

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E
CONTABILIDADE – FEAAC
MESTRADO PROFISSIONAL EM CONTROLADORIA – MPC

ANDRESSA BEZERRA SOARES

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO
DO CEARÁ

FORTALEZA
2007

ANDRESSA BEZERRA SOARES

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO
DO CEARÁ**

Dissertação submetida à Coordenação do Mestrado Profissional em Controladoria da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Controladoria.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mônica Cavalcanti Sá de Abreu

**FORTALEZA
2007**

S 676 a

Soares, Andressa Bezerra

Análise da Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas
do Estado do Ceará / Andressa Bezerra Soares. –
Fortaleza, 2007.

121f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do
Ceará, Faculdade de Economia, Administração,
Atuaria e Contabilidade.

Recursos Hídricos; Bacias Hidrográficas;
Sustentabilidade; Ceará

CDD 658.4

ANDRESSA BEZERRA SOARES

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO
DO CEARÁ**

Dissertação submetida à Coordenação do Mestrado Profissional em Controladoria da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Controladoria.

Aprovada em 02 de agosto de 2007

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Mônica Cavalcanti Sá de Abreu (orientadora)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. José Carlos Lázaro da Silva Filho
Universidade Federal do Ceará

Prof.^a Dr.^a Ticiania Marinho de Carvalho Studart
Universidade Federal do Ceará

Dedico este trabalho às pessoas que acompanham minha jornada de vida e torcem pelo meu sucesso e felicidade, MEUS PAIS, meu orgulho.

Dedico, também, aos engajados na luta pela sustentabilidade nos diversos segmentos da nossa sociedade, principalmente na questão da ÁGUA.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é tornar-se reconhecido por algo, não importa a forma, pode ser através de um gesto, de uma ação ou de simples palavras repletas do sentimento de gratidão.

Nesse decurso de elaboração do relatório de pesquisa de mestrado, listar os agradecimentos numa folha em branco é um ato singelo de registrar a importância daquela personagem para a materialização de um estudo científico, de uma contribuição para a sociedade, de um sonho individual que se torna coletivo no seu desenvolvimento.

Primeiro e singelo é o agradecimento aos meus pais, Francisco e Tânia, que me apóiam com carinho e dedicação desde meu primeiro abrir de olhos e que são meus exemplos de sucesso, pessoal e profissional.

Em seguida, agradeço a minha orientadora, Professora Doutora Mônica, por me guiar nos caminhos e da concretização deste trabalho, bem como me proporcionar aliar o conhecimento adquirido no mestrado de Controladoria com o conhecimento da minha graduação em Engenharia Civil, promovendo meu crescimento como aprendiz e profissional.

Também, não posso esquecer os Professores Doutores José Carlos e Ticiane Studart, membros da minha banca examinadora, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Institucionalmente, sou agradecida aos que formam o Mestrado de Controladoria da UFC, por seu esforço e dedicação para o crescimento do curso e também ao Laboratório de Estudos em Competitividade e Sustentabilidade – LECoS, ao qual deixo minha contribuição.

Aos meus amigos e colegas de trabalho na CAGECE, e aos meus companheiros de MPC, agradeço por suas contribuições e compreensões, pois às vezes estamos desestimulados com nossos objetivos e estas pessoas, mesmo sem perceber, nos dão força para continuar e chegar ao porto seguro.

Agradeço também àqueles que de alguma forma contribuíram nessa jornada, mas depois de tantos artigos e livros, seus nomes se embaralharam e não pude listá-los.

Enfim, agradeço à vida, pois só com ela pude desenvolver este trabalho e acreditar que nestas páginas contribuo para melhorar a questão da água no nosso Ceará.

“Não podes ensinar nada a um homem; podes apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro dele mesmo.”

(Galileu Galilei)

“O segredo de progredir é começar. O segredo de começar é dividir as tarefas árduas e complicadas em tarefas pequenas e fáceis de executar, e depois começar pela primeira.”

(Mark Twain)

RESUMO

A questão ambiental e a qualidade de vida das atuais e futuras gerações constituem preocupações recorrentes da sociedade. Os meios acadêmico e empresarial desenvolvem estudos para garantir o desenvolvimento sustentável, concebido como crescimento econômico compatível com a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida ao longo do tempo. Nesse contexto, a água sobressai como um recurso natural essencial para a humanidade, cuja escassez ou inadequação para alguns empregos se apresenta como um problema grave a ser enfrentado pela sociedade. Assim, propõe-se verificar a sustentabilidade das bacias hidrográficas, Alto Jaguaribe, Curu e Metropolitana, localizadas no Estado do Ceará, com arrimo nos parâmetros que identificam suas características econômicas, sociais e ambientais e dos níveis de respostas da sociedade via políticas públicas. A análise baseia-se numa abordagem quantitativa, utilizando-se o modelo de sustentabilidade denominado DPSIR (*Driving Force, Pressure, State, Impact, Response*), definido com base nas relações de causa e efeito, em que os três primeiros componentes (*Driving Force, Pressure, State*) são a causa do problema, o quarto (*Impact*) é o problema em si e o quinto (*Response*) é a resposta da sociedade para solucioná-lo. A avaliação empírica se faz com o uso do *software* MULINO mDSS, desenvolvido pela Comunidade Européia. Com a modelagem por meio do *software* mDSS, obtém-se o triângulo de sustentabilidade, que permite visualizar o padrão de sustentabilidade das bacias. A análise segue dois critérios: um estático, comparando os resultados das três bacias hidrográficas da amostra, para o ano de 2000; outro, estático-comparativo, cotejando a alteração da sustentabilidade entre 2000 e 2010, segundo cenário de indicadores projetados para este último ano. Na análise estática de 2000, a bacia Metropolitana apresentou o maior escore de sustentabilidade, contudo a bacia do Alto Jaguaribe está mais equilibrada em relação às três dimensões de sustentabilidade. Já na análise estático-comparativa, as três bacias apresentaram melhores escores e equilíbrios em 2010. Conclui-se que o modelo DPSIR e o programa computacional empregados podem subsidiar a análise da sustentabilidade em suas três dimensões de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Ceará; recursos hídricos; bacias hidrográficas; sustentabilidade; modelo DPSIR.

ABSTRACTS

Environmental issues and quality of life of the current and future generations are recurrent concerns of the society. The academic and enterprise entities have developed studies to guarantee the sustainable development, conceived as compatible economic growth with the preservation of the environment and the quality of life through a long time. In this context, the water became prominent as an essential natural resources for the humanity whose scarcity or inappropriate for some uses is presented as a serious problem to be faced by the society. Thus, it suggests to verify the sustainability of the catchments, Alto Jaguaribe, Curu and Metropolitana, located in the state of the Ceará, from parameters that identify its economic, social and ambient characteristics and of the levels of answers of the society by the public politics. The analysis is based on a quantitative boarding, using the called DPSIR framework (Driving Force, Pressure, State, Impact, Response), defined on the basis of the cause and effect relationships, where the three first components (Driving Force, Pressure, State) are the cause of the problem, the fourth (Impact) is the problem in itself and the fifth (Response) is the society's answers to solve it. The empirical evaluation was maked with the use of software MULINO mDSS, developed by the European Community. With the modeling using the software mDSS can done the sustainable chart that allows to visualize the standard of sustainability of the catchments. The analysis follows two criterias: a static, comparing the results of the three catchments of the sample, for the year of 2000; another one, static-comparative , that compares the alteration of the sustainability between 2000 and 2010, as scene of projected pointers for this last year. In the static analysis of 2000, the Catchment Metropolitan presented the greater scores of sustainability, however the Catchment Alto Jaguaribe is more balanced in relation of the three dimensions of sustainability. Already, in the static-comparative analysis, all the three catchments had presented better scores and balances in 2010. Concludes that the used of DPSIR framework and the computational program can subsidize the analysis of the sustainability of catchments in its three dimensions.

Keywords: Ceará; water resources; catchment; sustainability; DPSIR framework.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Regiões Hidrográficas do Estado do Ceará	44
FIGURA 2 -	Pirâmide das Informações (<i>World Resources Institute</i> , 1995)	52
FIGURA 3 -	Esquema do Modelo PSR	60
FIGURA 4 -	Esquema do Modelo DSR	61
FIGURA 5 -	Esquema do Modelo DPSIR	63
FIGURA 6 -	Esquema do Modelo DPSIR para Bacias Hidrográficas	65
FIGURA 7 -	Os passos básicos da decisão multicritério implementada no mDSS	69
FIGURA 8 -	Esquema das Fases de Modelagem no <i>software</i> mDSS	72
FIGURA 9 -	Triângulo de Sustentabilidade	72
FIGURA 10 -	Bacia Hidrográfica do Alto Jaguaribe	77
FIGURA 11 -	Bacia Hidrográfica do Curu	80
FIGURA 12 -	Bacia Hidrográfica Metropolitana	82
FIGURA 13 -	Fase Conceitual <i>software</i> mDSS (Modelo DPSIR) – Análise comparativa	93
FIGURA 14 -	Triângulo de Sustentabilidade para a Análise Comparativa	98
FIGURA 15 -	Fase Conceitual <i>software</i> mDSS (Modelo DPSIR) – Análise estático-comparativa	99
FIGURA 16 -	Triângulo de Sustentabilidade - Bacia do Alto Jaguaribe (Análise estático-comparativa)	104
FIGURA 17 -	Triângulo de Sustentabilidade para a Bacia do Curu (Análise estático-comparativa)	105
FIGURA 18 -	Triângulo de Sustentabilidade para a Bacia Metropolitana (Análise estático-comparativa)	106

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.....	37
QUADRO 2 -	Órgãos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	38
QUADRO 3 -	Comitês e Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Ceará....	46
QUADRO 4 -	Critérios para seleção de indicadores	54
QUADRO 5 -	Indicadores do modelo DPSIR proposto pela WFD.....	67
QUADRO 6 -	Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Social.....	85
QUADRO 7 -	Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Ambiental (parte 1)	87
QUADRO 8 -	Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Ambiental (parte 2)	88
QUADRO 9 -	Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Econômica	90
QUADRO 10 -	Relações utilizadas para normalizar os indicadores da Análise Comparativa	96
QUADRO 11 -	Relações utilizadas para normalizar os indicadores da Análise estático- comparativa	103
QUADRO 12 -	Indicadores de Sustentabilidade para os recursos Hídricos - Força Motriz: Saneamento Básico.....	119
QUADRO 13 -	Indicadores de Sustentabilidade para os recursos Hídricos - Força Motriz: Agricultura	120
QUADRO 14 -	Indicadores de Sustentabilidade para os recursos Hídricos - Força Motriz: Indústria	121

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Área e População das Bacias Hidrográficas e Percentual em Relação ao Estado do Ceará	45
TABELA 2 -	População Urbana e Rural, Bacias Hidrográficas e Respectivo Percentual ..	46
TABELA 3 -	Percentual da área do município inserido na Bacia , população total em 2006, área em relação à Bacia e PIB a preços de mercado em 2004 da Bacia Hidrográfica do Alto Jaguaribe	78
TABELA 4 -	Percentual da área do município inserido na bacia , população total em 2006, área em relação à Bacia e PIB a preços de mercado em 2004 da Bacia Hidrográfica do Curu	81
TABELA 5 -	Percentual da área do município inserido na Bacia, população total em 2006, área em relação à Bacia e PIB a preços de mercado em 2004 da Bacia Hidrográfica Metropolitana	83
TABELA 6 -	Indicadores para a Bacia do Alto Jaguaribe, do Curu e Metropolitana – Dimensão Social e Econômica – Análise Comparativa	94
TABELA 7 -	Indicadores para a Bacia do Alto Jaguaribe, do Curu e Metropolitana – Dimensão Ambiental - Análise Comparativa	95
TABELA 8 -	Triângulo de Sustentabilidade: Análise Comparativa para o ano de 2000... ..	97
TABELA 9 -	Indicadores para a Bacia do Alto Jaguaribe – Análise estático-comparativa... ..	100
TABELA 10 -	Indicadores para a Bacia do Curu – Análise estático-comparativa	101
TABELA 11 -	Indicadores para a Bacia Metropolitana – Análise estático-comparativa... ..	102
TABELA 12 -	Triângulo de Sustentabilidade - Bacia do Alto Jaguaribe: Análise Estático-Comparativa	103
TABELA 13 -	Triângulo de Sustentabilidade - Bacia do Curu: Análise Estático-Comparativa	104
TABELA 14 -	Triângulo de Sustentabilidade - Bacia Metropolitana: Análise Estático-Comparativa	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional das Águas

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CDS - Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (*UN Commission on Sustainable Development*)

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba

COELCE – Companhia Energética do Ceará

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra às Secas

DPSIR – *Driving Force, Pressure, State, Impact, Response* (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta)

DSR – *Driving Force, State, Response* (Força Motriz, Estado, Resposta)

DSS – *Decision Support System*

EEA – *European Environmental Agency*

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICWE – Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IPLANCE – Fundação de Pesquisa e Informação do Ceará

IUCN – União Internacional para a Conservação da Natureza

mDSS – *MULINO Decision Support System*

MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal

MULINO – *Multisectoral, Integrated and Operational Decision Support System for Sustainable Use of Water Resources at Catchment Scale*

OECD – *Organisation for Economic Cooperation and Development*

ONU - Organização das Nações Unidas

PLANERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PRONID - Programa Nacional de Irrigação e Drenagem

PSR – *Pressure, State, Response* (Pressão, Estado, Resposta)

SEMACE – Superintendência de Meio Ambiente do Ceará

SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

WFD – *Water Framework Directive*

WWF – *World Wide Funds for Nature*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.2. PRESSUPOSTOS	21
1.3. OBJETIVOS.....	22
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i>	22
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	22
1.4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	22
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2. POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS E SUSTENTABILIDADE	26
2.1. A QUESTÃO AMBIENTAL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	26
2.2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E A SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	29
2.3. POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	34
2.4. POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS NO CEARÁ.....	39
3. TOMADA DE DECISÃO E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	48
3.1. A TOMADA DE DECISÕES	48
3.2. A PIRÂMIDE DE INFORMAÇÕES E OS INDICADORES.....	51
3.3. INDICADORES E MODELOS DE SUSTENTABILIDADE	55
4. O MODELO ESCOLHIDO PARA ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE	59
4.1. DO MODELO PSR AO MODELO DPSIR	59
4.2. MODELO DPSIR E OS INDICADORES PARA SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	64
4.3. MODELAGEM EM <i>SOFTWARE</i> DO MODELO DPSIR PARA SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	68

5. AS BACIAS HIDROGRÁFICAS E OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ESCOLHIDOS.....	74
5.1. SELEÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ.....	74
5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ SELECIONADAS	76
5.2.1. <i>Bacia do Alto Jaguaribe (BAJ)</i>	76
5.2.2. <i>Bacia do Curu (BCU)</i>	79
5.2.3. <i>Bacia Metropolitana (BME)</i>	81
5.3. OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE UTILIZADOS	84
5.3.1. <i>Dimensão Social</i>	84
5.3.2. <i>Dimensão Ambiental</i>	86
5.3.3. <i>Dimensão Econômica</i>	89
5.4. REFERÊNCIA TEMPORAL PARA A ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE	91
6. SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ.....	92
6.1. ANÁLISE COMPARATIVA DA SUSTENTABILIDADE DAS BACIAS.....	92
6.1.1. <i>Fase conceitual: identificação da causas e exploração do problema</i>	92
6.1.2. <i>Fase de formulação de soluções: definir opções e simular</i>	93
6.2. ANÁLISE ESTATICO-COMPARATIVA DE CADA BACIA	98
6.2.1. <i>Fase conceitual: identificação da causas e exploração do problema</i>	99
6.2.2. <i>Fase de formulação de soluções: definir opções e simular</i>	99
6.3. FASE DE ESCOLHA: ANÁLISE DA DECISÃO MULTICRITÉRIO	107
7. CONCLUSÃO	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	117
ANEXOS 1: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA OS RECURSOS HÍDRICOS, PROPOSTA DA FGV	118

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a preocupação com o meio ambiente e a disponibilidade dos recursos naturais está afligindo diversos segmentos da sociedade, sejam estes de caráter acadêmico, político, social e/ou econômico.

Os meios de comunicação, progressivamente, incorporaram nas suas matérias termos como sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, gestão ambiental, além da recorrência de temas como a escassez da água, poluição do ar, efeito estufa e aquecimento global.

Não obstante, no dia-a-dia, percebem-se quase que intuitivamente as respostas do meio ambiente às ações devastadoras das atividades humanas de exploração dos recursos naturais e do uso de tecnologias não limpas, como a mudança na temperatura, nas estações do ano, enchentes em áreas urbanas e poluição dos rios.

Com efeito, da observação na convivência em sociedade, transportam-se para o meio acadêmico as inquietações e questionamentos que permeiam o cérebro.

1.1. Justificativa e Delimitação do Problema

A preocupação com a otimização dos resultados e a segurança nas tomadas de decisões são comportamentos correntes nas entidades privadas e públicas. Nas organizações privadas, estudos que desenvolvem metodologias de trabalho e de coleta de informações, visando a resultados eficazes e eficientes, são facilmente identificados pelos variados modelos de sistemas de informação da gestão. Em relação às entidades públicas, não se encontram muitos estudos neste sentido, principalmente no que tange aos recursos naturais. O fortalecimento de legislações, porém com vistas ao bem-estar social, à otimização do uso dos bens públicos com preservação ambiental, está produzindo outro cenário econômico e sócio-ambiental.

A análise de políticas públicas, em um conceito mais moderno, é utilizada para determinar as estratégias de ação, quando um agente tomador de decisão tem diversas opções. Em qualquer circunstância, há dois elementos presentes no processo decisório: o risco e a incerteza. Desta maneira, as modelagens da gestão objetivam minimizar os riscos associados à

implementação de uma política pública, em virtude de incertezas futuras causadas por mudanças políticas, econômicas e sociais (CARVALHO, 2005).

A grande questão acerca da tomada de decisão é o grau de subjetividade que pode estar inserido durante este processo. Portanto, é comum a utilização de informações por meio de modelos decisórios que enfatizam a impessoalidade dos resultados finais. Para tanto, deve-se despertar para a importância de tornar o processo de tomada de decisões mais democrático e imparcial.

A inserção das questões ambientais na análise da eficiência das entidades, de uma maneira geral, também está sendo incorporada na avaliação das políticas públicas, uma vez que a sociedade está mais consciente da relevância da qualidade do meio ambiente para a melhoria de sua vida e das futuras gerações.

Dentre os itens de preocupação ambiental, destacam-se os recursos hídricos, em particular, a água doce. A água doce é um bem vital para todos os seres vivos e um dos principais recursos naturais para o desenvolvimento econômico dos países. Estes recursos, antes tidos como infinitos, agora são considerados finitos, tornando-se condicionante prioritária para o desenvolvimento econômico sustentável. Já se observa que este bem se encontra escasso ou em estado de degradação em muitas regiões do Planeta, até mesmo no Brasil (GOMES; BARBIERI, 2002). Diante deste fato, a tomada de decisão para o uso racional da água é fundamental para qualquer entidade, seja um indivíduo, uma família, uma firma ou um órgão público.

Em termos mundiais, o Brasil está em situação privilegiada quanto à disponibilidade de água doce, no entanto, diversas regiões apresentam problemas e a distribuição interna é desigual, sendo maior a disponibilidade hídrica onde se localizam a menor parcela da população e a menor atividade econômica (SCARE; ZYLBERSZTAJN, 2004).

Efetivamente, a crise da água no Brasil, especialmente na região Nordeste, resulta da intervenção altamente predatória neste espaço, levando ao efeito perverso de aplicar, a um fenômeno marcadamente estrutural, políticas seladas pela visão conjuntural que induzem ao cultivo do problema (REBOUÇAS, 1997).

Das 27 unidades federativas brasileiras, 06 (seis) apresentam situação pobre (disponibilidade inferior a 2.500m³/habitante/ano), dentre estas, o Estado do Ceará, espaço geográfico deste estudo.

Historicamente, verifica-se que o nordestino, nas diversas formas de ocupação do território, fundamentou sua economia no aproveitamento do potencial hídrico localizado, explorando de forma extensiva tanto a agricultura quanto a pecuária. Em face, porém, da irregularidade do regime das chuvas e do baixo nível tecnológico/organizacional, dentre outros aspectos subjetivos, não conseguiu condições de consolidação econômica dessas atividades. Por sua vez, tais condições primitivas de uso e ocupação do meio físico muito contribuí para a destruição do solo, o empobrecimento das pastagens nativas e a redução das reservas de água localizada (REBOUÇAS, 1997).

O Estado do Ceará, localizado no Nordeste brasileiro, possui grande parte de sua área no semi-árido, o que potencializa a necessidade de bom gerenciamento destes recursos. Além da realidade geográfica do Estado, este foi percussor em muitos instrumentos da política nacional de recursos hídricos.

O Ceará passa por uma fase de modernização econômica, que inclui a mudança na gestão hídrica do Estado, principalmente no que diz respeito ao direcionamento e implementação de investimentos públicos em infra-estrutura. Essa reestruturação tem o objetivo de inserir o Ceará no âmbito da circulação e reprodução nacional e internacional do capital (SILVA, 2004).

A importância estratégica da água para atender às demandas humanas e dos ecossistemas levado diversos países a promover uma reforma em seus sistemas da gestão de recursos hídricos.

O gerenciamento dos recursos hídricos, ao garantir para a atual e as futuras gerações a disponibilidade de água nos padrões de qualidade adequados para cada tipo de uso, adquire um papel singular para a sociedade.

Um gerenciamento dos recursos hídricos que incorpore as questões sobre a proteção de recursos naturais e a satisfação das necessidades racionais das diversas categorias de usuários constitui fator essencial para a sustentabilidade da vida (SANTOS, 2001).

O modelo sistêmico de integração participativa é aplicado no Brasil e é caracterizado pela descentralização da gestão, planejamento estratégico em unidades de bacias hidrográficas e utilização de instrumentos normativos e econômicos (FLORES; MISOCZKY, 2004). Assim, a água não é apenas uma preocupação de um usuário ou de outro, mas sim uma questão de interesse público.

Para a gestão dos recursos hídricos, principalmente no que tange a sua sustentabilidade, a unidade de estudo mais empregada é a bacia hidrográfica. A Política Nacional de Recursos Hídricos, aprovada em 1997, determina a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Em termos de definição, bacia hidrográfica é um sistema físico na qual a “entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente.” (TUCCI, 2001).

Em uma visão sistêmica, no entanto, a bacia hidrográfica é uma área territorial, delimitada por uma divisória topográfica concebida como “um sistema complexo, aberto, cujos elementos biológicos, sociais e econômicos se encontram em estreita inter-relação, um sistema aberto a fluxos, influências e linhas de ação que atravessam suas fronteiras [...]” (VILLANUEVA, 2000 apud LAURA, 2004).

Também, conforme Silva (2004), a bacia hidrográfica é um sistema resultante da disposição física da rede de drenagem das águas, que pode apresentar alguns fatores limitantes para a gestão, como: a divisão administrativa dos municípios e a disposição da fauna, da flora e dos ecossistemas, que podem ultrapassar os limites da bacia hidrográfica.

Desta forma, é comum constatar a problemática dos recursos hídricos e ambientais nas bacias hidrográficas, em razão da diversidade de situações, principalmente de conflitos intra-setoriais e inter-setoriais (mercado, estado e sociedade civil), visando ao interesses pelos bens e serviços naturais e/ou ambientais manufaturados (LAURA, 2004).

Assim pergunta-se: será que as políticas públicas do Estado do Ceará em relação à gestão dos recursos hídricos estão favorecendo o equilíbrio das dimensões social, ambiental e econômica da sustentabilidade de suas bacias hidrográficas?

Um pré-requisito para a análise dos recursos naturais e sua sustentabilidade é a identificação de indicadores e modelos adequados que registrem o efeito das atividades humanas, os quais possam ser medidos e descrevam as relações de causa e efeito intrínsecas às dimensões ambientais, econômicas e sociais (GIUPPONI, 2002).

A Comunidade Européia desenvolve estudos visando a criar um modelo de tomada de decisão sobre a água como bem econômico tão importante para a qualidade de vida da população e o crescimento econômico da região. Trazendo esta perspectiva para o Brasil, também se constata trabalhos no sentido de promover a conservação destes recursos naturais.

Dentre os modelos de sustentabilidade preocupados em representar as relações de causa-efeito existentes entre as dimensões, destacam-se o PSR (Pressão, Estado, Resposta) adotado pela *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD), o DSR (Força Motriz, Estado, Resposta) da *UN Commission on Sustainable Development* (CDS) e, mais recentemente, o DPSIR (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta) proposto pela *European Environmental Agency* (EEA) (GIUPPONI, 2002). Este último, desde 2000, foi adotado pela *Water Framework Directive* (WFD) da Comunidade Européia, visando à proteção dos recursos hídricos e, com base neste modelo, foram desenvolvidos vários estudos na Europa para a definição de ferramentas de suporte à tomada de decisão, equilibrando os diversos usos e interesses existentes em torno da água.

Um dos resultados dos estudos realizados pelos países-membros da Comunidade Européia sobre a sustentabilidade das bacias hidrográficas foi a criação de programas computacionais para conferir agilidade e facilitar os processos de decisão, dentre os quais se destaca o *Multisectoral, Integrated and Operational Decision Support System for Sustainable Use of Water Resources at Catchment Scale* - MULINO DSS.

Desta maneira, também se pergunta: o modelo DPSIR e as ferramentas desenvolvidas por meio da WFD podem ser empregados na realidade do Brasil, especificamente, do Estado do Ceará?

1.2. Pressupostos

Esta dissertação tem como base os seguintes pressupostos:

- a) a política cearense de recursos hídricos visa à sustentabilidade das bacias hidrográficas.
- b) a utilização do modelo atual de tomada de decisões permite, apenas parcialmente, a análise da sustentabilidade das bacias hidrográficas.
- c) os indicadores do modelo DPSIR ajustam-se de forma apropriada à realidade das bacias hidrográficas cearenses.
- d) o modelo DPSIR é capaz de subsidiar as decisões de políticas públicas para a preservação dos recursos hídricos do Ceará.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar a sustentabilidade, nas dimensões ambiental, social e econômica, das bacias hidrográficas do Estado do Ceará, aplicando o modelo de tomada de decisão DPSIR.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Comparar os indicadores atualmente usados com os indicadores de sustentabilidade, com base no modelo DPSIR para o contexto cearense;
- b) elaborar critérios para análise de sustentabilidade das bacias hidrográficas cearenses selecionadas; e
- c) aplicar o modelo DPSIR, nos cenários propostos, mediante o *software* MULINO *Decision Support System* (mDSS), e fazer uma análise crítica da sustentabilidade das bacias hidrográficas após a modelagem.

1.4. Aspectos Metodológicos

Na descrição de pesquisa científica, Ruiz (1977) ensina que “é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. É o método de abordagem de um problema em estudo que caracteriza o aspecto científico de uma pesquisa”.

Na perspectiva de Richardson (1999), o método quantitativo utiliza-se da quantificação para os processos de coleta de informações e interpretação dos dados, este último por meio da Estatística. Geralmente é empregado nos estudos descritivos, os quais buscam classificar a relação entre as diversas variáveis e investigar a causalidade dos fenômenos.

Já em relação ao método qualitativo, o autor complementa, expressando que este não emprega os recursos estatísticos, pois visa a estudar fenômenos complexos ou particulares, mesmo quando há uma tendência de transformar os dados qualitativos em quantitativos mediante a utilização de escalas de atitudes ou categorias.

Richardson (1999) assevera, contudo, que a pesquisa social deve estar orientada para a melhoria das condições da população, portanto, para enfrentar este desafio, a integração dos métodos e das técnicas pode ser aplicada na medida do possível.

Assim, a pesquisa tem caráter quantitativo, pois estuda a complexidade do desenvolvimento sustentável nas bacias hidrográficas do Ceará, com o uso de recursos estatísticos e de multicritérios, para responder ao problema em estudo.

O método é concebido como um instrumento que permite o pesquisador nortear sua pesquisa, ou seja, planejá-la, definir suas hipóteses, proceder a investigações ou a experiências e interpretar dados. A escolha do método baseia-se na natureza do objeto ao qual será aplicada e o objetivo a que se propõe.

Como o ponto de partida é um modelo genérico, depois definido para estudos de bacias hidrográficas, esta pesquisa tem caráter dedutivo, ou seja, parte de teorias e leis e prediz a ocorrência de fenômenos particulares.

Caracteriza-se, também, como um estudo descritivo, pois descreve os fatos que levam à sustentabilidade das bacias hidrográficas.

A revisão bibliográfica permitiu conhecer melhor o tema, por intermédio de um levantamento sobre o que já foi estudado, bem como escolher uma linha de atuação coerente com os trabalhos já desenvolvidos na área, com o intuito de estruturar a metodologia e dar consistência teórica à investigação.

