municipal de Belém (PMB) através da Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), atende todos os bairros da bacia do Tucunduba. A coleta é feita através do sistema “porta-a-porta”, e nas vias de difícil acesso são utilizados equipamentos de menor porte como pequenos tratores com articulação e *containers* manuais sob rodízios em função do problema de acessibilidade interna de algumas áreas.

Segundo dados do Programa Família Saudável (2001), 72,42% é atendido pela coleta pública de lixo domiciliar e cerca de 20,02% destina o lixo a céu aberto. A frequência da coleta “porta-a-porta” é alternada, acontecendo três dias da semana, no período diurno. Ainda assim, o problema de resíduos sólidos nas duas áreas ainda permanece, bem como de poluição do curso do Igarapé Tucunduba. É possível identificar a ausência de lixeiras públicas, o que potencializa os problemas de acúmulo de resíduos nas ruas e passagens.

6.1.10 Projetos de Intervenção na área de estudo (Obras de infra-estrutura)

6.1.10.1 Projeto de Macrodrenagem da Bacia Tucunduba

O objetivo principal do Projeto de Macrodrenagem da Bacia do Tucunduba, iniciado em 1999, era melhorar a qualidade de vida da população residente no entorno do Igarapé, através da prevenção e/ou redução de doenças e do incremento de renda, em virtude de uma melhor circulação de mercadorias, feita por meio fluvial, com a implantação de portos e, por via terrestre, com a pavimentação de vias marginais e a implantação de pontes.

Este Projeto caracteriza-se como uma prática de gestão ambiental, numa área de, aproximadamente, 211.200m² do igarapé e seu entorno, incluindo: recuperação do fluxo de águas do Igarapé, através da drenagem e dragagem de seu leito; replantio de suas margens; desocupação do Igarapé, remanejando ou indenizando as famílias que habitam o seu leito, em condições insalubres (BARBOSA, 2003).

A retificação do igarapé Tucunduba e o revestimento natural de seu leito foram concluídos, bem como a drenagem pluvial das vias longitudinais e transversais numa extensão de 6.888,50 m lineares, com rede de tubos de concreto armado, de diâmetros variados. A

garantia e organização da navegabilidade no igarapé estão asseguradas pelas obras físicas e seus resultados podem ser vistos com a garantia de permanência da navegabilidade, que ficaria comprometida se o igarapé fosse revestido em concreto, sendo hoje um dos vetores do desenvolvimento local nas áreas de sua abrangência.

Na primeira etapa do projeto foi executado o preparo dos taludes na extensão do canal com plantio de grama em sua extensão. A pavimentação asfáltica, das avenidas marginais com faixa de 12 metros de largura, correspondentes a 2.500 metros lineares foi realizada contando com calçadões de ambos os lados. As vias transversais das áreas Riacho Doce, Pantanal e Nova Terra Firme, correspondendo a um total de 4.981,70 metros lineares, foram pavimentadas em bloquete.

Nas vias pavimentadas, três obras complementares foram necessárias: a primeira, relacionada à sinalização horizontal e vertical das vias; a segunda, a implantação de ciclofaixas nas avenidas marginais, executadas pela Companhia de Transporte do Município de Belém (CTBel) e, a terceira, diz respeito à iluminação pública executada pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEURB). As duas primeiras foram executadas pela Companhia de Transporte do Município de Belém (CTBel) e a terceira pelo Secretaria Municipal de Urbanismo (SEURB).

A construção das pontes na travessa Barão de Igarapé Miri e na rua São Domingos, ambas com um tabuleiro de 384m² foram concluídas. Essa infraestrutura urbana é fundamental à ligação intermodal para o embarque e desembarque de mercadorias nos portos locais.

Para o início das obras foi necessário o reassentamento de famílias que habitavam em palafitas, no leito do Igarapé, em péssimas condições sanitárias e sobre permanente alagamento. O processo de reassentamento foi feito através de negociação com os moradores para estabelecimento do valor da indenização.

As desapropriações, indenizações e remanejamentos foram realizados na faixa de domínio de 60 (sessenta) metros de largura do Igarapé Tucunduba.

As obras de dragagem e revestimento foram concluídas, porém o desembarque de produtos ainda é feito desordenadamente em toda extensão do Igarapé, causando problemas pontuais no revestimento natural, como a morte das forrageiras e o início de processo de erosão nesses espaços que não comportam o fluxo de movimentação de cargas.

Com a Macrodrenagem da Bacia do Tucunduba, houve um crescimento do interesse de instalação de pequenos negócios na área, principalmente, da comercialização de madeira bruta e aparelhada. São estâncias e pequenas fábricas de móveis de madeira. Moradores afirmam que hoje há um número superior de comércios e estâncias, do que na fase anterior do projeto de intervenção.

6.1.10.2 Plano de Desenvolvimento Local de Riacho Doce e Pantanal/PDL

Paralelamente, a Prefeitura Municipal de Belém desenvolveu a proposta do Plano de Desenvolvimento Local de Riacho Doce e Pantanal/PDL, que teve o contrato assinado em 31/Dez/2001, com a Caixa Econômica Federal, dentro de o Programa Habitar Brasil/BID, possibilitando com isso, a potencialização de ações voltadas para a reversão do quadro de insalubridade a que estão submetidos os habitantes da Bacia do Tucunduba, no caso, as comunidades do Riacho Doce e Pantanal, localizadas às margens do Igarapé, com cerca de 1.500 famílias (BELÉM, 2001b).

O PDL pretende potencializar a organização espacial já estabelecida, integrando-a à áreas de expansão e qualificando-a através da implantação de drenagem, pavimentação, equipamentos urbanos, novas unidades habitacionais e uma Estação de Tratamento de Esgoto, com capacidade para 2.000 domicílios, além de programas de Educação Ambiental e de geração de trabalho e renda. Estas ações conjugadas ao Projeto de Macrodrenagem do Tucunduba reforçam a possibilidade de alcance de seus objetivos no sentido de minimizar o comprometimento das águas do Igarapé Tucunduba, proporcionando melhores condições de vida para os habitantes de suas margens e áreas próximas.

O Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce e Pantanal atende diretamente 1.537 famílias ou 6.047 habitantes (BELÉM, 2005), teve como objetivo contribuir para a melhoria da qualidade de vida das famílias residentes no Riacho Doce e Pantanal, através de ações de regularização fundiária, infra-estrutura urbana, melhorias habitacionais, educação ambiental, organização comunitária e geração de trabalho e renda. Apresenta como diretrizes gerais: a permanência das famílias no seu local de moradia atual; a participação popular e o controle social; o fortalecimento das organizações sociais para a prática do poder local; o resgate das lutas históricas e o reconhecimento das identidades sociais referidas às realidades localizadas.

A execução do projeto foi iniciada em janeiro de 2002 com as atividades do Trabalho de Participação Comunitária (TPC) com objetivo de garantir as ações do projeto. A segunda

etapa será executada em três fases distintas, mas que são contínuas e complementares: Fase de Elaboração e Adesão Comunitária; Fase de Execução e Entrega das Obras Físicas e Fase de Pós-ocupação: ou seja, de adaptação e identificação à nova realidade. Compõe uma ação integrada com cinco subprogramas com ações específicas e diferenciada, mas complementares entre si: 1) Serviço de Atendimento e Informação; 2) Desenvolvimento comunitário e Controle Social; 3) Atividades Sócio-ambientais; 4) Acompanhamento Social às Famílias Remanejadas; 5) Organização e Gestão de empreendimentos solidários e (Re)qualificação profissional (BELÉM, 2005).

Foram concluídas as seguintes obras:

- Área do Parque Ambiental (área de lazer) arborização, trilhas e quiosques.
- Av. Barão de Igarapé Miri: implantação da rede do sistema de drenagem e da rede de esgotamento sanitário, recapeamento e asfalto.
- Rua da Olaria no Riacho Doce: implantação da rede do sistema de drenagem e da rede de esgotamento sanitário, recapeamento e asfalto.
- Entrega de 58 unidade habitacionais unifamiliares, na comunidade do Pantanal.

De acordo com a Reprogramação do Trabalho de Participação Comunitária do Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce e Pantanal (Versão revisada Maio/2005) estava previsto para dar continuidade:

- Na construção das 81 (oitenta e uma) unidades habitacionais unifamiliares na Comunidade do Pantanal e a obra de construção de 10 (dez) blocos, com 16 apartamentos cada, totalizando 160 (cento e sessenta) unidades habitacionais multifamiliares, na comunidade Riacho Doce. Além disso a entrega, com monitoramento, de projetos de reforma de 141 cestas de material de construção para habitações fora da área do remanejamento e mais 02 (duas) cestas de melhoria habitacional, estando situadas no perímetro compreendido entre a Rua da Olaria e, travessa Barão de Igarapé Miri, avenida Tucunduba (marginal esquerda do igarapé) e a avenida Perimetral.
- Na área do Riacho Doce, nas quadras 21, 22, 23 e 24 será executada a implantação da rede de água, de drenagem e esgotamento sanitário, além da pavimentação em blokret.
- A construção de uma estação de tratamento de esgoto sanitário; caixa d'água elevada; construção da feira da Barão de Igarapé Miri, na área do retroporto Frei Daniel de Samarate; praças e play ground's do Pantanal e parte do Riacho Doce; quadras, rampa de skate e

instalação de equipamentos de ginástica na área do Parque Ambiental (área de lazer); creche e centro comunitário.

Deste projeto foi cumprida somente a primeira etapa, e muitas ações que estavam previstas não foram concluídas.

6.1.10.3 Projeto de Saneamento Integrado da Bacia do Tucunduba (PAC)

Em 24/06/2008 a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Regional (SEDURB) assinou o contrato para execução do Projeto de Saneamento Integrado da Bacia do Tucunduba, com término previsto para 2011. A obra a ser acompanhada é de saneamento integrado do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, que incluem implantação de Infra – Estrutura Urbana: Sistema Viário, Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Saneamento e Construção de Unidades Habitacionais, da área denominada margens do Igarapé Tucunduba localizada no bairro da Terra Firme, Valor total do Investimento: R\$ 55.000.000,00 e 4.813 famílias beneficiadas (SEDURB, 2010). O projeto prevê as seguintes melhorias (Figuras 16 e 17):

1 - Macrodrenagem do Igarapé Tucunduba:

- Remanejamento de 973 habitações localizadas sobre o Igarapé.
- Retificação do leito do igarapé.
- Dragagem e revestimento natural de 2500m do igarapé do Tucunduba.
- Abertura e pavimentação das vias marginais.
- Pavimentação de 60m de vias transversais ao igarapé.
- Construção de 10 pontes ao longo do igarapé.
- Construção de áreas de lazer e paisagismo ao longo do igarapé.

2 - Proposta Habitacional:

- Construção de 400 unidades habitacionais verticais para remanejamento da população.
- Aquisição de habitações para remanejamento populacional.
- Indenização de moradias.

3 - Área com implantação de melhorias habitacionais:

- Moradias beneficiadas: 3.433.
- Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário e tratamento.
- Construção de melhoria sanitária domiciliar.



Figura 16. Visão geral das ações a serem implementadas, segundo SEDURB (2010).

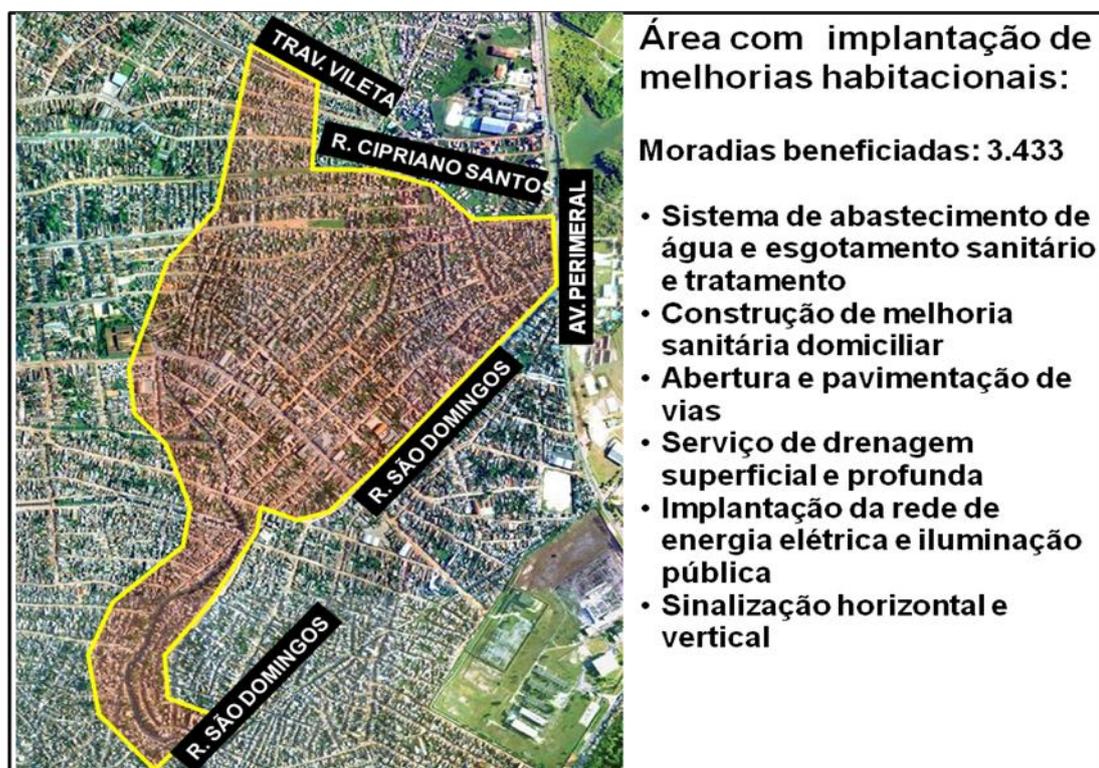


Figura 17. Melhorias habitacionais, segundo SEDURB (2010).

Dentre as ações já executadas, destaca-se (SEDURB, 2010):

- a. Execução de drenagem nas passagens Leão e 1º de maio.
- b. Levantamento topográfico de 500m ao longo do canal.
- c. 218 cadastros físicos de imóveis dentro do curtume.
- d. Levantamento topográfico da poligonal do curtume, para efeito de indenização.
- e. Execução de serviços topográficos para realização de projetos executivos de aproximadamente 60% da área total.

6.2 Caracterização dos recursos hídricos da bacia do Tucunduba

Durante a fase de reconhecimento da área de estudo, buscou-se identificar os principais usos e a demanda dos recursos hídricos na bacia, quais as fontes de poluição existentes, bem como a situação atual do igarapé Tucunduba.

A bacia do Tucunduba é uma bacia totalmente urbanizada que apresenta características físico-ambientais bastante semelhantes em toda a sua extensão. É marcada pela ocupação desordenada e alteração significativa das características ambientais originais causadas pela ação antrópica, o que promoveu alterações na cobertura vegetal original, no uso do solo e dos recursos hídricos.

O trecho ao longo do igarapé pode ser caracterizado como uma área prioritariamente de uso residencial, porém identifica-se a existências de pequenos comércios que funcionam na própria residência do morador. A utilização mista das edificações dá-se através da utilização da parte frontal para atividades geradoras de renda e a parte dos fundos utilizada para a moradia.

Pegado (2010) observou que o uso do território da bacia pertence à classe residencial; pois a topografia dessa área é suave, ou seja, pouco acidentada; com isso facilita a instalação de imóveis. Já no entorno do canal Tucunduba próximo a rua São Domingos tem-se o predomínio de área comercial, em especial nas proximidades do canal (Tabela 3). Além disso, o comércio informal, muitas vezes, estende-se até o espaço de uso coletivo para a circulação (Figuras 18 e 19).

Tabela 3. Perfil por seção da bacia, Segundo Pegado (2010).

Setor	Local	Usos preponderantes	Situação atual
1	Nascente do Tucunduba	1. Paisagístico 2. Lazer	Paisagístico
2	Angustura com João Paulo II	1. Escoamento pluvial 2. Lançamento de esgoto	Canalizado
3	Leal Martins com Mauriti	1. Escoamento pluvial 2. Lançamento de esgoto	Canalizado
4	Vileta com passagem União	1. Escoamento pluvial 2. Lançamento de esgoto 3. Depósito de resíduos (lixo)	Não canalizado com ocupação no leito do canal
5	São Domingos até a foz da UFPA	1. Escoamento pluvial 2. Navegação 3. Lançamento de esgoto 4. Depósito de resíduos (lixo)	Não canalizado com ocupação das margens do canal
6	Saída para a São Domingos	1. Escoamento pluvial 2. Lançamento de esgoto 3. Depósito de resíduos (lixo)	Parcialmente canalizado, com ocupação de margem
7	Institucional (COHAB, POLICIAL E UFPA)	1. Escoamento pluvial 2. Navegação 3. Lançamento de esgoto 4. Paisagístico	Canalizado
8	Foz do Tucunduba	1. Escoamento pluvial 2. Navegação 3. Lançamento de esgoto 4. Paisagístico	Parcialmente canalizado com área parcialmente com cobertura vegetal



Figura 18. Área comercial - estâncias localizadas na margem do Tucunduba, próximo á Trav. São Domingos.
Fonte: Arquivo próprio, 2009.



Figura 19. Feira e estâncias, próximo á ponte na Av. Tucunduba com a Trav. São Domingos. Fonte: Arquivo próprio, 2009.

Os comércios na área do Riacho Doce estão concentrados na Rua Olaria, que funciona como o eixo de comércio e serviço que serve para as duas áreas, apresentando intenso fluxo de pedestres e como o eixo de ligação entre as ruas.

No Pantanal o comércio existente resume-se a pequenos “mercadinhos” de artigos de uso diário e alguns alimentos além de bares concentrados na entrada principal, na direção da Av. Barão de Igarapé Miri.

A infra-estrutura básica existente é muito precária. Apesar de ter energia elétrica, sistema de telefonia, e água encanada, apresenta vários problemas decorrentes da ausência de uma rede coletora de esgoto sanitário, sendo que os dejetos, assim como lixo e entulho são lançados nos cursos d’água existentes (rio principal e seus canais contribuintes), o que compromete sobremaneira a qualidade sanitária e ambiental da população que reside nesta área (Figura 20).

O fato de tratar-se de áreas alagadas ou passíveis de alagamento agrava o problema de propagação de doenças através do meio hídrico, como esquistossomose, diarreia, hepatite e leptospirose, entre outras.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 20. (a, b, c, d) Lixo e entulho ao longo da Avenida Tucunduba (trecho entre a feira e a ponte da Av. Perimetral. Fonte: Arquivo próprio, 2009.

Em alguns trechos da bacia, em função da não existência de um sistema de drenagem, o problema de alagamento intensifica-se. A drenagem é natural, mas dificultada pelo lixo que se acumula sob as casas e que é levado pela maré através do igarapé, assim como todos os demais resíduos.

A grande parte das casas são construídas na margem do igarapé e dos canais (palafitas) logo, a inexistência de drenagem provoca alagamentos permanentes em baixo das casas com uma grande quantidade de lixo acumulada sob as casas (Figura 21).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 21. (a) Canal da Leal Martins - entre Angustura e Mauriti; (b) Rua Leal Martins; (c) Igarapé Tucunduba próx. ponte porto são domingos; (d) Canal da Rua Leal Martins entre Mauriti e Vileta. Fonte: Arquivo próprio, 2009.

O igarapé Tucunduba, no trecho entre o Porto São Domingos até a sua foz no Rio Guamá, é utilizado também como meio de transporte. As embarcações, em sua maioria são constituídas de madeira, são de pequeno e médio porte, movidas a diesel e utilizadas para fins comerciais, realizando o transporte de mercadorias como: madeira, tijolos, telhas e palha, vindos diariamente, de municípios localizados nas cidades ribeirinhas (Figura 22).



Figura 22. (a) Leito principal do Igarapé Tucunduba; (b) Leito principal do Igarapé Tucunduba. Fonte: Arquivo próprio, 2009.

As atividades de lazer ficam restritas a utilização das ruas e passagens pelas crianças e adolescentes, as comunidades do Riacho Doce e Pantanal utilizam as vias laterais ao igarapé como área alternativa de espaço de lazer. Entretanto, o adensamento, a falta de arborização, de equipamentos de lazer e de segurança são fatores que tornam a possibilidade de lazer muito restrita nessas áreas.

Pegado (2010) observou as mudanças que ocorreram em dez anos de ocupação na bacia (anos de 1998 a 2008); como por exemplo, a transformação gradual de setores residenciais para comerciais, com ocorrido na rua São Domingos com a Av. Tucunduba. Tal fato pode ter sido consequência da proximidade da expansão da área de navegação e embarcação de mercadorias. Essa bacia desde 1998, já apresentava um característica de uma área urbana, sendo assim sofreu modificações estruturais de modo corretivo, pois o projeto do Tucunduba teve como objetivo a canalização dos canais (Figura 23).

Neste sentido ressalta-se as mudanças significativas que já ocorreram em função das ações estruturais realizadas através do Projeto de Macrodrenagem da Bacia Tucunduba e pela 1ª etapa do Plano de Desenvolvimento Local (PDL-RDP), com uma melhoria significativa quanto ao modo de vida da população que reside nestas áreas. Com a conclusão da 1ª etapa da obras do PDL-Riacho Doce e Pantanal, onde algumas famílias foram remanejadas e as ruas foram aterradas e asfaltadas, verificou-se uma melhoria significativa quanto á acessibilidade para a população que vive nesta área.