A pesquisa documental baseia-se busca em materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos do experimento. Assim, este ensaio se tornou importante na garimpagem dos dados necessários para a formulação dos indicadores requeridos no desenvolvimento do trabalho.

No que concerne à definição da amostra, a amostragem foi intencional por julgamento, ou seja, a amostra atendeu aos critérios definidos pelo pesquisador.

A coleta dos dados foi realizada com base nas pesquisas bibliográficas e documentais. Desta forma, foram empregados dados de fontes secundárias. A interpretação dos dados ocorreu com o auxílio de indicadores e do delineamento do modelo DPSIR, com o suporte de programa computacional específico para unidades similares ao objeto de estudo, ou seja, para bacias hidrográficas.

1.5. Estrutura do Trabalho

Este texto está distribuído em sete capítulos, incluindo, como o primeiro, a presente introdução.

No segundo segmento, debatem-se a questão ambiental, o desenvolvimento sustentável e a importância da água, inclusive no que concerne a sua sustentabilidade. Também se descreve a Política Nacional de Recursos Hídricos implementada no Brasil, visando à conservação dos recursos hídricos. Em continuidade, relata-se a política do Estado do Ceará e faz-se breve descrição das bacias hidrográficas deste Estado, objeto de estudo desta dissertação.

O terceiro módulo apresenta a relação entre a sustentabilidade e a tomada de decisões, estas fragmentadas na descrição do processo de tomada de decisão e na problemática de definição de indicadores, índices e modelos de sustentabilidade.

Na sequência, o quarto capítulo traz a evolução dos modelos de sustentabilidade até o surgimento do DPSIR; este último é detalhado para a aplicação na análise de sustentabilidade de bacias hidrográficas; explica-se, também, como se processa sua modelagem no *software* desenvolvido para a WFD, o qual foi aplicado no estudo. E, por último, apresenta-se o triângulo de sustentabilidade, ferramenta que permite a análise da sustentabilidade em suas três dimensões (social, ambiental e econômica).

Após esclarecidas as questões teóricas acerca da problemática da dissertação, o quinto segmento exhibe os elementos utilizados para subsidiar a análise da sustentabilidade na amostra selecionada das bacias hidrográficas do Ceará, inclusive a definição dos indicadores e das duas situações analisadas, a primeira com dados reais e a segunda mista, ou seja, com fatos reais e dados projetados.

Com o conhecimento dos elementos necessários para a análise proposta, o sexto capítulo apresenta o estudo realizado para a verificação da sustentabilidade das bacias hidrográficas da amostra, conforme cada situação elaborada.

Por último, no capítulo de número sete, foram enumeradas as conclusões pertinentes, bem como as sugestões para trabalhos futuros, seguindo-se a lista de autores e obras que serviram de embasamento teórico e empírico ao presente relatório de pesquisa.

Ainda, em anexo, são apresentados alguns elementos complementares, necessários à análise de sustentabilidade das bacias hidrográficas.

2. POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS E SUSTENTABILIDADE

Como tratar de questões ambientais sem consolidar sua concepção? Então, neste capítulo, serão debatidos a questão ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Dentre os recursos naturais, o selecionado para a análise é a água, estudada na unidade de planejamento bacia hidrográfica. Para tanto, descrevem-se sua importância para o desenvolvimento econômico, social e ambiental da sociedade e as condições de sua sustentabilidade.

Como a sustentabilidade dos recursos hídricos está entrelaçada com as políticas públicas, na seqüência, são apresentadas as Políticas de Recursos Hídricos Nacional e do Estado do Ceará. Por último, em relação ao Ceará, também se descrevem suas bacias hidrográficas, objetos de exame desta dissertação.

2.1. A Questão Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável tem raízes fincadas na ecologia e está associado à capacidade de recomposição e regeneração dos ecossistemas. A exigência de inserção deste conceito em outros aspectos das relações sociais e do ser humano com a natureza, entretanto, fez com que alguns teóricos passassem a expor distintas dimensões desse conceito (LIMA; MUNHOZ, 2000).

Segundo Freitas (2000), a expressão desenvolvimento sustentável surgiu, pela primeira vez, no documento denominado *World Conservation Strategy*, produzido, em 1980, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e *World Wild Life Fund*, conhecida hoje como *World Wide Funds for Nature* – WWF, por solicitação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). O objetivo dessa estratégia de conservação era alcançar o desenvolvimento por meio da conservação dos recursos vivos.

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (informalmente conhecida como Comissão Brundtland), criada em 1983, pela Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1987, encerrou seus trabalhos com o relatório *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum). Neste documento, definiu-se desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias”.

A definição de desenvolvimento sustentável resulta de longo histórico de reavaliação crítica da relação entre a sociedade civil e seu meio natural. Por se tratar de um *continuum* e complexo, observa-se hoje que existe uma variedade de abordagens que procuram explicar o conceito de sustentabilidade (BELLEN, 2002).

As três principais dimensões do desenvolvimento sustentável são a social, a econômica e a ambiental. A dimensão social incorpora a visão do desenvolvimento social ao desenvolvimento econômico tradicional. Já a dimensão econômica relaciona-se ao desenvolvimento de uma nova síntese econômica, que incorpora a preocupação com a alocação e distribuição dos recursos. E, por último, a dimensão ambiental, composta por dois vetores: os recursos naturais (recursos renováveis ou não renováveis) e os ambientais (capacidade absorvente do ambiente físico) (SOUZA, 2003).

Já, segundo Pinheiro (2004), o desenvolvimento sustentável tem seis aspectos prioritários, que devem ser entendidos como metas:

- a) satisfação das necessidades básicas do povo (educação, alimentação, saúde, lazer etc);
- b) solidariedade para com as gerações futuras (preservar o meio ambiente de modo que essas gerações tenham chance de viver);
- c) participação das pessoas envolvidas (todos devem preservar o meio ambiente e fazer a parte que lhes cabe);
- d) preservação dos recursos naturais;
- e) elaboração de um sistema social e respeito a outras culturas (erradicação da miséria, do preconceito e do massacre de populações oprimidas); e
- f) efetivação dos programas educativos.

Para atingir estas metas, principalmente as de solidariedade com gerações futuras e preservação dos recursos, conforme Souza (2003), duas ferramentas estratégicas básicas podem otimizar a relação de serviços/produtos com os recursos e com a natureza em geral:

- a) adoção de tecnologias eficientes; e

b) utilização do gerenciamento dos recursos pelo lado da demanda.

Destas estratégias, a primeira procura, além de projetar produtos e equipamentos e infra-estrutura, organizar os sistemas produtivos. Já a segunda busca avaliar a utilização dos recursos com base no que é requerido pelas atividades, principalmente para evitar conflitos de usos. No que concerne aos recursos hídricos, pode-se ilustrar com a seguinte situação: demandas para indústria e para abastecimento humano com escassez de água, então, será atendida prioritariamente a demanda humana, conforme o inciso III do Art 1º da Lei nº 9.433/97.

Em 2002, ocorreu a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável – Rio +10, em Johannesburgo. Dentre os principais pontos incluídos no acordo final, destacam-se: reduzir à metade o número de pessoas que vivem sem água e acesso a serviços sanitários; reduzir a perda de recursos naturais e biodiversidade para 2015; e aumentar o uso de fontes de energias renováveis e fazê-las mais acessíveis aos pobres, porém sem prazos concretos (LAURA, 2004).

Estas questões se sobressaem, pois, as alterações na natureza estão diretamente vinculadas ao poder que as nações exercem no cenário internacional. Observa-se que as sociedades com melhores condições políticas e econômicas atuam com maior autonomia e suas atividades causam, portanto, maior impacto sobre o meio ambiente. A preservação do meio ambiente, contudo, não pode ser razão para reforçar as tendências de desequilíbrio social e econômico que separam as sociedades. Então, nos países em desenvolvimento, como o Brasil, a erradicação da pobreza e a promoção do desenvolvimento econômico e social são prioridades absolutas, associando aos esforços de proteção do meio ambiente (VARGAS, 2004).

Desta forma, percebe-se que os recursos naturais são essenciais para o desenvolvimento das sociedades, sendo muitos deles indispensáveis para a sobrevivência do ser humano, como a água. Assim, devem ser definidas ações em determinada unidade de planejamento que considere as inter-relações dos recursos naturais com as atividades humanas, considerando a disponibilidade destes recursos para hoje e sempre.

Basicamente, a questão ambiental está configurada nas inter-relações da política e da economia. A conscientização, a ética, o conhecimento e a visão sobre meio ambiente, entretanto, conduzem para a institucionalização gradativa da dimensão ambiental.

Historicamente, a questão ambiental é influenciada pela concepção de natureza pelos seres humanos, movimentos ambientalistas e paradigmas da ciência. Hoje, as questões ambientais são moldadas com bases teóricas e ideológicas na política, economia e ecologia (ALMEIDA, 2001 apud LAURA, 2004).

2.2. A Importância da Água e a Sustentabilidade dos Recursos Hídricos

Da quantidade de água existente sobre a terra, a água doce equivale a 0,6% do total, ou aproximadamente, 8,2 milhões de km³. Do total de água doce, somente 1,2% (98.400 km³) apresenta-se na forma de rios e lagos; os 98,8% restantes constituem águas subterrâneas ou aquíferos. Em relação à água subterrânea, aproximadamente metade é considerada inviável para utilização, porque está situada a mais de 800 m de profundidade. Sua qualidade, porém, é naturalmente boa para o consumo geral, graças ao processo de filtração e às reações biogeoquímicas no subsolo. Ressalta-se ainda que, da água acessível, boa parte é imprópria para consumo, pois os efluentes das atividades industriais e agrícolas, e até os esgotos domésticos lançados nos corpos hídricos, muitas vezes minimizam a qualidade no local do despejo (BORSOI; TORRES, 1997 e PEIXOTO FILHO, 2000).

Segundo Silva (1998) e Silva (2004), a água é considerada recurso natural renovável, por ser um bem inesgotável e reciclável, quando observada à luz do seu ciclo hidrológico presente na biosfera, ou seja, com base nas várias fases que circula, de forma complexa e dinâmica, através da atmosfera, litosfera e hidrosfera, tendo o Sol como fonte energética. Também é considerada fundamental para a vida e ao desenvolvimento humano. Apesar de ser havida como abundante na natureza, a água pode tornar-se escassa ou inapropriada para vários usos.

Para Borsoi e Torres (1997), a água é tida como um recurso ou bem econômico, porque é finita, vulnerável e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente. Além disso, sua escassez impede o desenvolvimento de várias regiões. Também é avaliada como um recurso ambiental, pois a alteração adversa desse recurso pode contribuir para a degradação da qualidade ambiental.

Há uma congruência na concepção de que a água é um recurso natural de suma importância para o desenvolvimento humano. No referente a sua disponibilidade, contudo, há controvérsias, pois uns a julgam inesgotável e outros finita, conforme posições apresentadas anteriormente. De qualquer maneira, se a água for inesgotável ou não, boa parte dela é ou

pode se tornar inapropriada para os usos múltiplos; então, aí surge a questão da qualidade, não incorporada nas definições apresentadas deste elemento.

O gerenciamento da águas pode ser dividido em duas vertentes - qualidade e quantidade - as quais devem ser conduzidas de maneira articulada e interdependente (LANNA, 2001).

Em termos de qualidade da água, os órgãos reguladores (Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Meio Ambiente, entre outros) estabelecem quais características físicas, químicas e bacteriológicas devem ser atendidas conforme a destinação do bem, ou seja, para cada tipo de atividade (abastecimento humano, indústria, agricultura, lazer, aquicultura) há um padrão exigido. Para a garantia da qualidade desejada, a periodicidade e a quantidade de amostras também são determinadas pela legislação, contudo há falhas no monitoramento da qualidade do corpo hídrico em virtude do elevado custo e da insuficiência de recursos humanos e materiais. Isto se reflete no padrão de conservação das bacias hidrográficas e de seus respectivos planos de gerenciamento, os quais deviam ser acompanhados pela população beneficiada na região.

Já em termos quantitativos, como expresso anteriormente, a disponibilidade da água para este ou aquele uso está intrinsecamente ligada a sua qualidade. Assim, em determinada bacia hidrográfica, pode existir uma oferta hídrica superior a demanda, porém, se não forem atendidos os parâmetros determinados pela legislação, esta “disponibilidade” não deverá ser utilizada, ou seja, sem a qualidade adequada, não há condições para um ou mais usos do produto.

Em razão da sua importância, a água se presta a múltiplos usos. Estes podem ser consuntivos, quando há perdas entre o que é retirado e o que retorna ao curso natural, tais como: irrigação, abastecimento humano, uso industrial; e não consuntivos, quando não há perdas entre o que é retirado e o que retorna ao curso natural (pesca, navegação, lazer). E, em relação à demanda das atividades, estima-se que a distribuição média do consumo de água no mundo é de 70% para a irrigação, 20% para a indústria e 10% para usos domésticos e outros (SILVA, 2004).

A diversidade de usos e de interesses é competitiva e muita vez conflitante. Desse modo, há necessidade de que os critérios e normas setoriais sejam consistentes com a

legislação específica, de forma a permitir o disciplinamento desses diferentes usos, dos quais se destacam o saneamento, a irrigação e a produção de energia elétrica.

Desde os anos 1970, no entanto, a ocorrência de sérios conflitos de uso da água começou a suscitar discussões nos meios acadêmico e técnico-profissional sobre como minimizar estes problemas. Os conflitos envolviam não só setores usuários diferentes, como também os interesses de unidades político-administrativas distintas (estados e municípios). Nesse período, o poder era muito concentrado na área federal, tendo partido, justamente, de técnicos do Governo Federal a iniciativa de se criarem estruturas para a gestão dos recursos hídricos por bacia hidrográfica (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000).

Na Europa, também se observou o aumento dos conflitos de demanda por água para os diversos usos, tanto que, em 2000, a *European Union* apresentou um documento onde estabelece as diretrizes e princípios os quais seus membros devem aplicar para dirimir estes conflitos. Este documento é denominado de *Water Framework Directive* (WFD), elaborado pelo *Council Directive* (MYSIAK; GIUPPONI; FASSIO, 2002).

Os conflitos de interesse com relação ao uso da água, representados pelo setor hidrelétrico, pelos complexos industriais, pelas necessidades de abastecimento urbano, irrigação e adensamento urbano industrial, evidenciam a necessidade de articulação interinstitucional e a adoção de uma política de administração integrada de recursos hídricos (LIMA; MUNHOZ, 2000). Em relação ao conflito entre abastecimento e a irrigação, Tucci, Hespanhol e Cordeiro Netto (2003) comentam que esses conflitos necessitam de soluções específicas, com discussão dos usuários no âmbito de comitês e associações de bacias.

Também o desequilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água leva à necessidade de se desenvolver uma gestão dos recursos hídricos, tendo a compreensão da água como um recurso natural, escasso, fundamental à vida e ao desenvolvimento, devendo ser tratada como um bem público, de uso comum, e um recurso de alto valor social, ecológico e econômico (SILVA, 2004).

O Brasil possui cerca de 14% da água doce disponível no mundo, o que torna maior a responsabilidade com a gestão dos recursos hídricos. Apesar dessa posição privilegiada, no entanto, o País ainda não conseguiu uma racionalidade na exploração dos mananciais, nem investir o suficiente para atender com qualidade a toda a população, conforme determinam os acordos internacionais (PEIXOTO FILHO, 2000 e FGV, 2000).

Conforme Lima e Munhoz (2000), os problemas mais graves na área de recursos hídricos no Brasil são: dados e informações insuficientes ou não acessíveis para se promover uma adequada avaliação dos recursos hídricos; inexistência de práticas efetivas da gestão dos usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos; base legal insuficiente para assegurar a gestão descentralizada; participação incipiente da sociedade na gestão, com excessiva dependência nas ações de governos; escassez de água natural; e disseminação de uma cultura de abundância dos recursos hídricos.

Em relação à escassez de água no Brasil, como causas, podem-se mencionar a baixa disponibilidade específica no Nordeste e a elevada densidade demográfica nas regiões Sudeste e Sul, bem como a poluição dos recursos hídricos. O primeiro prejudica o desenvolvimento econômico, principalmente as atividades rurais no Nordeste, em virtude da sazonalidade das chuvas. E o último aumenta os custos para tratamento da água, em virtude da má qualidade da água e de captação, visto que a disponibilidade em padrões adequados se encontra distante da área a ser abastecida.

No que tange à poluição dos recursos hídricos, as principais causas são degeneração por esgotos domésticos; poluição industrial; disposição dos resíduos sólidos; poluição difusa de origem agrícola; poluição accidental; eutrofização de lagos e açudes; salinização de lagos e açudes; degeneração por mineração; falta de proteção dos mananciais superficiais e subterrâneos (LIMA; MUNHOZ, 2000). Esta poluição deve ser controlada para assegurar e manter níveis de qualidade compatíveis com sua utilização, pois o excesso de dejetos orgânicos e tóxicos reduz o nível de oxigênio e impossibilita o ciclo biológico normal, visto que a vida no meio aquoso depende da quantidade de oxigênio dissolvido (BORSOI; TORRES, 1997).

A problemática dos recursos hídricos é facilmente interligada à questão do desenvolvimento sustentável, tanto que eventos políticos e científicos estão sendo realizados para consolidar os caminhos e perspectivas sobre o tema em termos mundiais, com destaque para as Conferências em Dublin e Paris.

Em 1992, ocorreu a Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente (ICWE) em Dublin, Irlanda, no mesmo ano em que ocorria a ECO-92, no Rio de Janeiro, Brasil. A Conferência de Dublin é tida como um marco importante, na medida em que associa a

questão da água ao desenvolvimento sustentável, e estabeleceu, segundo Borsoi e Torres (1997), os seguintes pontos principais:

- a) a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a conservação da vida, a manutenção do desenvolvimento e do meio ambiente;
- b) o desenvolvimento e a gestão da água devem ser baseados na participação dos usuários, dos planejadores e dos responsáveis políticos em todos os níveis; e
- c) a água tem valor econômico em todos os seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Em março de 1998, no documento final denominado Cartas de Paris, elaborado na Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, ressalta-se que o acesso limitado à água, em termos de quantidade e qualidade, poderá frear o desenvolvimento sustentável. Portanto, torna-se oportuno aproveitar a possibilidade de abordar esses problemas, fomentando o estabelecimento de sistemas locais e nacionais da gestão sustentável dos recursos hídricos, com base num enfoque integrado que vincule o desenvolvimento à proteção do meio ambiente natural, na participação de todos os agentes e interessados, tanto mulheres como homens, e no reconhecimento do valor social e econômico da água (SILVA, 1998).

No Brasil, no início dos anos 1980, a bacia hidrográfica foi retomada como unidade territorial de planejamento. Essa mudança decorreu, em parte, da necessidade premente de equacionar os problemas de poluição e conflitos intersetoriais de usos da água acumulados por várias décadas. Por outro lado, deu-se o início das pressões sociais, exigindo a atuação efetiva do governo (SILVA, 1998).

Diante destas pressões, a adoção do Gerenciamento de Bacia Hidrográfica é o instrumento norteador das ações do Poder Público e da sociedade, no controle do uso dos recursos ambientais - naturais, econômicos e socioculturais - pelo homem, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, com vistas ao desenvolvimento sustentável (LANNA, 2001).

No que concerne à gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas, esta é considerada por natureza complexa, pois envolve interesses diversos dentre os usos múltiplos

e seus usuários, bem como a preocupação de garantir o atendimento das necessidades de água das gerações futuras. Essa complexidade exprime necessidade de uma abordagem participativa, que envolva esses interesses, criando condições para um planejamento justo e equilibrado da utilização dos recursos hídricos (SILVA, 2004).

Verifica-se que o Governo Federal e os estados, inclusive o Ceará, nos últimos anos, reorganiza o ambiente institucional e define as políticas de recursos hídricos, incorporando as questões de sustentabilidade levantadas pelos organismos nacionais e internacionais.

2.3. Política de Recursos Hídricos no Brasil

Por meio do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, o Código de Águas foi aprovado e, atualmente, permanece em vigor naquilo que não fere a Constituição de 1988. O Código de Águas apresenta preocupação em garantir o aproveitamento racional da energia hidráulica e incentivar o aproveitamento industrial da água, ficando sua execução a cargo do Ministério da Agricultura.

Sena (1997) apud Silva (1998) marca a idéia de que, alicerçado nos princípios estabelecidos pela 1ª Conferência de Direito Internacional de Haia, de 1930, e dando ênfase ao aproveitamento hidráulico, que, à época, representava uma condicionante do processo industrial, o Código das Águas já trazia normas submetendo o uso dos recursos hídricos ao controle da autoridade pública, ao interesse da saúde e da segurança. Além disso, recomendava evitar que a contaminação das águas pudesse levar prejuízo a terceiros, demonstrando uma incipiente preocupação com a utilização múltipla dos recursos hídricos.

Uma das mudanças fundamentais implementadas pelo Código de Águas para a sua época foi a definição de três tipos de propriedade de água: (1) águas públicas, definida nos Arts. 1º e 2º; (2) águas comuns estabelecidas no art. 7º como as águas correntes não navegáveis; e (3) águas particulares expressas no art. 8º como as águas situadas em terrenos particulares, quando estas não estiverem classificadas entre as águas comuns e as águas públicas, esta última extinta com a Constituição de 1988.

Entre as décadas de 1960/70, no Brasil, enfatizou-se o planejamento estatal das atividades voltadas para o aproveitamento do solo e da água, envolvendo vários planos e estudos, inclusive com a colaboração das missões internacionais (francesa, alemã, espanhola e

israelense) que serviram de ponto de partida para a realização dos planos diretores de bacias, desenvolvidos, em seguida, com o objetivo de promover o desenvolvimento regional mediante o aproveitamento hidro-agrícola (SILVA, 2004).

Em 31 de agosto de 1981, pela Lei nº 6.938, foi implantada a Política Nacional do Meio Ambiente que, em seu Art. 2º, descreve seus princípios, destacando-se: ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico; racionalização do uso da água; planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; e acompanhamento do estado da qualidade ambiental.

Durante o VII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, foi aprovada em Assembléia Geral a Carta de Salvador, em 13 de novembro de 1987, em que a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) divulgou os fundamentos sob os quais a gestão dos recursos hídricos deve ser implantada: usos múltiplos; descentralização e participação da sociedade na gestão dos recursos hídricos; adoção de um sistema nacional da gestão; aperfeiçoamento da legislação vigente; desenvolvimento tecnológico e implantação de política nacional de recursos hídricos; dentre outros. Em 1989, mobilizada para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, a ABRH divulgou a Carta de Foz do Iguaçu e esta mobilização foi enfatizada com a Carta do Rio de Janeiro, em 1991.

A Constituição Federal de 1988 estabelece que são bens da União “os lagos, rios e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limite com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais” (inciso III, Art. 20) e são bens do Estado “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.” (inciso I, Art. 26).

Também a Constituição de 1988 atribuiu à União a competência exclusiva de elaborar o direito sobre as águas, conforme o inciso IV do art. 22, ficando os estados e o Distrito Federal com a responsabilidade de definir normas administrativas que disciplinam sua extração e uso, ou seja, coube a estes a elaboração das políticas estaduais de gerenciamento dos recursos hídricos.

Ainda preocupado com o impacto das atividades econômicas sobre os recursos naturais, o Governo Federal, quando da implantação da Política Agrícola, pela Lei nº 8.171,

de 17 de janeiro de 1991, incluiu como objetivo desta a proteção do meio ambiente, garantindo o seu uso racional e estimulando sua recuperação (inciso IV, Art. 3º).

Apesar da mobilização dos estudiosos da área de recursos hídricos, contudo, a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos passou por obstáculos na administração federal, principalmente com a demora de sua aprovação. Esta realidade federal, porém, não paralisou as políticas estaduais de recursos hídricos, fato este comprovado pelas aprovações das respectivas leis estaduais dos Estados de São Paulo, em 1991; do Ceará, em 1992; Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em 1994; e Sergipe e Bahia, em 1995.

Finalmente, em 8 de janeiro de 1997, foi aprovada a Lei nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNRH), regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e alterou o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990.

Logo em seu primeiro artigo, a PNRH apresenta como seus fundamentos: a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico; em caso de escassez, a prioridade de uso é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SNRH; e a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada.

A parceria que o PNRH estabelece entre o Poder Público e a sociedade civil é original, em se tratando da gestão de um bem de domínio público. Repete experiências nacionais, ainda não consolidadas, na área da prestação de serviços de saúde à população e da gestão ambiental. A nova lei inscreve-se, desse modo, em tendência nacional e mundial de reformulação do papel do Estado na gestão de bens e serviços públicos (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000).

A adoção do princípio dos usos múltiplos termina com o tradicional comando do setor elétrico sobre o processo da gestão da água e iguala todos os usuários em termos de acesso. O reconhecimento do valor econômico da água induz ao uso racional desse produto, visto que serve de base para a instituição da cobrança pela utilização dos recursos hídricos (PIZAIA et al., 2003).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, em seu art. 2º, apresenta como seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de águas, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; utilizar racionalmente e de maneira integrada os recursos hídricos; e prevenir e defender contra eventos hidrológicos.

Conforme o Art. 5º da PNRH são 05 (cinco) instrumentos e estes são apresentados no Quadro 01, abaixo.

Instrumentos	Comentários
Plano de Recursos Hídricos	Planos diretores que visam fundamentar e orientar a implantação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos, de longo prazo e elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o país, de acordo com o conteúdo mínimo apresentado no Art. 7º do PNRH.
Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água	Assegura a compatibilidade entre a qualidade da água e seu uso, e obedece as classes definidas na legislação ambiental, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
Outorga dos direito de uso de recursos hídricos	Esta outorga é responsável em garantir a quantidade e a qualidade dos usos múltiplos exercendo o direito de acesso à água.
Cobrança pelo uso de recursos hídricos	Fortalece a água como bem econômico, incentiva sua racionalização e proporciona recursos financeiros para investimentos indicados nos planos de recursos hídricos.
Sistema de Informações sobre recursos hídricos	Compreende um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

QUADRO 1 - Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Fonte: Adaptado da Lei 9.433/97.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos tem como objetivo coordenar a gestão integrada das águas, inclusive implementando os instrumentos apresentados na Lei nº 9.433 e é composto pelos seguintes órgãos (Quadro 2):

Órgãos	Comentários
Conselhos Nacional, Estaduais e do Distrito Federal de Recursos Hídricos	Estes conselhos são responsáveis, principalmente, pelo planejamento dos recursos hídricos e em dirimir os conflitos existentes na sua área de atuação.
Agência Nacional das Águas (ANA)	A ANA criada pela Lei nº 9.984/00, aprovada em 20 de junho de 2000, tem como objetivo disciplinar a utilização dos rios, de forma a controlar a poluição e o desperdício, para garantir a água para as gerações futuras. Sua instalação ocorreu em 19 de dezembro de 2000 através do Decreto nº 3.692/00.
Comitês de Bacia Hidrográfica	São comitês compostos por diversos segmentos públicos e privados existentes na área de domínio da bacia hidrográfica responsáveis em acompanhar os planos das bacias e tomar decisões, em primeira instância, sobre conflitos relacionados aos recursos hídricos, sempre promovendo a sustentabilidade da bacia. Muitos os denominam “parlamento da água”.
Órgãos dos poderes públicos Federal, Estadual, do Distrito Federal e Municipais	Órgãos cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.
Agências de Água	As agências são as secretarias executivas dos comitês, ou seja, responsáveis pela parte técnica que subsidia as decisões do comitê.
Organizações Cívicas de Recursos Hídricos	Não são obrigatórias mas só podem pertencer ao sistema se forem legalmente instituídas.

QUADRO 2 - Órgãos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Fonte: Adaptado da Lei 9.433/97.

A coordenação da gestão dos recursos hídricos no País encontra-se, hoje, a cargo da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (SRH), a qual compete implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, propor normas, definir estratégias, implementar programas e projetos nos temas afins, atuando também como secretaria executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Há, ainda, duas instituições federais de atuação regional, que participam da administração dos recursos hídricos e que implementam diretamente projetos de irrigação: o Departamento Nacional de Obras de Contra às Secas (DNOCS) e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF). Ambas as instituições acham-se subordinadas ao Ministério da Integração Nacional. Esse Ministério também é responsável pela implementação do PRONID (Programa Nacional de Irrigação e Drenagem), cujo objetivo é o de promover e consolidar o desenvolvimento sustentável de áreas irrigadas e irrigáveis (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000).

Como se pode observar, há a autonomia dos estados em legislar sobre recursos hídricos, todavia desde que não se sobreponha ao que estabelece a Lei 9.433/97, cabendo aos

sistemas estaduais adaptar o que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos às peculiaridades e realidades de cada Estado (SILVA, 2004).

2.4. Política de Recursos Hídricos no Ceará

O Estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil. Tem seu território inserido no Polígono das Secas, possui um clima semi-árido com chuvas escassas e mal distribuídas; solos rasos, quase impermeáveis e rios temporários, em sua maioria. Esta realidade adversa, provavelmente, estimula os estudiosos e políticos do Ceará a serem pioneiros nas questões relacionadas com as políticas de recursos hídricos.

Na década de 1970, quando da vinda de missões estrangeiras ao Brasil, visando ao desenvolvimento hidro-agrícola, foram elaborados estudos no Ceará, como: o Plano Diretor do Vale do rio Jaguaribe, realizado com a assistência da Missão Francesa, e o do Vale do Rio Curu, efetuado com a assistência da Missão de Israel (SILVA, 2004).

Em razão de suas condições geográficas, a solução empregada é o armazenamento de água em açudes. Visando a tal objetivo e ao da perfuração de poços, em 20 de julho de 1971, pela Lei nº 9.498, foi criada a Superintendência de Obras Hidráulicas do Estado do Ceará (SOEC). Também, nesta mesma data, foi criada a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), pela Lei nº 9.499, com o objetivo de promover o abastecimento de água e esgotamento sanitário do Estado.

Em 1981, foi elaborado o primeiro Plano de Recursos Hídricos do Ceará, reconhecido pelo Setor de Recursos Hídricos do Estado e denominado Plano Zero, apesar deste não ter sido publicado.

Já em 10 de outubro de 1983, a Lei nº 10.840 criou o Conselho de Recursos Hídricos do Ceará, 1º colegiado do Brasil deste gênero, que tinha como principal atribuição definir a política de recursos hídricos para o Estado, promovendo a integração das entidades estaduais que atuam na área de recursos hídricos, para seu planejamento e execução (SILVA, 2004).

Em 1987, pela Lei nº 11.306, foi criada a Secretaria Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH), com os objetivos de: promover o aproveitamento racional e integrado dos recursos hídricos do Estado; coordenar, gerenciar e operacionalizar

estudos, pesquisas, programas, projetos, obras, produtos e serviços tocantes a recursos hídricos; e promover a articulação dos órgãos e entidades do setor com os federais e municipais. Também nesse ano, foi criada, pela lei nº 11.380 de 15 de dezembro de 1987, a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), vinculada a SRH (SILVA, 2004).

Com a nova Constituição Estadual do Ceará, em 1989, em seu art. 326, há um comprometimento do Estado em manter atualizado o Plano Estadual de Recursos Hídricos e implantar seu sistema de gestão. Este mesmo artigo, em seus incisos, já incorpora conceitos como aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, gestão participativa e preocupação com a disponibilidade destes recursos para o futuro, os quais foram implantados na Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997.

No período 1988 a 1991, foi elaborado o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH), contratado pelo Estado e realizado por três empresas de consultorias, sob a coordenação da SRH, assessoramento da Universidade Federal do Ceará – UFC e apoio dos diversos órgãos estaduais e municipais atuantes na área de recursos hídricos ou áreas afins. Seus objetivos eram determinar as efetivas potencialidades e disponibilidades hídricas do Estado; conceber e analisar quais as opções de infra-estrutura viáveis e definir o aparato legal para a criação de um Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos no Estado.

Com base no proposto pelo PLANERH, foi implantada a Política Estadual de Recursos Hídricos, pela Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, bem como se instituiu o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH).

A Política Estadual de Recursos Hídricos, conforme seu Art 1º tem como objetivos:

- a) compatibilizar a ação humana com a dinâmica do ciclo hidrológico no Estado assegurando condições de desenvolvimento econômico e social, em equilíbrio com o meio ambiente;
- b) assegurar que a água possa ser controlada e utilizada, em padrões de qualidade e quantidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras; e

- c) planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação dos recursos hídricos.

A PLANERH possui três tipos de princípios, são eles: os fundamentais, os de aproveitamento e os da gestão.

Os princípios fundamentais asseguram que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado, descentralizado e participativo, sem a dissociação dos aspectos qualitativos e quantitativos. A unidade básica a ser adotada para o gerenciamento é a bacia hidrográfica; a água é um recurso limitado que desempenha importante papel no desenvolvimento econômico e social e impõe custos crescentes para sua obtenção, tornando-se um bem econômico de expressivo valor; e os recursos hídricos são bens de uso múltiplo e competitivo, portanto, sua outorga de direitos de uso é considerada instrumento essencial.

Os princípios de aproveitamento prevêm que o uso dos recursos hídricos deve ter como prioridade maior o abastecimento das populações; os reservatórios de acumulação de águas superficiais devem ser incentivados para usos múltiplos; os corpos de águas destinados ao abastecimento humano devem ter seus padrões de qualidade compatíveis para este fim; e devem ser feitas campanhas para uso correto da água, visando a sua conservação.

Por último, os princípios da gestão prescrevem que a gestão dos recursos hídricos ocorrerá com base na bacia hidrográfica e deve ser estabelecida e aperfeiçoada de forma organizada mediante a institucionalização de um Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos. O Conselho de Recursos Hídricos fará, anualmente, em consonância com as instituições federais, um plano de operação de reservatórios; incentivará a participação dos municípios e usuários de água de cada bacia; e atualizará o Plano Estadual de Recursos Hídricos, com periodicidade mínima de 4 (quatro) anos.

Os instrumentos utilizados pela Lei nº 11.996/92 são similares aos empregados na Política Nacional de Recursos Hídricos, apesar de esta ter sido aprovada cerca de 5 (cinco) anos antes: outorga de direito de uso dos recursos hídricos; da cobrança pela utilização dos recursos hídricos; e do rateio de custos das obras de recursos hídricos.

Alinhado com a Lei Nacional, o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos congrega instituições estaduais, federais e municipais intervenientes no

Planejamento, Administração e Regulamentação dos Recursos Hídricos (Sistema de Gestão), sendo composto, conforme o Art. 24 do PLANERH, da seguinte forma:

- a) Conselho de Recursos Hídricos do Ceará – CONREH: Órgão central da Gestão dos Recursos Hídricos do Estado responsável pela coordenação, fiscalização, deliberação coletiva e de caráter normativo do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos;
- b) Comitê Estadual de Recursos Hídricos – COMIRH: Responsável pelo assessoramento técnico do CONREH principalmente para elaborar, periodicamente, proposta para o Plano Estadual de Recursos Hídricos,
- c) Secretaria de Recursos Hídricos - Órgão Gestor: Conforme o Decreto nº 22.485/93, esta constitui órgão de primeiro nível hierárquico da Administração Direta Estadual de natureza programática e tem como principais atribuições: assessorar o Governador do Estado na formação de políticas e diretrizes, no aperfeiçoamento dos Recursos Hídricos do Estado; coordenar, supervisionar, planejar e executar as atividades governamentais na área dos recursos hídricos; e, promover a execução de programas ou obras no âmbito dos recursos hídricos, em cooperação ou não, com entidades públicas ou particulares;
- d) Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNORH: Segundo a Lei nº 12.245/93 tem como finalidade dar suporte financeiro à Política de Recursos Hídricos do Estado e às ações dos componentes do SIGERH;
- e) Comitê de Bacias Hidrográficas – CBHs: Órgãos regionais com atuação em bacias ou regiões hidrográficas, unidades de gestão de recursos hídricos, que possuem as mesmas atribuições dos Comitês do Plano Nacional;
- f) Comitê das Bacias da Região Metropolitana de Fortaleza – CBRMF: Órgão regional com atuação em bacias ou regiões Hidrográficas da referida região que possui as mesmas atribuições dos Comitês do Plano Nacional; e

- g) Instituições Estaduais, Federais e Municipais responsáveis por funções hídricas: Estas instituições deverão participar da gestão dos recursos hídricos dando suporte aos demais órgãos de acordo com o escopo de cada uma.

Permanecendo na linha de pioneirismo, o Estado do Ceará inovou ao criar, em 18 de novembro de 1993, pela Lei nº 12.217, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), com a finalidade de gerenciar a oferta dos recursos hídricos constantes dos corpos de águas superficiais e subterrâneos de domínio do Estado, visando a equacionar as questões referentes ao seu aproveitamento e controle, operando, para tanto, diretamente ou por subsidiária, ou ainda por pessoa jurídica de direito privado, mediante contrato, realizado sobre forma remunerada.

Também, como ressaltam Borsoi e Torres (1997), o Ceará, além de criar a COGERH e instituir a cobrança pelo uso da água, avançou institucionalmente, fazendo com que essa Companhia administre a oferta de água bruta e a CAGECE compre e trate esta água para distribuição.

Na Lei de Recursos Hídricos, o Ceará foi dividido em 11 unidades básicas de gerenciamento, ou seja, regiões ou bacias hidrográficas, sendo elas: Bacia do Acaraú; Bacia do Alto Jaguaribe, Bacia do Baixo Jaguaribe; Bacia do Banabuiú, Bacia do Coreaú; Bacia do Curu, Bacia do Litoral; Bacia do Médio Jaguaribe, Bacia Metropolitana, Bacia do Parnaíba e Bacia do Salgado, distribuídas conforme Figura 1.

ÁGUAS DO CEARÁ

REDE DE AÇUDAGEM E DE LEITOS PERENIZADOS DO ESTADO DO CEARÁ

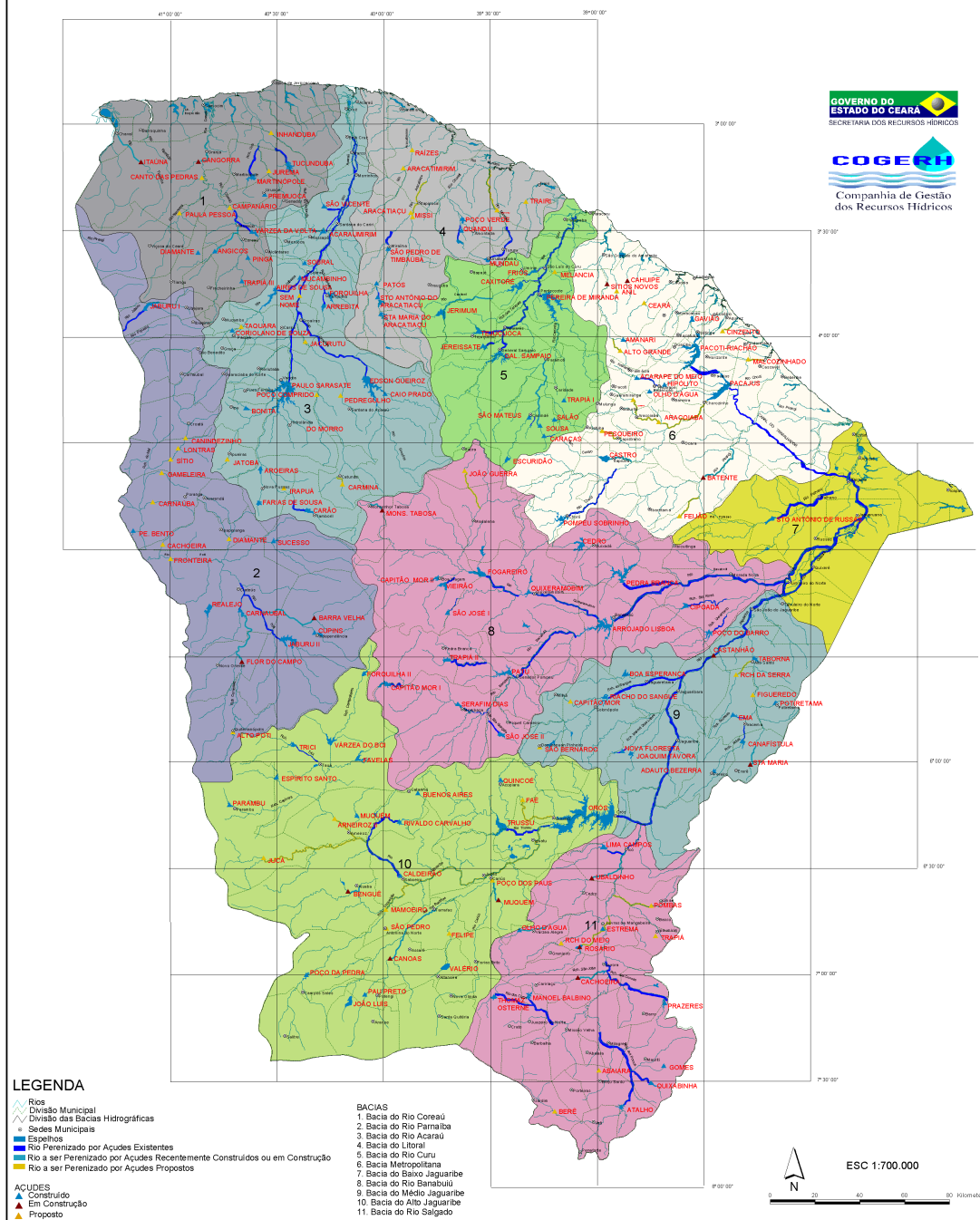


FIGURA 1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Ceará

Fonte: COGERH.

A Tabela 1 mostra, para cada bacia hidrográfica, a área (km²) e população total (hab) e, para termos de comparação, seus percentuais em relação ao Estado.

Observa-se, na Tabela 1, que a menor bacia hidrográfica é a do Baixo Jaguaribe (4,68%) e a maior é a do Alto Jaguaribe (17,35%). Já em relação à população, a bacia hidrográfica mais populosa é a Metropolitana, com pouco mais de 45% do total do Estado e a menos populosa é a do Médio Jaguaribe, com menos de 3% do total.

TABELA 1 - Área e População das Bacias Hidrográficas e Percentual em Relação ao Estado do Ceará

	Bacia Hidrográfica	Área		População Total	
		Área (km ²)	Percentual em relação ao Estado	População (hab)	Percentual em relação ao Estado
1	Acaraú	14.364,32	9,65	426.266	5,70
2	Alto Jaguaribe	25.822,49	17,35	514.093	6,87
3	Baixo Jaguaribe	6.956,99	4,68	259.646	3,47
4	Banabuiú	19.585,52	13,16	420.579	5,62
5	Coreaú	10.555,76	7,09	322.658	4,31
6	Curu	8.540,87	5,74	304.142	4,07
7	Litoral	8.554,17	5,75	366.754	4,90
8	Médio Jaguaribe	10.271,77	6,90	214.823	2,87
9	Metropolitana	14.943,84	10,04	3.385.566	45,27
10	Parnaíba	16.747,30	11,26	472.539	6,32
11	Salgado	12.455,08	8,37	792.328	10,59
Total		148.798,11	100,00	7.479.394	100,00

Fonte: Adaptado de IPECE (2007)

Como citado anteriormente, duas questões são fundamentais para a garantia dos usos múltiplos dos recursos hídricos, da participação dos diversos segmentos de usuários e órgãos, e da preservação dos recursos hídricos para as atuais e futuras gerações: o Comitê de Bacias Hidrográficas e os planos de gerenciamento das bacias hidrográficas. Então, no Quadro 3, é apresentada a situação das bacias hidrográficas do Ceará no que tange a estes temas, em meados de 2007.

Bacia Hidrográfica		Comitê de Bacia Hidrográfica					Plano de Gerenciamento	
		Possui	Lei de Criação	Data de publicação Diário Oficial	Data de Instalação	No de Membros	Possui	Ano do Plano
1	Acaraú	Sim	Decreto n° 27.647	7/12/2004	15/2/2005	40		Não
2	Alto Jaguaribe	Sim	Decreto n° 26.603	14/5/2002	27/6/2002	40	Sim	1997
3	Baixo Jaguaribe	Sim	Decreto n° 25.391	1/3/1999	16/4/1999	46	Sim	1997
4	Banabuiú	Sim	Decreto n° 26.435	1/11/2001	28/2/2002	48	Sim	1997
5	Coreaú	Sim	Decreto n° 28.233	9/5/2006	8/6/2006	30		Não
6	Curu	Sim	Lei n° 11.996	24/7/1992	17/10/1997	50	Sim	1992
7	Litoral	Sim	Decreto n° 28.233	9/5/2006	21/6/2006	40		Não
8	Médio Jaguaribe	Sim	Decreto n° 25.391	1/3/1999	15/4/1999	30	Sim	1997
9	Metropolitana	Sim	Decreto n° 26.902	16/1/2003	30/9/2003	60	Sim	2001
10	Parnaíba		Não					Não
11	Salgado	Sim	Decreto n° 26.603	14/5/2002	10/7/2002	50	Sim	1997

QUADRO 3 - Comitês e Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Ceará
Fonte: Elaborado pelo autor. Dados *site* da SRH.

Observa-se que somente a Bacia do Parnaíba não possui comitê de bacia hidrográfica, nem plano de gerenciamento. Em relação aos planos de gerenciamento das bacias, existem os das regiões que compõem a Bacia do Rio Jaguaribe (Alto Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Médio Jaguaribe e Salgado), do Rio Curu e da Região Metropolitana de Fortaleza.

Um parâmetro importante, principalmente quando se trata da escassez da água, é a população, de sorte que, para termos de comparação, foi apresentada na Tabela 1 a relação entre a população total de cada bacia e o Estado e, a seguir, na Tabela 2, apresentam-se a população urbana e rural e seu percentual em relação à bacia hidrográfica.

TABELA 2 - População Urbana e Rural, Bacias Hidrográficas e Respetivo Percentual

Bacia Hidrográfica		População Urbana (hab)	População Rural (hab)	Percentual Pop. Urbana	Percentual Pop. Rural
1	Acaraú	243.939	182.327	57,23	42,77
2	Alto Jaguaribe	267.792	246.302	52,09	47,91
3	Baixo Jaguaribe	149.635	110.011	57,63	42,37
4	Banabuiú	205.308	215.270	48,82	51,18
5	Coreaú	188.324	134.334	58,37	41,63
6	Curu	170.351	133.791	56,01	43,99
7	Litoral	192.916	173.838	52,60	47,40
8	Médio Jaguaribe	103.934	110.889	48,38	51,62
9	Metropolitana	3.089.002	296.563	91,24	8,76
10	Parnaíba	230.567	241.972	48,79	51,21
11	Salgado	506.187	286.141	63,89	36,11

Fonte: Adaptado de IPECE (2007)

Na Tabela 2, observa-se que, em termos de populações urbana e rural, as Bacias do Banabuiú, do Médio Jaguaribe e do Parnaíba apresentam quase um equilíbrio entre a população urbana e a rural; já a Metropolitana possui uma população urbana superior a 90%.

Com toda esta discussão em torno do conceito de desenvolvimento sustentável e a questão da sustentabilidade, e a modernidade das legislações federais e estaduais acerca da Política de Recursos Hídricos, fica o questionamento: como poderá ser analisada a sustentabilidade, visto que abrange as dimensões social, ambiental e econômica? Então, na seqüência, serão apresentadas as teorias desenvolvidas pelos organismos internacionais na busca contínua de aperfeiçoar a ciência para atender os anseios da sociedade em constante evolução.

3. TOMADA DE DECISÃO E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A todo instante tomam-se decisões que afetam vidas e, muitas vezes, se questionam se foi a melhor decisão. Isto ocorre porque são inúmeras as variáveis que se empregam para chegar a uma decisão final, a qual normalmente é uma decisão individual.

Agora, imagine-se tomar decisões sobre assuntos que abrangem inúmeras pessoas, interesses e recursos naturais... Nestes casos, claramente, a complexidade aumenta e os impactos envolvem riscos elevados, se a decisão for equivocada.

Este capítulo trata acerca da tomada de decisões para a análise da sustentabilidade, enfatizando os indicadores e os modelos.

3.1. A Tomada de Decisões

Na tomada de decisões, é fundamental identificar as pessoas, grupos ou instituições responsáveis pela decisão final. Geralmente, os agentes envolvidos neste processo são classificados como decisores, pessoas ou grupos afetados e analistas. O decisor está situado no centro do processo de tomada de decisão e é quem tem o poder institucional e a responsabilidade de selecionar e implementar a solução para determinado problema. As pessoas afetadas são aquelas influenciadas pelas consequências da solução adotada e implantada pelo decisor. O analista é a pessoa ou grupo responsável por auxiliar e orientar o decisor na análise e representação da estrutura de suas preferências e dos outros grupos de interessados. Normalmente, todavia, na vida real, nem todos são envolvidos na tomada de decisão (FEÁS; GIUPPONI; ROSATO, 2004).

O incremento no número e tipos de agentes envolvidos na tomada de decisão faz emergir a necessidade de uso de técnicas de mediação e modelos, inclusive com a utilização de programas computacionais, que possam conciliar as expectativas de todos os participantes. Por isso, é crescente a adoção de planos participativos para a solução de problemas, principalmente os relacionados com a questão ambiental. A adoção destas políticas visa a envolver os agentes para que tenham consciência do problema e da dimensão de sua responsabilidade para o alcance da solução.

Segundo Winagrod (1995) apud Rufino (2002), a tomada de decisões é dinâmica, a qual leva em consideração diferentes estratos da sociedade, cada qual com sua visão de

ordem cultural, socioeconômica, institucional, política e ambiental. Também acentua que são 4 (quatro) as principais etapas deste processo:

- a) identificação dos problemas - identificar e conhecer os problemas e as prioridades socioeconômicas e ambientais para elaboração de um diagnóstico, visando à construção de modelos de desenvolvimento mais sustentáveis;
- b) formulação de políticas e estratégias - nesta fase, formulam-se as políticas e estratégias com integração multissetorial, pois os problemas de desenvolvimento sustentável possuem causas e conseqüências decorrentes de questões ambientais, sociais e econômicas;
- c) implementação das políticas e ações - nesta etapa, são estabelecidas as metas relacionadas com os objetivos e normas científicas a serem cumpridas e/ou adaptadas às etapas anteriores do ciclo de tomada de decisões; e
- d) avaliação das políticas, estratégias e ações - refere-se à avaliação do impacto das políticas, estratégias e ações implementadas.

Há uma tendência de separar os fatores econômicos, sociais e ambientais nos seus processos de formulação de políticas públicas, fato este que tem implicações profundas sobre a eficiência e a sustentabilidade do desenvolvimento. Então, os planos devem incorporar formas de conciliar, políticas econômicas, sociais e ambientais e, para tanto, deve-se desenvolver ferramentas que permitam monitorar a situação ambiental, o manejo dos recursos naturais, o impacto e as conseqüências do desenvolvimento sobre meio ambiente (CUNHA, 2002).

Um elemento crucial para a tomada de decisões e que aumenta a assertividade das soluções adotadas, é a utilização de informações. A produção de informação para a tomada de decisão implica o conhecimento de que e de como se deve medir e monitorar o desenvolvimento, e contempla todas as áreas e níveis de decisão (CUNHA, 2002).

Assim, visto que a informação é obtida por indicadores, estes devem retratar os aspectos ambientais, econômicos e sociais de forma equilibrada. Diante disso, a Agenda 21, em seu capítulo sobre Informações para a Tomada de Decisões (Capítulo 40), faz um

chamado para a criação de indicadores de desenvolvimento sustentável e estabelece duas áreas-programas: a redução das diferenças em matéria de dados e a melhoria da disponibilidade de informação. Permanecendo nesta linha, para que isto seja possível, é necessário o desenvolvimento de um modelo de referência no qual as informações possam ser organizadas (CUNHA, 2002).

Isto é um avanço metodológico em comparação com os modelos anteriores de recursos hídricos, pois a tomada de decisões tinha um enfoque setorial e fragmentado por setores usuários, cuja administração ocasionava conflitos crescentes, uso ineficiente dos recursos e a sua conseqüente degradação.

Alinhada com as tendências mundiais, a tomada de decisões na área dos recursos hídricos torna-se cada vez mais participativa mediante deliberações multilaterais e descentralizadas, com o objetivo de tornar o sistema legal mais eficaz e evitando conflitos entre os múltiplos interesses em jogo. Esse processo de mudança manifesta a necessidade de uma profunda reorganização dos aparatos federais e estatais orientados para a gestão e o aproveitamento dos recursos hídricos, como os que estão previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (MATZENAUER, 2003).

Uma das dificuldades da tomada de decisão na área de recursos hídricos é a multiplicidade de interesses; daí a importância dos comitês de bacia hidrográfica (CBH), órgãos legalmente instituídos com a finalidade de promover essa negociação social, com a formação de fóruns de debates. Também se mencionam as agências de água, secretarias executivas dos CBH, que podem atuar, como expresso no início, como analistas responsáveis por desenvolver a parte técnica para subsidiar as decisões dos CBH, propondo inclusive modelos adequados e programas computacionais para decisões conflitantes.

Em relação à descentralização das decisões e à participação de grandes grupos no processo de tomada de decisões na gestão de recursos hídricos, Matzenauer (2003) comenta que os procedimentos clássicos de avaliação de opções para planejar o uso, controle e proteção das águas, como a tradicional análise custo-benefício, se tornaram limitados por sua impossibilidade de incluir outros critérios, além da minimização dos custos ou da maximização dos benefícios, como critérios ambientais e sociais; e por não considerarem a subjetividade inerente ao processo de tomada de decisão, ou seja, o sistema de valores dos agentes envolvidos na tomada de decisões sobre a gestão dos recursos hídricos.

À medida que são incorporados inúmeros critérios na análise e solução de problemas de recursos hídricos urge a necessidade de programas computacionais de apoio à tomada de decisão.

Ciente desta necessidade, a *European Commission* (EC) desenvolveu o *5th Framework Programme* (FP5) o qual financiou o projeto *Multisectoral, Integrated and Operational Decision Support System for Sustainable Use of Water Resources at the Catchment Scale* (MULINO) em acordo com a *Water Framework Directive*, ou seja, um programa específico para promover a tomada de decisões, visando ao uso sustentável dos recursos hídricos na unidade de planejamento bacia hidrográfica.

No Brasil, segundo Porto e Azevedo (1998) apud Jardim (2003), apesar da larga produção acadêmica dos métodos de otimização nas últimas décadas, “a aplicação dessas técnicas para a solução de problemas reais em recursos hídricos certamente ficou aquém do que se esperava”. Os autores apontam como justificativa para isto a complexidade e abstração nos modelos e a grande carência de programas computacionais generalizados e de fácil utilização.

Dessas considerações, conclui-se que, para implementar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável, principalmente a da gestão dos recursos hídricos, são necessárias a participação da sociedade no processo, a utilização de modelos multiobjetivos apropriados de fácil compreensão pelos agentes envolvidos e a implementação de programa computacional para agilizar e facilitar a parte matemática dos modelos. Só, assim pode-se conciliar o conflito dos usos da água e promover o bem-estar das gerações presentes e futuras.

3.2. A Pirâmide de Informações e os Indicadores

É inquestionável a importância das informações para qualquer tomada de decisão, e estas podem ser repassadas em diferentes níveis, conforme a pirâmide de fontes de informações (Figura 2) desenvolvida pelo *World Resources Institute*, denominada “pirâmide das informações”. (MORTENSEN, 1997).

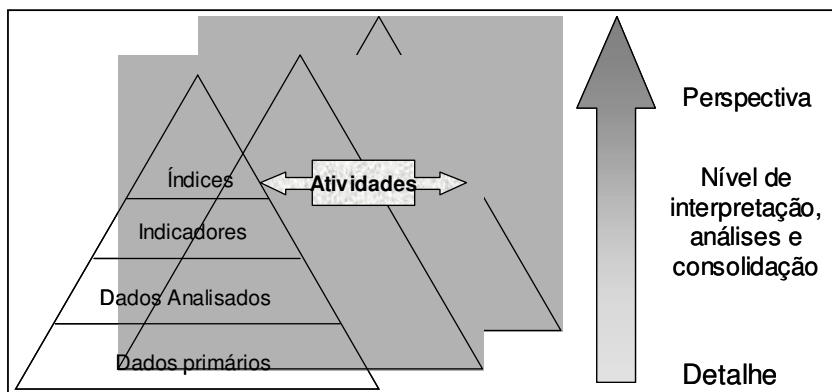


FIGURA 2 - Pirâmide das Informações (*World Resources Institute*, 1995)

Na base da pirâmide, temos os Dados Primários (*Primary Data*) que se referem aos dados puros e retratam a situação de maneira detalhada. Geralmente, são compilados e tratados estatisticamente para uso dos decisores, que os utilizam durante todo o processo de tomada de decisão, ou para estudos específicos da área a que estão relacionadas (MORTENSEN, 1997). Com este nível de informações, é possível analisar os problemas de várias formas dependendo somente do conhecimento do decisor sobre a questão do problema e dos métodos matemáticos.

Imediatamente acima, têm-se os dados analisados, ou seja, os dados primários processados, visando a tornar mais acessível a informação para o decisor, que poderá utilizá-la em todas as fases do processo (MORTENSEN, 1997).

Em seguida, há os indicadores empregados para quantificar informações, torná-las mais significantes e simplificar informações de fenômenos complexos, como o desenvolvimento sustentável. A seleção de um indicador a ser utilizado em determinada situação depende das necessidades do decisor, como também do nível e da fase do processo de decisão (MORTENSEN, 1997).

Por último, os índices são a representação matemática dos indicadores obtidos, agregando e ponderando certo número de indicadores, como, por exemplo, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Normalmente são difíceis de desenvolver e utilizar, pois seu maior problema é ser obtido por processo complexo (agregar e ponderar indicadores) e, às vezes, com caráter bem subjetivo (MORTENSEN, 1997).