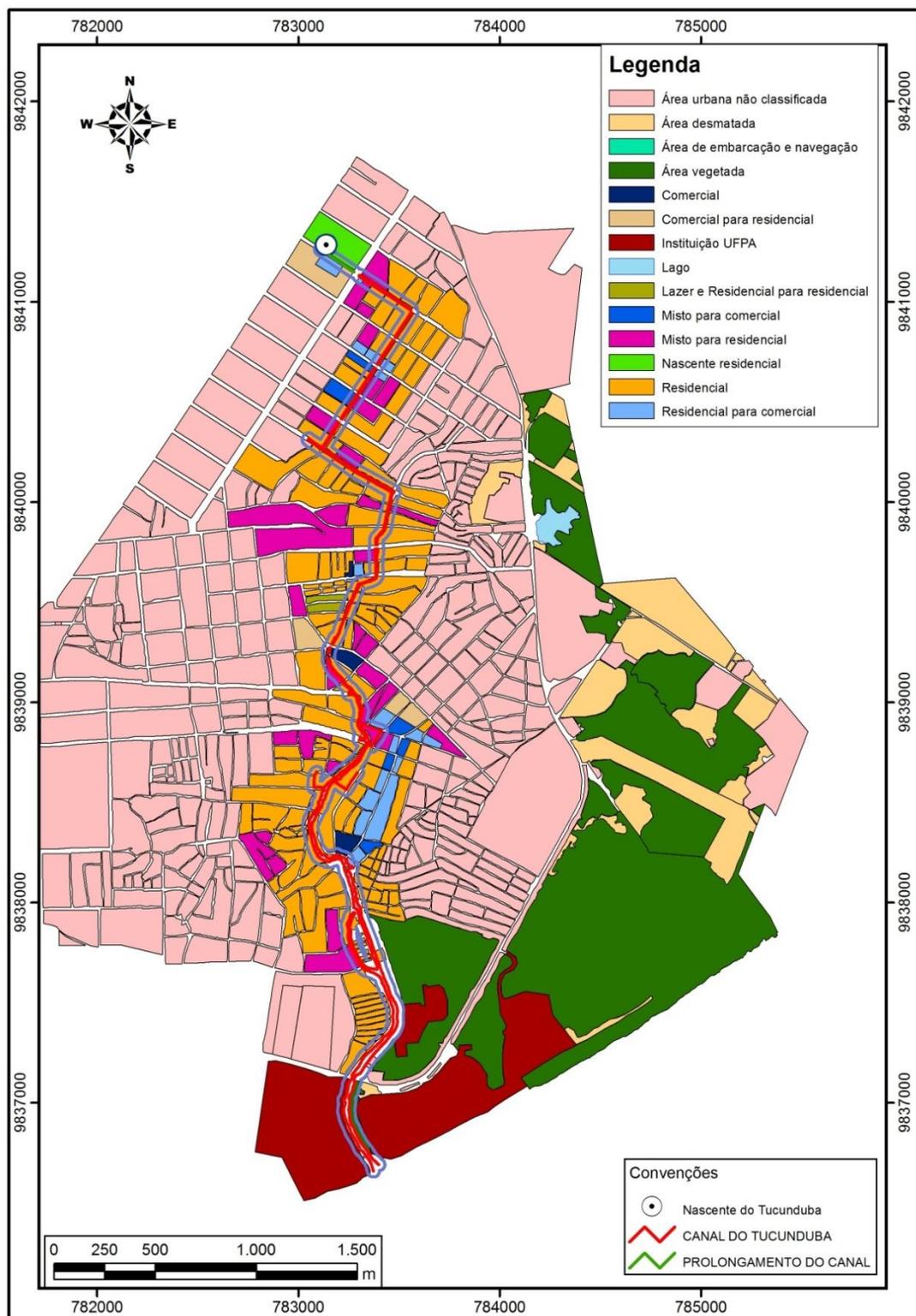


Figura 23. Mapa da Bacia do Tucunduba com a distribuição da ocupação ao longo do canal principal, de 1998 a 2008 (PEGADO, 2010).

Apesar de ainda não ter sido concluído o projeto supracitado, é possível observar as melhorias implementadas, tais como o remanejamento de algumas famílias para os lotes residenciais que foram construídos, o aterramento e pavimentação de algumas vias, possibilitando o acesso de veículos, além de melhorar o sistema de transporte coletivo com a implantação de uma nova linha de ônibus trazerem muitas melhorias para a população (Figura 24).



(a)



(b)

Figura 24. (a) Residências das famílias que foram remanejadas – Comunidade do Pantanal; (b) Fim da linha do Guamá – Margem do Tucunduba (próximo à ponte- Rua São Domingos). Fonte: Arquivo próprio, 2009.

Dentre os variados níveis de degradação ambiental produzidos principalmente pelo adensamento populacional, um dos maiores problemas identificados na bacia é a grande quantidade de resíduos sólidos que é lançada diretamente nos corpos d'água, em toda a sua extensão. A população não está conscientizada quanto à importância de colocar seu lixo na rua somente nos dias e horários em que a coleta pública é realizada.

A grande quantidade de lixo que é lançada no igarapé ocasiona graves problemas tais como: o odor desagradável, o acúmulo de lixo nos canais causando transbordamentos, principalmente no período chuvoso, a presença de vetores como ratos e mosquitos transmissores de inúmeras doenças, dentre outros. Tal fato reforça a necessidade urgente de realizar ações não-estruturais ao longo do igarapé, que visem conscientizar a população sobre a importância deste igarapé e de que forma suas ações podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida de todos que vivem nesta bacia.

A julgar pelos levantamentos e estudos já realizados no local, constatou-se que os principais usos na bacia são: lançamento de fluentes domésticos, navegação e o lazer, principalmente para as crianças.

As principais fontes de poluição são os efluentes domésticos e a grande quantidade de resíduos sólidos que é lançada diretamente no igarapé. Em consequência do atual uso da água do rio para estas funções, visualmente é possível identificar que a qualidade da água está totalmente comprometida, sendo necessário a realização de campanhas de monitoramento que avaliem os níveis de poluição e contaminação do mesmo (Figura 25).



Figura 25. (a), (b) Coleta de lixo na margem do igarapé Tucunduba; (c) Canal da Vileta – contribuinte do Tucunduba; (d) Canal da Leal Martins. Fonte: Arquivo próprio, 2009.

Apesar dos projetos já desenvolvidos na área do Tucunduba, é evidente a necessidade de concluir os projetos de intervenção, devidamente integrados com outras ações que possibilitem assegurar a preservação do rio, e conseqüentemente melhorias urbanas locais, já

que os problemas ambientais encontrados influenciam diretamente na qualidade da água do Igarapé, bem como no equilíbrio entre disponibilidade e demanda.

6.3 Oficinas de apoio ao processo de decisão sobre enquadramento

Após a etapa de levantamento de campo, onde foi feita a caracterização dos recursos hídricos da bacia, iniciou-se a etapa de realização das oficinas com atores sociais que residem na área, com o objetivo de identificar os principais usos da água no Igarapé Tucunduba (“*qual o rio que nós temos?*”) e qual o rio que eles desejam ter (“*que rio nós queremos?*”).

6.3.1 Realização das oficinas

Conforme determinado na Resolução CNRH n. 91/2008, o procedimento metodológico de enquadramento dos cursos d’água deve ocorrer de forma participativa e integrada com a comunidade local. Recomenda-se, que os usos já estabelecidos sejam respeitados, procurando sempre compatibilizar o desenvolvimento econômico com a qualidade ambiental da bacia.

As oficinas de enquadramento tiveram como objetivo principal tornar o processo mais participativo, informando a população sobre as condições atuais da bacia e buscando, em contrapartida, informações relevantes que auxiliassem na classificação dos corpos de água. Para obter tais resultados, adotou-se uma metodologia participativa com as seguintes etapas:

- Boas vindas ao grupo, apresentação do projeto e de seus objetivos.
- Apresentações com projetor multimídia, com o objetivo de propiciar embasamento técnico aos participantes, visando a nivelar o conhecimento e a compreensão dos mesmos para que, dessa maneira, pudessem opinar sobre as decisões que seriam tomadas. Os temas apresentados foram direcionados para facilitar a compreensão do processo de enquadramento, sendo eles, a “*A Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 6.381/2001)*”; “*O instrumento enquadramento de corpos d’água segundo classes de uso*”, e, por fim, o “*Diagnóstico da bacia do Igarapé Tucunduba*”, baseado no levantamento de campo.
- Divisão dos participantes em grupos, com o objetivo de identificar os usos preponderantes atuais e as principais fontes de poluição, respondendo à pergunta “*qual o rio que nós temos?*” e também expressando os usos que desejam respondendo à pergunta “*qual o rio que queremos?*”.

- Formulação da “Árvore de Problemas” e da “Árvore de Alternativas” com base na discussão e contribuição para formulação de futuras propostas.

Em termos de resultados obtidos destacam-se:

a) Oficina 1:

Realizada no dia 20/03/2010, no salão social da Igreja de Santo Agostinho (Terra Firme), contou com a participação de 20 membros da comunidade, envolvendo membros de representantes das lideranças comunitárias e moradores (Figura 26).



(a)



(b)

Figura 26. Oficina 1: (a) Apresentação do diagnóstico da bacia; (b) Discussão em grupo.

b) Oficina 2:

Realizada no dia 11/04/2010, na sede do Centro Comunitário Riacho Doce (Guamá), contou com a participação de 25 membros da comunidade (Figura 27).



(a)



(b)

Figura 27. Oficina 2: (a) Participantes da oficina; (b) discussão em grupo.

c) Oficina 3:

Realizada no dia 24/04/2010, na sede da Associação Sócio-cultural dos Moradores do Pantanal (Guamá), contou com a participação de 21 membros da comunidade (Figura 28).



(a)



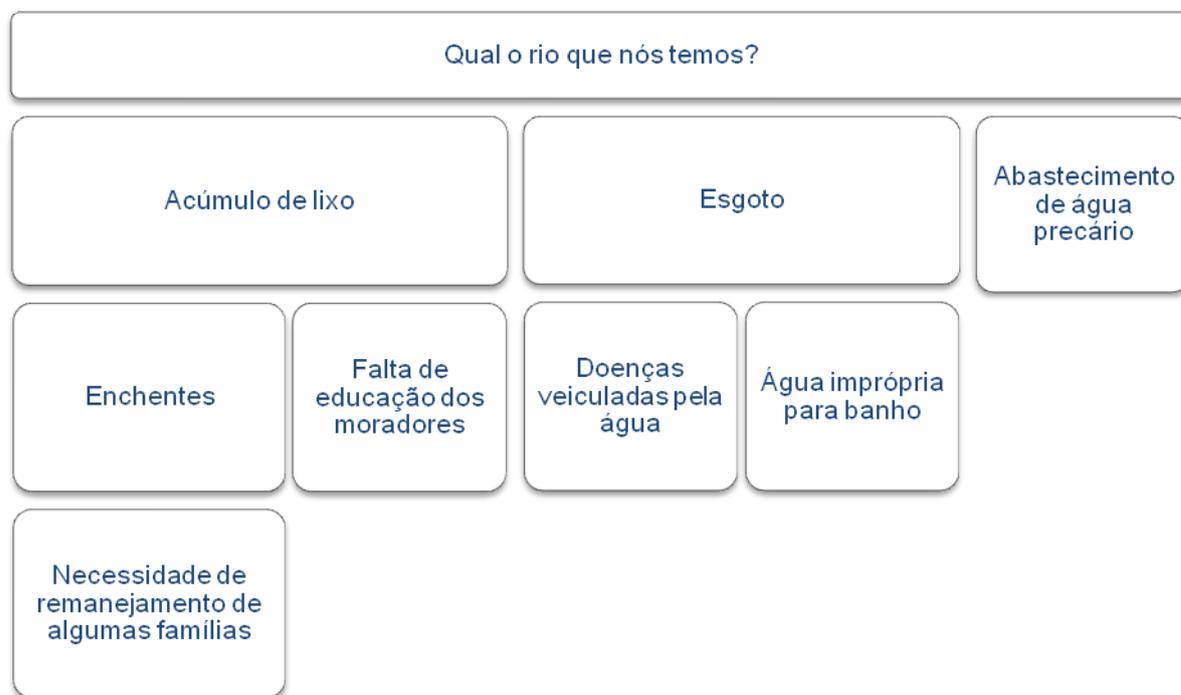
(b)

Figura 28. Oficina 3: (a) Apresentação sobre enquadramento; (b) discussão em grupo.

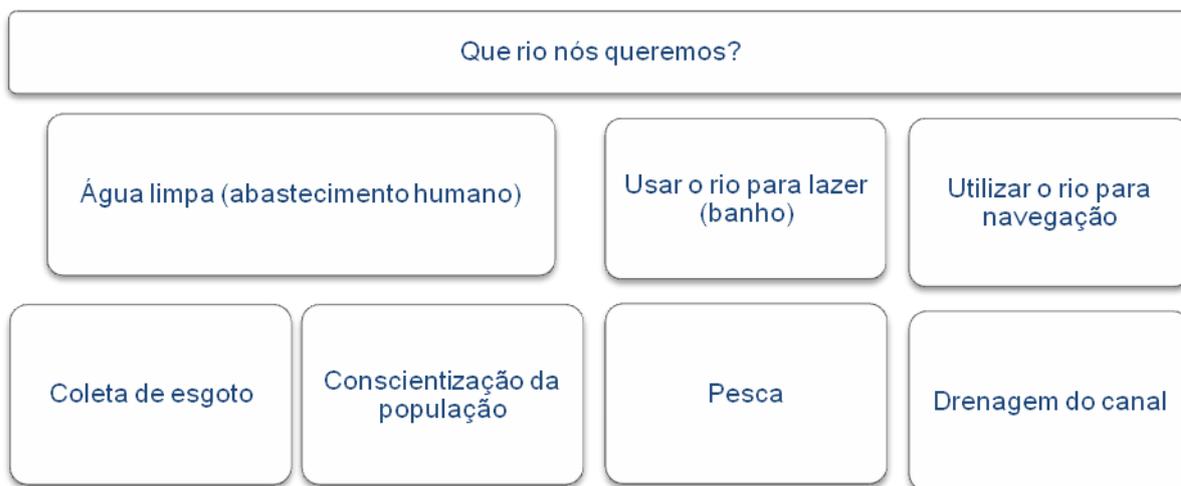
As Figuras 29 a 31 mostram que é importante ressaltar que a área do estudo, apesar de apresentar essencialmente os mesmos problemas (centrados no aspecto de saneamento), não é homogênea; pois os atores locais apresentaram perfis diferenciados. O meio hídrico por suas características intrínsecas e suas relações explícitas e intensas com a sociedade manifesta de forma marcante seu acentuado grau de degradação.

Santos (2007) discute os resultados das intervenções políticas sofridas na bacia de 1997 a 2004. A autora demonstra que a área de atuação do chamado “Projeto Tucunduba” se constitui em um espaço de segregação sócio-espacial da cidade, constituído por áreas privadas e institucionais, ocupadas por famílias de trabalhadores empobrecidos onde foram protagonizados conflitos fundiários pelo direito à moradia e à infra-estrutura urbana. Estes conflitos envolviam e/ou envolvem, principalmente, a UFPA, que era proprietária de grande parte das terras ocupadas. Nesse cenário, ainda em meados da década de 1980 do século passado, foi organizado o Movimento pela Titulação e Urbanização do Tucunduba (MOTUAT), coordenado pela Comissão dos Bairros de Belém (CBB), em função das reivindicações pela titulação das terras, então de propriedade da UFPA, em favor dos ocupantes e pela priorização de intervenções urbanísticas públicas de caráter infraestrutural. Esse histórico demonstra que o perfil dos atores locais é variável conforme seu nível de integração às ações políticas desenvolvidas na bacia (em geral associada à polarização de

partidos políticos) e como estes reagem aos problemas sociais (violência, tráfico de drogas) existente na mesma; o que foi observado a partir de seu comportamento e resposta aos questionamentos durante as oficinas.

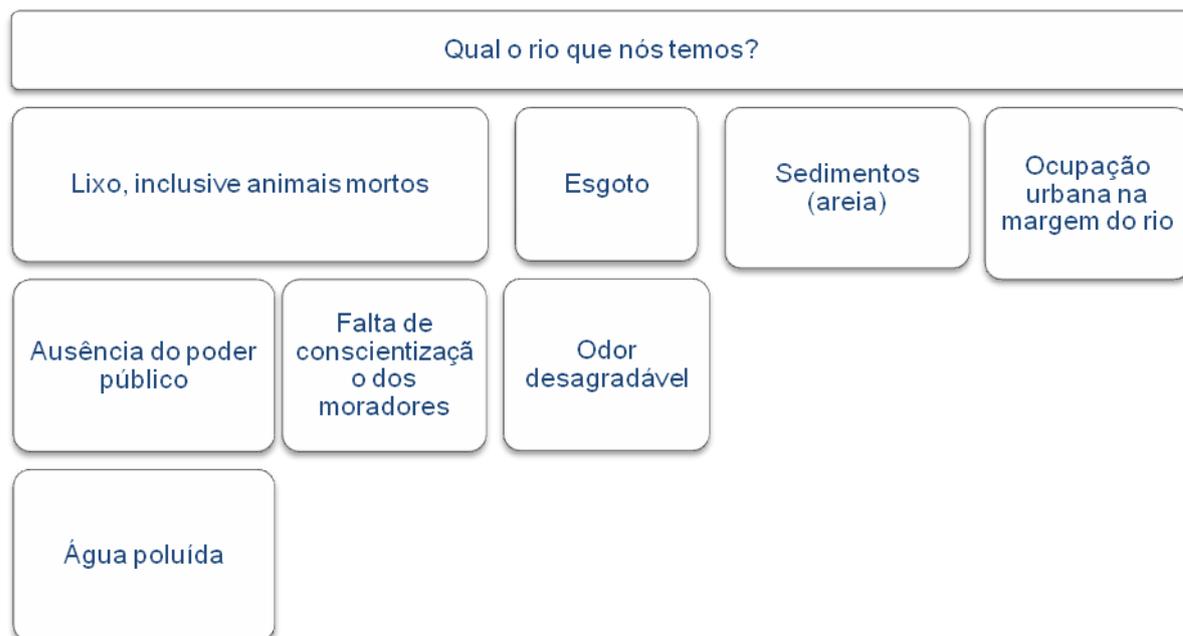


(a)

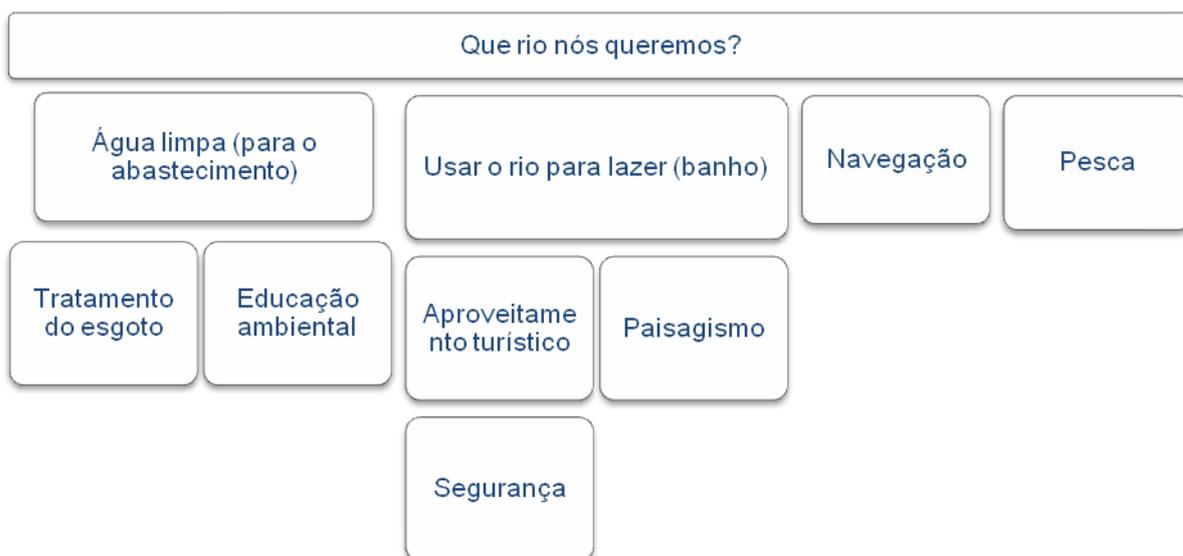


(b)

Figura 29. Resultados Oficina 1: (a) Problemas; (b) Alternativas.



(a)



(b)

Figura 30. Resultados Oficina 2: (a) Problemas; (b) Alternativas.

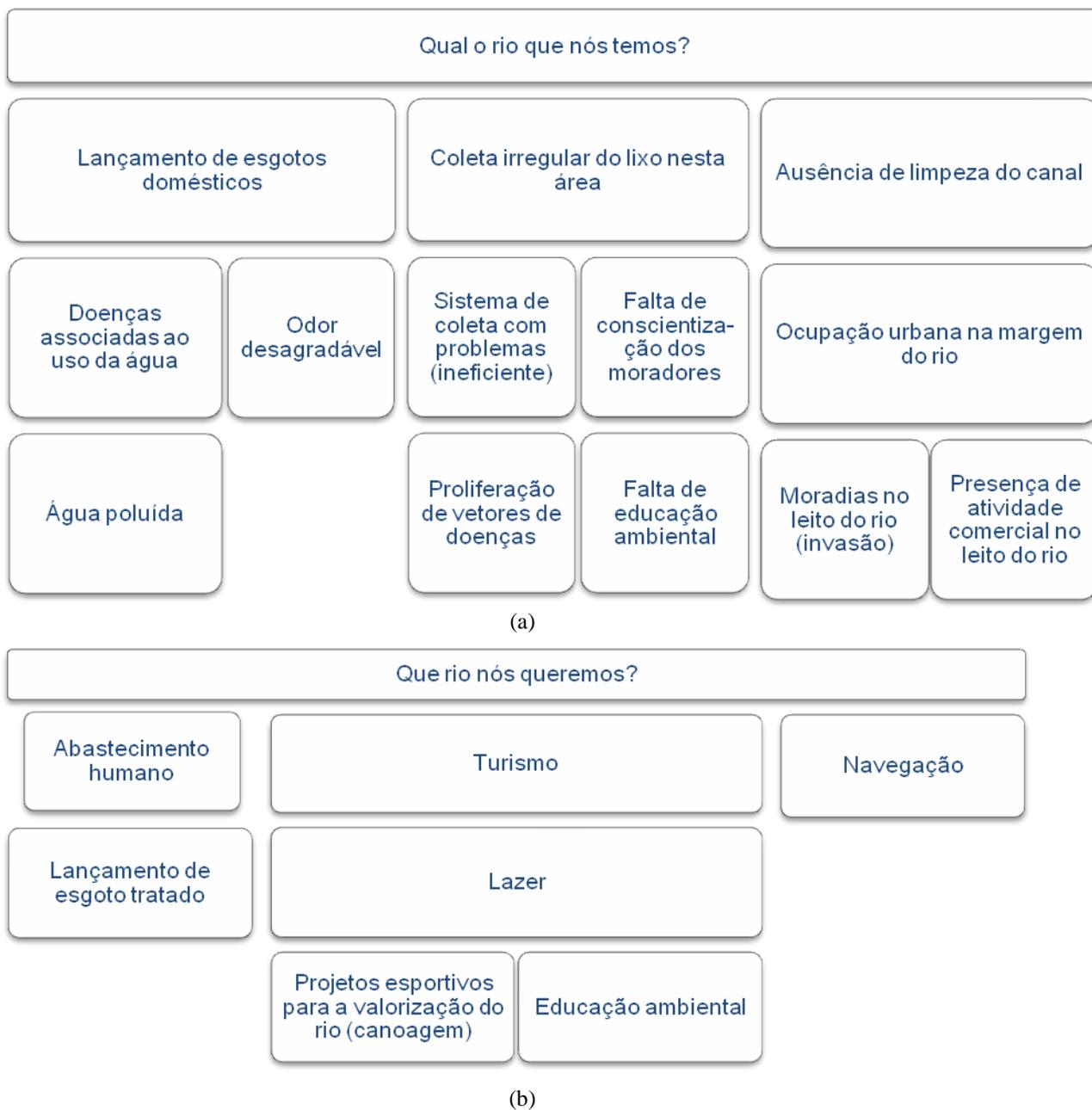


Figura 31. Resultados Oficina 3: (a) Problemas; (b) Alternativas.

Quanto às necessidades futuras apontadas, observam-se anseios diferenciados e conflitantes, onde há tanto o desejo da água para o abastecimento humano; quanto para a manutenção da atividade de navegação e ainda o possível aproveitamento turístico do canal, indicado como provável fonte de renda local.

6.3.2 Perspectivas dos atores locais quanto aos usos atuais e futuros da água na bacia

No processo de preparação e mobilização dos atores locais para a realização das oficinas foi fundamental o apoio da Paróquia de Santo Agostinho, onde foram convidados os membros da comunidade para participar da Oficina 1, e também a colaboração da Base Comunitária da Polícia Militar, que repassou a lista das lideranças comunitárias, divulgou as datas das oficinas e deslocou uma viatura (com dois soldados) para dar o apoio durante as duas oficinas (Riacho Doce e Pantanal), por se tratar de uma área de risco.

Durante as oficinas observou-se no primeiro momento a curiosidade dos participantes quanto tema da oficina, bem como o interesse em participar e conhecer as ações que foram desenvolvidas no espaço onde eles moram. A partir das apresentações sobre enquadramento e do diagnóstico da bacia, verificou-se que havia pouca informação a respeito do assunto, apenas ressaltaram que foram realizadas muitas pesquisas no igarapé Tucunduba, mas que não há um retorno sobre os resultados obtidos.

Quando questionados sobre os usos da água na bacia, estes são de pleno conhecimento dos participantes, onde todos os grupos destacaram como resposta sobre “*qual o rio que nós temos?*”: acúmulo de lixo, esgotos e água poluída, dentre outros.

A questão da falta de saneamento básico foi bastante discutida na Oficina 1, pois os moradores desta área vivem em condições precárias, trata-se de uma área que ainda não foi beneficiada por nenhum projeto de intervenção do governo (de acordo com informação da COHAB, está previsto para a próxima etapa do Projeto Tucunduba). As residências estão situadas na margem do igarapé, os dejetos são lançados diretamente no rio, o abastecimento de água por parte da Companhia de Abastecimento de Água (COSANPA) é precário, a coleta de lixo é irregular, e esta é a área mais afetada pelas enchentes no período de chuvas, e de acordo com o relato dos moradores, há um grande índice de doenças, principalmente coccidias e diarreias nas crianças que utilizam o rio para o lazer (banho). Todos os grupos destacaram como um dos principais problemas a falta de saneamento, que causa a poluição da água, odor desagradável e trás sérios riscos á saúde, principalmente das crianças.

Outro fator que chamou bastante atenção de todos os participantes, durante a apresentação do diagnóstico, foi a problemática do lixo em toda a extensão da bacia. Todos ressaltaram que a coleta de lixo é irregular, bem como os próprios moradores não obedecem aos dias e horários marcados, e em alguns casos, jogam o lixo direto no rio. E atribuíram esse problema á falta de conscientização dos próprios moradores, e ressaltaram da necessidade de

implantar projetos de educação ambiental, principalmente nas áreas que já foram beneficiadas pelos projetos de intervenção (riacho doce e pantanal).

No terceiro momento, quando os grupos conversam sobre “*qual o rio que queremos?*”, fica bem claro, a estreita relação cultural e social que eles têm com o rio, em virtude da proximidade (muitos moram na margem do rio, ou a menos de 5 metros de distância) e destacam que gostariam que o rio voltasse a ter vida, desejam que os esgotos sejam tratados antes de ser lançado no rio, para que a água seja limpa, para que possam usar o rio para o lazer (banho), para o turismo, para gerar renda, seja um rio navegável, o rio tenha uma água limpa e que tenha peixes novamente. De acordo com o relato do Sr. Jorge Borges, residente na área há 40 anos, “*antigamente este rio era bastante fundo, tomávamos banho e ainda tinha bastante peixe para pescar, hoje olha a situação em que está*”, lamenta. Alguns citaram até que gostariam de utilizar a água do rio para o abastecimento humano, mas nem todos concordam.

Ao final, todos expressaram suas opiniões sobre o projeto apresentado e colocaram que é muito importante estes seminários em que eles podem expressar suas opiniões sobre o que está acontecendo no rio, bem como querem sempre poder participar para conhecer quais são as ações que vão ser feitas por parte do governo. Os moradores das áreas do Riacho Doce e Pantanal questionaram sobre a continuidade dos projetos (conclusão), pois não estão sendo informados sobre o andamento do projeto e sobre quais ações serão implementadas.

A experiência demonstra que a comunidade quer ser ouvida, quer contribuir e participar, e não somente receber informações advindas de uma equipe técnica, mesmo que quase todos reconheçam o valor da capacitação expositiva.

Durante o processo de mobilização da comunidade para as oficinas e durante a realização das mesmas, observou-se que a comunidade já apresenta um nível de organização social que busca esclarecer, discutir e apresentar para os moradores questões relacionadas à saúde, meio ambiente, educação, dentre outros. Sendo estes de fundamental importância para o processo de criação e implementação de um comitê de bacia do Tucunduba.

Os comitês de bacia hidrográficas são considerados os “Parlamentos das Águas”, têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, negociação de conflitos entre os usuários e promoção dos usos múltiplos da água na bacia hidrográfica, sendo sua composição bastante diversificada, com uma variedade de atores (grupos de

interesses) – representantes do governo, dos usuários e da sociedade civil – participando do processo de decisão.

6.4 Aplicação do Sistema de Suporte à Decisão

6.4.1 Definição do SSD: Software *Decision Explorer*

Braga (2008) destaca que no processo decisório em grupo identificam-se os seguintes aspectos:

- Divergências múltiplas: quanto mais envolvidos, maior é a desagregação de interesses e assim mais difícil se torna atingir o consenso.
- Formação de alianças naturais ou circunstanciais: nas naturais, duas ou mais partes têm uma superposição de interesses, especialmente nos pontos que lhes sejam mais relevantes. Assim, por terem interesses comuns, as partes buscam se impor conjuntamente, aumentando seu poder de pressão e influência sobre os demais membros do grupo. Nas circunstanciais, tem-se a coalizão para a troca de apoio mútua.
- Surgimento de adversários naturais: divergências nos pontos mais relevantes da negociação.
- Existência de grupos dentro dos grupos.
- Mudança de preferências: um mesmo decisor pode apresentar diferentes preferências em relação ao mesmo objeto à medida que se envolve em novas situações e negocia com diferentes interlocutores.

Do exposto reforça-se a necessidade de sistemas de apoio à decisão em grupo devem possibilitar a ativa participação de todos os membros do grupo. Esta abordagem em grupo ou colaborativa de tomada de decisão aglutina participantes do processo de diferentes tipos (técnicos e não técnicos) em um mesmo nível gerencial e decisório; como se pode observar, por exemplo, nos colegiados de comitês de bacia. O *Decision Explorer* fornece ajuda demandada, estruturando e analisando a informação qualitativa. É um programa de apoio à tomada decisão, quando a informação está na forma de idéias claras, que exige exploração suplementar. O software trabalha com um modelo que interliga idéias usando *mapa*.

O *mapa Decision Explorer* foi criado para frases pequenas (*conceitos* conhecidos), cujas relações são indicadas pela ligação que é descrita entre eles. Os conceitos e suas ligações são escritos pelo próprio usuário. Estes podem ser modificados, editados, especificados e exibidos em estilos diferentes, atribuídos para conjuntos e o modelo todo pode

ser analisado. Os *conceitos* e suas ligações associadas formam um modelo que é armazenado como uma entidade (existência) individual; conforme mostra a Figura 32.

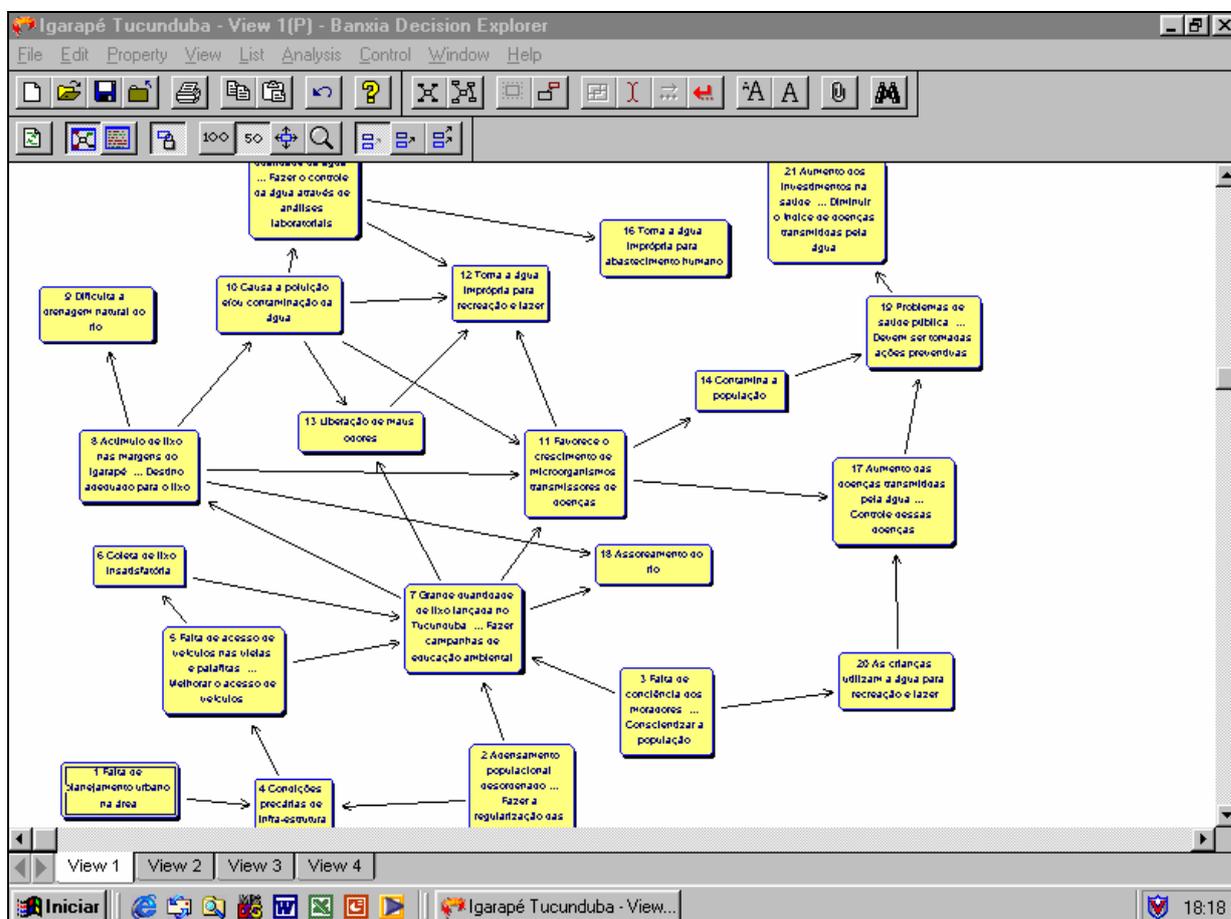


Figura 32. Os *Conceitos* e suas Ligações no *Mapa*. Fontes: SANTOS, 2004.

Há diferentes aplicações do *Decision Explorer* que foram usadas na prática, onde se destacam: o Mapeamento Cognitivo da Pró-Reitoria da UFSCar, como um Sistema de Apoio a Reuniões, na área de educação como Indexadores de Conteúdo; como Ferramenta de Apoio à Revisão Bibliográfica, em áreas relacionadas com Vendas e Orçamentos; na engenharia de Softwares, entre outras.

Usando o *Decision Explorer* é possível:

- a) gerir um mapa de idéias, e reuni-las em um quadro coerente que ajuda a entender melhor a situação;
- b) descobrir os reais assuntos através da informação que o usa o estabelecimento de análise avançado;

- c) manter o foco em reuniões de grupo reduzindo, a necessidade de repetir idéias enquanto está construindo e argumentando, para identificar a área de concordância;
- d) ter raciocínio efetivamente presente pela estrutura das linhas de argumento no mapa;
- e) encorajar a criatividade do grupo provendo um estímulo visual – como idéias que são registradas e exibidas na tela , ativando idéias novas;
- f) construir soluções possíveis, práticas e aceitáveis, combinando as opiniões de pessoas diferentes , de entrevistas individuais , reuniões em grupo ou debate, e
- g) ver um quadro explícito de um assunto que mostra claramente o inter-relacionamento e a interdependência de diferentes aspectos deste assunto, que pode ser explorado e então pode ser debatido.

Esta aplicação pode ser realizada no âmbito pessoal ou empresarial para desenvolver estratégia incorporada.

O *mapeamento conceitual* é um processo que contribui de forma decisiva para a compreensão do problema e para a identificação das características das ações, através das quais os atores valoram o objetivo maior (BAGANHA JÚNIOR, 2005).

Na construção do mapa conceitual é orientado, a seguir, conforme as recomendações:

- a) Deve-se ponderar sobre os temas ou tópicos a serem considerados e então identificar os maiores pontos de interesse.
- b) Quando idéias são expressas, quebram os pontos principais em outros menores, frases distintas, expressando uma idéia por frases. Expressando múltiplas idéias em uma frase simples causam problemas quando se inicia uma ligação de frase e seus inter-relacionamentos são visualizados. Usam-se declarações (informações) ao invés de frases vagas ou questões.
- c) Quando é construído o conceito, este é expressado o mais sucintamente possível e um verbo ativo é usado na declaração para torná-lo mais claro, uma vez que isto é uma ação que tem uma consequência, por exemplo.
- d) Os conceitos deverão ser escritos em linguagem natural no *mapa*. Os *mapas cognitivos* são construídos por mapas individuais e o grupo de mapas é a soma de uma série de *mapas cognitivos*.
- e) Entre com cada um dos conceitos no *mapa* à medida que eles vão surgindo ou até que eles sejam ditos (por um entrevistado).
- f) Cada um dos *conceitos* deve ser observado em volta e observe se um dos outros *conceitos* se ligam a ele, ou se ele se liga a outro.

- g) Uniões entre conceitos geralmente indicam que este conceito é uma causa ou poderá ser causa de outro. Se um conceito servir para dar suporte ou explicar outro conceito faça um *link*⁴, deverá aparecer uma seta na tela de um conceito de suporte para o conceito que foi unido. Se um conceito parecer como sendo conseqüência do outro faça um link entre aqueles que poderiam ser conseqüência, resultado ou efeito.
- h) Ligações podem ser feitas no mesmo momento em que se está dando entrada nos *conceitos* ou quando todos eles já estão no *mapa*. Quando uma série de argumentos é construída evita-se a tentação de colocar *links* diretos entre os *conceitos* do início ou fim da série. Um *mapa* no qual todos os *conceitos* são conectados para todos os outros podem não mostrar muita coisa.
- i) O *mapa* pode agora vir a ser elaborado. Se informações adicionais ocorrerem de forma que se julgue importante ou conectadas com os tópicos, então se dá entrada a novos *conceitos* no *mapa*, também observando, individualmente, para cada um dos *conceitos*. Não se deve hesitar em trocar uma ligação direta por outra adequada a um novo *conceito* que pode ser estabelecido através de mais informação. A riqueza de um *mapa* vem através da cadeia de argumentos de cada um dos *conceitos*.
- j) É usual imprimir o *mapa* e trabalhar sobre ele manualmente, obtendo desta maneira oportunidade para refletir sobre os dados que estão entrando na estrutura do *mapa*. Isto conduz freqüentemente a um ganho de entrada de mais idéias.

Os passos acima descritos deverão ser repetidos continuamente, ampliando o *mapa* em função da consistência das informações que vão chegando. À medida que os *conceitos* vão surgindo insere-se cada um deles no *mapa*.

6.4.2 Estruturação do Mapa

Os mapas são geralmente estruturados hierarquicamente, quando entramos com conceitos e estruturamos o mapa algumas coisas que temos que considerar e tomar cuidado são: quais são as metas, finalidades ou objetivos? Estas tendem a ser a declaração de intenção clara e/ou coisas que são boas, geralmente vão para o topo do mapa e serão enriquecidos com entradas estratégicas.

É preciso ser o mais consistente possível quando se estrutura e classifica o *mapa*. Diferentes tipos de *conceitos*, juntamente com o encadeamento de eventos, resultados, dentre outros, podem nos dar estilos separados tornando-o mais fácil de distinguir.

⁴ Tipos de links: o link causal, link conotativo é um link bidirecional e o link negativo que assumem aquelas idéias que conduzem ao oposto da nova idéia que deverá ser conectada.

Não é usual termos *conceitos* “órfãos” no *mapa de eventos*, ou seja, *conceitos* que não têm argumentos de suporte e não possuem conseqüências. Estes *conceitos* podem ser elaborados e movidos para outro modelo a ser estudado mais tarde, quando novas informações, talvez, sejam acrescentadas a ele.

O modelo *Decision Explorer* contém dois elementos básicos: *conceitos* e *links*. O conceito é simplesmente uma idéia expressa através de uma pequena frase, que contém normalmente duas partes contrastantes. Os *conceitos* (ou construtos) são os blocos de montagem do *mapa*. Logo ao formamos um *conceito* devemos expressá-lo o mais sucintamente possível e devemos usar um verbo ativo na declaração para fazê-lo claro, uma vez que é uma ação que tem uma conseqüência (BANXIA, 1999).

Existem três tipos de *conceitos*, são eles:

- a) *Conceitos* “cabeças” (HEADS) – é um conceito de topo (conclusão) de um conjunto de argumentos. Cabeças são razões, conclusões, metas que você gostaria de alcançar ou atingir ou alvos que você está objetivando.
- b) *Conceitos* “caudas” (TAILS) - são os que não têm suporte (sustentação) de explanação (originam-se de outro conceito). Quando os *conceitos* caudas estão no início de um conjunto de argumentos eles são pontos de partida, desencadeadores de eventos de ser levado para fora. Quando os *conceitos* caudas aparecem se elevando no modelo, eles fornecem um suporte de explanação para outros *conceitos* na cadeia de argumentos.
- c) *Conceitos* órfãos (ORPHAN) – órfãos são os que não estão conectados com nenhum outro modelo.

A partir das discussões e dos principais problemas explanados pela população local, foi elaborada uma tabela com todos os pontos destacados, onde foi possível identificar os problemas que foram citados nas três oficinas, como resposta da pergunta “*qual o rio que nós temos?*”. Estes foram listados para posteriormente serem inseridas no mapa, na forma de *conceitos* (ou construtos), caracterizando a fase preliminar. Destaca-se a seguir os problemas identificados nas três oficinas:

- lançamento de esgotos domésticos;
- sistema de coleta de esgoto ineficiente;
- acúmulo de lixo;
- coleta irregular de lixo;
- doenças veiculadas pela água;

- água poluída;
- odor desagradável;
- ausência de limpeza do canal;
- sedimentos no leito do rio;
- falta de conscientização dos moradores;
- residências na margem do rio;
- atividades comerciais no leito do rio;
- enchentes.

À medida que os conceitos foram sendo inseridos no mapa, imediatamente foi estabelecido o tipo de link existente entre eles – o *link causal*. Este é um procedimento muito importante no mapeamento, pois o *link* é utilizado para adicionar significados aos conceitos, indicando o inter-relacionamento entre estes ou ilustrando uma cadeia de argumentos, por este motivo deve ser efetuado com segurança.

A partir da idéia principal “*qual o rio que nós temos?*” e com base nas respostas obtidas nas oficinas, iniciou-se o processo de construção do mapa. Primeiramente buscou-se, identificar quais os conceitos que estabelecem uma relação de causa com a pergunta principal, surgindo então os primeiros conceitos que foram inseridos no mapa:

- lançamento de esgotos domésticos;
- acúmulo de lixo;
- enchentes;
- água poluída;
- ausência de limpeza do canal.

A partir destes conceitos o mapa começa a ser ampliado, buscando-se estabelecer uma relação de causa e conseqüência entre os mesmos. Seguindo este raciocínio foram inseridos no mapa novos conceitos, os quais de acordo com a ligação entre eles formam as cadeias de argumentos, que compõe o mapa. A Figura 33 ilustra a estrutura do mapeamento com base na situação atual do igarapé Tucunduba, apresentando um total de 14 conceitos.

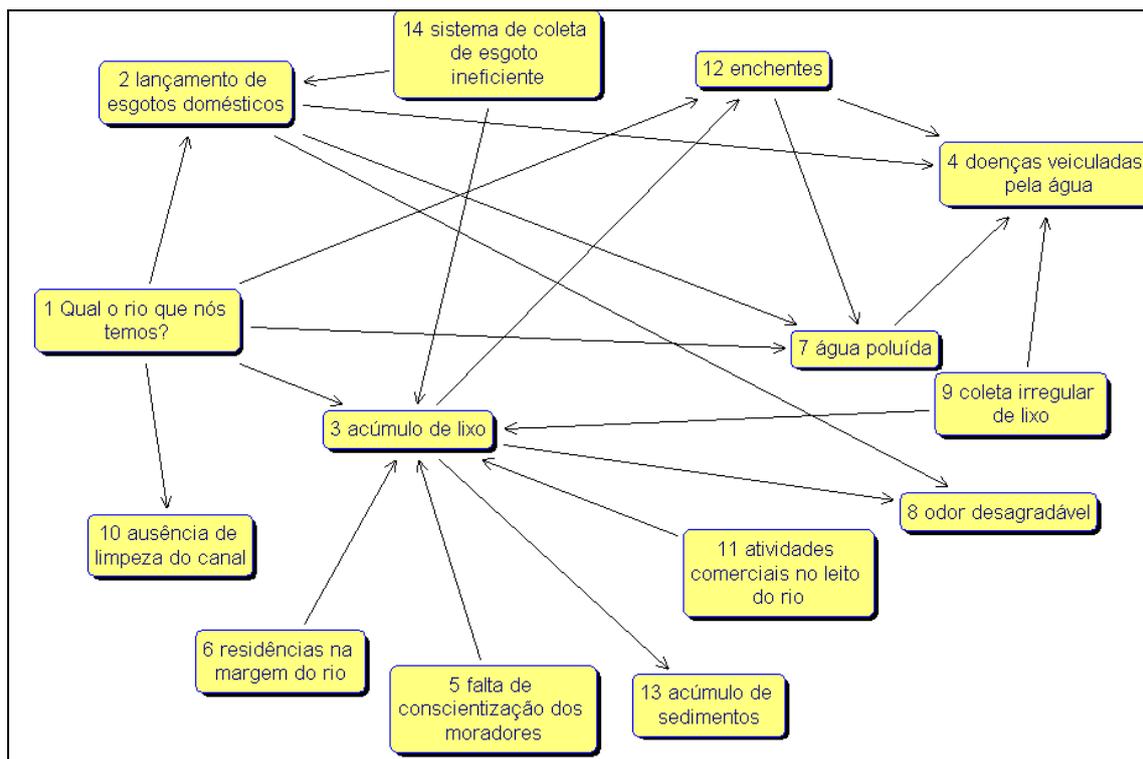


Figura 33. Mapa síntese (3 oficinas) - *Qual o rio que nós temos?* Estrutura do mapa construído a partir da situação atual do Tucunduba.