Assim, de acordo com a pirâmide de informações, o parâmetro utilizado para mensurar o desenvolvimento sustentável são os indicadores. Então, faz-se uma descrição mais detalhada desta ferramenta.

Para a *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD), um indicador deve ser entendido como um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que aponte e forneça informações sobre o estado de um fenômeno com uma extensão significativa (BELLEN, 2002). Na mesma direção, a *European Environmental Agency* (EEA) define indicador com um valor representativo de um fenômeno observado em estudo; geralmente, quantifica informações, agregando diferentes e múltiplos dados (PREUX et al., 2004).

Os indicadores são passíveis de padronização e assim comparados com as mesmas informações de outras áreas, regiões ou países. Dessa forma, segundo FGV (2000), os indicadores possibilitam a seleção das informações significativas, a simplificação de fenômenos complexos, a quantificação da informação e a comunicação da informação entre coletores e usuários.

A principal função de um indicador é a comunicação. Os indicadores permitem a comunicação entre os cientistas e os decisores, entre os decisores e o público e entre os cientistas e o público. Os indicadores fornecem informações essenciais à compreensão dos problemas ambientais e é sobre essa base de informações que as ações são planejadas, comparadas com as condições apresentadas em outros lugares e permitem o acompanhamento da qualidade ambiental, de acordo com os padrões internacionais (BUENO, 2003 e PREUX et al., 2004).

Com o fortalecimento da utilização de indicadores para avaliar e acompanhar as performances ambientais dos estados, alguns critérios básicos devem ser observados para a seleção dos que melhor retratam a realidade a ser analisada. Então, dentre os apresentados, os principais estão no Quadro 4 a seguir.

Crítérios Básicos	Características
Pertinência política e utilidade para os usuários:	Dar uma imagem representativa das condições do meio ambiente; Ser simples, fácil de interpretar e permitir a análise das tendências; Refletir as modificações do meio ambiente e das atividades humanas correspondentes; Servir de referência às comparações internacionais; Ser de porte nacional ou representativo de problemas regionais de meio ambiente, visando o interesse nacional; e Se reportar a um valor limite ou a um valor de referência ao qual o comparar, de sorte que os usuários possam avaliar sua significância.
Exatidão de análise:	Assentar-se sobre os fundamentos teóricos corretos, tanto em termos científicos quanto técnicos; Basear-se em conceitos internacionais e com consenso internacional quanto à sua validade; e Poder se reportar aos modelos econômicos, dos sistemas de previsão e de informação.
Mensurabilidade. Os dados necessários para construir um indicador devem:	Estar imediatamente disponíveis ou ser acessível na razão custo/benefício razoável; Ser acompanhado de uma documentação adequada e de qualidade reconhecida; Ser atualizado em intervalos regulares segundo procedimentos confiáveis.

QUADRO 4 - Critérios para seleção de indicadores

Fonte: Adaptado de Walmsley (2002); Cunha (2002) e FGV (2000).

Após a correta seleção dos indicadores, estes podem servir para um grande número de aplicações, dentre as quais se destacam:

- a) atribuição de recursos - suporte de decisões, ajudando na determinação de prioridades;
- b) classificação de locais - comparação de condições em diferentes locais ou áreas geográficas;
- c) análise de tendências para prever comportamentos;
- d) transparência no fluxo de informações entre partes interessadas;
- e) informação a sociedade sobre as condições econômicas, sociais e ambientais de uma certa região;
- f) prover informações de advertência; e

g) investigação científica.

Deve-se ressaltar que os indicadores não são uma imagem pura da realidade, mas apenas uma aproximação da verdade, apresentando informações derivadas de análises de dados brutos e indicativos secundários (BUENO, 2003).

3.3. Indicadores e Modelos de Sustentabilidade

O meio ambiente é complexo e o conhecimento de suas tendências é difícil. Os indicadores ajudam, via modelo, a determinar as intervenções no ambiente por intermédio de medidas-chaves, que podem ser físicas, químicas, biológicas ou socioeconômicas. Possibilitam também, capturar a complexidade do sistema pela medição de parâmetros ou atributos simples (BUENO, 2003).

A Rio-92, por meio da Agenda 21, é considerada referência na idéia de desenvolver indicadores de sustentabilidade para monitorar, mensurar e avaliar a sustentabilidade do desenvolvimento. O capítulo 40 dessa Agenda enfatiza a necessidade de desenvolvimento dos indicadores de desenvolvimento sustentável para promover sólidas bases para o decisor de todos os níveis e contribuir para regular a sustentabilidade do sistema integrado de meio ambiente e desenvolvimento (LAURA, 2004).

As concepções de indicadores para identificar desenvolvimento sustentável, segundo algumas organizações envolvidas com esta temática, são apresentadas a seguir, conforme FGV (2000):

- a) Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (CDS) - em 1995, aprovou um programa de trabalho em indicadores de desenvolvimento sustentável, estruturado segundo o modelo PSR (*Pressure, State, Response*). E, em 1996, em parceria com *European Environmental Agency* (EEA) e a Agência Japonesa de Meio Ambiente, apresentou o primeiro esboço deste trabalho, denominado *Background Paper* nº 15;
- b) *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD) - desde 1991, contribuí de forma ímpar na busca pelo aperfeiçoamento dos estudos por indicadores de sustentabilidade. O primeiro grande marco

foram os indicadores com base no modelo PSR (*Pressure, State, Response*), que se fundamenta na noção de causalidade das pressões que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente, modificando a qualidade e a quantidade dos recursos naturais (o estado do meio ambiente). As relações dentro dos ecossistemas e nas interações meio ambiente-economia, no entanto, são bem mais complexas e levaram a OECD a expandir o modelo inicial para o modelo DPSIR (*Driving Force, Pressure, State, Impact, Response*); e

- c) União Européia (EU), que conta com duas representações na busca do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade - *European Environmental Agency*, a quem compete o desenvolvimento e apoio aos projetos ambientais e a *Statistical Office of the European Commission* (EUROSTAT), que se encarrega das estatísticas oficiais européias. Em continuidade às propostas acordadas na Eco-92, convocou um grupo com *experts* ambientais, representando oficialmente os países-membros, denominado "Unidade de Estudos Avançados", para discutir opções de subsidiar políticas ambientais com as ferramentas estatísticas de funções de performance, que funcionasse da mesma forma que os sistemas de contas nacionais.

Uma das mais importantes referências contidas na Agenda 21 brasileira diz respeito à solução dos grandes problemas ambientais e à consideração de que um desenvolvimento sustentável depende, entre outras coisas, da solução dos problemas sociais (FGV, 2000). Em 2002, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) desenvolveu uma proposta de indicadores de desenvolvimento sustentável, apresentando diversos temas desta nova abordagem teórico-metodológica, voltada a pensar a ação presente, considerando também as necessidades futuras, justapondo informações de variadas disciplinas e modos de percepção da realidade, contemplados de forma didática e objetiva.

Observa-se que cada região está num estágio diferente na busca do desenvolvimento sustentável, mas independente das fases, os principais problemas enfrentados para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, conforme Mortensen (1997), são:

- a) disponibilidade de dados - talvez seja o principal problema, a escassez ou a inexistência de dados, e o dados acessíveis de baixa qualidade. Um dos fatores que ocasionam isso é a falta de recursos financeiros para treinar equipe para levantamento de dados e mantê-los atualizados periodicamente;
- b) índices - desenvolver índices de desenvolvimento sustentável pode ser controverso, principalmente se for regional ou global porque agregar todos os decisores pode torná-lo impraticável; e
- c) integração - um problema importante é agregar os diferentes aspectos e medidas em um indicador. Esta dificuldade deve ser superada com a utilização de modelos dinâmicos.

Os modelos ajudam na seleção do que monitorar e medir, quando se tenciona avaliar a evolução do desenvolvimento sustentável. Estes mostram os principais componentes e funções do desenvolvimento sustentável e como se relacionam.

Os objetivos dos modelos vão um pouco além de apenas representar a realidade. Primeiramente, os modelos auxiliam no entendimento do problema ou do sistema em análise. Ao modelar o sistema, variáveis importantes e suas relações podem ser vistas com maior facilidade, indicando ao gestor possíveis caminhos não vislumbrados antes; ou variáveis que eram consideradas importantes podem se apresentar marginais ao problema. Como características, os modelos podem também criar cenários e tentar prever possíveis consequências das políticas quando implementadas nestes cenários. É importante salientar que estas previsões não são livres de erros (CARVALHO, 2005).

O uso de modelos conceituais baseados na casualidade tem benefícios importantes. Com uma organização estruturada dos indicadores, transmitem-se informações claras e concisas aos responsáveis pelas decisões; ajuda-se a esclarecer como as informações fornecidas pelos indicadores se relacionam com os processos e como as ações específicas da gestão, política ou não, podem resolver problemas ambientais ocasionados pelo homem; e também interligam diferentes áreas, mas que se relacionam, por exemplo, transporte/meio ambiente e agricultura/meio ambiente (NIEMEIJER; GROOT, 2006).

Os modelos baseados em estudos estatísticos são os mais utilizados, quando são medidas de desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a OECD, pelo modelo PSR, influenciou fortemente trabalhos posteriores. E estes são tidos como modelos estáticos porque seu foco nas pressões, no estado e na resposta representam determinado instante (MORTENSEN, 1997).

A tomada de decisão envolve muitas personagens, o que torna a decisão uma ação complexa. Para solucionar as questões envolvidas, um dos grandes artifícios é a utilização de indicadores, principalmente em questões multidisciplinares, como o desenvolvimento sustentável. Diante destes fatos, os organismos internacionais buscam desenvolver modelos de sustentabilidade capazes de proporcionar subsídios para decisões de políticas públicas adequadas para o desenvolvimento sustentável, os quais serão elucidados no próximo capítulo.

Enfim, a interação dos indicadores com os modelos constitui ponto crucial para a análise da sustentabilidade. A qualidade dos indicadores pressupõe fontes confiáveis e concepções apropriadas para interpretação daquilo que se quer medir. Por outro lado, a constituição correta das interações dos indicadores por meio de equações explicativas forma a percepção sobre o problema que se quer entender e analisar para tomada de decisão. O capítulo a seguir expõe o modelo a ser utilizado para análise da sustentabilidade, identificando os indicadores a ele associados.

4. O MODELO ESCOLHIDO PARA ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE

Como já comentado, a tomada de decisão envolve inúmeras personagens e considerações, sendo necessária a aplicação de modelos para dirimir conflitos e tornar o processo mais justo e equilibrado. E isto não seria diferente no que se relaciona à sustentabilidade.

Primeiramente, apresenta-se a evolução dos modelos de sustentabilidade até o modelo de referência para este estudo, o DPSIR.

Na seqüência, discute-se em maior grau de profundidade o modelo de sustentabilidade selecionado para aplicação, inclusive com a abordagem da modelagem computacional sobre o *software* desenvolvido para a análise de sustentabilidade dos recursos hídricos.

Por último, descreve-se o triângulo de sustentabilidade, ferramenta essencial para a análise do equilíbrio do desenvolvimento sustentável em suas três dimensões.

4.1. Do Modelo PSR ao Modelo DPSIR

É importante conhecer a evolução de formação de modelos para compreender quais os fatos e ações o levaram para o estágio atual. Diante disto, neste tópico, procura-se apresentar os modelos PSR e DSR, precursores do modelo atual DPSIR.

O modelo PSR (*Pressure, State, Resposne*) ou PER (Pressão, Estado, Resposta) foi desenvolvido pela OECD com base no modelo original de pressão-resposta proposto por Friends e Raport, em 1979. É o mais bem aceito em todo o mundo, em razão da sua simplicidade e facilidade de uso e pela possibilidade de ser usado em diferentes níveis e atividades humanas, e é considerado um marco de referência para estruturação de indicadores (CUNHA, 2002). Baseia-se no fato de que as atividades humanas produzem pressões; estas podem afetar o estado do ambiente, levando a sociedade a apresentar respostas a esses problemas (TURNES, 2004).

Conforme Rufino (2002), o PSR fundamenta-se em uma rede de causalidade em que se acredita que as atividades humanas originam pressões sobre o meio ambiente (indicadores de pressão), que, por sua vez, interferem no meio, alterando a qualidade e a quantidade dos recursos naturais (indicadores de estado) e, a razão deste fato, produz-se uma

resposta que tende a minimizar ou anular esta pressão (indicadores de resposta), como ilustrado na Figura 3.

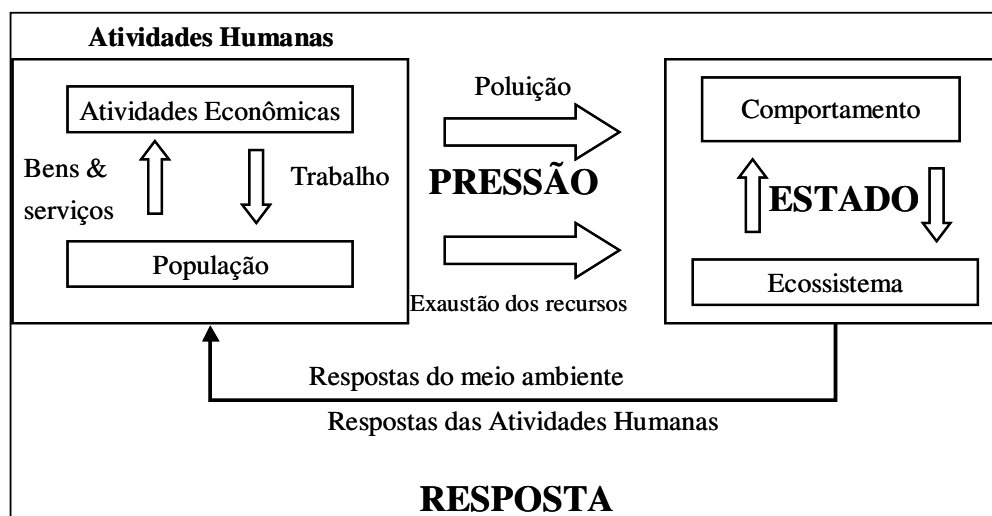


FIGURA 3 - Esquema do Modelo PSR

Fonte: Adaptado de Walmsley (2002).

O PSR procura desenvolver indicadores que destacam as ligações entre as atividades humanas, as subseqüentes mudanças no estado do ambiente que advêm destas pressões, e as respostas da sociedade em relação a estas mudanças. É elaborado após a definição de três tipos de indicadores - pressão, estado e respostas, - que devem refletir o relacionamento entre os efeitos ambientais, suas causas e as medidas necessárias (OLIVEIRA; LIMA; VIEIRA, 2005).

Na estrutura deste modelo, os indicadores são definidos da seguinte forma:

- a) indicadores de pressão - medem as pressões exercidas pelas atividades humanas sob os recursos naturais e o meio ambiente. São as causas dos problemas. Existem diferentes pressões sobre o meio ambiente, e estas podem ser diretas ou indiretas. Também podem decorrer de atividades humanas como do próprio funcionamento dos sistemas naturais. Assim, no primeiro caso, podem ser provocadas pelas sociedades, pelas políticas econômicas adotadas e tecnologias empregadas; e, no segundo caso, o funcionamento dos sistemas naturais, como o ciclo de nutrientes, eventos

naturais etc., também exercem pressão direta e imediata sobre o meio ambiente;

- b) indicadores de estado - retratam o estado dos recursos naturais e do ecossistema como resultados das pressões. Refletem, portanto, a qualidade do ambiente num dado horizonte espaciotemporal, sem esquecer o estado da sociedade e da população. Dessa forma, descrevem os aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos naturais; e
- c) indicadores de resposta - relacionam as respostas da sociedade por meio de políticas, leis, programas, normatização etc., ou seja, representam as medidas tomadas pela sociedade para a conservação do meio ambiente. Assim, a sociedade produz certas respostas e ações sobre o meio ambiente, objetivando mitigar os efeitos. É importante destacar o fato de que não se trata de respostas do ambiente, mas das respostas da sociedade.

Com o objetivo de elaborar indicadores ambientais para a agricultura, a OECD desenvolveu o modelo DSR (*Driving Force, State, Response*, ou seja, Forças Motrizes, Estado, Resposta – FER). Neste caso, a pressão foi substituída pelas forças motrizes. Este conceito reconhece que a agricultura pode causar bons e maus impactos. O primeiro ocorre, por exemplo, utilizando tecnologia de irrigação mais adequada, visando à otimização do uso da água; já o segundo, quando faz uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos. As forças motrizes também comportam os fatores do comportamento dos agricultores, das políticas públicas, dos fatores econômicos, sociais e culturais nas atividades da agricultura (NIEMEIJER; GROOT, 2006).

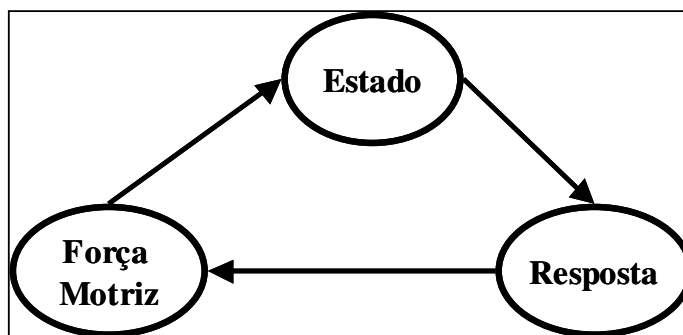


FIGURA 4 - Esquema do Modelo DSR

Fonte: Adaptado de Niemeijer e Groot (2006).

No caso do DSR, os indicadores são apresentados da seguinte forma, de acordo com Cunha (2002):

- a) indicadores de força motriz - representam as atividades humanas, os processos e as produções que afetam o desenvolvimento sustentável;
- b) indicadores de estado - representam o estado do desenvolvimento sustentável; e
- c) indicadores de resposta - representam as opções de políticas e outras respostas para mudanças no desenvolvimento sustentável.

Com vistas a relatórios ambientais e estruturas para a descrição de problemas ambientais, mediante a formalização das relações entre vários setores das atividades humanas e o meio ambiente como relações de causalidade, o EEA desenvolveu, originalmente, o modelo DPSIR (*Driving Forces, Pressure, State, Impact, Response*, ou seja, Forças Motrizes, Pressão, Estado, Impacto, Resposta - FPEIR), considerado uma versão mais sofisticada do modelo de PSR (GIUPPONI, 2002).

Como modelo de avaliação integrada do meio ambiente, define valores para as atividades humanas responsáveis por gerar pressões, isto é, as forças motrizes; e considera os elementos do impacto no ambiente, que exigem ações de resposta nos diferentes setores (ações políticas e macroeconômicas). Busca, também, as interações do o meio ambiente com o desenvolvimento social e econômico, e é bastante útil para estruturar as informações necessárias. O estado do meio ambiente não pode ser compreendido sem que as pressões a que é submetido sejam entendidas (OLIVEIRA; LIMA; VIEIRA, 2005).

De acordo com a estrutura do DPSIR, os desenvolvimentos sociais e econômicos são as forças motrizes que exercem pressão no meio ambiente, as quais conduzem às mudanças no seu estado, que, por sua vez, conduzem aos impactos na saúde humana, nos ecossistemas e nos recursos naturais, resultando em resposta da sociedade direcionada para forças motrizes, pressões e/ou estado, ou até diretamente no impacto (NIEMEIJER; GROOT, 2006).

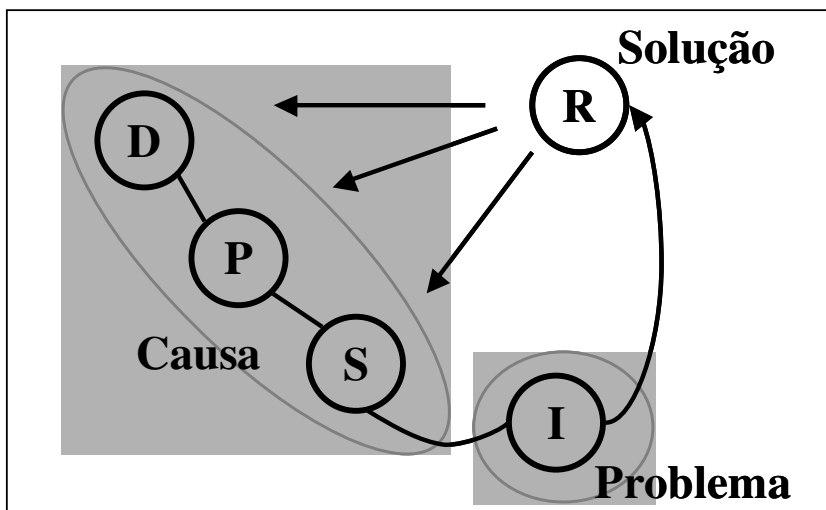


FIGURA 5 - Esquema do Modelo DPSIR

Fonte: Adaptado de Giupponi (2002)

Como se pode observar na Figura 5, as forças motrizes, as pressões e o estado são as causas do problema em foco; o impacto é o problema e a resposta é a solução do problema. Então, para formular e solucionar o problema, os indicadores para a estruturação do modelo são:

- a) indicadores de força motriz - refletem as influências do homem e das atividades humanas que, quando combinadas com as condições ambientais, provocam mudanças no meio ambiente;
- b) indicadores de pressão - descrevem as variáveis que diretamente causam (ou podem causar) problemas ambientais;
- c) indicadores de estado - mostram a qualidade, ou seja, a atual condição do ambiente;
- d) indicadores de impacto - descrevem os efeitos das mudanças de estado; e
- e) indicadores de resposta - descrevem o esforço da sociedade para resolver os problemas, sejam eles, na forma de políticas, leis, tecnologias limpas, dentre outros.

4.2. Modelo DPSIR e os Indicadores para Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas

O paradigma do desenvolvimento sustentável é sem dúvida a base teórica e metodológica que será desenvolvida na estruturação dos indicadores para a gestão dos recursos hídricos. A incorporação desse conceito às análises técnico-científicas e às discussões político-econômicas produz uma série de demandas - algumas de forma legal, que permitam comparações, inclusive, no plano internacional. Quando incorporadas aos objetivos nacionais, essas comparações demandam algum tipo de adaptação metodológica e no formato da apresentação (FGV, 2000).

A gestão dos recursos hídricos deve objetivar a utilização de técnicas e processos que permitam uso, controle e conservação da água, que maximizem os benefícios para a coletividade, assegurando o equilíbrio do meio ambiente na perspectiva de sustentabilidade ambiental, social e econômica (SILVA, 2004).

A definição de indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos representa nova direção do desenvolvimento, pois se acredita que facilitará a elaboração de um sistema de informações, possibilitando a integração dos diversos aspectos das atividades econômicas com os aspectos ecológicos e permitindo a produção de estatísticas facilitadoras da interpretação da dinâmica do monitoramento e avaliação da sustentabilidade (FGV, 2000).

Para auxiliar a tomada de decisões, bem como a análise e acompanhamento de políticas e estratégias de desenvolvimento, precisa-se selecionar um modelo ou desenho metodológico capaz de traduzir os dados e estatísticas que muitas vezes são subutilizados ou ficam comprometidos pela ausência de marcos metodológicos comuns, aceitos e validados internacional, regional e nacionalmente. Para suprir essas deficiências, faz-se necessário um sistema de informações ambientais habilitado a produzir informação útil para monitorar o desenvolvimento. Este conjunto de dados deve ser integrado na forma de indicadores, visando a níveis e usuários específicos (FGV, 2000).

Após estudos sobre modelos para a análise da sustentabilidade de recursos naturais, foi escolhido o modelo DPSIR (*Driving Force, Pressure, State, Impact, Response*), pois se trata de um estalão conceitual aceito internacionalmente, principalmente quando da análise de sustentabilidade em bacias hidrográficas, que permite o acompanhamento das relações sociedade-meio ambiente e comparações nos planos nacional e internacional, pois, os

países estão, progressivamente, realizando acordos para o desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente.

Corroborando esta posição, Giupponi (2002) diz que o DPSIR provou ser bastante eficiente na formalização de todo o processo de tomada de decisão no contexto do gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, mas análises teóricas e metodológicas mostraram a necessidade de desenvolver uma ferramenta integrada e dinâmica para apoiar a decisão. O resultado foi a criação de um programa computacional que integrou *Integrated Assessment and Modelling* (IAM) e *Multi-Criteria Analysis* (MCA), com o potencial de comunicação do DPSIR.

Neste sentido, as avaliações do caso da água de uma dada região não se podem restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Devem abranger, também, os inter-relacionamentos dos recursos hídricos com as demais peculiaridades geo-ambientais e socioculturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade e do desenvolvimento socioeconômico, bem como a conservação dos recursos naturais (REBOUÇAS, 1997 apud SILVA, 2004).

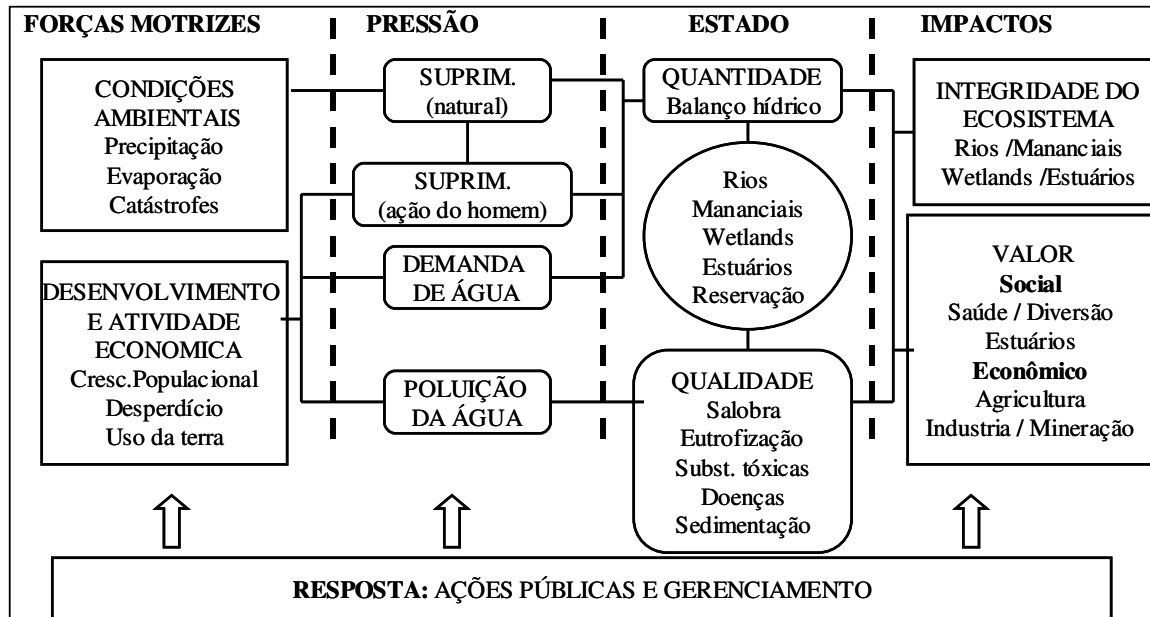


FIGURA 6 - Esquema do Modelo DPSIR para Bacias Hidrográficas

Fonte: Adaptado de Walmsley (2002).

Para o desenvolvimento de indicadores, visando à sustentabilidade das bacias hidrográficas, com base no modelo DPSIR (Figura 6), estes são definidos conforme enumerado abaixo:

- a) indicadores de força motriz - refletem as pressões exercidas pelos fenômenos naturais e pelas atividades antropogênicas, não manipulados nem controlados facilmente no contexto da bacia hidrográfica, mas fornecem informação essencial para a compreensão da bacia hidrográfica. por exemplo: energia, agricultura, indústria e esgotamento sanitário. São úteis para que se calcule uma variedade de indicadores de pressão; para que auxiliem os tomadores de decisão no planejamento de ações (respostas) que evitem problemas futuros (pressões); e sirvam como base para o planejamento de longo prazo;
- b) indicadores de pressão - refletem diretamente o resultado das forças motrizes, ou seja, a pressão que estas exercem nos corpos hídricos das bacias hidrográficas por exemplo: aumento da poluição por esgoto doméstico e aumento do consumo, que apontam diretamente as causas dos problemas, por isso têm como característica o fato de serem responsivos, de poder de decisão ou de redução dos valores ou índices, para resolver o problema indicado. funcionam como um incentivo para soluções que demonstrem a efetividade da ação política de forma rápida;
- c) indicadores de estado - descrevem os fenômenos físicos, químicos e biológicos das áreas das bacias hidrográficas, bem como as condições dos recursos hídricos em qualidade e quantidade. são ferramentas apropriadas para planejar a restauração de habitat e de atividades de limpeza total. a mudança de estado de um indicador é freqüentemente muito lenta, por isso, eles funcionam como o primeiro retrato de uma situação, dada pelas taxas identificadas;
- d) indicadores de impacto - refletem as conseqüências das mudanças ocorridas no estado do meio ambiente, ou seja, no estado dos recursos hídricos ou no grupo de usuários da água. tem a função de facilitar as discussões sobre ações que evitem novos impactos negativos. o

estabelecimento de correlações estatísticas sólidas entre pressões e impactos ainda é muito recente, em virtude da dificuldade de se medir as influências das variáveis ambientais; e

- e) indicadores de resposta - representam as respostas da sociedade mediante políticas, leis, programas, pesquisas. servem para monitorar ou acompanhar as alterações nas medidas dos efeitos dos impactos do sistema socioeconômico, isto é, a redução dessas medidas; podem influenciar as forças motrizes, pressões e estados, completando o ciclo.

A *Water Framework Directive* (WFD), uma iniciativa da Comunidade Européia para a sustentabilidade dos recursos hídricos, definiu como modelo básico de estudo o DPSIR com os indicadores conceituados da seguinte maneira:

Indicadores	Definição
Força Motriz	As atividades antropogênicas devem causar efeitos ambientais (indústria, agricultura)
Pressão	O efeito direto das forças motrizes (efeitos que causem mudanças no escoamento do corpo hídrico ou mudança na química da água)
Estado	As condições dos corpos hídricos resultante dos fatores naturais e antropogênicos (características físicas, químicas e biológicas)
Impacto	A reação do meio ambiente as pressões (mortalidade de peixes, mudanças no ecossistema)
Resposta	As medidas tomadas para melhorar o estado dos corpos hídricos (restrição do uso, limitação do número de pontos poluentes, melhoria nas práticas da agricultura)

QUADRO 5 - Indicadores do modelo DPSIR proposto pela WFD

Fonte: WFD (2002).

A WFD define, ainda, quatro etapas para a análise das bacias hidrográficas pelo modelo DPSIR, são elas (BORJA et al., 2006):

- descrever as forças motrizes, especialmente, uso do solo, desenvolvimento urbano, indústria, agricultura e outras atividades que causem pressões;
- identificar as pressões com os possíveis impactos nos corpos hídricos e nos usos da água, considerando que o resultado das pressões pode não atender as metas da WFD;
- avaliar os impactos resultantes das pressões; e

d) avaliar o risco de não atender os objetivos da WFD.

A Fundação Getúlio Vargas (FGV), em estudo realizado para o Ministério do Meio Ambiente, em 2000, intitulado *Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil* também fez a proposição de grupos de indicadores de forças motrizes, pressão, estado, impacto e resposta. Na realidade, as forças motrizes definidas foram saneamento básico, agricultura, energia, indústria, navegação e pesca; e, a partir destas foram, delineados os outros indicadores. Os indicadores de pressão, estado, impacto e resposta, referentes às forças motrizes de saneamento básico, agricultura e indústria, são apresentados no Anexo 01, estando em destaque aqueles utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

4.3. Modelagem em *Software* do Modelo DPSIR para Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas

A análise do meio ambiente é um processo complexo e por isso é necessário o desenvolvimento de modelos que ao longo do tempo se aperfeiçoam na busca de retratar melhor a realidade das interações da sociedade com o meio ambiente.

Na gestão sustentável dos recursos hídricos, então, não seria diferente, como foi visto o modelo DPSIR adotado para a verificação da sustentabilidade das bacias hidrográficas. Como já citado algumas vezes, contudo, a gestão destes recursos envolve um número elevado de interesses, o que constantemente ocasiona conflitos e desequilíbrio no meio ambiente.

Então, tendo-se a ciência a respeito desses conflitos, o planejamento dos recursos hídricos passa por um período de reformulação de seus métodos de avaliação de opções e de desenvolvimento de procedimentos e técnicas correspondentes. Essa mudança parte da tradicional análise custo-benefício para a análise multicriterial. A principal desvantagem da primeira, em relação à segunda, é a impossibilidade de incluir outros objetivos, além da maximização dos benefícios econômicos. Os métodos multicritérios provêm da pesquisa operacional tradicional e surgiram da constatação de algumas limitações apresentadas por este tipo de investigação (MATZNAUER, 2003).

Além de ser utilizado para análise individual de políticas públicas, uma das grandes vantagens do modelo de multiatributos é sua capacidade de ser aplicado em decisões conjuntas e sua aplicabilidade em questões reais de análise e decisão de políticas públicas (CARVALHO, 2005).

Estas ferramentas, modelo DPSIR e a análise multicritério, foram incorporadas ao *software* de apoio a tomada de decisões o *Multisectoral, Integrated and Operational Decision Support System for Sustainable Use of Water Resources at the Catchment Scale* (MULINO DSS ou mDSS), elaborado sobre a coordenação da *Fondazione ENI Enrico Mattei*, na Itália.

Para elucidar a modelagem no *software*, apresentam-se algumas considerações, sobre a tomada de decisão, incluindo as etapas do programa e a identificação das análises multicritério (Figura 7).

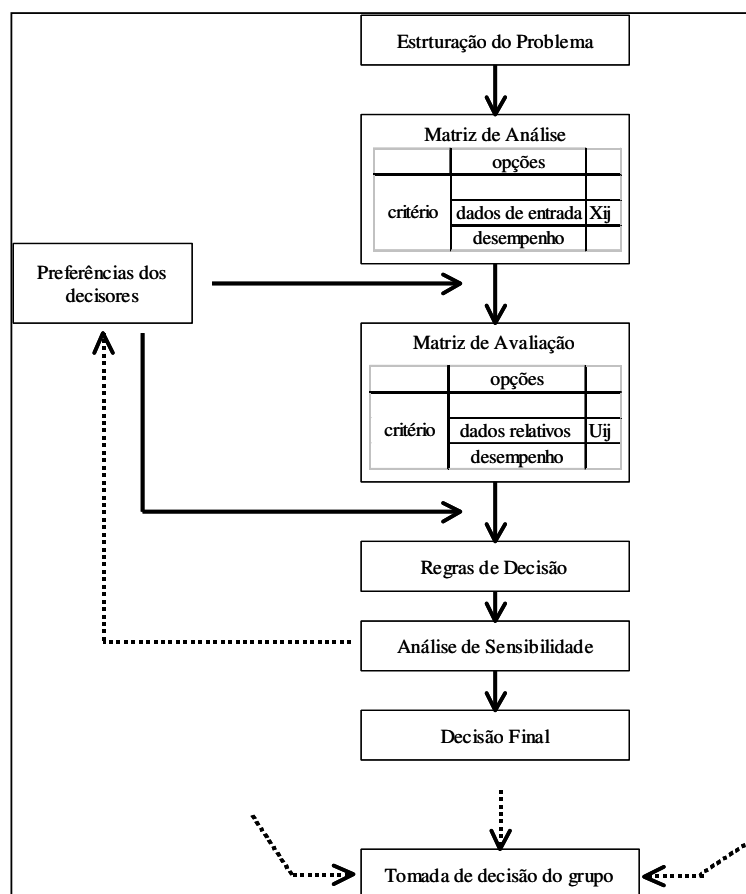


FIGURA 7 - Os passos básicos da decisão multicritério implementada no mDSS

Fonte: Adaptado de Fondazione Eni Enrico Mattei (2006).

A Figura 7 mostra as etapas básicas da análise da decisão com aplicação de multicritérios, conforme implantada no mDSS. A decisão inicia-se com a estruturação do problema, ao mesmo tempo em que as informações disponíveis são coletadas e o problema é explorado. As opções possíveis, respostas nos termos do modelo DPSIR, são definidas e os critérios que visam à avaliação de seu desempenho são identificados. Em sequência, as performances das opções, de acordo com o método de multicritérios, é modelada. Como

resultado, obtém-se a matriz de análise, a qual contém o desempenho das opções apresentadas com diferentes escalas dos critérios.

Antes de qualquer associação, o desempenho das opções, com critérios diferentes, devem ser comparáveis. Durante os procedimentos, aplicando uma função de valor, os critérios são transformados em valores de uma escala uniforme. A função de valor traduz o desempenho de uma opção em um valor, que representa o grau em que o objetivo da decisão é combinado.

Como o foco da análise multicritério (MCA) de decisão é reduzir o desempenho dos vários critérios das opções em único valor para facilitar o ranqueamento, a grande quantidade de regras de decisão difere na maneira em que os critérios de cada escolha são agregados em único valor. Não há método universal para qualquer tipo de problema de decisão; o responsável pelas decisões deve escolher o método que melhor corresponde a sua finalidade. Finalmente, uma análise da sensibilidade verifica a sensibilidade da escolha final, com pequenas alterações nas preferências expressas pelo responsável pelas decisões. Em uma situação em que haja diversos decisores envolvidos na decisão, as escolhas individuais devem ser comparadas e uma opção, que represente a decisão do grupo, deve ser selecionada.

Após compreendida a tomada de decisões com o auxílio do mDSS, são apresentadas, na seqüência, suas etapas de aplicação (Figura 8): fases conceitual, de formulação de soluções e de escolha.

a) Fase conceitual: identificação da causas e exploração do problema

O modelo DPSIR permite que usuários conceituem e estruturem as decisões de acordo com as relações de causa-efeito, com a descrição do(s) problema(s) ambiental(is) inerente na perspectiva do decisor. No mundo real, após detectar um impacto negativo dentro de suas competências, o decisor investiga as possíveis causas do problema para identificar as respostas possíveis, isto é, prosseguem atrás dos impactos até a identificação das forças motrizes mais prováveis. Este processo conduz o decisor na formulação da cadeia DPS (*Driving Force, Pressure, State*), que fornece uma descrição conceitual das causas, das relações e dos problemas em que as decisões devem ser baseadas. Esta fase representa o início do processo decisório, seguido geralmente pela identificação do modelo apropriado e pela análise dos dados no contexto da decisão. A informação é organizada então no formato de indicadores, tabulada ou em formato geográfico, e alocadas aos nós da cadeia DPS.

b) Fase de formulação de soluções: definir opções e simular

Na segunda fase, as opções possíveis, ou seja, as respostas do modelo DPSIR, são definidas e os critérios úteis para a avaliação de seu desempenho são identificados, na base dos indicadores disponíveis. Deve-se estruturar, de maneira coerente, como as forças motrizes, pressões e estado estão distribuídos (espaciotemporalmente) como variáveis das bacias hidrográficas. Estas variáveis, relevantes para o processo decisório, advindas dos resultados de modelos hidrológicos ou de outras fontes, são organizadas na matriz de análise (AM), contendo os valores dos indicadores das opções para cada critério de decisão. Neste estágio os valores dos indicadores são medidos em unidades e escalas diferentes. Na fase seguinte, os valores dos indicadores são feitos comparáveis pela normalização e/ou pela aplicação de funções do valor e usados para preencher a matriz de avaliação (EM).

c) Fase de escolha: análise da decisão multicritério

A comparação entre as respostas analisadas corresponde a fase final da decisão adotada pelo mDSS. Empregando técnicas de análise multicritério (MCA), todas as opções são julgadas, ao encontro com suas contribuições para solução dos impactos observados expressados na matriz de avaliação (EM). O uso da MCA visa a reduzir a multidimensionalidade dos problemas relacionados com a tomada de decisão em única medida, permitindo um ranqueamento eficaz das respostas.

Não há método universal apropriado para nenhum tipo do problema da decisão; assim, o mDSS fornece três modelos de decisão: (i) *Simple Additive Weighting* (SAW); (ii) *Order Weighting Average* (OWA), e (iii) *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

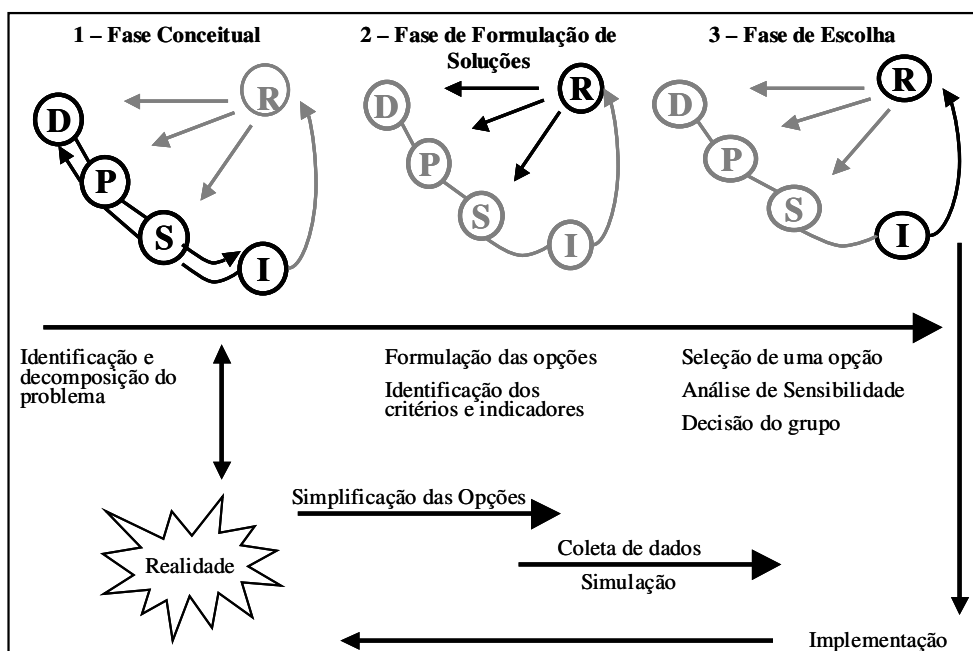


FIGURA 8 - Esquema das Fases de Modelagem no *software* mDSS

Fonte: Adaptado do *software* mDSS (2006).

Assim, ao final da modelagem, ter-se-á a melhor solução, dados os critérios selecionados, mediante a convergência de todos os conflitos de usuários das bacias hidrográficas para a solução dos problemas identificados. Avalia, inclusive, como esta solução impactará na sustentabilidade da bacia, na forma do triângulo de sustentabilidade, apresentado na Figura 9 (SILVA et al., 2004).

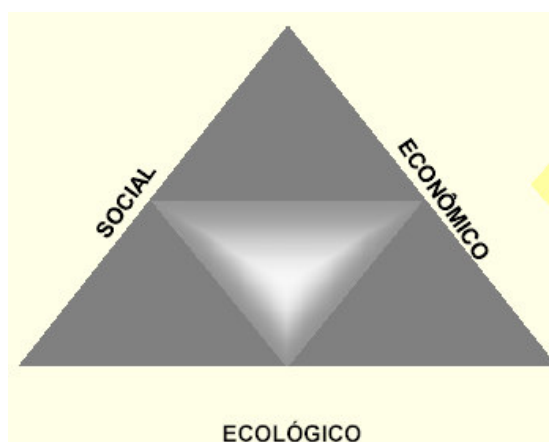


FIGURA 9 - Triângulo de Sustentabilidade

Fonte: Silva et al (2004).

O triângulo mostra como as três dimensões se relacionam para produzir a sustentabilidade. Cada dimensão é formada por um grupo de variáveis representativas que podem ser padronizadas e estatisticamente tratadas, para originar um indicador-síntese, variando de 0 (zero) a 1 (um). Assim, cada lado do triângulo mostra o valor do indicador de cada dimensão. Uma situação de sustentabilidade do uso da água requer um equilíbrio dos indicadores. Assim, “o uso sustentável da água é o centro claro do triângulo menor, o qual visa de forma ideal, a harmonia entre os perfis ecológico, econômico e social que competem pelo uso dos recursos hídricos de uma região”. No caso em estudo, a análise espacial refere-se às bacias hidrográficas (SILVA et al., 2004).

Neste tópico, em relação às bacias hidrográficas, o modelo aplicado é o DPSIR. Portanto, para aplicar este modelo nas bacias hidrográficas do Ceará, os indicadores adequados devem ser selecionados e viabilizados, conforme apresentado no próximo capítulo.

5. AS BACIAS HIDROGRÁFICAS E OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ESCOLHIDOS

Primeiramente, neste segmento apresenta-se a amostra utilizada para o desenvolvimento da dissertação, com a justificativa para a seleção destas e breve detalhamento das características da amostra.

Em seguida, exibem-se os indicadores selecionados e utilizados na formulação e solução do problema desta pesquisa, descrevendo qual a sua importância para a sustentabilidade das bacias hidrográficas, bem como estes foram obtidos e/ou calculados.

Por último, são consideradas as duas situações utilizadas para a análise de sustentabilidade das três bacias hidrográficas do Ceará escolhidas.

5.1. Seleção das Bacias Hidrográficas do Ceará

A bacia hidrográfica é um sistema resultante da disposição física da rede de drenagem das águas, que, por um lado, conforme Silva (2004), pode apresentar alguns fatores limitantes para a gestão, como a divisão administrativa dos municípios; a disposição da fauna, da flora e dos ecossistemas, que podem ultrapassar os limites da bacia hidrográfica. De outra parte, segundo Bueno (2003), em virtude da ocorrência de vários fenômenos biológicos e atividades humanas dependentes da água, a bacia hidrográfica é a unidade de estudo natural na avaliação de estressores ecológicos e de estudos de qualidade ambiental.

Bacias saudáveis são vitais para o meio ambiente e a economia saudáveis. As bacias oferecem água para as necessidades básicas e atividades do homem e, também, paisagens para contemplação, meio de transporte (navegação), pesca e opções de lazer. A vida selvagem também necessita de bacias saudáveis para sua alimentação e proteção (BUENO, 2003).

Diante destes fatos, é inquestionável a importância de se estudar a sustentabilidade dentro dos limites das bacias hidrográficas para a qualidade de vida de todos os componentes destas unidades de análise.

Assim, como citado anteriormente, a seleção da amostra das bacias hidrográficas do Estado do Ceará para estudo foi intencional por julgamento, mas obedecendo aos seguintes critérios:

- a) Bacia do Alto Jaguaribe - o critério definido para escolha desta bacia foi o fato de que esta é a maior bacia do Estado, ocupando 17,35% da área do Território estadual. Também nesta se encontra o açude Orós, que até 2002, antes do funcionamento do açude Castanhão na Bacia do Médio Jaguaribe, era o maior açude do Estado, responsável pela perenização do rio Jaguaribe. Apesar, no entanto, da capacidade de reservação, segundo Bezerra (1999), é uma bacia pobre em rios perenizados. Então, surge a pergunta: como está a sustentabilidade da maior bacia do Ceará que há pouco tempo (2002) tinha a maior capacidade de armazenamento de água? Ou seja, como seu Estado influencia sua sustentabilidade?;
- b) Bacia do Rio Curu - esta bacia conta, atualmente, com o segundo plano de gerenciamento da bacia elaborado em 1992, sendo o primeiro preparado na década de 1970, com apoio de missões estrangeiras visando ao aproveitamento hidro-agrícola. O aproveitamento hidro-agrícola é outro destaque na Bacia do Curu, pois, apesar da aptidão agrícola desfavorável, apresenta bom rendimento das terras agricultáveis (BEZERRA, 1999). Por último, mas não menos importante, foi nesta Bacia constituído e implantado o 1º Comitê de Bacia Hidrográfica do Ceará. Com esta realidade, em relação à sustentabilidade fica aquela pergunta: será que a ação do Comitê está proporcionando resultados mais eficazes? Ou seja, será que as entidades públicas já estão aplicando respostas eficazes?;
- c) Bacia Metropolitana - nesta bacia se encontra a maior concentração de humana e urbana das bacias. Este fato decorre de a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), a 6º RM do País, ser inserida nesta área. Outro fato a se considerar é a concentração de atividades industriais. Daí, quando se trata de sustentabilidade, surge a pergunta: como estará esta bacia, já que apresenta uma gama enorme de fontes poluidoras? Ou seja, como os impactos estão influenciando a sustentabilidade?

5.2. Caracterização das Bacias Hidrográficas do Ceará Seleccionadas

Após serem explicitados os fatos que levaram à seleção das Bacias do Alto Jaguaribe, Curu e Metropolitana, neste tópico, procura-se descrever algumas características destas bacias para ter-se noção de seus perfis.

Para cada bacia, é apresentada uma tabela denominada percentual do município inserido na Bacia, população total em 2006, área em relação a Bacia e PIB a preços de mercado em 2004; em relação a esta, comenta-se que os valores da população total e do PIB foram obtidos pela proporcionalidade, ou seja, o valor apresentado corresponde ao valor do município multiplicado pelo seu percentual de inserção na respectiva bacia, razão por que alguns municípios se repetem mas com valores diferentes.

5.2.1. Bacia do Alto Jaguaribe (BAJ)

A Bacia do Alto Jaguaribe (Figura 10) está situada no oeste-meridional do Estado, com as coordenadas geográficas: 5°15' e 7°30' (latitude sul) e 38°45' e 41°00' (longitude oeste), ocupando 25.822,49 km², equivalente a 17,35% do Território estadual, tornando-se a maior bacia do Ceará.

O Jaguaribe, principal rio da bacia, nasce na serra da Joaninha, localizada no Município de Tauá, em uma altitude de 400m. Tem como principais formadores os riachos Trici e Carrapateiras. Seus afluentes de maior destaque são: os riachos Jucá, Condado e o Conceição; o rio Cariús, o riacho Puiú e o rio Trussu. Na região, o Jaguaribe percorre uma extensão de 325 km aproximadamente (BEZERRA, 1999).

Em termos de acumulação de águas, o Alto Jaguaribe detém a capacidade total de aproximadamente 2.575.493.000 m³ (IPECE, 2007), destacando-se como principais açudes: Orós, Trussu, Poço da Pedra e Várzea do Boi.

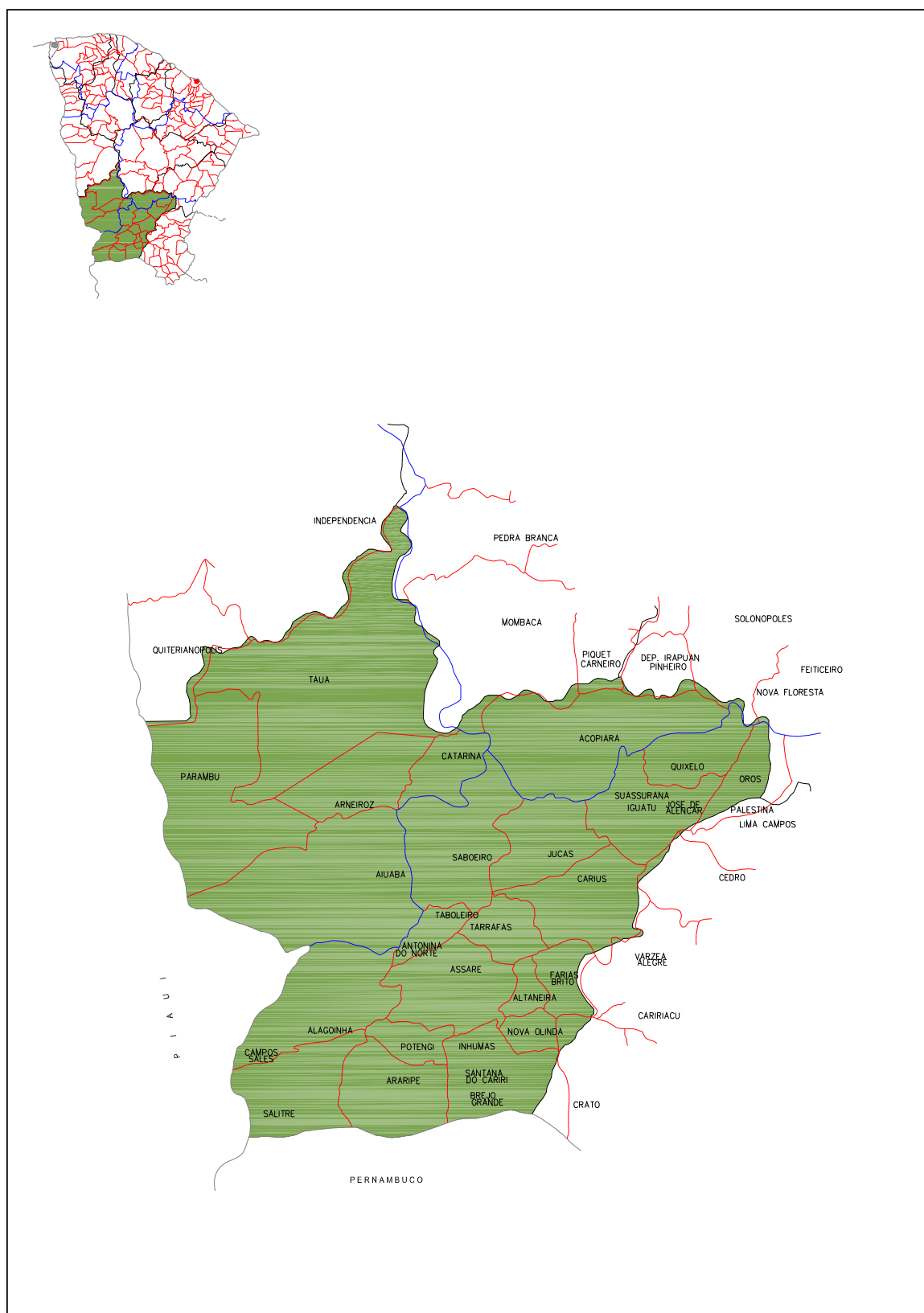


FIGURA 10 - Bacia Hidrográfica do Alto Jaguaribe

Conforme a Tabela 3, esta Bacia abrange 26 municípios, sendo 19 inseridos totalmente na bacia e os outros 07 (sete) parcialmente, dos quais Iguatu apresenta a maior população (85.615 hab) e o maior PIB (R\$ 232.255,97); e Tarrafas ocupa a maior área da bacia (15,59%).

TABELA 3 - Percentual da área do município inserido na Bacia , população total em 2006, área em relação à Bacia e PIB a preços de mercado em 2004 da Bacia Hidrográfica do Alto Jaguaribe

	Município	Percentual da Área do Município inserido na Bacia	População Total em 2006 (hab)	Área em relação a Bacia (%)	PIB a preços de mercado - (R\$ mil) - 2004
1	Acopiara	1,00	47.137	8,72	66.555,53
2	Aiuaba	1,00	14.452	9,46	26.533,64
3	Altaneira	1,00	5.687	0,28	6.349,71
4	Antonina do Norte	1,00	6.509	0,99	16.452,34
5	Araripe	1,00	19.606	4,87	45.750,53
6	Arneiroz	1,00	7.538	3,72	25.540,43
7	Assaré	1,00	20.882	4,34	31.546,96
8	Campos Sales	1,00	25.566	4,74	59.515,61
9	Cariús	1,00	18.444	4,11	38.699,34
10	Caririaçu	0,11	2.809	0,25	2.878,79
11	Catarina	1,00	15.547	2,24	29.997,90
12	Crato	0,20	20.942	0,78	68.770,33
13	Farias Brito	1,00	20.315	1,93	47.258,74
14	Icó	0,02	954	0,11	1.305,23
15	Iguatu	1,00	85.615	3,94	232.255,97
16	Jucás	1,00	22.632	3,61	50.387,16
17	Nova Olinda	1,00	12.077	8,90	37.769,27
18	Orós	0,81	17.807	1,78	49.158,59
19	Parambu	0,89	32.302	1,29	53.188,01
20	Quiterianópolis	1,00	6.537	2,22	20.645,74
21	Quixelô	0,36	15.596	5,35	8.639,51
22	Saboeiro	1,00	16.226	4,49	36.308,61
23	Salitre	1,00	13.925	2,91	20.130,07
24	Solonópole	1,00	3.828	1,74	23.488,78
25	Tarrafas	0,23	9.213	15,59	2.024,47
26	Tauá	1,00	51.948	0,57	80.567,72
Total		-	514.093	-	1.081.718,97

5.2.2. Bacia do Curu (BCU)

A Bacia do Curu (Figura 11) está situada na parte setentrional do Estado do Ceará, com as coordenadas geográficas: 3°15' e 4°45' (latitude sul) e 38°45' e 40°00' (longitude oeste), ocupando 8.540,87 km², equivalente a 5,74% do Território estadual, tornando-se a segunda menor bacia do Ceará, perdendo somente para a Bacia do Baixo Jaguaribe. Tem como limites o oceano Atlântico ao norte, bacia do rio Banabuiú ao sul, as Bacias Metropolitanas ao leste e as Bacias do Litoral e Acaraú ao oeste, limitada por áreas montanhosas, com destaque para o maciço residual de Baturité ao leste, a serra do Machado ao sul e a serra de Uruburetama ao oeste (SILVA, 2004).

Possui o rio Curu como seu coletor principal, que nasce em regiões montanhosas formadas pela serra do Céu, da Imburana e do Lucas, percorrendo 196 km, até sua foz. Corre preferencialmente no sentido sudoeste-nordeste, tendo como principais afluentes os rios Canindé e Capitão-Mor, à margem direita, e o Caxitoré à margem esquerda (BEZERRA, 1999).

Segundo IPECE (2007), a região possui capacidade total de acumulação de aproximadamente 1.068.355.000 m³, tendo como principais açudes: Pentecoste, General Sampaio e Caxitoré.