A Figura 34 relaciona todos os conceitos inseridos no mapa, na forma de texto, obtido através do *menu List (All concepts)*. O resultado é uma importante referência para o analista, pois serve para identificar quais informações (conceitos) já foram inseridos no mapa, evitando, desta forma, que sejam inseridos conceitos repetidos.

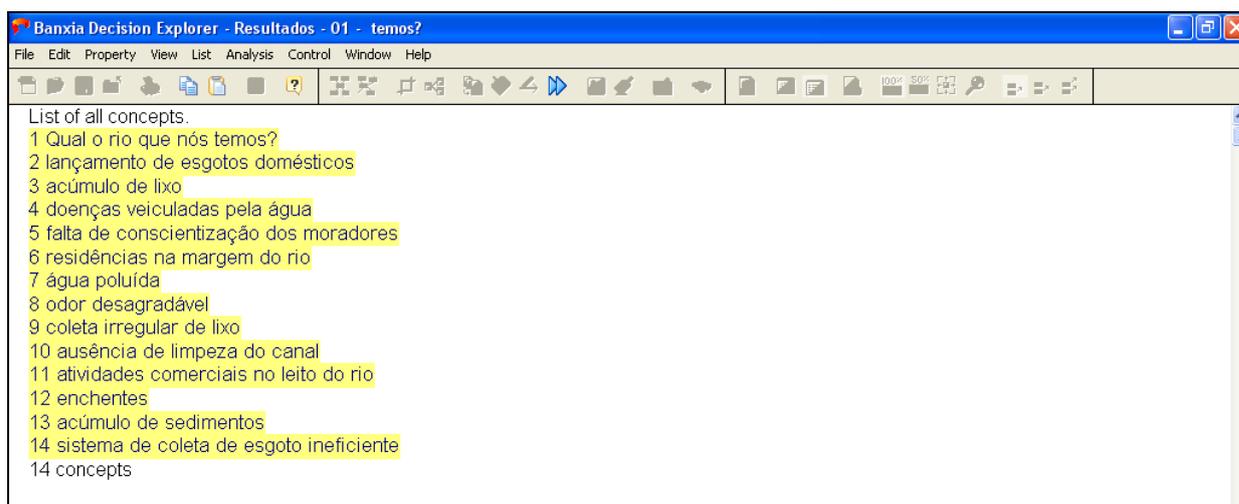


Figura 34. Lista dos conceitos inseridos no mapa da Figura 31.

É importante ressaltar que durante a elaboração do mapa, o modelo pode ser alimentado e aperfeiçoado, de acordo com o avanço do conhecimento do problema; isto pode ser feito por meio da adição de novas informações as quais se julgue necessárias, na forma de novos conceitos no mapa. É necessário, portanto, que a ligação entre os novos conceitos e os conceitos existentes no mapa sejam estabelecidos para que se possa dar seqüência na construção do mapa. Dessa forma, pode haver mudanças nos *links* entre conceitos estabelecidos anteriormente e por este motivo é importante a numeração dos conceitos.

Após a elaboração do mapa, é importante identificar-se quais são os conceitos que estão servindo de suporte para os outros conceitos do mapa e são denominados conceitos “cauda” (*Tail*). Esses conceitos são obtidos através do *menu List (Tails)*. Foi obtido como resultado os conceitos: 5, 6, 9, 11 e 14, ou seja, os conceitos que serviram de base para a construção do mapa.

É importante, também identificar-se quais os conceitos que estão no topo do mapa, ou seja, não apresentam conseqüências estabelecidas dentro do mapa, esses são denominados conceitos “cabeça” (*Head*) e são obtidos através do *menu List (Heads)*. Os conceitos “cabeça” encontrados no mapa foram os de número: 4, 8, 10 e 13. Nas Figuras 35 e 36 estão relacionados os conceitos “caudas” e os conceitos “cabeça”, considerando o mapa em questão.

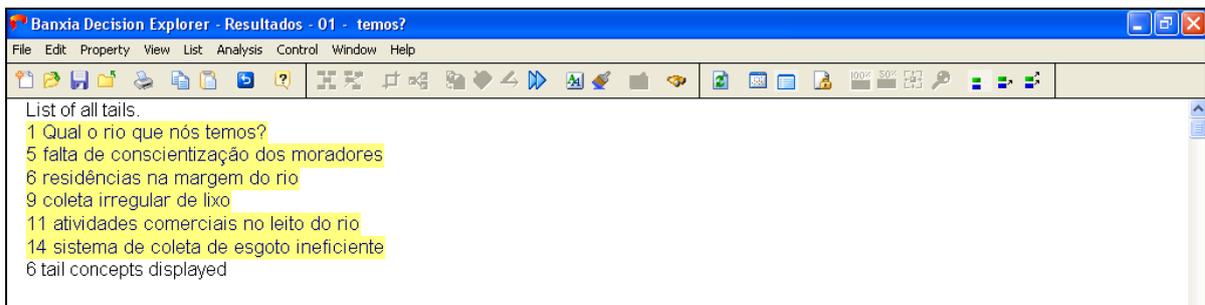


Figura 35. Lista com os conceitos do tipo “cauda” (*Tails*) existentes no mapa.

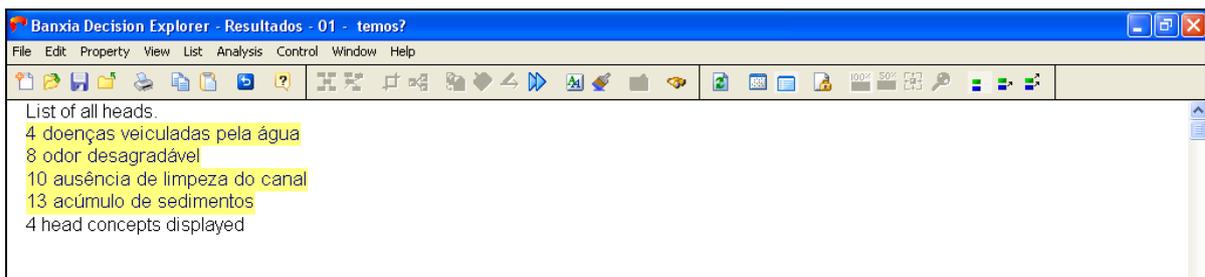


Figura 36. Lista com os conceitos do tipo “cabeça” (*Heads*) existentes no mapa.

6.4.3 Analisando o Modelo

Existem mais de quarenta comandos de análise no *Decision Explorer*. Essa faixa de comandos nos dá uma clara identificação das “cabeças e caudas” no modelo (identificando os *conceitos* de fim para o ponto mais alto), para análises mais completas de dados usando medidas tais como agrupamento, centralização, domínio e potencial. Essas medidas poderão também ser usadas para olhar a estrutura do modelo e também para avaliar o significado de certas partes do dado. A forma mais apropriada de análise não é necessariamente a mais complexa. As características do *Decision Explorer* que são usadas são um grupo de propostas para quando ele está sendo aplicado.

Neste trabalho, o estudo do modelo construído será feito a partir das análises: *Dmain*, *Cotal* e *Central*, com seus respectivos resultados obtidos a partir da aplicação do programa. Estas são consideradas formulações de “*Análise Simples*” (BANXIA, 1999):

- a) *Dmain* (*domínio*): aponta a conectividade de conceitos. Esta analisa as ligações que influenciam cada conceito para um nível de links; é usada para identificar conceitos ocupados em um modelo, conceitos que têm também um grande número de conexões vindo para dentro dele ou que tem um grande número de conexões saindo dele (um número elevado de conseqüências).
- b) *Cent* (*Central*): irá complementar a análise de domínio uma vez que ela traz um largo contexto de conceitos, aponta para a conexão desses para um nível específico de conexões, além do conceito “central” ela prefere olhar a suavidade em um ponto e a influência do conceito em seu conjunto mais amplo.
- c) *Cotail*: procura a cauda composta em um modelo, uma vez que eles são conceitos com dois ou mais resultados ou conseqüências. Em geral cotails são interessantes porque eles têm múltiplas conseqüências, eles são pontos de ramificação em linhas de argumentos em um evento. O desencadeamento de eventos, isto é um cotail, com múltiplas conseqüências possíveis pode formar a base de dois cenários acerca de possíveis eventos futuros. Em um mapa cognitivo o desenvolvimento de cotails é interessante porque eles podem indicar uma ação simples que pode permitir alcançar múltiplas metas.

As Figuras 37 a 39 ilustram os resultados obtidos.

All concepts in descending order of value

9 links around
3 acúmulo de lixo

5 links around
1 Qual o rio que nós temos?
2 lançamento de esgotos domésticos

4 links around
4 doenças veiculadas pela água
7 água poluída
12 enchentes

2 links around
8 odor desagradável
9 coleta irregular de lixo
14 sistema de coleta de esgoto ineficiente

1 link around
5 falta de conscientização dos moradores
6 residências na margem do rio
10 ausência de limpeza do canal
11 atividades comerciais no leito do rio
13 acúmulo de sedimentos

Análise Dmain (Domínio)

Objetivo: identificar a quantidade de ligações em torno de cada conceito, relacionando em ordem decrescente de valores a quantidade de ligações (links) em torno de cada um.

Resultados: identificou-se que o conceito 3 (acúmulo de lixo) é o conceito que apresenta o maior número de conceitos ligados a ele, com 9 (nove) links em sua volta. Em seguida aparece o conceito 2, com cinco links relacionados a ele. Os conceitos 4, 7 e 12 com quatro links em torno deles. Os conceitos 8, 9 e 14 com dois links relacionados a ele, e finalmente os conceitos 6, 10, 11 e 13 apresentam apenas um link em torno de cada um deles.

Indicadores: um dos principais problemas atualmente na Bacia do Tucunduba é o acúmulo de lixo, comprovando o que foi observado no levantamento de campo e destacado nas três oficinas.

Figura 37. Resultado obtido para a análise *Dmain* (Domínio).

Analysing model, and calculating Cotail results - Please wait a moment...

Branch points of style standard
1 Qual o rio que nós temos?
3 acúmulo de lixo
9 coleta irregular de lixo
14 sistema de coleta de esgoto ineficiente

Análise Cotail

Objetivo: buscar no mapa todos os conceitos que servem de suporte (explanação) para o conceito principal, ou seja, relaciona todos os conceitos que estabelecem uma relação direta de causa com o mesmo.

Resultados: foram obtidos os conceitos 3, 9 e 14.

Indicadores: acúmulo de lixo, coleta irregular de lixo e sistema de coleta de esgoto ineficiente.

Figura 38. Resultado da análise *Cotail*.

Durante o processo de construção do mapa vão surgindo às ramificações em torno dos conceitos, ou seja, são formadas as cadeias de argumentos, o que caracteriza o mapeamento de eventos (conceituado anteriormente). É a partir desse processo de ligação entre conceitos (relações de causa e efeito), que a análise Central começa a ser construída.

<p>ANALYSIS CENTRAL Cent Scores Calculated...</p> <p>3 acúmulo de lixo 11 from 13 concepts.</p> <p>12 enchentes e 2 lançamento de esgotos domésticos 8 from 13 concepts.</p> <p>14 sistema de coleta de esgoto ineficiente, 9 coleta irregular de lixo, 8 odor desagradável, 7 água poluída e 4 doenças veiculadas pela água 7 from 13 concepts.</p> <p>13 acúmulo de sedimentos, 11 atividades comerciais no leito do rio, 6 residências na margem do rio e 5 falta de conscientização dos moradores. 6 from 13 concepts.</p> <p>10 ausência de limpeza do canal 5 from 13 concepts.</p>
<p style="text-align: center;">Análise Central</p> <p>Objetivo: permite verificar a quantidade de ligações estabelecidas para cada conceito (causa e consequência)</p> <p>Resultados: foram obtidos para todos os conceitos do mapa estabelecendo primeiro o número de conceitos diretamente relacionados ao conceito especificado (1º nível), além do número de conceitos indiretamente relacionados ao conceito especificado (2º nível), sendo relacionados em ordem decrescente.</p> <p>Indicadores: os níveis de ligações estabelecidos entre determinado conceito do mapa.</p>

Figura 39. Resultado da análise *Central*.

6.4.4 Definição dos usos desejados de recursos hídricos

No segundo momento da oficina, com o objetivo de conhecer quais as expectativas dos moradores da bacia, e assim, definir a proposta de enquadramento, perguntou-se “*que rio nós queremos?*”; e a partir das discussões e dos anseios da comunidade, foi elaborada uma tabela com todos os pontos destacados. Estes foram listados para posteriormente serem inseridas no mapa, na forma de *conceitos* (ou construtos). Destaca-se a seguir os usos futuros identificados nas três oficinas:

- esgoto tratado;
- drenagem do canal;
- limpeza do leito do rio;

- navegação;
- projetos de despoluição – água limpa;
- investimento em paisagismo na bacia;
- lazer;
- implantação de projetos turísticos;
- implantação de projetos esportivos;
- conscientização dos moradores;
- retorno a presença de peixes no rio.

A partir da pergunta principal “*que rio nós queremos?*” e com base nas respostas obtidas nas três oficinas, iniciou-se o processo de construção do mapa. Buscando estabelecer uma relação de causa e consequência entre os usos desejados pela comunidade local para os usos futuros (desejados). A estrutura do mapeamento com base nos usos desejados para o igarapé Tucunduba apresentou um total de 12 conceitos (Figura 40).

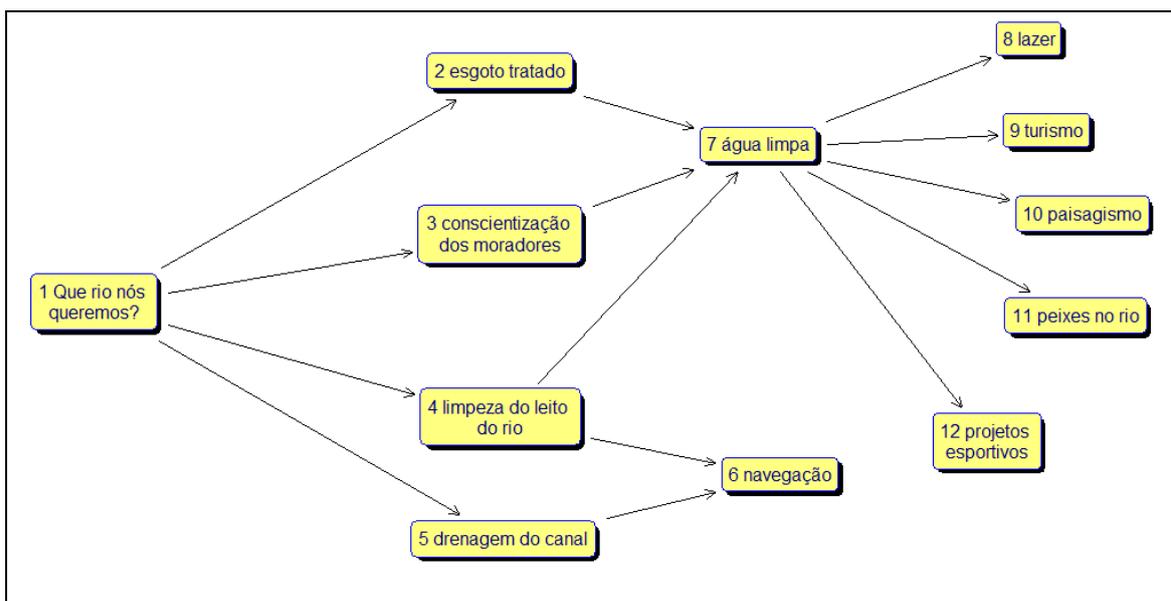


Figura 40. Estrutura do mapa construído a partir dos usos desejados.

A Figura 41 relaciona todos os conceitos inseridos no mapa, na forma de texto, obtido através do *menu List (All concepts)*. Neste sentido é possível identificar-se claramente que o conceito que serve de suporte para os demais é o conceito 1, conceito base para o mapa. Os conceitos 6, 8, 9, 10, 11 e 12 foram identificados como conceitos “*cabeça*” (*Head*), ou seja, representam os usos futuros ou desejados para esta bacia e são obtidos através do *menu List (Heads)*.

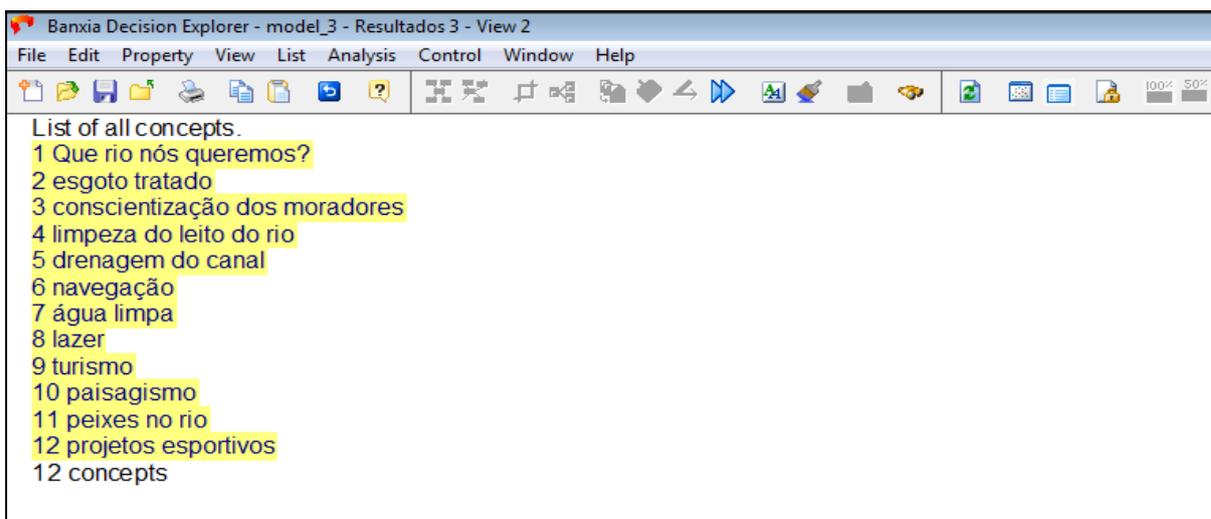
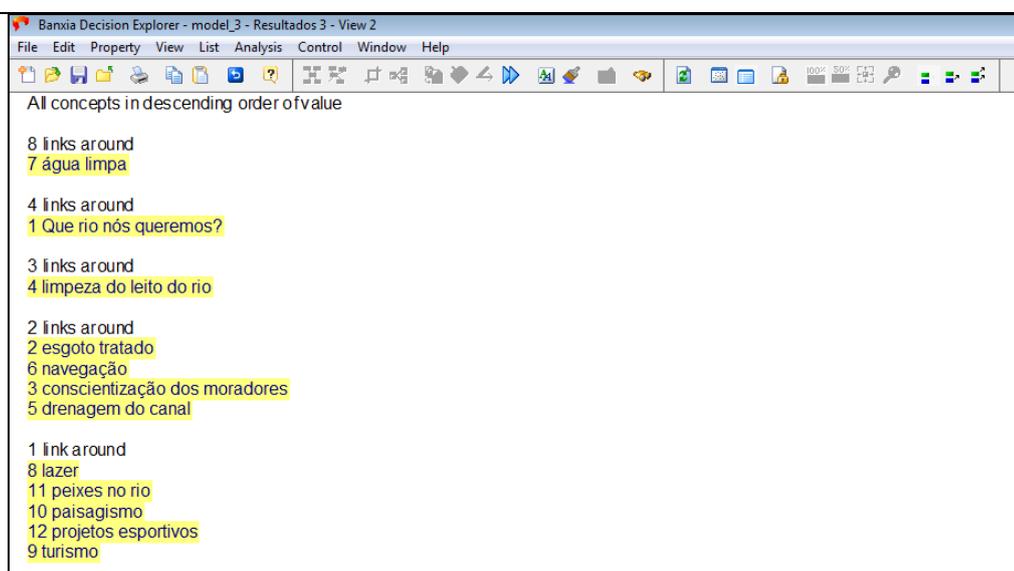


Figura 41. Lista com os conceitos do tipo “cauda” (*Tails*) existentes no mapa.

Adotando-se os mesmos procedimentos descritos no item 6.4.2, foram feitas as análises *Cotail*, *Dmain* e *Central* para os usos futuros estabelecidos, conforme figuras mostram as Figuras 42 e 43.



Análise *Dmain* (Domínio)

Objetivo: identificar a quantidade de ligações em torno de cada conceito, relacionando em ordem decrescente de valores a quantidade de ligações (links) em torno de cada um.

Resultados: identificou-se que o conceito 7 (água limpa) é o conceito que apresenta o maior número de conceitos ligados a ele, com 8 (oito) links em sua volta. Em seguida aparece o conceito 1, com quatro links relacionados a ele, o conceito 4 (quatro), com três links relacionados a ele. Os conceitos 2, 6, 3 e 5 com dois links em torno deles e finalmente os conceitos 8, 9, 10, 11 e 12 apresentam apenas um link em torno de cada um deles.

Indicadores: o principal desejo da população local é ver a água do rio limpa (conceito 7), que ao ser alcançado possibilitará os demais usos: lazer, peixes no rio, paisagismo, projetos esportivos e turismo.

Figura 42. Resultados: *Dmain* (Domínio).

File Edit Property View List Analysis Control Window Help

Analysing model, and calculating Cotail results - Please wait a moment...

Branch points of style standard
1 Que rio nós queremos?

(a)

Análise Cotail

Objetivo: buscar no mapa todos os conceitos que servem de suporte (explanação) para o conceito principal, ou seja, relaciona todos os conceitos que estabelecem uma relação direta de causa com o mesmo.

Resultados: foi obtido como resultado o conceito 1, conceito base a partir do qual obtem-se as ramificações no mapa.

Indicadores: são repostas para a pergunta “que rio nós queremos?”

ANALYSIS CENTRAL
Cent Scores Calculated...

7 água limpa
9 from 11 concepts.

4 limpeza do leito do rio
7 from 11 concepts.

3 conscientização dos moradores; 2 esgoto tratado
6 from 11 concepts.

6 navegação
5 from 11 concepts.

12 projetos esportivos; 11 peixes no rio; 10 paisagismo; 9 turismo; 8 lazer
4 from 10 concepts.

5 drenagem do canal
3 from 6 concepts.

(b)

Análise Central

Objetivo: permite verificar a quantidade de ligações estabelecidas para cada conceito (causa e consequência).

Resultados: foram obtidos para todos os conceitos do mapa estabelecendo primeiro o número de conceitos diretamente relacionados ao conceito especificado (1º nível), além do número de conceitos indiretamente relacionados ao conceito especificado (2º nível), sendo relacionados em ordem decrescente.

Indicadores: os níveis de ligações estabelecidos entre determinado conceito do mapa.

Figura 43. Resultados: a) Cotail ; b) Central

Na definição dos usos desejados, com base mapa e nos resultados das análises, verificou-se que os conceitos 2, 3, 4 e 5, estabelecem as ações a serem desenvolvidas na Igarapé Tucunduba (medidas estruturais e não-estruturais) que ao serem implementadas possibilitarão eu a população local utilize a bacia para: lazer, turismo, paisagismo, criação de peixes e projetos esportivos. Logo, do exposto conclui-se que a principal situação de **resposta** esperada é a revitalização da bacia com proposta paisagística, associada a turismo e lazer.

Do exposto pela análise dos usos atuais e futuros destacado pelos atores locais, e pelo resultado hierárquico demonstrado por meio do programa *Decision Explorer*, observa-se que:

- Em primeiro lugar, o principal elemento de **pressão** sobre os recursos hídricos locais é o saneamento insuficiente da bacia, em termos de coleta de lixo, tratamento de esgoto e abastecimento de água.
- Em decorrência, a principal consequência na bacia é a perda da qualidade da água, caracterizando assim uma situação de **estado**.
- Logo, existe um **impacto** associado que é a decorrente: a poluição hídrica.
- E a principal **demand**a associada é ao lazer, turismo, paisagismo, criação de peixes e projetos esportivos.

6.5 Análise comparativa de resultados obtidos pelo uso de mapas cognitivos

6.5.1 Exemplos de trabalhos executores da técnica

Em termos de discutir os resultados obtidos, propõem-se aqui apresentar os produzidos por outros estudos que utilizaram metodologia similar em torno da geração de mapas cognitivos.

Jardim (2001) mostra como a abordagem estratégica pode ser utilizada para a formulação e estruturação de problemas complexos, através do uso dos mapas cognitivos. A cognição é um conceito geral que alcança todas as formas de conhecimento, incluídos a percepção, o raciocínio e o julgamento. Os mapas cognitivos podem ser entendidos como representações gráficas de conjuntos de representações discursivas feitas por um sujeito (o ator) com vistas a um objeto (o problema), em contextos de interações. Essa representação gráfica é o resultado da interpretação mental que o analista (facilitador) faz a partir da representação discursiva feita pelo sujeito (ator) sobre um problema. No caso da bacia do Tucunduba usaram-se mapas de identidade, que designam as marcas físicas chaves do problema (atores, eventos e processos). Em termos de estratégia e planejamento, os mapas cognitivos, e mais, o processo cognitivo representam uma importante ferramenta para a construção da árvore de objetivos, por isso sua escolha para o enquadramento de corpos d'água segundo classes de uso.

Outra vantagem observada pelo uso desta formulação é seu emprego em sistemas de complexidade social, cujas relações não são facilmente quantificáveis, como é o caso das micro-bacias urbanas.

Silva Filho e Braga (2008) apresentam uma visão sobre micro-bacia urbana, estes estudaram a Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna, localizada na região metropolitana de Curitiba. Com problemas típicos do contexto urbano: falta de esgotamento sanitário e crescimento populacional por meio de ocupações irregulares; e como estas têm contribuído para a diminuição de sua qualidade da água da bacia. A escolha por metodologias que captem a percepção social deveu-se pelo fato dos autores considerarem as causas antropogênicas como o fator preponderante. Para analisar esta influência, foi aplicado um questionário de percepção ambiental que procurou identificar as relações existentes entre os moradores e a bacia hidrográfica em estudo. O cruzamento das informações sobre percepção ambiental com as análises de qualidade da água uso e ocupação do solo permitiu verificar se as percepções representam influência significativa na qualidade ambiental da bacia.

Desta forma, a geração de mapas cognitivos impulsiona o entendimento do significado atribuído pelo sujeito aos fatos, relações, práticas e fenômenos sociais, de modo a interpretar tanto as interpretações quanto as interpretações sobre as práticas (SILVA FILHO; BRAGA, 2008). A representatividade dos dados está relacionada à sua capacidade de compreensão do significado dos fenômenos em seus contextos.

Na formulação dos mapas cognitivos tem-se tornado mais usual o uso de sistemas informacionais específicos que apoiem a formulação das diversas possibilidades de relações de causa e efeito.

Holz e Ensslin (1999) realizaram um estudo de caso na micro-bacia de rio do Cedro em Águas Mornas - SC. Neste trabalho, é utilizado um método de apoio à decisão multicritérios (MCDA), este se baseia na avaliação de um agroecossistema gerando simultaneamente duas funções de valor, sendo uma privada e outra social; através de entrevistas foram feitos mapas cognitivos com os agricultores para levantar os seus valores e a partir de um conjunto de leis derivou-se mapas cognitivos dos valores sociais. Pelo estudo concluiu-se que o método proposto permitiu: estabelecer um conjunto de “tradeoffs” entre os benefícios privados auferidos pelos agricultores e entre os custos sociais existentes por causa da exploração agrícola de uma micro-bacia; e construir uma escala de impactos do atual processo de exploração. Os autores concluíram que o método foi capaz de, simultaneamente, medir impactos sobre os agricultores e sobre a sociedade, oriundos de ações de desenvolvimento rural.

Experiências como esta, levaram a formulação de técnicas mais sofisticadas em termos do uso de instrumentos que melhor articulassem a configuração dos mapas.

Laura (2004) desenvolveu um método de modelagem de um sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos, propiciando a participação dos atores sociais e visando ter maior conhecimento do problema e legitimidade do processo da gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica. Esta metodologia foi aplicada, através de um estudo de caso, na bacia hidrográfica do rio dos Sinos (RS). A proposta do sistema de indicadores congregou duas áreas de interesse: a primeira, na perspectiva dos objetivos privados - a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, que contempla 8 setores: abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação, criação de animais, geração de energia elétrica, navegação, aquicultura turismo e recreação; a segunda, na perspectiva dos interesses públicos - a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos, que contempla 4 setores: regime hidrológico, qualidade da água, *habitats* naturais e resíduos sólidos. Em suma, foram definidos um total de 238 indicadores básicos, alguns deles (88 indicadores) são compartilhados entre os setores, mostrando a interação e dependência entre dos indicadores. O autor recomenda empregar esse método se o interesse for, além da proposta de um sistema de indicadores de sustentabilidade, também do processo de participação dos atores envolvidos para compreender a problemática dos recursos hídricos.

O trabalho de Laura (2004) tem em um de seus objetivos o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para o enquadramento do rio dos Sinos; destacando o desafio de começar por este, a partir dos usos atuais e futuros dos recursos hídricos da bacia; semelhante ao que se propõe para o Tucunduba. Outra semelhança ao trabalho desenvolvido junto a bacia do Tucunduba é a identificação das relações de PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA; para a definição das ações necessárias a construção do enquadramento (Figura 44).

Malta (2006) criou o modelo MACPROL (Modelo Multicritério de Análise de Conflitos, baseado na Programação Linear Multiobjetivo); este foi aplicado em um conflito real, que é o conflito pela arrecadação e aplicação dos recursos da cobrança pelo uso da água da transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para a do rio Guandu, em uma simulação em que os Comitês de Bacia Hidrográfica, CEIVAP e Guandu têm o poder de decidir qual a melhor forma de gestão dos recursos hídricos nestas bacias. Foram analisados alguns

cenários, nos quais, se considera o governo do Estado do Rio de Janeiro como decisor em dois cenários simulados, confirmamos a situação existente, entre os comitês.

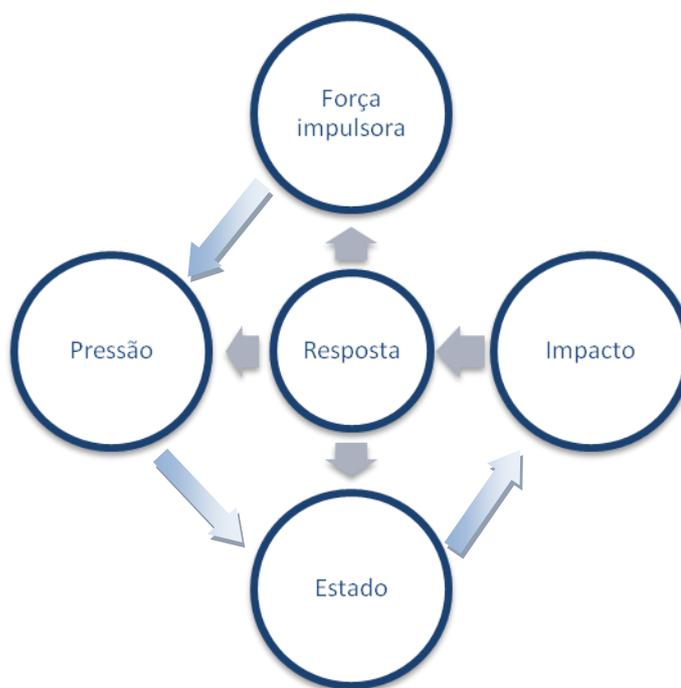


Figura 44. Modelo de força impulsora: PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA (modificado de LAURA, 2004).

Outro exemplo a ser adotado, para ilustrar o emprego da técnica em função da necessidade de agregar a informação técnica ao processo de tomada de decisão social é o de Braga (2008). Neste trabalho foi proposto um modelo conceitual de construção da tomada de decisão em grupo, incorporando os vieses psicológicos dos decisores, estratégias de engajamento, evidência dos decisores e graus de consenso, denominada de Dinâmica Comportamental da Negociação Expandida. Esta se justifica pelo fato do modelo de gestão de recursos hídricos brasileiro preconizar a gestão participativa e descentralizada, ou seja, têm-se palcos decisórios com múltiplos decisores, logo o modelo empregado teria um papel de mediador dos processos decisórios construídos ao longo de várias rodadas de negociação para simular o ambiente resultante da negociação. A Dinâmica Comportamental da Negociação Expandida foi aplicada ao processo decisório do Marco Regulatório do Sistema Curema-Açu, mais especificadamente a decisão da vazão da divisa dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Esta foi realizada segundo: a) Concepção conceitual e analítica do modelo; b) Implementação computacional do modelo; c) Estruturação do conflito a ser modelado; d)

Levantamento das preferências individuais dos decisores; e) Modelagem das preferências e do consenso da decisão; e f) Análise dos resultados – verificação.

Barp e Louzada (2008), no mesmo raciocínio de Braga (2008), apresentaram uma reflexão sobre os conflitos relacionados às múltiplas utilizações da água, adotando como estudo de caso o reservatório da UHE Tucuruí, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins-Araguaia, no estado do Pará; e a estruturação política e institucional para a gestão dos recursos naturais, necessárias para a implementação de políticas públicas centradas no gerenciamento de recursos hídricos. Como ferramenta foi empregado o mapeamento cognitivo dos conflitos por múltiplos usos da água no reservatório da hidrelétrica de Tucuruí (PA). Este mapeamento cognitivo foi apoiado na estruturação dos dados qualitativos pelo software Nvivo 7.

O Modelo PEDS (Planejamento Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável) foi aplicado por Santos et al (2009) para a implantação do processo de participação qualificada da sociedade na Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas (SC). O objetivo foi sensibilizar e capacitar lideranças locais para a governança da água e produzir o zoneamento participativo (ZP) da bacia. O Modelo PEDS envolve a produção de conhecimentos por meio de uma abordagem construtivista na qual os participantes aprendem com sua atuação no processo. Ele possui três metodologias que direcionam as oficinas e sua aplicação: metodologia pedagógica; histórica; e estratégica. Os autores verificaram que a utilização do PEDS promoveu e estimulou a atuação da comunidade no Comitê do Rio Tijucas e os resultados gerados estão sendo utilizados para auxiliar na gestão e planejamento da bacia.

Do exposto verifica-se que a aplicação do mapeamento cognitivo para obtenção de respostas que possam apoiar o processo de tomada de decisão na área de recursos hídricos vem sendo cada vez mais utilizada, devido às necessidades crescentes de analisar de forma sistemática e formalizada os contextos decisórios que atualmente se apresentam. Análises deste tipo são valiosas ao considerar a natureza multidisciplinar dos problemas e as consequências das alternativas de ações segundo vários pontos de vista, permitindo aos atores, um melhor entendimento do contexto decisório através da aprendizagem, inclusive no que se refere aos seus valores e preferências.

6.5.2 Retrospectiva de trabalhos executados na bacia hidrográfica do Tucunduba com o suporte de técnicas informacionais

A bacia hidrográfica do Tucunduba é uma bacia urbanizada em sua totalidade e por isso necessita de uma nova leitura em termos do planejamento hídrico e aplicação dos instrumentos de sua política. Por este motivo, vários trabalhos já foram desenvolvidos na Universidade Federal do Estado do Pará que possibilitam além da diagnose da bacia, a caracterização de suas potencialidades.

Silva e Barp (2004) marcaram esse processo com a identificação de conflitos na bacia e o uso de metodologias informacionais. Neste caso, foi aplicado o Programa *Nvivo* para a melhor qualidade do processo de decisão. Os resultados obtidos são coincidentes com as respostas das oficinas desenvolvidas.

Santos (2003, 2004) objetivou verificar a utilização da metodologia informacional como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, através do software *Decision Explorer*, na área de saneamento ambiental, com base no levantamento de dados sobre as características físicas, sociais e ambientais pesquisadas na Bacia do Tucunduba; neste foi feito um mapeamento cognitivo do conflito identificado na área de estudo, no referente a grande quantidade de resíduos sólidos lançados no Tucunduba, no qual foram aplicadas as análises disponíveis no programa.

Baganha Junior (2005) também desenvolveu na bacia do igarapé Tucunduba, uma estrutura cognitiva causal computacional capaz de identificar e qualificar os potenciais processos indicadores conflitos gerados pelos usos múltiplos da água. Neste foi empregado o software *Decision Explorer* que visa entender não somente os aspectos hidrológicos, mas também os aspectos sociais, indispensáveis na tomada de decisão diante de um cenário de conflitualidade quanto ao uso desses recursos. A identificação e qualificação dos conflitos decorrentes dos usos múltiplos da água foram realizadas a partir de entrevistas com especialistas na área de gestão e saneamento, sendo posteriormente gerados os mapas cognitivos possibilitando assim a descrição do sistema escolhido e a identificação das possíveis soluções mediadoras para os conflitos ali identificados.

Pereira e Barp (2007) aplicaram outra forma de análise por meio da utilização do software *Intelimap* para a construção de mapas mentais e em estrutura hierárquica. A identificação e qualificação dos conflitos decorrentes dos usos múltiplos da água foram realizadas a partir de entrevistas com especialistas na área de gestão e saneamento. Os

conflitos identificados foram: problemas com o abastecimento de água; poluição do meio hídrico; uso inadequado do solo e processo erosivo do solo. Ou seja, com outro público alvo, chegou-se ao mesmo resultado desta pesquisa, mostrando uma continuidade da situação de 2007 a 2010, mesmo com as intervenções sofridas na bacia.

De forma complementar, no apoio a construção de informações produto de investigações técnicas, destaca-se o trabalho de Cacela Filho et al (2007) que empregou o programa *Watershed Modeling System* (WMS) para análise do sistema da bacia do Tucunduba, por meio da interação dos dados pluviométricos (chuva) com dados topográficos (uso do solo) proporcionando situações onde, através de cada uso do solo e respectivo fator de saturação do solo, podem-se prever, de acordo com intensidades e durações de chuvas, condições diferentes para heterogeneidade da bacia do Tucunduba, no que diz respeito à infiltração e ao escoamento superficial. E o de Pegado (2010) que trabalha com a identificação dos usos múltiplos das águas da bacia, empregando investigação de campo e o seu mapeamento por meio de geotecnologias, com a geração de cartas de espacializam estes ao longo da bacia e que possibilitarão definir as zonas prioritárias de ação para o enquadramento.

6.5.3 Análise comparativa de PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA com base nos trabalhos desenvolvidos com o suporte de técnicas informacionais na bacia do Tucunduba

O modelo PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA (PEIR) é empregado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), na Avaliação Ambiental Integrada que promove, periodicamente, sob a denominação de *Global Environment Outlook* (GEO). A interferência antrópica (PRESSÃO) no meio ambiente afeta o ESTADO de seus componentes (IMPACTO) e gera uma RESPOSTA, imediata ou não, na sua qualidade. Como todo sistema complexo, o impacto da alteração de um componente fomenta mudanças, de acordo com a pressão que foi exercida sobre ele (OLIVEIRA; FARIA, 2008).

Os componentes da matriz PEIR podem ser classificados em (PNUMA, 2002):

1. PRESSÃO: exercida pela atividade humana sobre o meio ambiente, geralmente denominada causas ou vetores de mudança. O conhecimento dos fatores de pressão busca responder à pergunta “*Por que ocorre isto?*”;

2. ESTADO: ou condição do meio ambiente que resulta das pressões. As informações referentes ao estado respondem, por sua vez, à pergunta “*O que está ocorrendo com o meio ambiente?*”;

3. IMPACTO: ou efeito produzido pelo estado do meio ambiente sobre diferentes aspectos, como os ecossistemas, qualidade de vida humana, economia urbana local;

4. RESPOSTA: é o componente da matriz que corresponde às ações coletivas ou individuais que aliviam ou previnem os impactos ambientais negativos, corrigem os danos ao meio ambiente, conservam os recursos naturais ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população local. Podem ser preventivas ou paliativas. Os instrumentos deste componente respondem à pergunta “*O que podemos fazer e o que estamos fazendo agora?*”.

O Quadro 2 ilustra a relação PEIR adotada entre os componentes adotados por este estudo e pelos demais que empregaram metodologia similar na bacia, como suporte à decisão ao processo de definição da melhor Classe a ser adotada para o Igarapé Tucunduba, segundo a Resolução n. 357/2005 do CONAMA.

Os indicadores respondem aos seguintes questionamentos:

- PRESSÃO: Que fatores são apontados como os mais intervenientes, e que comprometem a dinâmica da bacia?
- ESTADO: Em função da PRESSÃO exercida qual a consequência imediata sobre a bacia?
- IMPACTO: Qual o reflexo do ESTADO observado sobre a oferta hídrica (qualidade e quantidade) para os usos múltiplos das águas na bacia?
- RESPOSTA: Que ações devem ser realizadas para minimizar ou eliminar o IMPACTO observado?

A matriz PEIR é um instrumento analítico que permite organizar e agrupar de maneira lógica os fatores que incidem sobre o meio ambiente, os efeitos que as ações humanas produzem nos ecossistemas e recursos naturais, o impacto que isto gera à natureza e à saúde humana, assim como as intervenções da sociedade e do Poder Público (PNUMA, 2002).

Quadro 2. Resultado comparativo entre o gerado pelos trabalhos já desenvolvidos na bacia do Igarapé Tucunduba e o produto das oficinas executadas neste trabalho em 2010.

Autores	Elementos de investigação	Software	Força Impulsora	Pressão	Estado	Impacto	Resposta	
Silva e Barp (2004)	Pesquisa documental	Nvivo	Melhorias do saneamento ambiental da bacia	Conflitos pelo uso da água na bacia do Tucunduba	Degradação ambiental da bacia	Redução da oferta hídrica (qualidade e quantidade) para os usos múltiplos das águas na bacia	Implantação de medidas não estruturais	
Santos (2010)	População local-questionários	<i>Decision Explorer</i>	Melhorias do saneamento ambiental da bacia	Grande quantidade de lixo que é lançada no Igarapé	Poluição e contaminação da água		Implantação de medidas estruturais e não estruturais	
Baganha Junior (2005)	Especialistas na área de gestão e saneamento	<i>Decision Explorer</i>	Melhorias do saneamento ambiental da bacia	Conflitos pelo uso múltiplo da água na bacia do Tucunduba	Degradação ambiental da bacia		Implantação de medidas estruturais e não estruturais	
Pereira e Barp (2007)	Especialistas na área de gestão e saneamento	Intelimap	Melhorias do saneamento ambiental da bacia	Fatores físico-químico-biológicos causadores de poluição	Poluição do meio hídrico		Implantação de medidas estruturais e não estruturais	
				Aumento da área impermeabilizada	Uso inadequado do solo			Implantação de medidas estruturais
				Ocupação desordenada para fins habitacionais	Processo erosivo do solo			Implantação de medidas estruturais e não estruturais
Santos (2010)	População local - oficinas	<i>Decision Explorer</i>	Enquadramento dos corpos d'água segundo classes de uso	Saneamento insuficiente da bacia	Qualidade da água inadequada ao uso para consumo humano		Proposta de enquadramento da bacia do Tucunduba	

Com base nas experiências apresentadas no Quadro 2, conclui-se que a o emprego de sistemas informacionais como suporte ao processo de tomada de decisão aplicados à gestão de bacias hidrográficas, permitem após aplicação e análise dos resultados a identificação dos fatores de PRESSÃO – ESTADO – IMPACTO – RESPOSTA (PEIR), contribuindo para a uma análise clara e concisa dos objetivos propostos em cada trabalho, apesar das diversas fontes de consulta e dos *softwares* com estruturas diferenciadas de análise empregados.

6.6 Revisão das informações de qualidade das águas da bacia do Igarapé Tucunduba como subsídio ao enquadramento

De forma complementar ao desenvolvimento da metodologia de enquadramento participativo buscou-se sistematizar uma série de dados relativos à qualidade das águas na bacia, compreendendo os anos de 1988, 1989, 1999, 2000, 2003 e 2009; oriundos dos trabalhos de: Braz et al (1988); Braz et al. (1989); Lopes e Bezerra (2001); Dias et al. (2003) e Pires et al. (2009).

O Quadro 3 indica os parâmetros analisados por cada autor, destacando os passíveis de comparação.

Quadro 3. Síntese dos parâmetros analisados pelos autores consultados.