A bacia hidrográfica do Curu constitui a mais importante do Estado, do ponto de vista do aproveitamento hidro-agrícola, em face da existência de projetos de irrigação, tanto públicos como privados (BEZERRA, 1999).

A Bacia Hidrográfica do Curu, por ter sido inicialmente identificada como bacia-piloto pela Política Estadual de Recursos Hídricos, apresentou-se como uma região onde foram realizados vários estudos pioneiros no Estado, que objetivaram instrumentalizar a gestão dos recursos hídricos (Plano Diretor da Bacia - 1995, Cadastramento dos Usuários - 1996, Estudos sobre cobrança pelo uso da água - 1998). (SILVA, 2004).

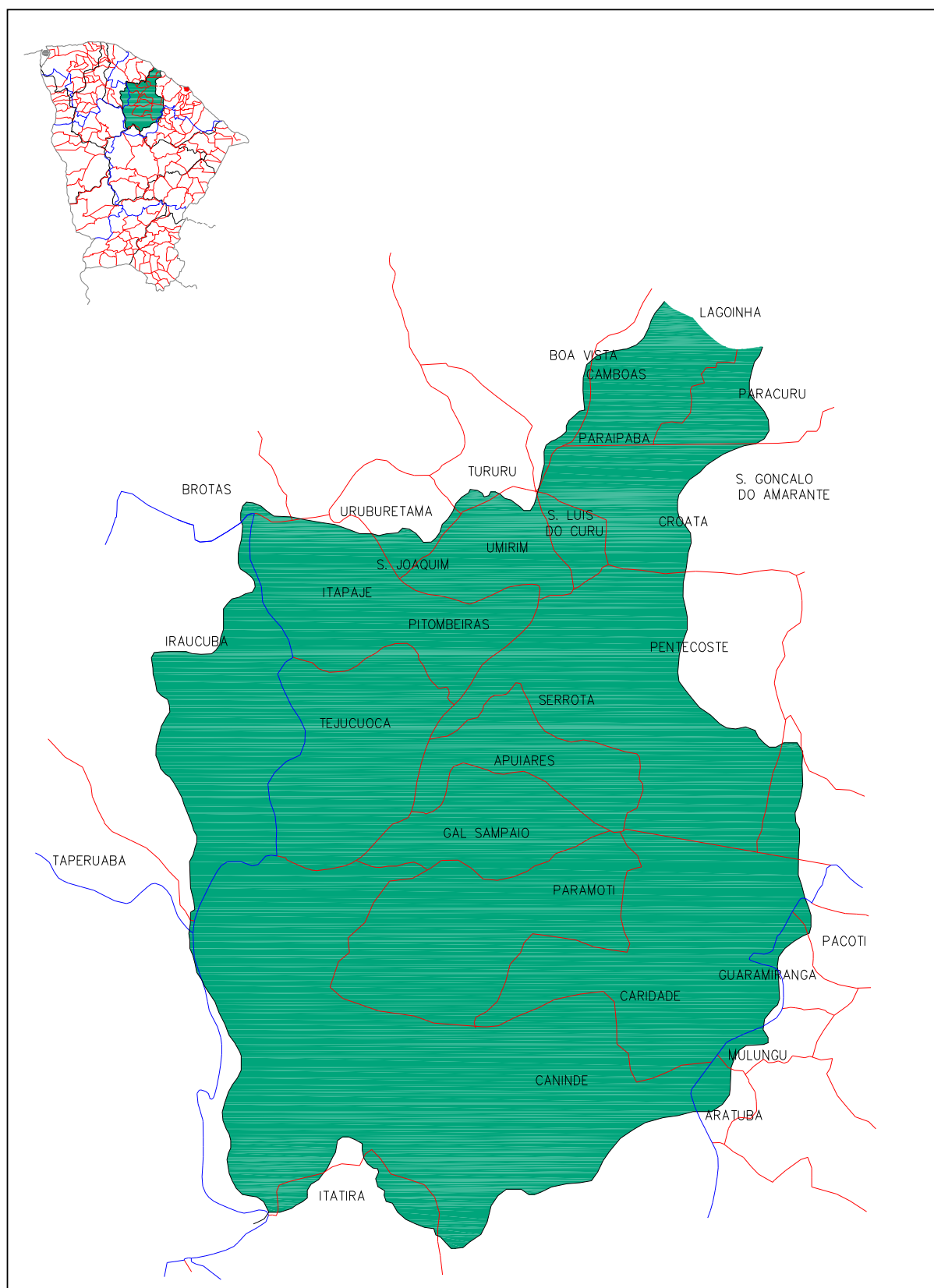


FIGURA 11 - Bacia Hidrográfica do Curu

Conforme a Tabela 4, este Bacia possui 25 municípios, sendo somente 07 (sete) inseridos totalmente na Bacia e os outros 18 parcialmente, dos quais Canindé apresenta a maior população (55.612 hab) e ocupa a maior área da bacia (29,89%) e Itapajé o maior PIB (R\$ 149.350,04).

TABELA 4 - Percentual da área do município inserido na bacia , população total em 2006, área em relação à Bacia e PIB a preços de mercado em 2004 da Bacia Hidrográfica do Curu

	Município	Percentual da Area do Município inserido na Bacia	População Total em 2006 (hab)	Área em relação a Bacia (%)	PIB a preços de mercado - (R\$ mil) - 2004
1	Apuiarés	1,00	12.540	7,27	26.330,42
2	Aratuba	0,15	1.865	0,19	3.815,00
3	Canindé	0,80	55.612	29,89	147.242,90
4	Caridade	1,00	15.604	9,92	19.122,18
5	General Sampaio	1,00	4.866	2,24	16.197,70
6	Guaramiranga	0,15	831	0,09	2.467,29
7	Irauçuba	0,29	5.613	4,90	6.902,37
8	Itapajé	1,00	41.093	5,12	149.350,04
9	Itatira	0,05	760	0,45	1.876,04
10	Maranguape	0,06	4.886	0,34	20.998,57
11	Mulungu	0,34	3.033	0,50	7.128,71
12	Pacoti	0,03	301	0,03	737,12
13	Palmácia	0,04	396	0,08	524,33
14	Paracuru	0,83	22.738	2,23	71.090,87
15	Paraipaba	0,79	20.051	2,57	52.881,66
16	Paramoti	1,00	10.970	5,61	12.372,14
17	Pentecoste	0,71	23.144	11,29	48.669,43
18	Santa Quitéria	0,00	13	0,02	36,13
19	São Gonçalo do Amarante	0,35	12.614	3,72	38.235,17
20	São Luis do Curu	1,00	35.608	1,42	26.960,35
21	Tejuçuoca	1,00	13.519	8,28	26.243,83
22	Trairi	0,00	219	0,05	328,22
23	Tururu	0,15	1.772	0,37	4.230,59
24	Umirim	0,91	15.780	3,40	31.769,12
25	Uruburetama	0,02	314	0,02	1.606,60
Total		-	304.142	-	717.116,77

FONTE: Adaptado de IPECE (2007)

5.2.3. Bacia Metropolitana (BME)

A Bacia Metropolitana (Figura 12) está situada na parte nordeste do Estado do Ceará, com as coordenadas geográficas: 3°15' e 5°00' (latitude sul) e 37°45' e 39°30' (longitude oeste), ocupando 14.943,84 km², equivalente a 10,04% do Território estadual.

Na realidade, a Bacia Metropolitana é um aglomerado de 14 outras bacias metropolitanas independentes, das quais apenas as bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, São

Gonçalo e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente mais representativas (SOUZA, 2003).

Conforme IPECE (2007), a capacidade total de acumulação da bacia é de aproximadamente 1.325.344.000 m³ e os seus açudes principais são Pacoti/Riachão, Pacajus, Pompeu Sobrinho, Castro, Gavião e Acarape do Meio.

A demanda de água na Bacia Metropolitana assume especial destaque, tanto em decorrência de ser sede do maior aglomerado de pessoas do Estado, como em face da elevada importância econômica da Região Metropolitana de Fortaleza. Adicionalmente, em virtude do grande peso demográfico e econômico, a demanda não admite colapsos parciais ou totais no seu abastecimento (SOUZA, 2003).

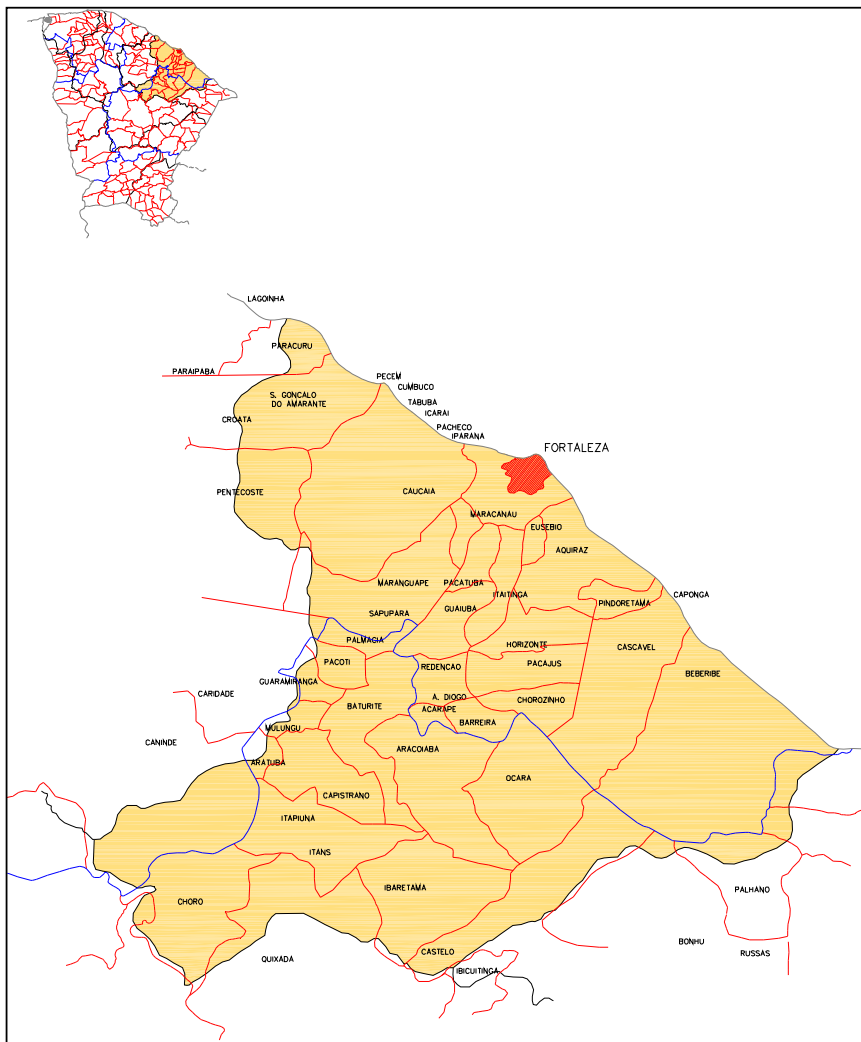


FIGURA 12 - Bacia Hidrográfica Metropolitana

TABELA 5 - Percentual da área do município inserido na Bacia, população total em 2006, área em relação à Bacia e PIB a preços de mercado em 2004 da Bacia Hidrográfica Metropolitana

	Município	Percentual da Área do Município inserido na Bacia	População Total em 2006 (hab)	Área em relação a Bacia (%)	PIB a preços de mercado - (R\$ mil) - 2004
1	Acarape	1,00	12.927	1,01	37.862,91
2	Aquiraz	1,00	60.469	3,18	388.272,83
3	Aracati	0,09	5.395	0,70	26.290,03
4	Aracoiaba	1,00	24.064	4,38	63.317,44
5	Aratuba	0,85	10.494	0,62	21.462,13
6	Barreira	1,00	17.024	1,63	49.357,39
7	Baturité	1,00	29.861	2,03	43.412,78
8	Beberibe	1,00	42.343	10,84	85.173,39
9	Canindé	0,20	13.989	4,30	37.039,88
10	Capistrano	1,00	15.830	1,47	17.965,81
11	Cascavel	1,00	57.129	5,61	294.390,63
12	Caucaia	1,00	250.479	8,22	982.866,47
13	Choró	1,00	12.001	5,37	14.470,54
14	Chorozinho	1,00	18.707	1,85	50.221,11
15	Euzébio	1,00	31.500	0,51	567.860,50
16	Fortaleza	1,00	2.141.402	2,09	15.797.376,95
17	Fortim	0,66	8.024	1,21	18.022,95
18	Guaiúba	1,00	19.884	1,79	46.607,20
19	Guaramiranga	0,85	4.883	0,32	14.502,59
20	Horizonte	1,00	33.790	1,07	466.615,65
21	Ibaretama	0,88	11.005	5,12	25.250,08
22	Itaitinga	1,00	29.217	1,00	69.500,86
23	Itapiúna	1,00	16.276	3,95	33.474,28
24	Maracanaú	1,00	179.732	0,71	2.026.387,56
25	Maranguape	0,94	83.249	3,32	357.807,88
26	Morada Nova	0,23	14.642	4,32	47.827,14
27	Mulungu	0,66	5.864	0,55	13.779,75
28	Ocara	1,00	21.584	5,12	25.750,41
29	Pacajús	1,00	44.070	1,69	297.314,02
30	Pacatuba	1,00	51.696	0,89	224.987,55
31	Pacoti	0,97	10.628	0,68	25.993,55
32	Palhano	0,41	3.322	1,22	8.849,43
33	Palmácia	0,96	9.463	1,10	12.521,60
34	Paracuru	0,17	4.803	0,27	15.018,04
35	Pentecoste	0,29	9.456	2,64	19.884,90
36	Pindoretama	1,00	14.951	0,48	51.675,15
37	Quixadá	0,22	15.186	2,95	34.047,52
38	Redenção	1,00	24.993	1,54	84.085,41
39	Russas	0,04	2.240	0,42	9.333,01
40	São Gonçalo do Amarante	0,65	22.994	3,87	69.699,81
Total		-	3.385.566	-	22.476.277,12

FONTE: Adaptado de IPECE (2007)

Conforme a Tabela 5, esta Bacia possui 40 municípios, sendo 23 inseridos totalmente na bacia e 17 parcialmente, dos quais Fortaleza apresenta a maior população (2.142.402 hab) e o maior PIB (R\$ 15.797.376,95); e Beberibe ocupa a maior área da bacia (10,84%).

5.3. Os Indicadores de Sustentabilidade Utilizados

Os indicadores selecionados são apresentados a seguir, conforme as três dimensões do desenvolvimento sustentável - social, econômica e ambiental.

Para simplificar a visualização dos indicadores, além de estarem divididos nas três dimensões, foram elaborados quadros compostos da seguinte maneira: compartimento (conforme IBGE); denominação; sigla; descrição; unidade; índice (como o indicador é obtido matematicamente); função (tipo de indicador no modelo DPSIR); base de cálculo (origem dos dados); valor (como o valor do indicador foi obtido para as bacias); comentário (importância do indicador para a questão da sustentabilidade).

5.3.1. Dimensão Social

A dimensão social dos indicadores de desenvolvimento sustentável corresponde, especialmente, aos objetivos ligados à satisfação das necessidades humanas, melhoria da qualidade de vida e justiça social, abrangendo os temas População, Equidade, Saúde, Educação, Habitação e Segurança, divididos em compartimentos (ver Quadro 4) (IBGE, 2000).

No compartimento População, têm-se as taxas de crescimento da população (total, urbana e rural). Estas representam o período de 1991/2000, ano do último Censo demográfico.

Em relação ao compartimento Equidade, têm-se o Rendimento Mensal com valor também originário do Censo de 2000. Valores atualizados deste indicador permitiriam a análise do seu impacto na sustentabilidade das bacias hidrográficas, contudo os levantamentos posteriores na Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD) disponíveis apresentam o valor agregado por Estado, o que não permite sua fragmentação em municípios.

Já no compartimento Educação, encontram-se as Taxas de Escolarização e de Alfabetização. A primeira facilmente obtida pelas informações oficiais do Estado; contudo, a segunda fica limitada como a justificativa apresentada para o Rendimento Mensal.

Por último, no compartimento Fisiografia – Recursos Naturais, têm-se os Volumes dos Açudes e Capacidade dos Açudes. Ambos são obtidos pelas informações oficiais do Estado. Para maior precisão, seria necessária a obtenção dos valores de todos os açudes, porém, como os apresentados são os de maior porte, a amostra torna-se representativa.

Compartimento	Indicadores									
	Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Índice	Função	Base de Cálculo	Valor	Comentário
População	Taxa de Crescimento da população	Total	it	Expressa o ritmo de crescimento populacional.	%	$i = \sqrt[n]{\frac{P(t+n)}{P(t)}} - 1$ P(t+n) e P(t) populações correspondentes a duas datas sucessivas (t+n) e (n); n é o intervalo de tempo entre estas datas, medido em ano e i é a taxa. As populações empregadas são respectivas ao indicador, ou seja, o indicador urbano utiliza população urbana e assim sucessivamente.	Driving Force	Anuário Estatístico do Ceará - IPECE (2007)	O valor final é a média aritmética das taxas encontradas para cada município que compõe a bacia hidrográfica.	A dinâmica do crescimento demográfico permite o dimensionamento de demandas, tais como: acesso aos serviços públicos e está associado às formas de utilização dos recursos naturais.
		Urbana	iu	Expressa o ritmo de crescimento populacional urbano.						
		Rural	ir	Expressa o ritmo de crescimento populacional rural.						
Equidade	Rendimento familiar		Rf	Expressa o rendimento nominal médio mensal dos responsáveis pelos domicílios.	R\$	Valor médio dos valores declarados como rendimento nominal mensal dos responsáveis pelos domicílios.	Driving Force	Censo Demográfico 2000 - IBGE (2003)	O valor final é a média aritmética das taxas encontradas para cada município que compõe a bacia hidrográfica.	O rendimento influencia na disponibilidade a pagar por serviços e/ou materiais com vistas ao desenvolvimento sustentável.
Educação	Taxa de Escolarização		TE	Expressa o nível de escolarização da população infantil e juvenil.	%	É a relação entre o número de pessoas que freqüentam a escola, de determinada faixa etária, e o total de população na mesma faixa de idade.	Driving Force / Response	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2002) e IPECE (2007)	É a média das taxas médias de escolarização de 0 a 6 anos e de 7 a 14 anos dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	A análise das taxas de escolarização evidencia algumas características do acesso à educação da população, como a aquisição de conhecimentos, indispensáveis ao desenvolvimento da capacidade de processar informações. Também, o conhecimento, a informação e uma visão mais ampla dos valores propiciam o exercício da cidadania e comportamento, com vistas ao desenvolvimento sustentável. A educação sozinha não assegura a produção e distribuição de riquezas, a justiça social e o fim das discriminações sociais, mas é indispensável para tornar as sociedades mais prósperas, justas e igualitárias.
	Taxa de Alfabetização		TA	Expressa o percentual de pessoas adultas capazes de ler e escrever.	%	É a relação entre a população adulta alfabetizada (pessoas com quinze anos de idade ou mais capazes de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecessem) e o total da população nesta faixa de idade.	Driving Force / Response	Censo Demográfico 2000 - IBGE (2003)	É a soma do número de pessoas alfabetizadas, com 15 ou mais anos, dividida pelo total de pessoas nesta faixa de idade nos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	
Fisiografia - Recursos Naturais	Volume dos açudes		Vol	Expresa a quantidade de água disponível em um dado período num determinado território.	mil m³	É o volume medido do açude, monitorado pelo Programa de Gerenciamento das Águas Territoriais do Ceará, em outubro de 2001 e março de 2005.	State	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2002) e IPECE (2007)	Soma dos volumes atuais, em outubro de 2001 e março de 2005, dos principais açudes de cada bacia hidrográfica.	A capacidade e o volume existente nos açudes são importantes para o controle e acompanhamento da distribuição, de acordo com o tipo de demanda da água. Também serve para alertar sobre a possível escassez de água e, conseqüentemente, adotar-se medidas de prevenção.
	Capacidade dos açudes		Cap	Expressa a reservação implantada de água num determinado território.		É a capacidade total do açude, informada pelo Programa de Gerenciamento das Águas Territoriais do Ceará.	Driving Force / Response		Soma das capacidades informadas dos principais açudes de cada bacia hidrográfica, em 2001 e 2005.	

QUADRO 6 - Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Social
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.3.2. Dimensão Ambiental

A dimensão ambiental dos indicadores de desenvolvimento sustentável diz respeito ao uso dos recursos naturais e à degradação do ambiental, e está relacionada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais ao benefício das gerações futuras (ver Quadros 5 e 6) (IBGE, 2000).

Os temas ambientais são mais recentes e não contam com larga tradição de produção de estatísticas. Isto resulta em menor disponibilidade de informações para elaboração dos indicadores requeridos para uma abordagem completa dessa temática. (IBGE, 2000). Esta dimensão foi dividida nos compartimentos Terra, Saneamento, Precipitação e Qualidade da Água.

O compartimento referente a Terra engloba as subdivisões Área Irrigável, Uso de Fertilizante e Uso de Agrotóxicos. A área irrigável é substancial para a análise das atividades da agricultura, e os outros dois são obtidos com base no primeiro. Todos foram elaborados com base nas informações disponíveis, seja nos Planos de Gerenciamento das Bacias, no caso das áreas irrigáveis, ou nos Indicadores de Desenvolvimento Sustentáveis do IBGE, para os valores de uso de fertilizante e/ou agrotóxico por área, conforme o tipo. O valor final fica comprometido, pois o índice de uso por área disponível é em relação ao Estado, não em relação aos municípios.

O Saneamento é outro compartimento desta dimensão. Suas subdivisões são: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário e Destinação Final do Lixo. Quando os indicadores se referem ao tipo de serviço utilizado, foram utilizados os valores do Censo de 2000; já quando se trata das ligações reais, os valores são oriundos dos Anuários Estatísticos do Estado do Ceará, este último com informações segmentadas por município.

A Precipitação, no caso do Ceará, é de suma importância e seus valores, como os das ligações, são retirados do Anuário Estatístico do Estado.

Por último, tem-se a qualidade da água, um dos indicadores substanciais, principalmente quanto à definição do uso da água. Os valores apresentados aqui são um apanhado realizado pelas consultorias quando da realização dos planos de gerenciamento das bacias hidrográficas.

Compartimento	Indicadores									
	Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Índice	Função	Base de Cálculo	Valor	Comentário
Terra	Área Irrigável		Ai	Expressa a área irrigável de um determinado território.	hectare	É a área determinada para o cultivo das diversas culturas.	<i>Driving Force</i>	Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas	Soma das áreas irrigadas e irrigáveis dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	Com o conhecimento desta área, pode-se estimar o impacto do usos de fertilizantes e agrotóxicos.
	Uso de Fertilizante	N	f1	Expressa a intensidade de uso de fertilizantes na produção agrícola de um território, em um determinado período.	kg	É o produto da quantidade de fertilizantes, segundo seus nutrientes, por área utilizada pela área cultivada. A fonte das informações utilizadas para a construção deste indicador é a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA).	<i>Pressure</i>	Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas e Indicadores de Desenvolvimento Social - IBGE (2002)	É o produto do somatório das áreas irrigáveis de cada município que compõe a bacia hidrográfica pela utilização por unidade de área de fertilizante, por tipo de nutriente, para o Ceará.	A agricultura gera impactos ambientais que comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas. O uso de fertilizantes favorece a eutrofização dos rios e lagos, a acidificação dos solos e a contaminação de aquíferos de reservatórios de água.
		P ₂ O ₅	f2		kg					
		K ₂ O	f3		kg					
	Uso de Agrotóxico	Herbicida	a1	Expressa a intensidade de uso de agrotóxicos nas áreas cultivadas de um território, em determinado período.	kg	É o produto da quantidade de agrotóxicos, segundo as principais classes de usos, por área utilizada pela área cultivada. A fonte das informações é o Sindicato Nacional das Indústrias de Defensivos Agrícolas (SINDAG).	<i>Pressure</i>	Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas e Indicadores de Desenvolvimento Social - IBGE (2002)	É o produto do somatório das áreas irrigáveis de cada município que compõe a bacia hidrográfica pela utilização por unidade de área de agrotóxico, por princípio, para o Ceará.	O uso de agrotóxicos para o controle de pragas, doenças e ervas daninhas está entre os principais instrumentos do atual modelo de desenvolvimento da agricultura brasileira; contudo estes tendem a se acumular no solo e na biota, e seus resíduos podem chegar às águas de superfície por escoamento, e às subterrâneas por lixiviação, causando agravos à saúde da população, tanto dos consumidores quanto dos trabalhadores que lidam diretamente com os produtos, à contaminação de alimentos e à degradação do meio ambiente.
		Fungcida	a2		kg					
		Inseticidas	a3		kg					
		Acaricidas	a4		kg					
		Outros	a5		kg					
Precipitação	Precipitação		p	Expressa a precipitação pluviométrica ocorrida em um território num período.	mm	São os dados de precipitação pluviométrica coletados dos postos das sedes municipais pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).	<i>Driving Force</i>	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2003) e IPECE (2007)	É a média aritmética dos índices pluviométricos dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	A chuva representa a única fonte de realimentação da umidade do solo, do fluxo dos rios e dos aquíferos. Em termos práticos, a umidade do solo constitui reserva localizada de água, à medida que é consumida onde ocorre a chuva que lhe dá origem.
Saneamento	Abastecimento de Água	Tinham - poço ou nascente	Ap	Expressa o tipo de abastecimento de água para a parcela da população com este serviço.	%	É a relação entre o número de domicílios particulares permanentes que declararam uma dada situação de abastecimento de água em relação ao número total de domicílios particulares permanentes.	<i>Pressure</i>	Censo Demográfico 2000 - IBGE (2003)	É a relação entre a soma do número de domicílios particulares permanentes que declararam uma dada situação de abastecimento de água em relação à soma do número total de domicílios particulares permanentes dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	O acesso à água tratada é fundamental para a melhoria das condições de saúde e higiene e é um indicador universal de desenvolvimento sustentável. Trata-se de um indicador importante para a caracterização básica da qualidade de vida da população, quanto ao acompanhamento das políticas públicas de saneamento básico e ambiental.
		Tinham -outras origens	Ao		%		<i>Pressure</i>			
		Tinham -rede geral	Ar		%		<i>Response</i>			
		Ligações Reais	Lra	Expressa o número de ligações de água.	Unidade	É o número de ligações reais fornecidas pelo operador do Sistema de Abastecimento de Água.	<i>Response</i>	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2003) e IPECE (2007)	É o somatório das ligações reais dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	
	Esgotamento Sanitário	Não tinham tipo de esgotamento	NE	Expressa a parcela da população sem esgotamento sanitário.	%	É a relação entre o número de domicílios particulares permanentes que declararam uma dada situação de esgotamento snaitário em relação ao número total de domicílios particulares permanentes.	<i>Pressure</i>	Censo Demográfico 2000 - IBGE (2003)	É a relação entre a soma do número de domicílios particulares permanentes que declararam uma dada situação de esgotamento sanitário em relação à soma do número total de domicílios particulares permanentes dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	A ausência ou deficiência dos serviços de esgotamento sanitário é fundamental para a avaliação das condições de saúde, pois o acesso adequado a este sistema de saneamento é essencial para o controle e a redução de doenças e é um bom indicador universal de desenvolvimento sustentável. Trata-se de indicador muito importante, tanto para a caracterização básica da qualidade de vida da população residente em um território, quanto para o acompanhamento das políticas públicas de saneamento básico e ambiental.
		Tinham -destino rede geral	Er	Expressa o tipo de esgotamento sanitário para a parcela da população com este serviço.	%		<i>Response</i>			
		Tinham - destino rio lago ou mar	EI		%		<i>State</i>			
		Tinham - outros destinos	Eo		%		<i>State</i>			

QUADRO 7 - Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Ambiental (parte 1)
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Compartimento	Indicadores									
	Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Índice	Função	Base de Cálculo	Valor	Comentário
Saneamento	Esgotamento Sanitário	Ligações Reais	Lre	Expressa o número de ligações de esgoto.	Unidade	É o número de ligações reais fornecidas pelo operador do Sistema de Esgotamento Sanitário.	Response	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2003) e IPECE (2007)	É o somatório das ligações reais dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	
	Destinação Final do Lixo	Coletado		Expressa a destinação final do lixo em um determinado território.	%	É a relação entre o número de domicílios particulares permanentes que declararam uma dada situação de destinação final do lixo em relação ao número total de domicílios particulares permanentes.	Response	Censo Demográfico 2000 - IBGE (2003)	É a relação entre a soma do número de domicílios particulares permanentes que declararam uma dada situação de destinação final do lixo em relação à soma do número total de domicílios particulares permanentes dos municípios que compõem as bacias hidrográficas.	O acesso ao serviço de coleta de lixo é fundamental para a proteção das condições de saúde, através do controle e redução de vetores e, por conseguinte, das doenças relacionadas. Os resíduos não coletados ou dispostos em locais inadequados acarretam a proliferação de vetores de doenças e, ainda, podem contaminar, principalmente, o solo e corpos d'água. A coleta do lixo traz significativa melhoria para a qualidade ambiental do entorno imediato das áreas beneficiadas, mas por si só não é capaz de eliminar efeitos ambientais nocivos decorrentes da inadequada destinação do lixo, tais como a poluição do solo e das águas, através do chorume.
		Jogado em rio, lago ou mar			%		State			
		Outro destino			%		Pressure			
Qualidade da Água	DBO	Valor	DBO	Expressa a quantidade de oxigênio necessário para fornecer as bactérias aeróbias.	mg O ₂ /l	É a quantidade necessária de oxigênio à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbicas. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio necessário para fornecer as bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto).	State	Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas	É a média aritmética dos valores encontrados nos principais açudes da bacia hidrográfica.	A expressão Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos do esgoto ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional. Essa demanda pode ser suficientemente grande, para consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática.
	pH	Valor	pH	Expressa o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução.	-	A determinação do pH é feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um peagômetro digital. Varia de 0 a14, indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior que 7); o pH depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; o pH elevado tende a formar incrustações nas tubulações; a vida aquática dependendo pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9)	State		É a média aritmética dos valores encontrados nos principais açudes da bacia hidrográfica.	As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. As vezes são ligeiramente alcalinas em razão da presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizar fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.
	Nitrato	Valor	NO3	Expressa a quantidade de nitrogênio na solução.	mg/l	As águas naturais, em geral, contêm nitratos em solução e, além disso, principalmente tratando-se de águas que recebem esgotos, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados, tais como: compostos orgânicos quaternários, amônia e nitritos. Em geral, a presença destes denuncia a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças principalmente à presença de bactérias nitrificantes. Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.	State		É a média aritmética dos valores encontrados nos principais açudes da bacia hidrográfica.	O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas: molecular, amônia, nitrito, nitrato; é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização; o nitrato, na água, pode causar metemoglobina; a amônia é tóxica aos peixes; são causas do aumento do nitrogênio na água: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais. (MOTA)
	Nitrito	Valor	NO2		mg/l		State		É a média aritmética dos valores encontrados nos principais açudes da bacia hidrográfica.	
	Cloreto	Valor	Cl	Expressa a quantidade de cloretos na solução.	mg Cl/l	O teor de cloretos é definido por meio de ensaios laboratoriais como o Método de Mohr .	State		É a média aritmética dos valores encontrados nos principais açudes da bacia hidrográfica.	Podem estar presentes na água, naturalmente ou como consequência da poluição decorrente da intrusão da água do mar, de esgotos sanitários ou industriais. Em teores elevados causam sabor acentuado, podendo ainda provocar reações fisiológicas ou aumentar a corrosividade da água. Os cloretos são usados, também, como indicadores de poluição por esgotos sanitários.