Autores	Parâmetros																	
	pH	cor	OD	DBO	DQO	Temperatura	alcalinidade	condutividade	turbidez	dureza	sólidos totais	sólidos em suspensão	óleos e graxas	sulfeto	chromo hexavalente	chromo total	coliforme total,	coliforme fecal (<i>E. Coli</i>)
Braz et al (1988)	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Braz et al. (1989)	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lopes e Bezerra (2001)	X		X	X	X	X		X	X		X	X	X			X	X	X
Dias et al. (2003)	X	X	X					X	X									
Pires et al. (2009)	X		X					X	X								X	X

Para efeito de ajustes entre os dados monitorados por cada estudo (estes se diferenciavam em termos de número de parâmetros monitorados), optou-se pelos seguintes parâmetros descritos segundo CETESB (2002a, 2002b), Peixoto (2007) e Pinto (2007):

- **pH:** é uma medida da intensidade do caráter ácido de uma solução. É dado pela atividade do íon hidrogênio (H⁺), sendo medido potenciométricamente e apresentado em uma escala anti-logarítmica. A escala de pH, compreendida entre 0 e 14, indica se o meio é ácido, básico ou neutro, quando o pH for menor, maior ou igual a 7, respectivamente.

- **Alcalinidade:** é principalmente devida à presença de sais de ácidos fracos e/ou a bases fortes ou fracas; se considera a alcalinidade de uma água como a medida da sua capacidade para neutralizar ácidos. A alcalinidade das águas naturais é fundamentalmente devida a hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, correspondendo às três principais formas de alcalinidade.
- **Condutividade:** é uma medida da habilidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon. Em medições realizadas em amostras de água, utiliza-se preferencialmente microSiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou miliSiemens por centímetro (mS/cm).
- **Turbidez:** é causada por diversos materiais em suspensão, de tamanho e natureza variados, tais como, lamas, areias, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, compostos corados solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos. A presença destes materiais em suspensão numa amostra de água causa a dispersão e a absorção da luz que atravessa a amostra, em lugar da sua transmissão em linha reta. A turbidez é a expressão desta propriedade óptica e é indicada em termos de unidades de turbidez (NTU – *Nephelometric Turbidity Unit*).
- **OD:** o oxigênio dissolvido refere-se ao oxigênio molecular (O_2) dissolvido na água. A concentração de OD nos cursos d'água depende da temperatura, da pressão atmosférica, da salinidade, das atividades biológicas, de características hidráulicas (existência de corredeiras ou cachoeiras) e, de forma indireta, de interferências antrópicas, como lançamento de efluentes nos cursos d'água. A unidade de OD utilizada é mg/L .
- **Cor:** a existência na água de partículas coloidais ou em suspensão determina o aparecimento de cor. Essas partículas provêm do contacto da água com substâncias orgânicas como folhas, madeira, etc., em estado de decomposição, da existência de compostos de ferro ou de outras matérias coradas em suspensão ou dissolvidas.
- **Coliformes Totais e E. Coli:** o grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C . Esta definição é a mesma para o grupo de coliformes termotolerantes, porém, restringindo-se aos membros capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 horas a $44,5\text{-}45,5^\circ\text{C}$. O índice de

coliformes totais avalia as condições higiênicas e o de coliformes termotolerantes é empregado como indicador de contaminação fecal e avalia as condições higiênico-sanitárias deficientes, visto que a população deste grupo é constituída de uma alta proporção de *E. coli*.

Foram observados também os métodos analíticos empregados, conforme o Quadro 4.

Quadro 4. Comparativo de métodos analíticos empregados.

Parâmetro	Método, Pires et al (2009)	Método, Dias et al (2003)	Método, Lopes e Bezerra (2001)	Método, Braz et al (1989)	Método, Braz et al (1988)
pH	Potenciométrico	Potenciométrico, utilizando potenciômetro Quimis modelo Q400A			
OD (mg/L)	Winkler, modificado pela azida sódica	Winkler, modificado pela azida sódica	Winkler, modificado pela azida sódica	Winkler, modificado pela azida sódica	Winkler, modificado pela azida sódica
Condutividade (µS/cm)	Eletrométrico	Eletrométrico, utilizando condutivímetro Digimed modelo DM31	Eletrométrico, utilizando condutivímetro Digimed modelo DM32	--	--
Turbidez (UNT)	Nefelométrico	Nefelométrico, utilizando turbidímetro Hach AP 1000 II	Nefelométrico, utilizando turbidímetro Hach AP 1000 II	--	--
Cor	--	Colorimétrico, com Aqua Tester Hellige modelo 61LA	--	Colorimétrico, com Aqua Tester Hellige modelo 61LA	Colorimétrico, com Aqua Tester Hellige modelo 61LA
Alcalinidade	--	--	--	Método potenciométrico	Método potenciométrico
Bacteriológica: Coliformes Totais e <i>E. Coli</i>	Cromogênico - COLILERT	--	Técnica dos tubos múltiplos	Técnica dos tubos múltiplos	Técnica dos tubos múltiplos

Na Tabela 4 são apresentados os pontos considerados, o período das coletas e o número de coletadas efetuadas. O detalhamento das coletas por autor encontra-se no Anexo I.

Em função da natureza diversa dos resultados, optou-se neste trabalho, em realizar apenas um quadro comparativo entre os mesmos, mantendo as particularidades de cada autor.

Tabela 4. Descritivo dos pontos considerados.

Pontos		LATITUDE (Gr,Min,Seg)			LONGITUDE (Gr,Min,Seg)			Nº de coletas	Período de coleta
Ponto 01 (2009)	Travessa Angustura próxima a Av. João Paulo II	1,00	26,00	10,10	48,00	27,00	16,61	2 coletas em cada ponto – uma no período menos chuvoso e uma no mais chuvoso, correspondendo à cheia e vazante	Novembro e Março/2009
Ponto 02 (2009)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	20,94	48,00	27,00	17,03		
Ponto 03 (2009)	Avenida Tucunduba com a Passagem Bom Jesus	1,00	28,00	17,93	48,00	27,00	15,88		
Ponto 04 (2009)	Ponte na foz do Igarapé Tucunduba no Rio Guamá	1,00	28,00	33,54	48,00	27,00	14,75		
Ponto 01 (2002)	Ponte na foz do Igarapé Tucunduba no Rio Guamá	1,00	28,00	33,54	48,00	27,00	14,75	12 coletas (04 medições em cada ponto - 02 no período menos chuvoso e 02 no mais chuvoso, correspondendo à cheia e vazante)	05/04/2002, 12/04/2002, 15/04/2002, 26/04/2002, 06/05/2002, 08/05/2002, 13/09/2002, 20/09/2002, 27/09/2002, 04/10/2002, 17/10/2002, 18/10/2002
Ponto 02 (2002)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	20,94	48,00	27,00	17,03		
Ponto 04 (2002)	Passagem Redenção com Rua Beira-Mar.	1,00	28,00	11,29	48,00	27,00	10,65		
Ponto 05 (2002)	Final da Av. Barão de Igarapé Miri com Rua Beira-Mar.	1,00	28,00	2,48	48,00	27,00	13,58		
Ponto 06 (2002)	Passagem Tucunduba II com Rua Beira-Mar.	1,00	28,00	50,29	48,00	27,00	17,44		
Ponto 08 (2002)	Passagem Dom Zico com a Rua São Domingos.	1,00	27,00	45,69	48,00	27,00	18,89		
Ponto 11 (2002)	Final da Trav. Mundurucus com a passagem Brasília.	1,00	27,00	26,91	48,00	27,00	15,02		
Ponto 12 (2002)	Passarela sobre a pass. N. Sra. das Graças com a pass. São Pedro.	1,00	27,00	20,82	48,00	27,00	15,99		
Ponto 13 (2002)	Próximo ao Curtume na Av. Celso Malcher.	1,00	27,00	21,90	48,00	27,00	6,60		
Ponto 14 (2002)	Pass. Ipiranga entre pass. Belém e pass. São Pedro.	1,00	27,00	5,30	48,00	27,00	18,03		
Ponto 16 (2002)	Rua Roso Danin entre pass. Belém e pass. Francisco Xavier.	1,00	26,00	59,13	48,00	27,00	13,37		
Ponto 18 (2002)	Travessa Vileta com a Rua José Leal Martins.	1,00	26,00	35,90	48,00	27,00	23,00		
Ponto 19 (2002)	Travessa Barão do Triunfo com a Rua José Leal Martins.	1,00	26,00	28,51	48,00	26,00	59,51		
Ponto 20 (2002)	Travessa Angustura próxima a Av. Primeiro de Dezembro.	1,00	26,00	10,10	48,00	27,00	16,61		
Ponto 01 (1999-2000)	No canal situado na esquina com a Rua Teófilo Condurú	1,00	27,00	24,64	48,00	27,00	37,44	4 coletas (02 medições em cada ponto – uma correspondendo à cheia e outra a vazante)	19/10/1999, 22/10/1999, 14/02/2000, 21/02/2000
Ponto 02 (1999-2000)	Na ponte, próximo ao final da rua, a montante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	27,00	10,60	48,00	27,00	20,50		
Ponto 03 (1999-2000)	Na ponte após a curva da Olaria, a jusante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	28,00	5,46	48,00	27,00	12,18		
Ponto 04 (1999-2000)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	6,40	48,00	27,00	12,70		
Ponto 01 (1989)	No canal situado na esquina com a Rua Teófilo Condurú	1,00	27,00	24,64	48,00	27,00	37,44	10 coletas (02 medições em cada ponto – uma correspondendo à cheia e outra a vazante)	03/01/1989, 18/01/1989, 31/01/1989, 07/03/1989, 03/04/1989, 10/04/1989, 25/04/1989, 16/05/1989, 13/06/1989, 04/07/1989
Ponto 02 (1989)	Na ponte, próximo ao final da rua, a montante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	27,00	10,60	48,00	27,00	20,50		
Ponto 03 (1989)	Na ponte após a curva da Olaria, a jusante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	28,00	5,46	48,00	27,00	12,18		
Ponto 04 (1989)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	6,40	48,00	27,00	12,70		
Ponto 01 (1988)	No canal situado na esquina com a Rua Teófilo Condurú	1,00	27,00	24,64	48,00	27,00	37,44	3 coletas (02 medições em cada ponto – uma correspondendo à cheia e outra a vazante)	01/11/1988, 16/11/1988, 20/12/1988
Ponto 02 (1988)	Na ponte, próximo ao final da rua, a montante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	27,00	10,60	48,00	27,00	20,50		
Ponto 03 (1988)	Na ponte após a curva da Olaria, a jusante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	28,00	5,46	48,00	27,00	12,18		
Ponto 04 (1988)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	6,40	48,00	27,00	12,70		

O Quadro 5 ilustra a escala adotada a partir dos limites definidos pela legislação vigente. Priorizaram-se os usos desejados (futuros) para a bacia, para adequar-se ao encaminhado nas oficinas realizadas com os atores locais.

Os valores por parâmetro que serviram de base ao desenvolvimento da análise constam no Anexo II, destaca-se que para a definição das faixas, foram adotados valores médios (média do período amostrado).

Quadro 5. Valores limites segundo a legislação vigente e escala adotada.

Legislação vigente	Valores limites					
	pH	Turbidez (UNT)	OD (mg/L)	Cor	Bacteriológica: Coliformes Totais	Bacteriológica: <i>E. Coli</i>
Resolução MS nº 518/2004 - Consumo humano	6,0 a 9,5	<=5	-	5uH	Ausente/100ml	Ausente/100ml
Resolução CONAMA nº 274/2000 - qualidade ambiental de águas	6,0 a 9,0	-	-	-	<=1000/100ml	<=800/100ml
Resolução CONAMA nº 357/2005 - classe 1	6,0 a 9,0	<=40	>=6 mg/L	-	<=200/100ml	<=200/100ml
Resolução CONAMA nº 357/2005 - classe 2	6,0 a 9,0	<=100	>=5 mg/L	<=75 mg Pt/L	<=1000/100ml	<=1000/100ml
Resolução CONAMA nº 357/2005 - classe 3	6,0 a 9,0	<=100	>=4 mg/L	<=75 mg Pt/L	<=4000/100ml	<=4000/100ml
Resolução CONAMA nº 357/2005 - classe 4	6,0 a 9,0	-	>=2 mg/L	-	-	-

Parâmetros	Categorias				
	Imprópria (muito ruim)	Inadequada (ruim)	Regular (médio)	Bom	Excelente
pH	>9;<6				9>;>6
Turbidez (UNT)	100=>;>40			40=>;>5	<=5
OD (mg/L)	4>;>=2	5>;>=4	6>;>=5	>=6	
Cor (UC)	<=75				
Bacteriológica: Coliformes Totais	4000=>;>1000	1000=>;>200	<=200		Ausente

Bacteriológica: E. Coli	4000=>;>1000	1000=>;>800	800=>;>200	<=200	Ausente
--------------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	-----------------	----------------

A Figura 45 ilustra visualmente o resultado obtido, assim como o Mapa do Apêndice II.

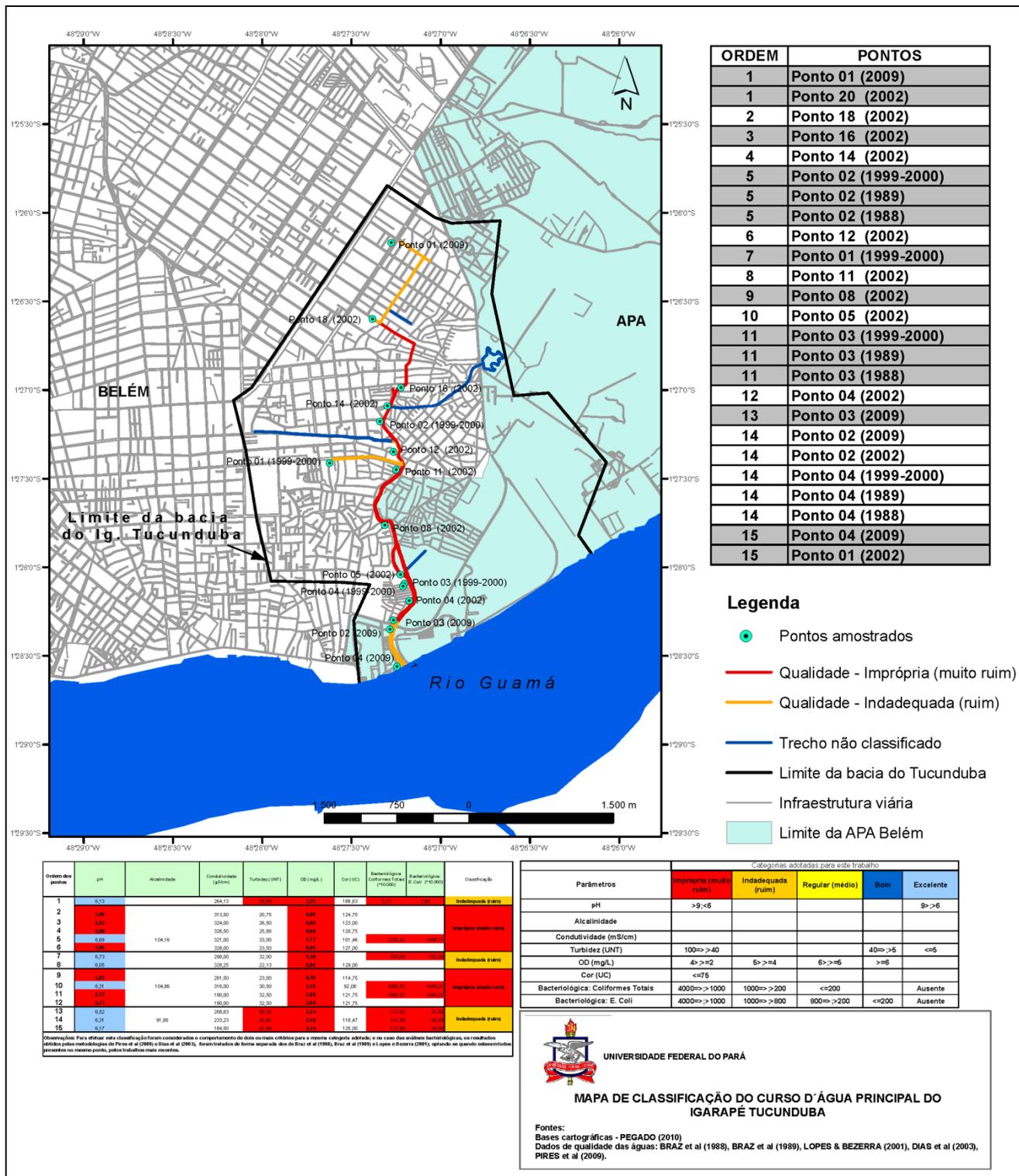


Figura 45. Distribuição da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ig. Tucunduba.

Os resultados obtidos mostram que a maior parte do curso principal da bacia está comprometido, com uma qualidade de água considerada “IMPRÓPRIA” para o contato e consumo humano, observando-se individualmente os parâmetros: pH, OD, Coliformes Totais e *E. Coli*. Localizando o curso d’água principal do igarapé em uma situação adequada a Classe 4 da Resolução CONAMA 357/2005; sendo que esta colocação é passível de mudanças pela ampliação do número de parâmetros considerados.

A seleção dos parâmetros de qualidade de água prioritários para avaliação do enquadramento deve considerar as fontes de poluição pontual e difusa existentes na bacia. Estes parâmetros devem expressar adequadamente a interferência antrópica sobre os cursos d’água. A Resolução CONAMA 357/2005, no seu artigo 8º estabelece “*que o conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público*”.

O diagnóstico dos usos preponderantes e a avaliação da condição atual dos corpos de água na Bacia Hidrográfica do Tucunduba identificam, como principais fontes de poluição: o lançamento de esgotos domésticos e o lançamento de resíduos sólidos diretamente no igarapé.

O monitoramento do OD para proteção de comunidades aquáticas é relevante; avaliou-se que seria um parâmetro prioritário para o controle da qualidade de água.

Os problemas relacionados à turbidez e à contaminação por coliformes fecais, e a importância do OD para a proteção de comunidades aquáticas, demonstram que estes parâmetros são os mais adequados para estabelecer-se como prioritários, por expressarem apropriadamente a interferência antrópica nas alterações da qualidade da água da bacia hidrográfica em estudo.

6.7 Definição do enquadramento da bacia do Tucunduba

Com base nas discussões sobre os usos atuais e sobre as expectativas dos atores locais em relação ao futuro da qualidade ambiental da bacia, é possível estabelecermos uma proposta de classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes atuais e futuros identificados. Os resultados foram sintetizados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Classificação atual da Bacia do Tucunduba.

Usos Preponderantes	Classe (Águas Doces)	Destinada (Res. nº 357/05)
-lançamento de esgoto doméstico; - acúmulo de lixo; - ausência de vida aquática; - água poluída.	4	A navegação e harmonia paisagística

Tabela 6. Proposta de enquadramento da bacia – resultados das oficinas.

Usos Desejados	Classe (Águas Doces)	Destinada (Res. nº 357/05)
- lançamento de esgoto tratado; - lazer; - turismo; - navegação; - vida aquática.	2	Destinada: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Res. CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquíicultura e à atividade de pesca.

Com base no diagnóstico ambiental da bacia e refletindo-se sobre os usos destinados a cada classe, os corpos de água desta bacia foram classificados em Classe 4, devido o comprometimento da qualidade da água ser evidente.

A classificação dos corpos de água da bacia em estudo, apresentada pelos atores locais nas oficinas de enquadramento, demonstra a percepção da comunidade em relação ao grau de degradação ambiental da bacia. E a sua classificação em Classe 4, confirma a insatisfação com a qualidade da água atual. Evidenciou-se, também, a vontade de modificação deste quadro, a partir da avaliação dos usos futuros.

Para atender aos usos preponderantes, a Classe 2 definida, prioriza o abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a irrigação e a pesca.

Os resultados obtidos nas oficinas permitiram direcionar, por exemplo, um posicionamento mais restritivo, como o lazer de contato primário. Esse posicionamento indica que a população está ciente quanto à necessidade de modificar o quadro de degradação existente, tendo em vista a importância deste corpo d'água como recurso estratégico para o desenvolvimento das atividades locais (como, aproveitamento turístico e navegação) e, sobretudo, para a melhoria da qualidade de vida da população.

A proposta de enquadramento está sujeita à aprovação do órgão gestor de recursos hídricos do estado (SEMA/PA), que deverá submeter à aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), pois de acordo com o Art. 8º da Res. Nº 91/2008, parágrafo 2º *“até a instalação do comitê de bacia hidrográfica competente aos órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, e de acordo com os procedimentos estabelecidos nesta Resolução, poderão elaborar e encaminhar as propostas de alternativas de enquadramento ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos, para análise e deliberação”*.

Após aprovação no CERH, torna-se necessário a elaboração de um Programa de Efetivação do Enquadramento, que deve conter propostas de ações de gestão, os prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso que compreendam, entre outros (Art. 7º Resolução n. 91/2008):

- recomendações para os órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente que possam subsidiar a implementação, integração ou adequação de seus respectivos instrumentos de gestão, de acordo com as metas estabelecidas, especialmente a outorga de direito de uso de recursos hídricos e o licenciamento ambiental;
- recomendações de ações educativas, preventivas e corretivas, de mobilização social e de gestão, identificando-se os custos e as principais fontes de financiamento;
- recomendações aos agentes públicos e privados envolvidos, para viabilizar o alcance das metas e os mecanismos de formalização, indicando as atribuições e compromissos a serem assumidos;
- propostas a serem apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimento e dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento; e
- subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacia hidrográfica.

Considerando os usos atuais e futuros da água na bacia do Tucunduba, destaca-se a seguir as ações prioritárias a serem implementadas:

- obras para coleta e tratamento de esgotos;

- melhoria da coleta de lixo;
- implementação de sistema de drenagem de águas pluviais;
- ações que visam ao manejo adequado do solo para controle da erosão;
- implantação de uma rede de monitoramento da qualidade da água;
- criação do comitê de bacia hidrográfica do Tucunduba;
- projetos de educação ambiental para a comunidade.

Com base nessas diretrizes para efetivação do enquadramento, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (SEMA), poderá monitorar, controlar e fiscalizar as condições de qualidade de água da bacia do Tucunduba e avaliar se as metas do enquadramento estão sendo cumpridas.

No entanto, é importante destacar que em função da multiplicidade de fatores correlacionados para efetivação destas ações, torna-se necessário um comprometimento e interação dos vários segmentos da sociedade (estado, prefeitura, universidades, empresas de saneamento, comunidade, entre outros), com o objetivo de cumprir as metas propostas e viabilizar a concretização do enquadramento.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho para suprir o objetivo geral de “propor um modelo participativo de enquadramento dos corpos de água para bacias hidrográficas urbanas, tendo como estudo de caso a bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba” foram realizados os reconhecimento da área, as oficinas de enquadramento com os atores locais, a aplicação de um modelo de suporte à tomada de decisão, e uma avaliação dos estudos de qualidade da água realizados na bacia. Essas ações possibilitaram a identificação dos principais usos da água e das problemáticas de gestão de recursos hídricos e permitiram que os membros da comunidade percebessem a importância da gestão participativa e a contribuição do enquadramento de corpos d’água para a gestão local.

A metodologia desenvolvida no trabalho, que foi dividida em etapas, que tiveram como base: a pesquisa bibliográfica em fontes diversas, com o resgate dos trabalhos já desenvolvidos na bacia que empregaram metodologias informacionais de suporte à decisão; a elaboração do diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, que permitiu uma avaliação integrada e contextualizada do quadro natural e antrópico existente na bacia; a realização das oficinas de enquadramento que tiveram como objetivo principal tornar o processo mais participativo, informando a população sobre as condições atuais da bacia e buscando, informações relevantes que auxiliassem na classificação dos corpos de água; posteriormente a aplicação do Sistema de Suporte a Decisão (SSD), utilizado para organizar os dados gerados nas oficinas, definindo as demandas e orientando quanto aos usos desejados de recursos hídricos. No apoio ao processo de enquadramento foi realizada uma revisão dos dados de qualidade da água da bacia do Tucunduba, que foram ordenados e sistematizados de forma a obter a classificação atual do corpo hídrico da bacia do Tucunduba.

A partir do diagnóstico elaborado foi possível concluir que a bacia encontra-se em um nível de degradação bem avançado em virtude do processo de urbanização desordenado, principalmente na margens do rio, bem como pela ausência de coleta e tratamento de esgotos domésticos e influenciam diretamente na qualidade da água do corpo hídrico.

Com os resultados das oficinas de enquadramento realizadas com os atores sociais locais, identificou-se os principais usos da água (“qual o rio que nós temos?”) e quais os usos que eles desejam (“que rio que nós queremos?”). Nesta etapa concluiu-se a comunidade conhece os problemas e reconhece que pode e deve participar desse processo de recuperação

da bacia hidrográfica, seja acompanhando as obras que estão sendo feitas através dos projetos de intervenção, seja através de ações de educação ambiental, não jogando o lixo diretamente no igarapé.

A partir dos resultados das oficinas, foi possível elaborar os mapas cognitivos que correspondem à representação dos usos atuais e futuros da população local para a bacia, com o propósito de apoiar o processo de tomada de decisão. A aplicação do sistema de suporte à decisão, o software *Decision Explore*, funcionou como uma ferramenta adequada para organizar a situação, desenvolver convicções, bem como servir à comunicação.

Com base nos resultados das análises concluiu-se que o principal elemento de pressão sobre os recursos hídricos locais é o saneamento insuficiente da bacia, em termos de coleta de lixo, tratamento de esgoto e abastecimento de água, com conseqüência observou-se a perda da qualidade da água, que tem como principal impacto a poluição hídrica, que tornam necessários o desenvolvimento de projetos e ações de recuperação da bacia, para que futuramente possa ser utilizada para ao lazer, turismo, paisagismo, criação de peixes e projetos esportivos, conforme a demanda da comunidade.

E para complementar a metodologia de enquadramento participativo, realizado através das oficinas de enquadramento, buscou-se sistematizar os resultados dos estudos de qualidade da água desenvolvidos na bacia do Tucunduba, a fim de subsidiar a proposta de enquadramento. Através dos resultados pesquisados verificou-se que curso d'água principal do igarapé corresponde à Classe 4, conforme Resolução CONAMA n. 357/2005, logo água deste corpo hídrico é considerada "IMPRÓPRIA" para o contato primário e consumo humano.

Com base nas discussões sobre os usos atuais e sobre as expectativas dos atores locais em relação ao futuro da qualidade ambiental da bacia, foi definida uma proposta de classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes atuais e futuros identificados, onde foi estabelecido que esta bacia deve ser enquadrada na Classe 2, que prioriza o abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a irrigação e a pesca.

Conclui-se, portanto, que os objetivos geral e específicos foram atingidos no desenvolvimento deste trabalho e que esta proposta é apenas o início do processo de implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos no estado do Pará, principalmente enquadramento dos corpos d'água, que dever ser realizado de forma integrada

e participativa, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população. Envolver os movimentos de grupos civis organizados, a comunidade local, e a formação/atuação por parte do comitê de bacias são essenciais.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, E. Ferramentas para um aprendizado construtivo: Repensando a Interação. *In: SEMINÁRIO INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO: OS DESAFIOS DO FUTURO*, Unicamp, SP – Brasil, 1993.
- AGUIAR, S. A. **Degradação sócio-ambiental: um estudo sobre a população residente na proximidade da foz do Igarapé Tucunduba (Belém-Pará)**. Belém: Núcleo de Meio Ambiente/UFPA, 2000.
- ALBUQUERQUE, A. S. O. **Operação ótima e integrada do sistema hídrico composto pelos reservatórios do Alto Capibaribe**. 2003. 223 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
- AMORETTI, M. S. M.; TAROUÇO, L. M. R. Mapas Conceituais: modelagem colaborativa do conhecimento. *Revista Informática na Educação: Teoria e Prática*, Porto Alegre:, v. 3, n. 1, p. 67-71, set. 2000.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água**. Ministério do Meio Ambiente, Superintendência de Fiscalização, Superintendência de Outorga e Cobrança, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005a.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Cadernos de recursos hídricos: Disponibilidades e de Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Superintendência de Fiscalização, Superintendência de Outorga e Cobrança, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005b.
- ANA. Agência Nacional de Águas. O Portal da Qualidade das Águas. 2009. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/default.aspx>>.
- ARAÚJO, S. C. S. **Modelos de Simulação baseados em Raciocínio Qualitativo para Avaliação da Qualidade da água em Bacias Hidrográficas**. 2005. 218 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Brasília, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Editora Interamericana, 1980.
- BAGANHA JUNIOR, L. G. **Modelo cognitivo informacional de suporte à decisão aplicado à gestão de bacias urbanas**. 2005. 144 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, Pará.
- BANXIA. **Decision Explorer User's Guide – version 3.1: manual do usuário**. Glasgow (Escócia): BANXIA Software, 1999.
- BARBOSA, A. J.; SILVA, V. M. **Ocupação urbana e degradação ambiental: a problemática do lançamento de efluentes domésticos nas bacias hidrográficas do município de Belém - Pará**. 2002. Monografia (Trabalho de Conclusão), Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, de Curso de Engenharia Sanitária, 2002.
- BARBOSA, M. J. S. **Estudo de caso: Tucunduba: Urbanização do Igarapé Tucunduba, Gestão de Rios Urbanos – Belém/Pará**. Belém: UFPA, 2003.
- BARP, A. R. B.; LOUZADA, A. F. Reflexão sobre conflitos relativos aos usos múltiplos da água no Reservatório de Tucuruí: subsídios à gestão dos recursos hídricos. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS*, 4, Brasília – DF, 2008.

BARROS, A. B. **Gestão integrada de bacias hidrográficas**. Notas de Aula, 2001.

BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. **Programa de Gestão de Rios Urbanos: Projeto de Recuperação e Urbanização da Bacia do Tucunduba**. Belém: PMB, 1999.

BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. **Relação de Projetos Contratados com a Caixa Econômica Federal/FGTS - Pró-Saneamento - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém**. Belém: PMB, 2000.

BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. **Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce/Pantanal**. Programa Habitar (BID), Sub-Programa de Urbanização e Assentamento Subnormais, Secretaria da Coordenação Geral do Planejamento e Gestão (SEGEP), Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), Fundação Papa João XXIII (FUNPAPA). 2001a.

BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. **Indicadores da cidade de Belém**. SEGEP. Belém, 2001b.

BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. **Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce/Pantanal**. Programa Habitar (BID), Sub-Programa de Urbanização e Assentamento Subnormais, Secretaria da Coordenação Geral do Planejamento e Gestão (SEGEP), Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), Fundação Papa João XXIII (FUNPAPA). 2005.

BEUTER, E. C.; PINTO, S. C. C. S. Engenharia de requisitos: inserindo mapas conceituais como ferramenta de suporte para o descobrimento de requisitos. **Hifen**, Uruguaiiana: Pontifícia Universidade Católica do RS - Campus Uruguaiiana, v. 27, n. 52, p. 67-72, 2003.

BRAGA, B.; BARBOSA, P. S. F.; NAKAYAMA, P. T. Sistemas de suporte à decisão em recursos hídricos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Vol. 3 n.3 Jul/Set 1998, 73-95.

BRAGA, C. F. C. **Modelagem de preferências e consenso na gestão de recursos hídricos**. 2008. 227 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRAZ, V. N. et al. **Estudo e avaliação dos níveis de poluição e contaminação do Igarapé Tucunduba – evolução histórica e atuais perspectivas**. Planilha de dados de monitoramento. Belém: UFPA, 1988.

BRAZ, V. N. et al. **Estudo e avaliação dos níveis de poluição e contaminação do Igarapé Tucunduba – evolução histórica e atuais perspectivas**. Planilha de dados de monitoramento. Belém: UFPA, 1989.

BRAZ, V. N., MENEZES, L. B. **Avaliação da poluição hídrica do igarapé Tucunduba - Belém (PA)**. Belém: UFPA, 1989.

CACELA FILHO, F. C. O. et al. Modelagem da bacia hidrográfica urbana utilizando o Watershed Modeling System (WMS). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, Brasil, 2007, p. 3303-3310.

CAMPOS, N.; STUDART, T. M. C. **Gestão de águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2001, p. 99-110.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; AZEVEDO, J. P. S. O planejamento do uso do solo urbano e a gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçú/Sarapuí na Baixada Fluminense. **Cadernos Metrópole**, 19, p: 165-190, 10 sem. 2008.

CARRARO, A. P. M. Gestão de recursos hídricos e planejamento urbano: articulações a caminho da cidade sustentável. *In: ENCONTRO DE PÓS GRADUAÇÃO*, 10, Pelotas-RS, 2008.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2001**. Série Relatórios, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo: CETESB, 2002a, v.1, 227 p.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2001: Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas**. Série Relatórios, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo: CETESB, 2002b, v.2, 160 p.

CHRISTOFIDI, M. **O enquadramento participativo de corpos d'água como um instrumento da gestão de recursos hídricos com aplicação na bacia do rio Cubatão Sul - SC**. 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. *In: THEODORO, H. S. Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p.13-28.

CODEM. Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém. **Levantamento aerofotogramétrico de Belém**. CD-ROM. 1998.

CORRÊA, A. J. L. **O Espaço das Ilusões: planos compreensivos do planejamento urbano da região metropolitana de Belém**, 1989, 134 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos.

COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Variações sazonais da ilha de calor urbana na cidade de Belém - PA. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 11, 2000, Rio de Janeiro, RJ.

COSTA, F. R. **Utilização de SIG (Sistema de Informações Geográficas) na caracterização física da bacia do Tucunduba, como base para o desenvolvimento sustentável**. 2000. 105 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia.

COSTA, I. M. P. **Notas sobre a política habitacional do estado em Belém e o Movimento pela Titulação da Área do Tucunduba**. 1992. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Departamento de Serviço Social.

COSTA, M. D.; KRUCKEN, L. Aplicações de mapeamento do conhecimento para a competitividade empresarial. *In: KM BRASIL 2004 - Gestão do Conhecimento na Política Industrial Brasileira*, São Paulo, 2004.

COSTA, T. C. D. **Análise crítica das metodologias gerais do mapeamento geotécnico visando formulação de diretrizes para a cartografia geotécnica no trópico úmido e aplicação na Região Metropolitana de Belém, escala 1:50.000**. 2001. 256 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências**. CPRM: Belém, 2002. 101p.

DIAS, V. C. D. et al. **Diagnóstico da qualidade da água do Igarapé Tucunduba e verificação da influência do Rio Guamá sobre o mesmo**. 2003. 79 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Belém.

DUARTE, R. Pesquisa qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo. **Cadernos de Pesquisa**, n. 115, março/2002, p. 139-154.

EDEN C. Cognitive Mapping. **European Journal of Operational Research**, n. 36, p. 1-13, 1988.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. The graph model approach to environmental conflict resolution. **Journal of environmental management**, vol. 27, p. 195-212, 1988.

FERREIRA, C. F. **Produção do Espaço Urbano e Degradação Ambiental: um estudo sobre a várzea do Igarapé Tucunduba, Belém – Pa.** 1995. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas.

FIGUEIREDO, A. B. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Tucunduba-Belém-PA.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia.

FONSECA DA SILVA, A. O administrador e o desafio da tomada de decisão. **Insight Informal**, março/1998. Disponível em: <<http://www.informal.com.br>>.

FOREST, P. G. et al. **Participation de la population et décision dans le système de santé et de services sociaux du Québec.** Département de science politique et Groupe de recherche sur les interventions gouvernementales (GRIG), Relatório, Québec, nov. 2000. Disponível em:<http://www.csbe.gouv.qc.ca/fr/publications/rapports/20001102_rapp_cfr.pdf>.

FREITAS, A J. Gestão de recursos hídricos. *In*: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos – aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais.** Brasília: ABRH, 2000.

GAVA, T. B. S.; MENEZES, C. S.; CURY, D. Applying Concept Maps in Education as a Metacognitive Tool. *In*: Proceedings of the ICECE-2003, São Paulo, SP, 2003.

HOLZ, E; ENSSLIN, L. A construção de problemas de produção que envolvem impactos ambientais. *In*: ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999.

JARDIM, S. B. Mapas cognitivos: um caminho para construir estratégias. **Revista Acadêmica da Face PUC-RS**, Porto Alegre, v. 12, p. 89-115, 2001.

LAURA, A. A. **Método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos - MISGERH: O caso da Bacia dos Sinos.** 2004. 519 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre.

LEME, F. P. **Engenharia do Saneamento Ambiental.** Rio de Janeiro: LTC/Livros Técnicos e Científicos, 1982.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública.** **Eng. Sanitária e Ambiental**, vol.10 n.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2005.

LISBOA, F. A. M., MELLO, V. S. A. **Estudos das condições ambientais das bacias hidrográficas que desaguam no Rio Guamá.** Belém-PA. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2003.

LOPES, D. F.; BEZERRA, M. S. M. **Avaliação dos Níveis de Contaminação do Igarapé Tucunduba – Evolução Histórica e Atuais Perspectivas.** 2001. 66 f. Monografia (Trabalho de

Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Departamento de Hidráulica e Saneamento.

MALTA, V. F. **A busca de uma solução de compromisso em problemas de conflitos em recursos hídricos utilizando um modelo de análise de conflitos – MACPROL**. 2006. 213 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação de Engenharia.

MALTA, V. F. **Aplicação do modelo gráfico de solução de conflitos em problemas de recursos hídricos no Brasil**. 2000. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

MARQUES, M. A. da S. P. **Planejamento e gestão urbana no Município de Belém (1997 – 2000): práticas e representações sobre a política de saneamento ambiental a partir da experiência de intervenção na bacia do Tucunduba**. 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, 2001.

MARQUES, M. A. S. P. **Planejamento e Gestão Urbana no Município de Belém (1997 – 2000): práticas e representações sobre a política de saneamento ambiental a partir da experiência de intervenção da bacia do Tucunduba**. Belém: NAEA, 2000.

MARTINS, M. L. R. **Os desafios da gestão municipal democrática Belém 1997-2000: desenhando a cidade do terceiro milênio**. São Paulo: POLIS, 2000.

MAZZEO, T. E. **Avaliação das vias de drenagem da região metropolitana de Belém-PA quanto á distribuição dos elementos Ca, cs, Cr, Cu, Fe, Hg, K, MG, Mn, Na, Ni, PB, Zn**. 1991. 141 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia.

MILLEN, D. R.; ASHRIEFER, A; DRAY, S. M. **Mind maps and casual models: using graphical representations of field research data**. Disponível em: <<http://www.chi97eletronicpublicationslate>>.

MONTEBELLER NETO, G. **Mapas cognitivos uma ferramenta de apoio à decisão: uma metodologia de apoio à estruturação de problema**. 1996. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

MONTEBELLER NETO, G. **Mapas cognitivos uma ferramenta de apoio à decisão: uma metodologia integrada para a construção de problemas e exploração do impacto de alternativas nos valores do tomador de decisão**. 2000. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no ensino de Física. Instituto de Física da UFRGS, Monografias do Grupo de Ensino, **Série Enfoques Didáticos**, n° 2, 1993.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2000 416 p.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 35 p.

MUÑOZ, H. R. **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da lei de águas de 1997**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

NASCIMENTO, H. J. S. **Mudança da Qualidade de Vida e Verificação da Condição das Águas do Igarapé Tucunduba nas Áreas Riacho Doce e Pantanal, Pós - Projeto de Recuperação, Belém - Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Belém, 2002.

NOVAK, J.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Editora Plátano. 1999.

NUNES, M.; DAVIS, C. Os caminhos da metacognição. Fundação Carlos Chagas, **Difusão de Idéias**, dezembro/2006.

OLIVEIRA, J. R. **Caracterização preliminar das potencialidade aquíferas do Município de Ananindeua como proposta técnica para perfuração de poços tubulares profundos para captação de água subterrânea-Belém**. Belém: CPRM, 1998.

OLIVEIRA, M. L. C.; FARIA, S. C. Indicadores de saúde ambiental na formulação e avaliação de políticas de desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 11: 16-22, 2008.

PARÁ. **Lei Estadual nº 6.381, de 25 de Julho de 2001**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.

PEGADO, R. S. **Geotecnologia como instrumento de gestão de recursos hídricos: estudo da bacia do Tucunduba – Belém (PA)**. 2010. 129 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia da UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

PEIXOTO, J. **Análises Físico-Químicas: cor, turbidez, pH, temperatura, alcalinidade e dureza**. Laboratórios de Tecnologias Ambientais, 2007. 16 p.

PENA, R. **Metodologia da árvore de problemas**. Ficha Técnica PRONACI, AEP, Porto, 2000. 23p.

PENA, R. **MPO: A árvore de objectivos e alguns exemplos de boas práticas**. Ficha Técnica PRONACI, AEP, Porto, 2002. 18p.

PEREIRA, L. S.; BARP, A. R. B. Estudo do programa computacional INTELIMAP aplicado ao gerenciamento da bacia Escola Igarapé Tucunduba. **Revista Científica da UFPA**, v. 06, p. 1-9, 2007.

PEREIRA, Y. C. C. **Mapas conceituais**. Itajaí: UNIVALI, 1998.

PEREZ FILHO, A. et al. Monitoramento e gerenciamento de bacias urbanas associados a inundação: diagnose da bacia do ribeirão quilombo na região metropolitana de Campinas utilizando geotecnologias. **Revista do Departamento de Geografia**, 19 (2006) 44-54.

PINHEIRO, F. G. R. **Avaliação dos riscos de contaminação dos aquíferos livres da bacia do Tucunduba, Belém-PA**. 2002. 55 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia, Belém.

PINTO, M. C. F. **Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT, Superintendência Regional de Belo Horizonte – SUREG-BH, Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHITE, Laboratório de Sedimentometria e Qualidade das Águas – LSQA. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 51 p.

PIRES, A. C. O.; COSTA, C. D. F.; COELHO, J. S. **Perfil sanitário do igarapé Tucunduba em Belém – PA: pós-projeto de urbanização e macrodrenagem**. 2009. 85 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Centro Universitário do Pará, Área de Ciências Ambientais, Biológicas e da Saúde, Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Geo Brasil 2002, Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2002.

PORTO, R. L. L.; AZEVEDO, L. G. T.. Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. *In*: PORTO, R. L. L.. **Técnicas quantitativas para gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre: UFRGS, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997, p.43-95.

RASKIN, S. F. Tomada de decisão e aprendizado organizacional. **Insight Informal**, janeiro/2000. Disponível em: <<http://www.informal.com.br>>.

REBOUÇAS, A. C. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Notas de aula, Curso Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos, 2001. 16 p.

RIEG; D. L.; ARAÚJO FILHO, T. Mapas cognitivos como ferramenta de estruturação e resolução de problemas: o caso da Pró-reitoria de extensão da UFSCar. **Gestão & Produção**, v.10, n.2, p. 145-162, ago. 2003.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M. Mapeamento da cobertura vegetal da Área Central do município de Belém PA, através de sensores remotos de base orbital (sensor TM, LANDSAT 5 e sensor CCD, CBERS 2). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis, SC.

SANTOS, C. O. S. **Planejamento urbano no Brasil e a intervenção urbanística no Igarapé Tucunduba em Belém/PA - 1997/2004**. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Centro Socioeconômico, Programa de Pós-Graduação em Serviço Social.

SANTOS, J. S. M. et al. Metodologia de participação da sociedade na gestão de bacias hidrográficas – aplicação do modelo PEDS na bacia do Rio Tijucas, Santa Catarina. **Centro Científico Conhecer - ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, vol.5, n.8, 2009.

SANTOS, V. J. C. **Metodologia informacional aplicada ao saneamento básico: bacia hidrográfica do igarapé Tucunduba**. Relatório técnico-científico, PIBIQ/CNPq, Belém: UFPA, 2003.

SANTOS, V. J. C. **Metodologia informacional aplicada ao saneamento ambiental: Bacia Hidrográfica do Igarapé Tucunduba**. 2004. 118 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia da UFPA, Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

SAÚMA FILHO, M. **As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da Formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade – Belém/PA**. 1996. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia.

SEARA. Consultoria Ambiental Ltda. **Dragagem e Revestimento do Canal Tucunduba**. Projeto de Controle Ambiental (PCA). Belém, 1998.

SEDURB. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano do Pará. **Projeto de Saneamento Integrado da Bacia do Tucunduba**. Belém: SEDURB, 2010.

SEICOM. Secretaria de Estado de Indústria e Mineração. **Plano diretor de mineração em áreas urbanas: região metropolitana de Belém**. Belém: SEICOM, 1995. 187 p.

SEMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Base de dados do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos**. Arquivos digitais. 2008.

SILVA FILHO, L. V.; BRAGA, M. C. B. Abordagem para o desenvolvimento de um questionário de percepção ambiental em uma bacia hidrográfica urbana. *In*: SEMINÁRIO SOBRE SUSTENTABILIDADE, 3, Curitiba-PR, 2008.

SILVA, A. M.. **Gestão de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas urbanas**. 2003. 147 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia da UFPA, Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003.

SILVA, A. M.; BARP, A. R. B. Identificação e análise de conflitos pelo uso da água em bacias urbanas através das metodologias informacionais: caso da Bacia do Igarapé Tucunduba no município de Belém (PA). **Traços** (UNAMA), Belém, v. 7, n. 13, p. 45-51, 2004.