QUADRO 8 - Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Ambiental (parte 2)
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.3.3. Dimensão Econômica

A dimensão econômica dos indicadores de desenvolvimento sustentável trata do desempenho macroeconômico dos impactos no consumo de recursos materiais; ocupa-se com os objetivos de eficiência dos processos produtivos e com as alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável a longo prazo (ver Quadro 7) (IBGE, 2000).

Apresenta dois compartimentos - estrutura econômica e padrões de produção e consumo. O primeiro é relacionado com as riquezas produzidas no território e o segundo com o consumo de energia elétrica para o desempenho das atividades e a demanda de água para seus usos múltiplos.

A estrutura econômica está representada pelo PIB e pelo PIB *per capita*. E os padrões de produção e consumo, consumo de energia elétrica (residencial, rural, industrial e outros) e demanda de água (humana, animal, irrigação e industrial), quase todos - exceto a demanda de água - são obtidos dos anuários estatísticos do Ceará. Já a demanda foi extraída dos planos de gerenciamento das bacias.

Compartimento	Indicadores									
	Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Índice	Função	Base de Cálculo	Valor	Comentário
Estrutura Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado		PIB	Expressa o valor da produção de todos os bens e serviços finais de uma economia.	R\$ mil	É o somatório do valor da produção de todos os bens e serviços finais de uma economia durante determinado período.	Pressure	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2003) e IPECE (2007)	É a soma dos PIBs, em 2000 e 2004, a preços de mercado, de cada município que compõe a bacia hidrográfica.	O crescimento da produção de bens e serviços é uma informação básica do comportamento de uma economia. Habitualmente, o PIB <i>per capita</i> é utilizado como indicador-síntese do nível de desenvolvimento de um país, ainda que insuficiente para expressar, por si só, o grau de bem-estar da população, especialmente em circunstâncias nas quais esteja ocorrendo forte desigualdade na distribuição da renda.
	Produto Interno Bruto <i>per capita</i> a preços de mercado		PIB per capita	Expressa o nível médio de renda da população em um território.	R\$	É a relação, de um dado período, entre o valor do Produto Interno Bruto (PIB) e o valor da população residente estimada, em determinado território.			É a média aritmética dos PIBs <i>per capita</i> , em 2000 e 2004, a preços de mercado, de cada município que compõe a bacia hidrográfica.	
Padrões de produção e consumo	Consumo de energia elétrica	Residencial	Cre	Expressa o consumo final de energia elétrica para cada classe de consumo (residencial, rural, ndustrial, outros) em um determinado território.	MWh	É o valor do consumo faturado de energia elétrica, por classes de consumo, em 2001 e 2005, fornecido pela Companhia Energética do Ceará (COELCE).	Pressure	Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE (2003) e IPECE (2007)	É a soma dos consumos de energia elétrica, em 2001 e 2005, conforme o tipo, de cada município que compõe a bacia hidrográfica.	O consumo de energia está geralmente associado ao grau de desenvolvimento de um país, entretanto, a oferta de energia exerce pressões sobre o meio ambiente e os recursos renováveis, e a limitação de seu uso pode representar um risco, para tanto, visando a atender as demandas e não limitar o crescimento e proporcionar o desenvolvimento sustentável, deve-se preocupar com o aumento da eficiência energética, ou seja, oferta de energia com preocupação ambiental.
		Rural	Cru							
		Industrial	Ci							
		Outros	Co							
	Demanda de água	Humana	Dh	Expressa a demanda anual de água necessária para cada tipo de consumo (humano, animal, irrigação e industrial) em um determinado território.	l/s	É o produto entre a população estimada em um dado ano pelo coeficiente de consumo <i>per capita</i> por habitante.	Pressure / Response	Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas	É a soma das demandas, conforme o tipo, de cada município que compõe a bacia hidrográfica. Os anos utilizados são de 2000 e 2010.	A demanda de água em um território é dos principais determinantes das políticas de construção de açudes, pois estes possibilitam atender as demandas de abastecimento humano, como prioridade, e, caso já previstas, permitem atender as outras demandas atreladas a atividades econômicas.
		Animal	Da			É o produto do BEDA (bovino equivalente a demanda de água) pelo consumo médio constante para cada unidade.				
		Irrigação	Dir			É o produto da área dos perímetros irrigados e irrigáveis pelo fator de demanda por hectare irrigado.				
		Industrial	Din			É o somatório do produto do número total de empregados por coeficiente de acordo com cada tipo de indústria.				

QUADRO 9 - Indicadores de sustentabilidade selecionados para a Dimensão Econômica
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.4. Referência temporal para a análise da sustentabilidade

A análise da sustentabilidade das bacias hidrográficas da amostra desenvolve-se segundo dois critérios de corte analítico. O primeiro considera uma análise comparativa das bacias para determinado ano e o segundo trata da evolução da sustentabilidade entre dois anos, caracterizando-se como uma análise estático-comparativa entre uma base real e outra projetada.

O primeiro critério consiste na análise das três bacias hidrográficas da amostra no ano de 2000. Com esta análise, pretende-se verificar como estas se apresentavam em relação ao equilíbrio das dimensões ambiental, social e econômica do triângulo de sustentabilidade e assim identificar quais dimensões devem ser aprimoradas para alcançar o equilíbrio sustentável.

Já o segundo critério, compreende a análise da bacia hidrográfica em dois tempos, 2000 e 2010, com o objetivo de verificar como está a evolução do desenvolvimento sustentável em cada bacia. O ano 2000 representa a realidade verificada e o ano 2010, um cenário dos últimos valores divulgados pelos órgãos oficiais de informação. Somente o valor projetado da demanda foi obtido dos Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas em estudo.

O capítulo a seguir mostra os resultados de sustentabilidade, segundo o modelo de tomada de decisão DPSIR, discutido no capítulo anterior, com o emprego do *software* livre denominado *MULINO Decision Suport System* (mDSS), para as bacias e indicadores apresentados neste módulo.

6. SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ

Para a análise da sustentabilidade das bacias hidrográficas do Ceará, será aplicado o modelo DPSIR com os indicadores definidos anteriormente, bem como os cortes analíticos já definidos.

Para facilitar a compreensão da construção do problema e de seus resultados o capítulo foi construído na seqüência do *software* empregado, onde a primeira fase apresentará a formulação conceitual com base no modelo DPSIR, a classificação e os valores dos indicadores utilizados, conforme as bacias; os critérios para a definição da Matriz de Valor. Por último são apresentados os triângulos de sustentabilidade os quais mostrarão como as bacias selecionadas estão em relação às dimensões econômica, social e ambiental.

6.1. Análise Comparativa da Sustentabilidade das Bacias

O primeiro corte analítico consiste na análise comparativa da sustentabilidade das três bacias hidrográficas no ano de 2000, objetivando-se verificar qual era o ranque de sustentabilidade entre estas, bem como o equilíbrio entre as dimensões do desenvolvimento sustentável.

6.1.1. Fase conceitual: identificação da causas e exploração do problema

No início da fase conceitual, foi criado um catálogo externo com os indicadores de sustentabilidade definidos nos capítulos anteriores, identificados da seguinte maneira: compartimento, nome do indicador, descrição, unidade, função freqüente e dimensão de sustentabilidade. Este catálogo engloba os indicadores dos dois critérios de corte analítico.

Em seguida, os indicadores foram alocados de acordo com sua classificação nas funções de *Driving Force*, *Pressure* e *State* e, depois, foram construídas suas relações de causa e efeito, ou seja, as ligações entre os indicadores *Driving Force* e *Pressure*, e *Pressure* e *State*, conforme ilustradas na Figura 13. Também, nesta etapa, foi criado o catálogo de *Response* (Respostas), onde BAJ-ano 2000, BCU-ano 2000 e BME-ano 2000; correspondem as situações encontradas nas Bacias do Alto Jaguaribe, Curu e Metropolitana, respectivamente, no ano de 2000.

A Figura 13 foi retirada diretamente do programa mDSS e como este é em inglês os indicadores do modelo DPSIR estão nesta língua.

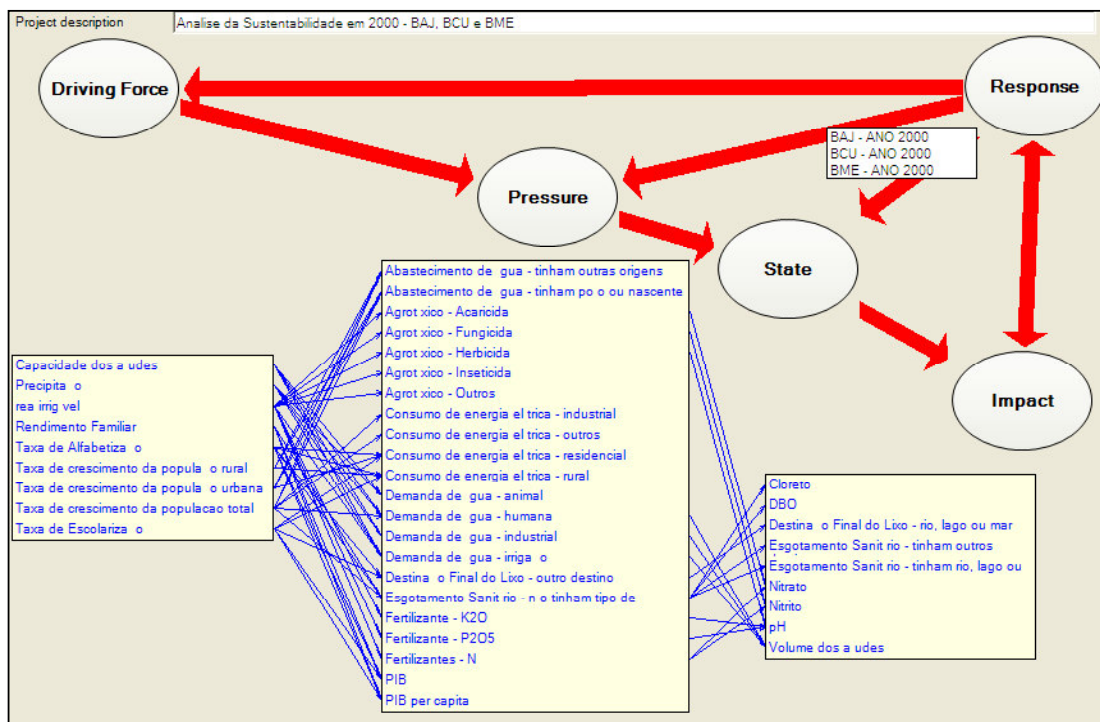


FIGURA 13 - Fase Conceitual *software* mDSS (Modelo DPSIR) – Análise comparativa
Fonte: Extraído do programa mDSS.

6.1.2. Fase de formulação de soluções: definir opções e simular

Nesta fase, os valores dos indicadores foram registrados na Matriz de Análise (MA) para as Bacias do Alto Jaguaribe, Curu e Metropolitana, segundo os valores constantes na Tabela 6, para as dimensões social e econômica e na Tabela 7, para a dimensão ambiental.

Os valores dos indicadores foram obtidos de acordo com a definição da coluna Valor utilizando os dados conforme a origem expressa na coluna Base de Cálculo dos Quadros 6 a 9 constantes no capítulo 5.

TABELA 6 - Indicadores para a Bacia do Alto Jaguaribe, do Curu e Metropolitana – Dimensão Social e Econômica – Análise Comparativa

Dimensão	Compartimento	Indicadores					Valores da Bacia Hidrográfica - 2000			
		Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Função	Alto Jaguaribe	Curu	Metropolitana
Social	População	Taxa de Crescimento da população	Total	it	Expressa o ritmo de crescimento populacional.	%	Driving Force	0,89	1,43	1,73
			Urbana	iu	Expressa o ritmo de crescimento populacional urbano.			3,84	3,71	3,61
			Rural	ir	Expressa o ritmo de crescimento populacional rural.			(0,91)	(0,16)	0,55
	Equidade	Rendimento familiar		Rf	Expressa o rendimento nominal médio mensal dos responsáveis pelos domicílios.	R\$	Driving Force	227,61	224,74	275,16
	Educação	Taxa de Escolarização		TE	Expressa o nível de escolarização da população infantil e juvenil.	%	Driving Force / Response	61,73	68,52	69,07
		Taxa de Alfabetização		TA	Expressa o percentual de pessoas adultas capazes de ler e escrever.	%	Driving Force / Response	63,30	67,14	82,29
	Fisiografia - Recursos Naturais	Volume dos açudes		Vol	Expressa a quantidade de água disponível em um dado período num determinado território.	mil m³	State	1.270.144,03	256.253,63	560.167,64
		Capacidade dos açudes		Cap	Expressa a reservação implantada de água num determinado território.		Driving Force / Response	2.573.723,00	1.063.345,02	1.089.674,00
Econômica	Estrutura Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado		PIB	Expressa o valor da produção de todos os bens e serviços finais de uma economia.	R\$ mil	Pressure	797.652,42	522.844,51	13.778.604,53
		Produto Interno Bruto per capita a preços de mercado		PIB per capita	Expressa o nível médio de renda da população em um território.	R\$		1.386,25	1.635,81	2.740,13
	Padrões de produção e consumo	Consumo de energia elétrica	Residencial	Cre	Expressa o consumo final de energia elétrica para cada classe de consumo (residencial, rural, industrial, outros) em um determinado território.	MWh	Pressure	65.733,36	38.085,67	1.166.063,68
			Rural	Cru				24.884,84	22.625,29	66.801,96
			Industrial	Ci				13.806,42	6.688,73	1.264.623,19
			Outros	Co				156.885,66	24.309,65	1.219.109,65
		Demanda de água	Humana	Dh	Expressa a demanda anual de água necessária para cada tipo de consumo (humano, animal, irrigação e industrial) em um determinado território.	l/s	Pressure / Response	298,23	454,75	7.301,30
			Animal	Da				-	128,08	206,08
			Irrigação	Dir				1.197,59	5.986,81	647,00
			Industrial	Din				104,72	170,69	6.085,09

Fonte: Elaborado pelo Autor. Dados conforme a coluna Base de Cálculo dos Quadros 6 a 9.

Na Tabela 6, observa-se a ausência de valor para a Demanda de água – animal para a Bacia do Alto Jaguaribe, fato que decorre da inexistência deste valor no Plano de Gerenciamento desta Bacia.

TABELA 7 - Indicadores para a Bacia do Alto Jaguaribe, do Curu e Metropolitana – Dimensão Ambiental - Análise Comparativa

Dimensão	Compartimento	Indicadores					Valores da Bacia Hidrográfica - 2000			
		Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Função	Alto Jaguaribe	Curu	Metropolitana
Ambiental	Terra	Área Irrigável		Ai	Expressa a área irrigável de um determinado território.	hectare	Driving Force	2.627,00	15.365,00	10.960,30
		Uso de Fertilizante	N	f1	Expressa a intensidade de uso de fertilizantes na produção agrícola de um território, em um determinado período.	kg	Pressure	85.955,44	200.974,20	15.125,21
			P ₂ O ₅	f2		kg		120.474,22	262.741,50	11.508,32
			K ₂ O	f3		kg		132.006,75	326.045,30	19.509,33
		Uso de Agrotóxico	Herbicida	a1	Expressa a intensidade de uso de agrotóxicos nas áreas cultivadas de um território, em determinado período.	kg	Pressure	4.229,47	6.760,60	1.753,65
			Fungcida	a2		kg		971,99	1.843,80	219,21
			Inseticidas	a3		kg		998,26	1.843,80	657,62
			Acaricidas	a4		kg		472,86	307,30	0,00
			Outros	a5		kg		577,94	768,25	0,00
	Saneamento	Abastecimento de Água	Tinham - poço ou nascente	Ap	Expressa o tipo de abastecimento de água para a parcela da população com este serviço.	%	Pressure	21,34	33,22	31,83
			Tinham - outras origens	Ao		%	Pressure	33,39	25,52	31,75
			Tinham -rede geral	Ar		%	Response	45,27	41,26	36,42
		Esgotamento Sanitário	Não tinham tipo de esgotamento	NE	Expressa a parcela da população sem esgotamento sanitário.	%	Pressure	50,70	37,48	27,24
			Tinham - destino rede geral	Er		%	Response	6,04	5,59	8,32
			Tinham - destino rio lago ou mar	El		%	State	0,11	0,18	0,32
			Tinham - outros destinos	Eo		%	State	43,16	56,75	64,12
		Destinação Final do Lixo	Coletado		Expressa a destinação final do lixo em um determinado território.	%	Response	35,74	35,95	46,12
			Jogado em rio, lago ou mar			%	State	0,53	0,43	0,47
			Outro destino			%	Pressure	63,73	63,63	53,42
	Precipitação	Precipitação		p	Expressa a precipitação pluviométrica ocorrida em um território num período de tempo.	mm	Driving Force	874,13	1.016,71	1.246,71
	Qualidade da Água	DBO	Valor	DBO	Expressa a quantidade de oxigênio necessário fornecer as bactérias aeróbias.	mg O ₂ /l	State	1,97	3,27	4,25
		pH	Valor	pH	Expressa o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução.	-	State	-	7,74	7,93
		Nitrato	Valor	NO3	Expressa a quantidade de nitrogênio na solução.	mg/l	State	2,23	8,13	4,09
		Nitrito	Valor	NO2		mg/l	State	0,03	0,03	0,47

Fonte: Elaborado pelo Autor. Dados conforme a coluna Base de Cálculo dos Quadros 6 a 9.

Na Tabela 7, observa-se a ausência de valor para o pH da Bacia do Alto Jaguaribe, decorrente da inexistência deste valor no Plano de Gerenciamento desta Bacia.

Na seqüência, foi construída a matriz de avaliação (EM) que uniformiza os valores da matriz de análise mediante transformação linear, onde o valor 1 é atribuído ao maior valor do indicador e valor 0 para o menor, no caso da relação de benefício. Já para a relação de custo, o valor 1 é atribuído ao menor valor do indicador e valor 0 para o maior. O tipo de relação empregada para cada indicador está indicado no Quadro 10 abaixo.

Dimensão	Indicadores	
	Relação de Benefício	Relação de Custo
Social	Rendimento Familiar Taxa de Alfabetização Taxa de Escolarização Volume dos Açudes Capacidade dos Açudes	Taxa de Crescimento da população total Taxa de Crescimento da população rural Taxa de Crescimento da população urbana
Ambiental	Área Irrigável Precipitação Abastecimento de água – tinham – rede geral Esgotamento sanitário – tinham – rede geral Destinação Final do Lixo – coletado pH DBO	Uso de Fertilizante – N Uso de Fertilizante – P2O5 Uso de Fertilizante - K2O Uso de Agrotóxico – Herbicida Uso de Agrotóxico – Fungicida Uso de Agrotóxico – Inseticidas Uso de Agrotóxico – Acaricidas Uso de Agrotóxico – Outros Abastecimento de água – tinham – poço ou nascente Abastecimento de água – tinham – outras origens Esgotamento sanitário – não tinham Esgotamento sanitário – tinham - destino rio lago ou mar Esgotamento sanitário – tinham - outros destinos Destinação Final do Lixo – jogado em rio, lago ou mar Destinação Final do Lixo – outro destino Nitrato Nitrito Cloreto
Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado Produto Interno Bruto per capita a preços de mercado Demanda de água – humana Demanda de água – animal Demanda de água – industrial Demanda de água – irrigação	Consumo de energia elétrica – residencial Consumo de energia elétrica – rural Consumo de energia elétrica – industrial Consumo de energia elétrica – outros

QUADRO 10 - Relações utilizadas para normalizar os indicadores da Análise Comparativa

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O peso aplicado para cada indicador foi o mesmo, ou seja, todos possuem o mesmo grau de importância na formulação do problema. Para definição da importância relativa de cada indicador, seria necessária uma pesquisa entre os diversos segmentos que compõem o grupo de decisores para fundamentar valores distintos. Na definição dos critérios de peso, estes foram definidos como independentes, ou seja, seus pesos podem ser definidos de maneira individual.

O algoritmo selecionado para a obtenção das respostas foi o *Simple additive weighting* (SAW), o método de decisão mais conhecido, por sua simplicidade. Seu escore final consiste no somatório do produto entre os valores dos indicadores pelo seu respectivo peso, sendo considerada a melhor solução aquela com maior escore. A melhor opção tem 100% do escore e as demais são ordenadas de acordo com a primeira posição.

Nesta análise, os resultados finais, pelo método SAW, foram os escores de 0,7344, 0,5888 e 0,3272 para as Bacias Metropolitana, do Curu e do Alto Jaguaribe, respectivamente. Em termos de percentual, 100%, 80% e 44%, respectivamente.

Depois se obtém o *sustainability chart* (triângulo de sustentabilidade), onde cada resposta é apresentada da seguinte forma: valor total do escore (área da circunferência na figura 14) de acordo com o método SAW e coordenadas do triângulo (valor ambiental, valor social, valor econômico), com valores apresentados na Tabela 8. A variação dos critérios está representada pelo comprimento da linha preta nas circunferências na parte inferior da figura.

TABELA 8 - Triângulo de Sustentabilidade: Análise Comparativa para o ano de 2000

Resposta	Escore - SAW	Percentual relativo ao primeiro	Coordenadas		
			Ambiental	Social	Econômica
BME - ano 2000	0,7344	100%	0,73	0,16	1,00
BCU - ano 2000	0,5888	80%	0,84	0,05	1,00
BAJ - ano 2000	0,3272	44%	0,49	0,27	1,00

Fonte: Resultados do programa mDSS

Na Figura 14, há a representação do triângulo de sustentabilidade para a análise comparativa. Ao observá-la, constata-se que, apesar de a Bacia Metropolitana haver apresentado maior escore total, não está na melhor situação de equilíbrio das três dimensões de sustentabilidade. As Bacias Metropolitana (circunferência rosa) e do Curu (circunferência

verde) encontram-se próximas ao vértice ambiental (*environmental*), mas a do Alto Jaguaribe (circunferência amarela) encontra-se próximo ao centro do triângulo, ou seja, está perto do equilíbrio entre as dimensões. Observa-se claramente que não há sustentabilidade, evidenciando que os diversos usos da água exercem pressões que precisam ser avaliadas.

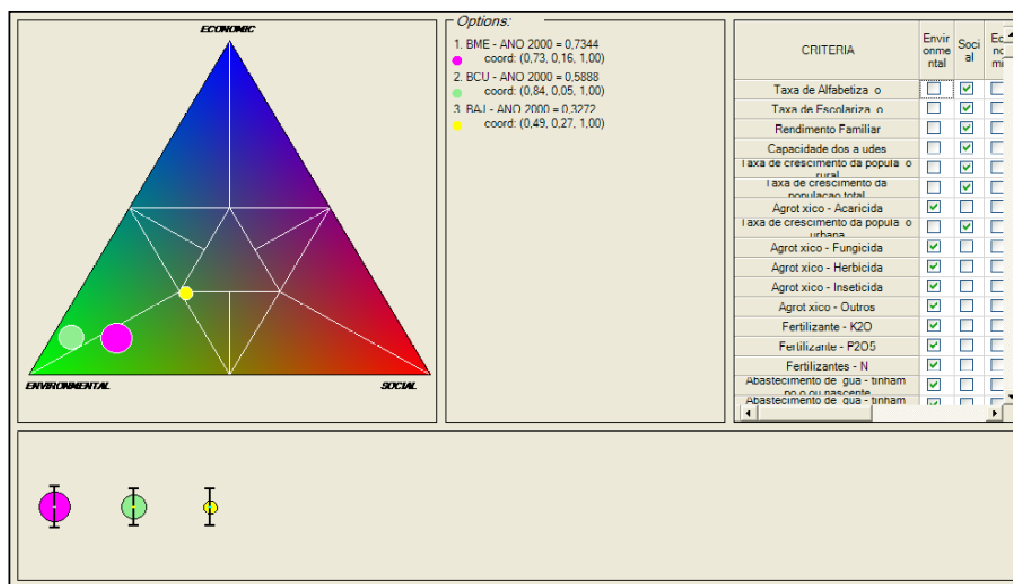


FIGURA 14 - Triângulo de Sustentabilidade para a Análise Comparativa
Fonte: Extraído do programa mDSS.

O fato de a Bacia do Alto Jaguaribe apresentar melhor equilíbrio das dimensões dentre as três bacias selecionadas ocorre, pois, esta, quando na análise dos valores de seus indicadores, observa-se que em sua maioria estes são intermediários, ou seja, não apresenta situações extremas quando da aplicação das relações de custo ou benefício para a normalização dos valores.

6.2. Análise Estático-Comparativa de cada Bacia

A análise estático-comparativa compreende a comparação de uma mesma bacia hidrográfica entre a situação real em 2000 e a posição com os valores projetados e divulgados recentemente para o ano de 2007, exceto para os indicadores de demandas de água, que são as projeções para 2010, segundo cada Plano de Gerenciamento de Bacia. Considerando que as posições dos indicadores de 2007 não se alterariam até 2010, estes foram combinados com a demanda projetada para 2010, cenário de comparação com 2000.

Para a realização desta análise, foram obedecidos as mesmas etapas, métodos e conceitos definidos na análise comparativa das bacias feita na seção 6.1.

6.2.1. Fase conceitual: identificação da causas e exploração do problema

Da mesma maneira como expresso na análise anterior, foram definidos os indicadores de acordo com suas funções e, em seguida, elaboradas suas relações de causa e efeito, segundo a Figura 15. Esta figura, apesar de se referir à Bacia do Alto Jaguaribe, representa de forma genérica as Bacias do Curu e Metropolitana, visto que os indicadores e relações empregadas são os mesmos.

Também foi criado o catálogo de *Response* (respostas) para cada bacia, da seguinte forma: BAJ - cenário 2000 e BAJ - cenário 2010, para a Bacia do Alto Jaguaribe; BCU - cenário 2000 e BCU - cenário 2010, para a do Curu; e, BME - cenário 2000 e BME - cenário 2010, para a Metropolitana.