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. M.; MATOS, J. S. Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas Urbanas. **Revista VeraCidade**, Ano I, nº 01, Dezembro de 2006.

SILVA, L. F. **Modelagem conceitual como ferramenta para o desenvolvimento de sistemas computacionais**. 1999. 65 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Informática e Matemática Aplicada, Laboratório de Lógica e Inteligência Computacional, Ciências da Computação.

SILVA, L. F. **Modelagem conceitual como ferramenta para o desenvolvimento de sistemas computacionais**. 1999. 65 f. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Informática e Matemática Aplicada, Laboratório de Lógica e Inteligência Computacional, Ciências da Computação.

SIMÕES, I. A. G. A Sociedade em Rede e a Cibercultura: dialogando com o pensamento de Manuel Castells e de Pierre Lévy na era das novas tecnologias de comunicação. **Revista Temática**, Ano V, n. 05 – Maio/2009.

SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Sistema de informação para o Gerenciamento ambiental dos recursos Hídricos subterrâneos na área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo**. Cooperação técnica - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Brasil); Secretaria de Meio Ambiente, Saúde Pública e Proteção ao Consumidor do Estado da Baviera (Alemanha). São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 2004. 81 p.

SOUZA FILHO, F. A. de; GOUVEIA, S. X. Sistemas de suporte às decisões. *In*: STUDART, T. M. C.; CAMPOS, N. (Org.). **Gestão de águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. Cap. 6, p. 81-98.

SOUZA, D. C. et al. Estudo de anomalias de precipitação em Belém - PA. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis, SC.

TRINDADE JR, S. C. **A cidade dispersa: os novos espaços de assentamentos em Belém e a reestruturação metropolitana**. 1998. Tese (Doutorado), Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo.

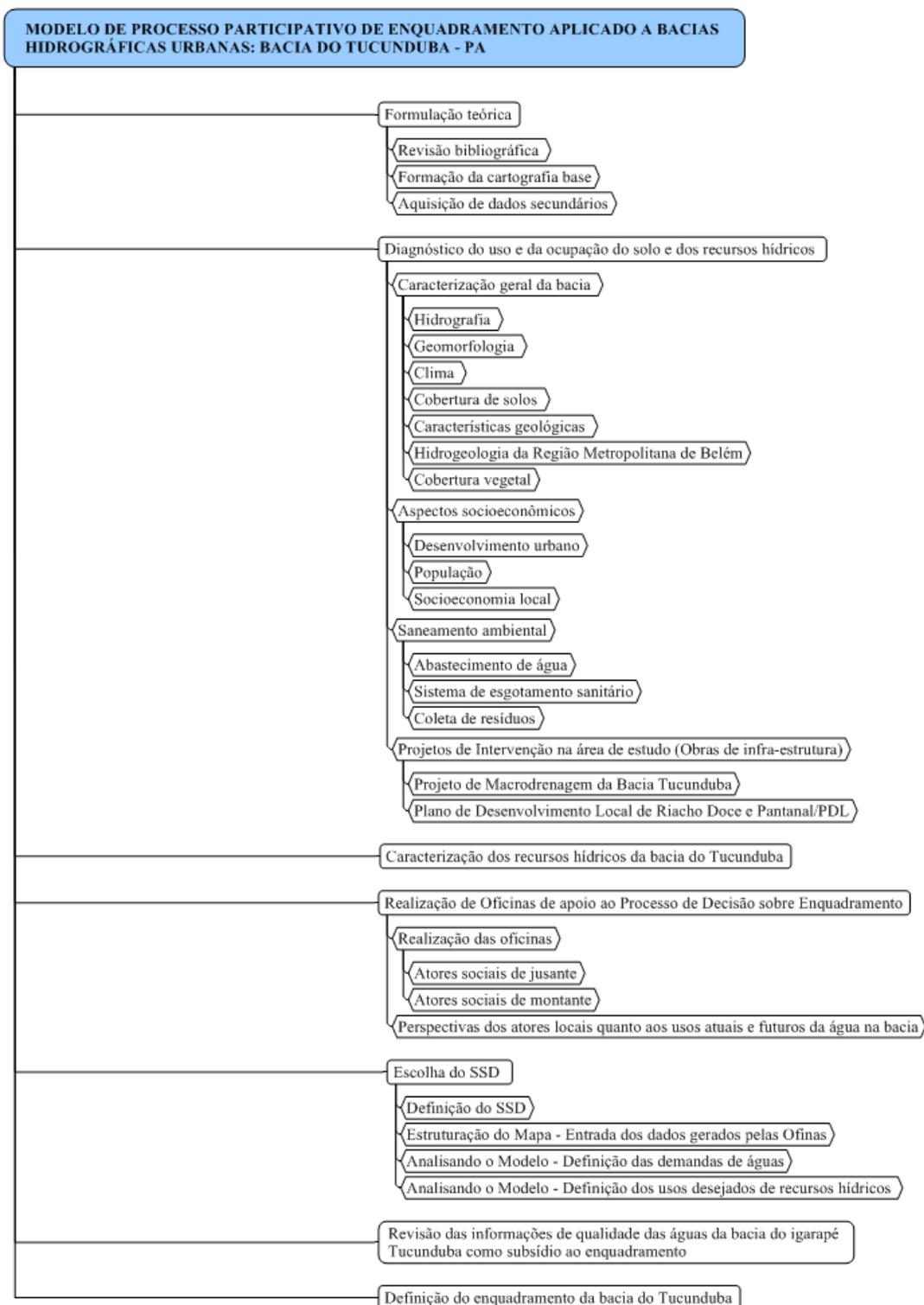
TRINDADE JR, S. C. **Produção do espaço e uso do solo urbano em Belém**. Belém: UFPA/NAEA, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, Unesco, 2005.

TUNDISI, J. G. **Águas no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003. 247 p.

APÊNDICE I

FLUXOGRAMA COM AS ETAPAS METODOLÓGICAS DESENVOLVIDAS NESTE ESTUDO



APÊNDICE II**MAPA DETALHADO DA SITUAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA
DO IGARAPÉ TUCUNDUBA**

INSERIR O MAPA IMPRESSO EM PAPEL A5

ANEXO I – Detalhamento das coletas segundo os autores pesquisados.

Parâmetro (BRAZ et al, 1988)	pH		Alcalinidade		Cor		OD (mg/l)		Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)		Bacteriológica: E. Coli (*10.000)	
	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia
Ponto 01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 02	19,80	19,80	400,00	310,70	400,00	400,00	6,09	5,77	860,00	2516,00	862,80	2512,80
Ponto 03	19,00	19,50	355,70	373,40	360,00	380,00	7,38	12,84	400,00	11110,00	510,00	510,00
Ponto 04	19,70	18,90	345,30	339,80	400,00	320,00	7,96	10,06	166,00	137,00	306,00	192,00
Parâmetro (BRAZ et al, 1989)	pH		Alcalinidade		Cor		OD (mg/l)		Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)		Bacteriológica: E. Coli (*10.000)	
	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia
Ponto 01/jan-abril 1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 02/jan-abril 1989	18,40	18,40	170,70	170,70	380,00	380,00	10,20	10,20	490,00	490,00	133,60	133,60
Ponto 03/jan-abril 1989	18,80	12,90	304,70	206,30	390,00	250,00	6,40	5,40	2390,00	2390,00	1600,00	500,00
Ponto 04/jan-abril 1989	18,60	18,60	250,90	250,90	550,00	550,00	7,40	7,40	11021,00	11021,00	12121,00	12121,00
Ponto 01/mai-jul 1989	7,00	7,10	66,80	64,93	25,00	17,50	3,65	4,35	1515,00	2405,00	1125,00	2317,50
Ponto 02/mai-jul 1989	7,50	7,90	118,95	126,73	10,00	15,00	1,90	1,80	11000,00	6250,00	5575,00	6250,00
Ponto 03/mai-jul 1989	6,60	6,70	92,85	89,67	10,00	20,00	3,40	3,35	5510,00	5555,00	5507,50	5555,00
Ponto 04/mai-jul 1989	6,25	6,80	48,35	62,07	20,00	30,00	3,25	4,40	1125,00	2337,50	1125,00	2305,50
Parâmetro (LOPES, BEZERRA, 2001)	pH		Condutividade		Turbidez		OD (mg/l)		Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)		Bacteriológica: E. Coli (*10.000)	
	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia
Ponto 01/10-1999	6,77	6,69	266,00	330,00	28,00	36,00	1,30	1,30	1300,00	220,00	270,00	35,00
Ponto 02/10-1999	6,60	6,52	338,00	304,00	26,00	40,00	0,10	1,30	2200,00	1300,00	130,00	1600,00
Ponto 03/10-1999	6,58	6,52	326,00	306,00	25,00	36,00	0,30	0,60	350,00	800,00	33,00	35,00
Ponto 04/10-1999	6,66	6,50	325,00	286,00	28,00	36,00	1,40	0,90	2200,00	1300,00	1300,00	1600,00
Parâmetro (LOPES, BEZERRA, 2001)	pH		Condutividade		Turbidez		OD (mg/l)		Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)		Bacteriológica: E. Coli (*10.000)	
	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia	Vazante	Cheia
Ponto 01/02-2000	7,00	6,89	405,00	333,00	19,00	20,00	0,40	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 02/02-2000	6,80	6,68	339,00	335,00	29,00	28,00	0,70	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 03/02-2000	6,78	6,66	331,00	324,00	33,00	28,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 04/02-2000	0,00	6,83	309,00	346,00	32,00	26,00	1,60	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00

Parâmetro (DIAS et al, 2003)	pH				Condutividade (mS/cm)				Turbidez (UNT)				OD (mg/l)				Cor			
	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA
Ponto 01	5,8	5,4	6,5	5,3	307	54	258	29	35	45	31	31	0,1	6,4	1,6	4,8	75	58	167	200
Ponto 02	5,8	5,2	6,6	5,2	326	55	339	30	28	32	41	28	0,1	6,5	0,2	4,9	67	58	225	175
Ponto 03	5,7	5,3	6,7	5,2	314	55	367	29	31	32	37,5	28	0,1	6,2	0,2	4,7	75	58	167	208
Ponto 04	5,7	5,3	6,6	5,3	321	64	338	37	32	35	37	26	0	6	0,3	4,4	67	67	170	183
Ponto 05	5,7	5,3	6,6	5,5	310	57	339	54	23	34	32,5	29	0	5,7	0,3	4,3	50	75	158	200
Ponto 06	5,7	5,3	6,6	5,6	323	66	335	90	22	33	29	30	0	5,6	0,2	3,4	50	75	158	217
Ponto 07	5,6	5,4	6,6	5,8	312	119	326	135	21	30	44	31,5	0	4,1	0,1	2,5	50	67	208	188
Ponto 08	5,6	5,6	6,6	5,9	335	256	356	179	18	22	23	29	0	0,3	0,1	1,5	42	67	167	183
Ponto 09	5,6	5,7	6,6	6,2	331	298	337	313	20	15	23	26	0	0	0,1	0,3	50	50	183	188
Ponto 10	5,5	5,6	6,6	6,2	332	324	349	320	20	16	25	24	0	0	0,1	0,1	58	58	167	195
Ponto 11	5,6	5,7	6,6	6,3	337	316	351	309	19	16	27,5	26	0	0	0,1	0,1	75	58	158	225
Ponto 12	5,5	5,5	6,6	6,2	319	339	342	312	17	22	29	26	0	0	0,1	0,1	75	50	183	200
Ponto 13	5,3	5,6	6,6	6,2	327	313	341	314	21	18	33,5	27	0	0	0,1	0,1	58	58	175	188
Ponto 14	5,5	5,6	6,6	6,2	334	316	339	317	22	19	37	25,5	0	0	0,1	0,2	58	58	175	192
Ponto 15	5,5	5,6	6,5	6,2	334	314	339	315	21	18	39	26	0	0	0,1	0,2	58	58	192	205
Ponto 16	5,5	5,6	6,5	6,1	330	316	339	311	22	19	39	26	0	0	0,1	0,2	75	50	175	192
Ponto 17	5,5	5,6	6,5	6,2	329	302	330	306	22	18	39	23	0	0	0,2	0,2	67	50	167	175
Ponto 18	5,6	5,6	6,5	6,2	326	280	341	307	24	13	25	21	0	0	0,2	0,1	58	58	183	200
Ponto 19	5,6	5,6	6,5	6,2	315	248	357	298	18	13	24	26	0	0,1	0,2	0,3	50	50	150	175
Ponto 20	5,5	5,3	6,3	6	208	198	310	311	63,5	62	28	23	8,6	6	3,9	2,8	237,5	175	175	167

Parâmetro (PIRES et al, 2009)	pH				Condutividade (mS/cm)				Turbidez (UNT)				OD (mg/l)				Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)		Bacteriológica: E. Coli (*10.000)	
	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	E-MB	E-MA	C-MB	C-MA	C-MB	C-MA	C-MB	C-MA
Ponto 01	6,50		6,48		253,00		290,00		113		38,7		0,60		2,00		3,1		2	
Ponto 02	6,84	6,59	6,69	5,87	414,00	162,50	232,00	18,30	6,72	28,60	35,10	159,00	0,00	7,20	0,20	5,70	298	5,2	78	2
Ponto 03	6,80	6,83	6,64	5,79	405,00	174,40	237,00	18,10	18,30	25,80	48,10	141,00	0,00	7,40	0,05	5,50	249	6,2	68	1
Ponto 04	6,66	7,02	6,74	5,94	406,00	171,50	232,00	18,50	10,90	31,20	18,70	177,00	0,00	7,70	0,10	5,20	249	6,3	51	2

LEGENDA	
E-MB	Estiagem - maré baixa
E-MA	Estiagem - maré alta
C-MB	Período Chuvoso - maré baixa
C-MA	Período Chuvoso - maré alta

ANEXO II

DADOS TABULADOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Pontos		Coordenadas -						Parâmetros, segundo Pires et al (2009)									
		LATITUDE			LONGITUDE			Nº de coletas	Período	pH	Alcalinidade	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	OD (mg/l)	Cor (UC)	Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)	Bacteriológica: <i>E. Coli</i> (*10.000)
Ponto 01 (2009)	Travessa Angustura próxima a Av. João Paulo II	1,00	26,00	10,10	48,00	27,00	16,61	2 coletas (1 por semestre)	Novembro e Março/2009	6,49		271,50	75,85	1,30		3,10	2,00
Ponto 02 (2009)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	20,94	48,00	27,00	17,03	2 coletas (1 por semestre)	Novembro e Março/2009	6,50		206,70	57,36	3,28		151,60	40,00
Ponto 03 (2009)	Avenida Tucunduba com a Passagem Bom Jesus	1,00	28,00	17,93	48,00	27,00	15,88	2 coletas (1 por semestre)	Novembro e Março/2009	6,52		208,63	58,30	3,24		127,60	34,50
Ponto 04 (2009)	Ponte na foz do Igarapé Tucunduba no Rio Guamá	1,00	28,00	33,54	48,00	27,00	14,75	2 coletas (1 por semestre)	Novembro e Março/2009	6,59		207,00	59,45	3,25		127,65	26,50

Pontos		Coordenadas - LATITUDE		Coordenadas - LONGITUDE		Parâmetros, segundo Dias et al (2003)											
						Nº de coletas	Período	pH	Alcalinidade	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	OD (mg/l)	Cor (UC)	Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)	Bacteriológica: <i>E. Coli</i> (*10.000)		
Ponto 01 (2002)	Ponte na foz do Igarapé Tucunduba no Rio Guamá	1,00	28,00	33,54	48,00	27,00	14,75	12 coletas	05/04/2002, 12/04/2002, 15/04/2002, 26/04/2002, 06/05/2002, 08/05/2002, 13/09/2002, 20/09/2002, 27/09/2002, 04/10/2002, 17/10/2002, 18/10/2002	5,75		162,00	35,50	3,23	125,00		
Ponto 02 (2002)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	20,94	48,00	27,00	17,03	12 coletas		5,70		187,50	32,25	2,93	131,25		
Ponto 03 (2002)	Ponte da Av. Perimetral com a Rua Beira-Mar.							12 coletas		5,73		191,25	32,13	2,80	127,00		
Ponto 04 (2002)	Passagem Redenção com Rua Beira-Mar.	1,00	28,00	11,29	48,00	27,00	10,65	12 coletas		5,73		190,00	32,50	2,68	121,75		
Ponto 05 (2002)	Final da Av. Barão de Igarapé Miri com Rua Beira-Mar.	1,00	28,00	2,48	48,00	27,00	13,58	12 coletas		5,78		190,00	29,63	2,58	120,75		
Ponto 06 (2002)	Passagem Tucunduba II com Rua Beira-Mar.	1,00	28,00	50,29	48,00	27,00	17,44	12 coletas		5,80		203,50	28,50	2,30	125,00		
Ponto 07 (2002)	Passagem Nova Liderança com Rua Beira-Mar.							12 coletas		5,85		223,00	31,63	1,68	128,25		
Ponto 08 (2002)	Passagem Dom Zico com a Rua São Domingos.	1,00	27,00	45,69	48,00	27,00	18,89	12 coletas		5,93		281,50	23,00	0,48	114,75		
Ponto 09 (2002)	Próximo à residência nº 139 na passagem Dom Zico.							12 coletas		6,03		319,75	21,00	0,10	117,75		

Pontos		Coordenadas - LATITUDE		Coordenadas - LONGITUDE		Parâmetros, segundo Dias et al (2003)											
						Nº de coletas	Período	pH	Alcalinidade	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	OD (mg/l)	Cor (UC)	Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)	Bacteriológica: <i>E. Coli</i> (*10.000)		
Ponto 10 (2002)	Próximo à residência nº 118 no final da passagem Liberal.							12 coletas		5,98		331,25	21,25	0,05	119,50		
Ponto 11 (2002)	Final da Trav. Mundurucus com a passagem Brasília.	1,00	27,00	26,91	48,00	27,00	15,02	12 coletas		6,05		328,25	22,13	0,05	129,00		
Ponto 12 (2002)	Passarela sobre a pass. N. Sra. das Graças com a pass. São Pedro.	1,00	27,00	20,82	48,00	27,00	15,99	12 coletas		5,95		328,00	23,50	0,05	127,00		
Ponto 13 (2002)	Próximo ao Curtume na Av. Celso Malcher.	1,00	27,00	21,90	48,00	27,00	6,60	12 coletas		5,93		323,75	24,88	0,05	119,75		
Ponto 14 (2002)	Pass. Ipiranga entre pass. Belém e pass. São Pedro.	1,00	27,00	5,30	48,00	27,00	18,03	12 coletas		5,98		326,50	25,88	0,08	120,75		
Ponto 15 (2002)	Pass. Maranhão entre pass. Belém e pass. Tiradentes.							12 coletas		5,95		325,50	26,00	0,08	128,25		
Ponto 16 (2002)	Rua Roso Danin entre pass. Belém e pass. Francisco Xavier.	1,00	26,00	59,13	48,00	27,00	13,37	12 coletas		5,93		324,00	26,50	0,08	123,00		
Ponto 17 (2002)	Av. Cipriano Santos entre pass. Eduardo e	2,00	21,00	40,80	47,00	3,00	57,50	12 coletas		5,95		316,75	25,50	0,10	114,75		

									Parâmetros, segundo Lopes e Bezerra (2001)								
										pH	Alcalinidade	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	OD (mg/l)	Cor (UC)	Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)	Bacteriológica: E. Coli (*10.000)
Ponto 01 (1999-2000)	No canal situado na esquina com a Rua Teófilo Condurú	1,00	27,00	24,64	48,00	27,00	37,44	4 coletas	19/10/1999, 22/10/1999, 14/02/2000, 21/02/2000	6,73		298,00	32,00	1,30		760,00	152,50
Ponto 02 (1999-2000)	Na ponte, próximo ao final da rua, a montante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	27,00	10,60	48,00	27,00	20,50	4 coletas		6,56		321,00	33,00	0,70		1750,00	865,00
Ponto 03 (1999-2000)	Na ponte após a curva da Olaria, a jusante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	28,00	5,46	48,00	27,00	12,18	4 coletas		6,55		316,00	30,50	0,45		575,00	34,00
Ponto 04 (1999-2000)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	6,40	48,00	27,00	12,70	4 coletas		6,58		305,50	32,00	1,15		1750,00	1450,00

Pontos		Coordenadas - LATITUDE						Coordenadas - LONGITUDE						Parâmetros, segundo Braz et al (1989)									
														Nº de coletas	Período	pH	Alcalinidade	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	OD (mg/l)	Cor (UC)	Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)	Bacteriológica: E. Coli (*10.000)
Ponto 01 (1989)	No canal situado na esquina com a Rua Teófilo Condurú	1,00	27,00	24,64	48,00	27,00	37,44	10 coletas	03/01/1989, 18/01/1989, 31/01/1989, 07/03/1989, 03/04/1989, 10/04/1989, 25/04/1989, 16/05/1989, 13/06/1989, 04/07/1989	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00						
Ponto 02 (1989)	Na ponte, próximo ao final da rua, a montante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	27,00	10,60	48,00	27,00	20,50	10 coletas		6,13	56,90			3,40	126,67	163,33	44,53						
Ponto 03 (1989)	Na ponte após a curva da Olaria, a jusante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	28,00	5,46	48,00	27,00	12,18	10 coletas		5,28	85,17			1,97	106,67	796,67	350,00						
Ponto 04 (1989)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	6,40	48,00	27,00	12,70	10 coletas		6,20	83,63			2,47	183,33	3673,67	4040,33						

Pontos		Coordenadas - LATITUDE		Coordenadas - LONGITUDE				Parâmetros, segundo Braz et al (1988)									
								Nº de coletas	Período	pH	Alcalinidade	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	OD (mg/l)	Cor (UC)	Bacteriológica: Coliformes Totais (*10.000)	Bacteriológica: <i>E. Coli</i> (*10.000)
Ponto 01 (1988)	No canal situado na esquina com a Rua Teófilo Condurú	1,00	27,00	24,64	48,00	27,00	37,44	3 coletas	01/11/1988, 16/11/1988, 20/12/1988	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 02 (1988)	Na ponte, próximo ao final da rua, a montante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	27,00	10,60	48,00	27,00	20,50	3 coletas		6,60	118,45			1,98	133,33	562,67	562,60
Ponto 03 (1988)	Na ponte após a curva da Olaria, a jusante do antigo lançamento dos despejos do curtume.	1,00	28,00	5,46	48,00	27,00	12,18	3 coletas		6,42	121,52			3,37	123,33	1918,33	170,00
Ponto 04 (1988)	Ponte próxima ao Ginásio de Esportes da UFPA.	1,00	28,00	6,40	48,00	27,00	12,70	3 coletas		6,43	114,18			3,00	120,00	50,50	83,00