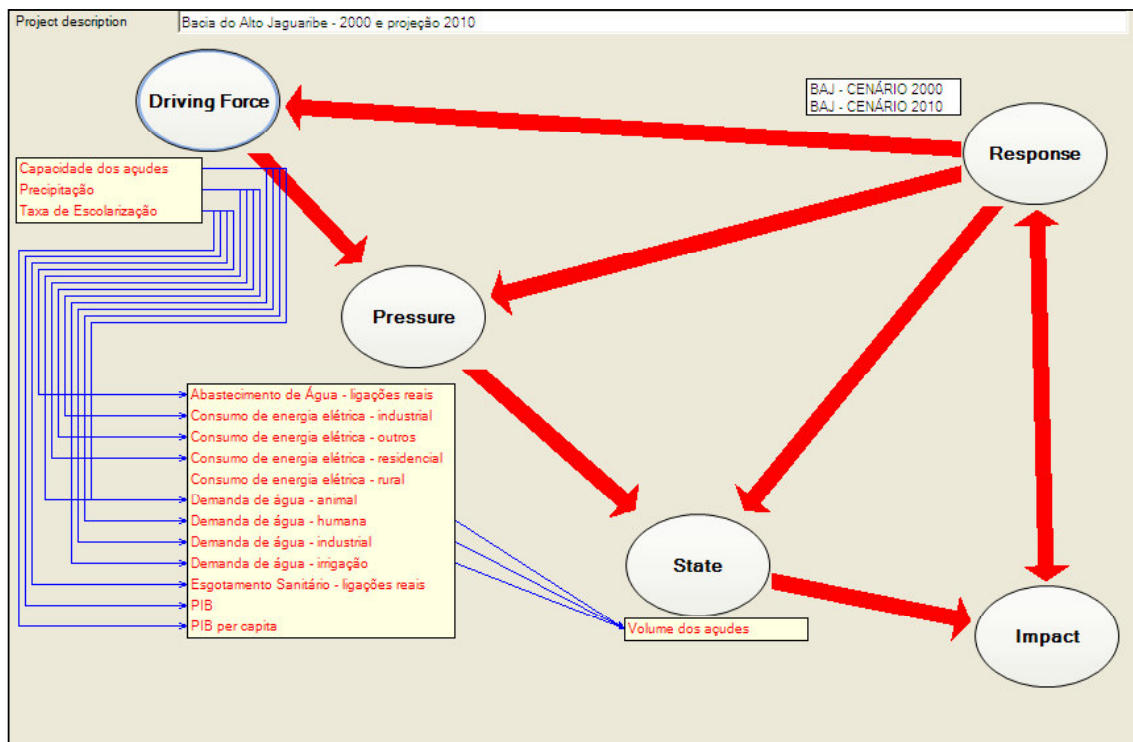


FIGURA 15 - Fase Conceitual *software* mDSS (Modelo DPSIR) – Análise estático-comparativa

Fonte: Extraído do programa mDSS.

6.2.2. Fase de formulação de soluções: definir opções e simular

Nesta fase, os valores dos indicadores foram registrados na matriz de análise (MA) para os anos de 2000 e 2010, segundo os valores constantes nas Tabela 9 a 11, para as Bacias do Alto Jaguaribe, do Curu e Metropolitana, respectivamente. Foram obedecidas as

mesmas considerações indicadas no item 6.2.1 sobre a obtenção dos valores e os dados de origem.

TABELA 9 - Indicadores para a Bacia do Alto Jaguaribe – Análise estático-comparativa

Dimensão	Compartimento	Indicadores					Valores - Bacia Hidrográfica		
		Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Função	2000	2010
Social	Educação	Taxa de Escolarização		TE	Expressa o nível de escolarização da população infantil e juvenil.	%	Driving Force / Response	61,73	64,20
	Fisiografia - Recursos Naturais	Volume dos açudes		Vol	Expressa a quantidade de água disponível em um dado período num determinado território.	mil m³	State	1.270.144,03	2.655.650,00
		Capacidade dos açudes		Cap	Expressa a reservação implantada de água num determinado território.		Driving Force / Response	2.573.723,00	2.575.493,00
Ambiental	Saneamento	Abastecimento de Água	Ligações Reais	Lra	Expressa o número de ligações de água existentes.	Unidade	Response	41.126,00	51.493,00
		Esgotamento Sanitário	Ligações Reais	Lre	Expressa o número de ligações de esgoto existentes.	Unidade	Response	233,00	382,00
	Precipitação	Precipitação		p	Expressa a precipitação pluviométrica ocorrida em um território num período de tempo.	mm	Driving Force	874,13	765,85
Econômica	Estrutura Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado		PIB	Expressa o valor da produção de todos os bens e serviços finais de uma economia.	R\$ mil	Pressure	797.652,42	1.081.718,97
		Produto Interno Bruto per capita a preços de mercado		PIB per capita	Expressa o nível médio de renda da população em um território.	R\$		1.386,25	1.903,16
	Padrões de produção e consumo	Consumo de energia elétrica	Residencial	Cre	Expressa o consumo final de energia elétrica para cada classe de consumo (residencial, rural, industrial, outros) em um determinado território.	MWh	Pressure	65.733,36	84.046,85
			Rural	Cru				24.884,84	37.318,33
			Industrial	Ci				13.806,42	16.102,39
			Outros	Co				156.885,66	60.251,12
		Demanda de água	Humana	Dh	Expressa a demanda anual de água necessária para cada tipo de consumo (humano, animal, irrigação e industrial) em um determinado território.	l/s	Pressure / Response	298,23	366,24
			Animal	Da				-	-
			Irrigação	Dir				1.197,59	1.922,87
			Industrial	Din				104,72	133,03

Fonte: Elaborado pelo Autor. Dados conforme a coluna Base de Cálculo dos Quadros 6 a 9.

Em se tratando da Bacia do Alto Jaguaribe (Tabela 9), destaca-se o fato de que houve um bom incremento no volume dos açudes principais, apesar da redução da média de precipitação. De maneira geral, observa-se redução do consumo de energia, principalmente nos consumidores tidos como Outros, ou seja, comercial, poderes públicos, iluminação

pública, serviços públicos e da concessionária de energia. Sob os aspectos da demanda de água, o maior acréscimo foi na demanda humana.

TABELA 10 - Indicadores para a Bacia do Curu – Análise estático-comparativa

Dimensão	Compartimento	Indicadores					Valores - Bacia Hidrográfica		
		Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Função	2000	2010
Social	Educação	Taxa de Escolarização		TE	Expressa o nível de escolarização da população infantil e juvenil.	%	Driving Force / Response	68,52	69,49
	Fisiografia - Recursos Naturais	Volume dos açudes		Vol	Expressa a quantidade de água disponível em um dado período num determinado território.	mil m³	State	256.253,63	826.730,00
		Capacidade dos açudes		Cap	Expressa a reservação implantada de água num determinado território.		Driving Force / Response	1.063.345,02	1.325.344,00
Ambiental	Saneamento	Abastecimento de Água	Ligações Reais	Lra	Expressa o número de ligações de água existentes.	Unidade	Response	50.217,00	62.333,00
		Esgotamento Sanitário	Ligações Reais	Lre	Expressa o número de ligações de esgoto existentes.	Unidade	Response	2.920,00	7.422,00
	Precipitação	Precipitação		p	Expressa a precipitação pluviométrica ocorrida em um território num período de tempo.	mm	Driving Force	1.016,71	1.048,64
Econômica	Estrutura Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado		PIB	Expressa o valor da produção de todos os bens e serviços finais de uma economia.	R\$ mil	Pressure	522.844,51	717.116,77
		Produto Interno Bruto per capita a preços de mercado		PIB per capita	Expressa o nível médio de renda da população em um território.	R\$		1.635,81	2.370,69
	Padrões de produção e consumo	Consumo de energia elétrica	Residencial	Cre	Expressa o consumo final de energia elétrica para cada classe de consumo (residencial, rural, industrial, outros) em um determinado território.	MWh	Pressure	38.085,67	51.729,70
			Rural	Cru				22.625,29	36.718,78
			Industrial	Ci				6.688,73	8.190,86
			Outros	Co				24.309,65	36.658,92
		Demanda de água	Humana	Dh	Expressa a demanda anual de água necessária para cada tipo de consumo (humano, animal, irrigação e industrial) em um determinado território.	l/s	Pressure / Response	454,75	582,16
			Animal	Da				128,08	143,26
			Irrigação	Dir				5.986,81	5.986,81
			Industrial	Din				170,69	236,49

Fonte: Elaborado pelo Autor. Dados conforme a coluna Base de Cálculo dos Quadros 6 a 9.

Já, quando se retrata a Bacia do Curu (Tabela 10) há um incremento em todos os valores dos indicadores, o que indica provável crescimento da região principalmente pelo PIB e pelo PIB per capita, este último com cerca de 45% de aumento.

TABELA 11 - Indicadores para a Bacia Metropolitana – Análise estático-comparativa

Dimensão	Compartimento	Indicadores					Valores - Bacia Hidrográfica		
		Denominação		Sigla	Descrição	Unidade	Função	2000	2010
Social	Educação	Taxa de Escolarização		TE	Expressa o nível de escolarização da população infantil e juvenil.	%	Driving Force / Response	69,07	68,50
	Fisiografia - Recursos Naturais	Volume dos açudes		Vol	Expresa a quantidade de água disponível em um dado período num determinado território.	mil m³	State	560.167,64	978.688,00
		Capacidade dos açudes		Cap	Expressa a reservaçã implantada de água num determinado território.		Driving Force / Response	1.089.674,00	1.325.344,00
Ambiental	Saneamento	Abastecimento de Água	Ligações Reais	Lra	Expressa o número de ligações de água existentes.	Unidade	Response	635.791,00	761.169,00
		Esgotamento Sanitário	Ligações Reais	Lre	Expressa o número de ligações de esgoto existentes.	Unidade	Response	259.880,00	318.556,00
	Precipitação	Precipitação		p	Expressa a precipitação pluviométrica ocorrida em um território num período de tempo.	mm	Driving Force	1.246,71	1.112,59
Econômica	Estrutura Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado		PIB	Expressa o valor da produção de todos os bens e serviços finais de uma economia.	R\$ mil	Pressure	13.778.604,53	22.476.277,12
		Produto Interno Bruto per capita a preços de mercado		PIB per capita	Expressa o nível médio de renda da população em um território.	R\$		2.740,13	3.551,34
	Padrões de produção e consumo	Consumo de energia elétrica	Residencial	Cre	Expressa o consumo final de energia elétrica para cada classe de consumo (residencial, rural, ndustrial, outros) em um determinado território.	MWh	Pressure	1.166.063,68	1.395.052,80
			Rural	Cru				66.801,96	101.470,06
			Industrial	Ci				1.264.623,19	1.074.354,48
			Outros	Co				1.219.109,65	1.505.193,70
		Demanda de água	Humana	Dh	Expressa a demanda anual de água necessária para cada tipo de consumo (humano, animal, irrigação e industrial) em um determinado território.	l/s	Pressure / Response	7.301,30	8.829,60
			Animal	Da				206,08	263,68
			Irrigação	Dir				647,00	4.329,00
			Industrial	Din				6.085,09	9.947,84

Fonte: Elaborado pelo Autor. Dados conforme a coluna Base de Cálculo dos Quadros 6 a 9.

A situação apresentada pela Bacia Metropolitana (Tabela 11) repete o quadro da Bacia do Curu, ou seja, houve incremento nos valores dos indicadores, exceto pela redução na precipitação.

Nesta fase, foram alimentados os valores dos indicadores de acordo com cada cenário e gerada a matriz de avaliação (EM), conforme Quadro 11, obtida pela relação de benefício ou de custo, ou seja, quando o maior resultado é favorável para o decisor, este

apresenta uma relação de benefício, contudo, quando o menor valor é melhor para o decisor, neste será aplicada a relação de custo.

Dimensão	Indicadores	
	Relação de Benefício	Relação de Custo
Social	Taxa de Escolarização Volume dos Açudes Capacidade dos Açudes	
Ambiental	Abastecimento de água – ligações reais Esgotamento sanitário – ligações reais Precipitação	
Econômica	Produto Interno Bruto a preços de mercado Produto Interno Bruto per capita a preços de mercado Demanda de água – humana Demanda de água – animal Demanda de água – industrial Demanda de água – irrigação	Consumo de energia elétrica – residencial Consumo de energia elétrica – rural Consumo de energia elétrica – industrial Consumo de energia elétrica – outros

QUADRO 11 - Relações utilizadas para normalizar os indicadores da Análise estático-comparativa

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O peso aplicado para cada indicador foi o mesmo e o algoritmo selecionado para a obtenção das respostas foi o *Simple additive weighting* (SAW), da mesma maneira que na análise comparativa.

Para a Bacia do Alto Jaguaribe, os escores obtidos foram 0,72, para 2010 e 0,28, para 2000 e os percentuais foram 100% e 38%, respectivamente, indicando mudança substancial no indicador de sustentabilidade. Seu triângulo de sustentabilidade está representado na Figura 16, onde 2010 (circunferência rosa) apresenta melhor situação de equilíbrio de sustentabilidade do que 2000 (circunferência verde). Suas coordenadas de acordo com as dimensões são apresentadas na Tabela 12.

TABELA 12 - Triângulo de Sustentabilidade - Bacia do Alto Jaguaribe: Análise Estático-Comparativa

Resposta	Score - SAW	Percentual relativo ao primeiro	Coordenadas		
			Ambiental	Social	Econômica
BAJ - cenário 2010	0,72	100%	0,19	0,22	1,00
BAJ - cenário 2000	0,28	38%	0,25	0,00	1,00

Fonte: Resultados do programa mDSS

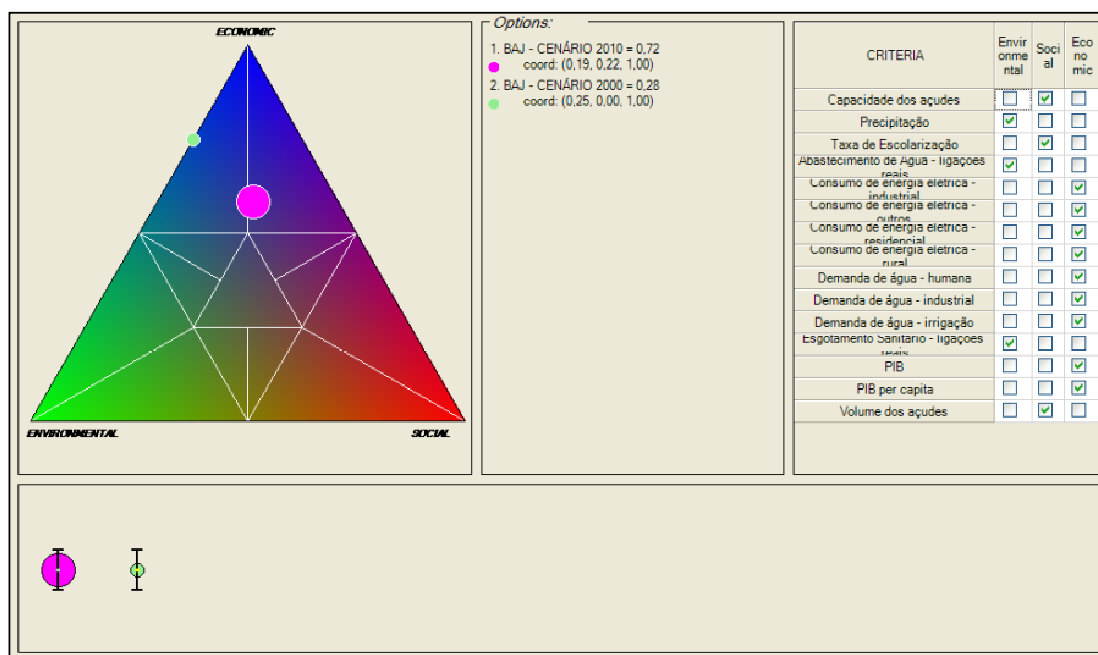


FIGURA 16 - Triângulo de Sustentabilidade - Bacia do Alto Jaguaribe (Análise estático-comparativa)

Fonte: Extraído do programa mDSS.

O fato de a Bacia do Alto Jaguaribe em 2010 apresentar melhor equilíbrio das dimensões em relação a 2000 decorre de BAJ - posição 2000 não haver benefício na dimensão social e BAJ – cenário 2010 apresentar os melhores valores quando na análise das relações de custo ou benefício para a normalização dos valores.

Para a Bacia do Curu, os escores obtidos foram 0,72, para 2010 e 0,28, para 2000 e os percentuais foram 100% e 38%, respectivamente. Seu triângulo de sustentabilidade está representado na Figura 17, onde 2010 (circunferência rosa) apresenta melhor situação de equilíbrio de sustentabilidade do que 2000 (circunferência verde). Suas coordenadas de acordo com as dimensões são apresentadas na Tabela 13.

TABELA 13 - Triângulo de Sustentabilidade - Bacia do Curu: Análise Estático-Comparativa

Resposta	Escore - SAW	Percentual relativo ao primeiro	Coordenadas		
			Ambiental	Social	Econômica
BCU - cenário 2010	0,72	100%	0,29	0,22	1,00
BCU - cenário 2000	0,28	38%	0,00	0,00	1,00

Fonte: Resultados do programa mDSS

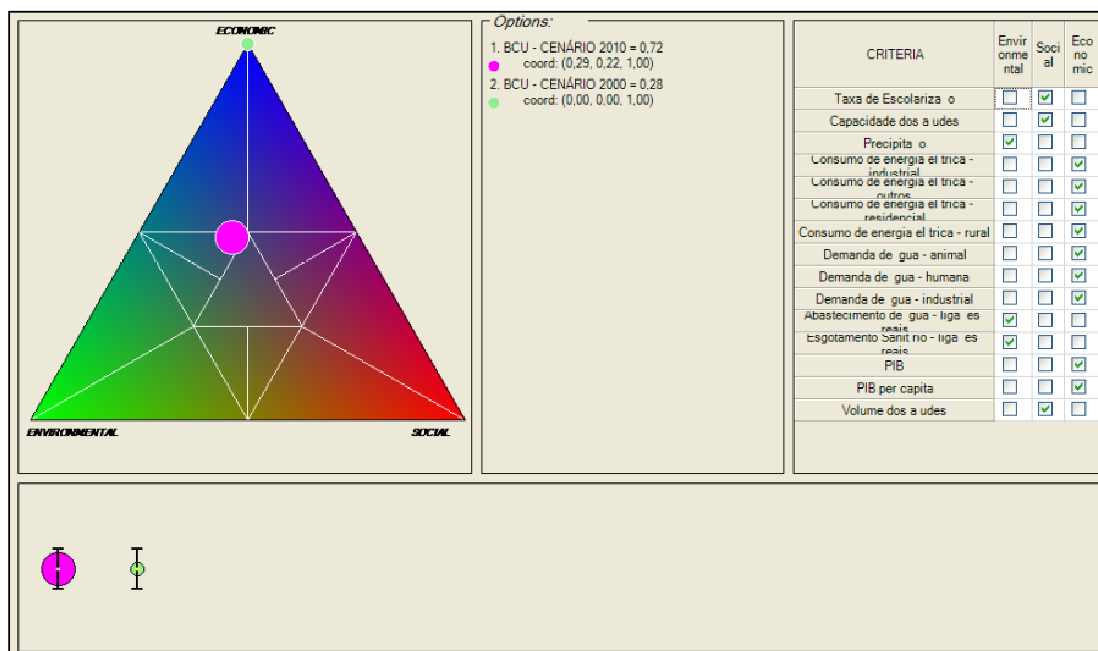


FIGURA 17 - Triângulo de Sustentabilidade para a Bacia do Curu (Análise estático-comparativa)

Fonte: Extraído do programa mDSS.

O fato de a Bacia do Curu em 2010 apresentar um melhor equilíbrio das dimensões em relação a 2000 decorre de BCU - posição 2000 não haver benefício nas dimensões social e ambiental.

Para a Bacia Metropolitana, os escores obtidos foram 0,70, para 2010 e 0,30, para 2000, e os percentuais foram 100% e 42%, respectivamente. Seu triângulo de sustentabilidade está representado na Figura 18, onde 2010 (circunferência rosa) apresenta melhor situação de equilíbrio de sustentabilidade do que 2000 (circunferência verde). Suas coordenadas de acordo com as dimensões são apresentadas na Tabela 14.

TABELA 14 - Triângulo de Sustentabilidade - Bacia Metropolitana: Análise Estático-Comparativa

Resposta	Escore - SAW	Percentual relativo ao primeiro	Coordenadas		
			Ambiental	Social	Econômica
BME - cenário 2010	0,70	100%	0,20	0,10	1,00
BME - cenário 2000	0,30	42%	0,23	0,07	1,00

Fonte: Resultados do programa mDSS

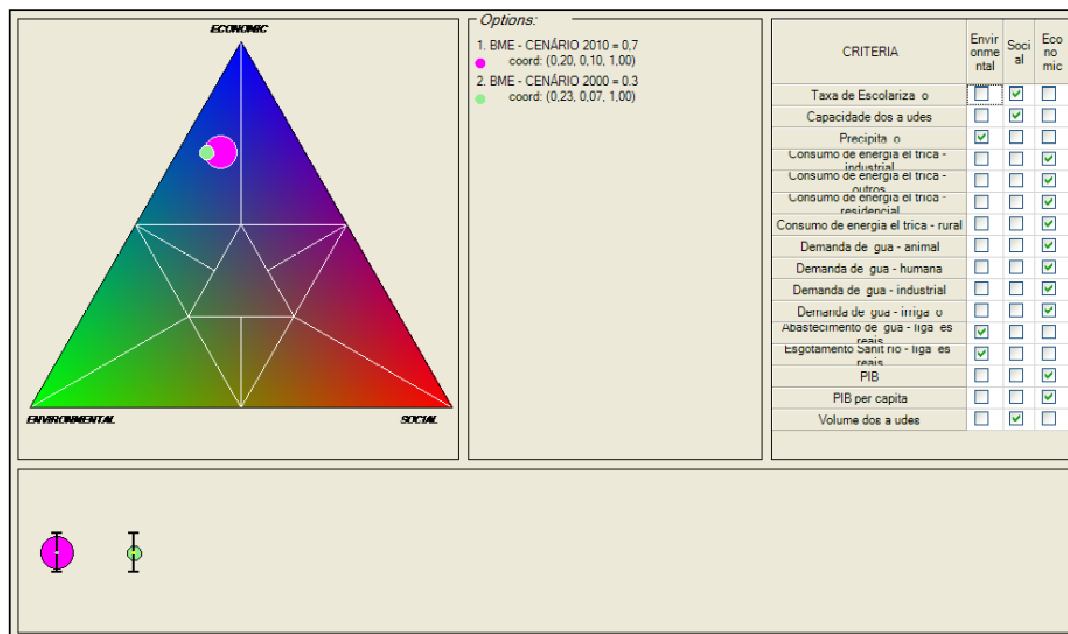


FIGURA 18 - Triângulo de Sustentabilidade para a Bacia Metropolitana (Análise estático-comparativa)

Fonte: Extraído do programa mDSS.

O fato de a Bacia Metropolitana apresentar equilíbrio similar das dimensões de sustentabilidade para BME - posição 2000 e BME – cenário 2010 advém dos indicadores, após a aplicação da matriz de avaliação, se balancearem entre as relações de custo e benefício, deixando a compreensão de que a realidade está estável. O principal desvio encontrado é referente à distância em relação ao vértice social provavelmente ocorrido pelo desequilíbrio existente na Região Metropolitana de Fortaleza inserida nesta Bacia.

Em relação às políticas públicas para as bacias hidrográficas, cada uma possui seu Plano de Gerenciamento de Bacia, conforme recomendam as legislações federal e estadual; e dentro destes há um programa de ações, onde são definidas as principais ações a serem implantadas na Bacia para atender as demandas atuais e futuras por água.

Observa-se, porém, que estes programas estão voltados para ações de equilíbrio oferta-demanda, ou seja, construção de açudes e ou adutoras; controle dos poços; e recuperação de infra-estrutura. As ações que se destacam são a necessidade de monitoramento da qualidade da água e da implantação de re-úso. A primeira, como é observado ao longo deste trabalho, ainda é incipiente, em razão da dificuldade de obter informações contínuas e consistentes. A segunda, um pouco recente no Brasil, engloba não somente a parte de

utilização deste artifício com base no conhecimento científico, mas também uma mudança de cultura da população, maior resistente para o desenrolar desta ferramenta.

Apesar destes estudos serem multidisciplinares, estão muito ligados à área de Engenharia, com foco na infra-estrutura e na qualidade da água. Uma maneira de torná-lo mais abrangente é incorporar ações relacionadas com educação, trabalho e renda, pois, para garantir a sustentabilidade das bacias hidrográficas, a qualidade de vida da população também precisa ser melhorada.

Finalizando, constata-se que os Planos de Gerenciamento de Bacias realmente não demonstram preocupação com as três dimensões - social, ambiental e econômica - do desenvolvimento sustentável de forma equitativa, sendo necessário definir o seu papel, quando se trata de sustentabilidade.

6.3. Fase de Escolha: Análise da Decisão Multicritério

O *software* disponibiliza este recurso para a análise da melhor solução a adotar, ponderando todos os decisores envolvidos no processo, porém, neste estudo, todos os indicadores foram considerados com o mesmo grau de relevância ao aplicar-lhes os mesmos pesos.

Diante deste fato, pode-se concluir que as decisões adotadas no âmbito das três bacias hidrográficas estão tornando as bacias mais sustentáveis, apesar da ocorrência de desequilíbrio entre as três dimensões, principalmente, na Bacia Metropolitana; ou seja, a situação proposta para 2010 é a melhor decisão em todos os casos. De posse desta informação, pode-se verificar quais seriam os valores ideais para a sustentabilidade com equilíbrio perfeito das três dimensões.

O modelo DPSIR, por intermédio dos indicadores propostos nesta dissertação, mostrou-se fundamental para a análise de sustentabilidade das bacias hidrográficas, principalmente com o suporte do programa mDSS. Deve-se buscar, no entanto, maior qualidade nas informações, principalmente as ambientais, para que, na análise por modelagem, a realidade seja mais bem retratada.

7. CONCLUSÃO

Em face do questionamento a respeito da sustentabilidade nas bacias hidrográficas do Estado do Ceará, foi necessário avaliar as três dimensões (social, ambiental e econômica), utilizando como ferramentas a definição de indicadores e do modelo de sustentabilidade, a elaboração de cortes analíticos e a aplicação do software *MULINO Decision Suport System* (mDSS).

O modelo DPSIR, considerado uma evolução de uma família de modelos iniciada com a relação pressão-estado-resposta, foi empregado neste estudo e revelou o problema da sustentabilidade das bacias hidrográficas com base no seguinte delineamento: as forças motrizes (*driving force*) representam as atividades humanas que ocasionam pressões (*pressure*) sobre o meio ambiente, como poluição e escassez dos recursos naturais, que alteram o estado (*state*) do meio ambiente; estas alterações no meio causam um impacto (*impact*) na qualidade de vida da sociedade e do ecossistema. Diante desta situação, o poder público e a sociedade devem dar uma resposta (*response*) para corrigir o impacto.

Foram definidos 22 indicadores de sustentabilidade, dos quais 8 (oito) apresentam subdivisões para melhor compreensão do problema, distribuídos da seguinte forma: 6 (seis) na dimensão social; 12 (doze) na ambiental e 4 (quatro) na econômica. O maior empecilho para o desenvolvimento de indicadores foi a pouca disponibilidade de dados confiáveis, que permitissem retratar melhor a realidade dos fatos nas bacias hidrográficas.

Na avaliação da sustentabilidade das bacias hidrográficas da amostra, foram empregados dois critérios de corte analítico: o primeiro foi uma análise comparativa das bacias para o ano 2000 e o segundo uma análise estático-comparativa entre uma base real, representada pelo ano 2000 e outra projetada, referente ao ano 2010.

Em relação ao mDSS, este mostrou-se “amigável” e de fácil manipulação. Possui abertura para ser alimentado com os indicadores convenientes para o caso em estudo, porém um limite encontrado foi o de que um indicador de Estado só pode se interligar até no máximo três indicadores de pressão, o que pode prejudicar a relação de causa e efeito, mas isto é contornável, quando se selecionam os indicadores mais representativos para a modelagem.

Mediante os resultados encontrados, pode-se observar que os indicadores propostos, com base no modelo DPSIR, auxiliam na análise da sustentabilidade das bacias

hidrográficas do Ceará, principalmente com o apoio de um *software* de tomada de decisão como o mDSS utilizado.

Na análise comparativa constatou-se que, apesar de a Bacia Metropolitana apresentar a melhor pontuação em termos da análise multicritério para a sustentabilidade, a Bacia do Alto Jaguaribe aproximou-se mais do equilíbrio entre as três dimensões de sustentabilidade. Na análise estático-comparativa, tanto a Bacia do Alto Jaguaribe quanto a do Curu apresentam perspectivas melhores para o ano de 2010 em relação à sustentabilidade total e ao equilíbrio entre suas dimensões; já a Bacia Metropolitana, mesmo com a pontuação global prevista para 2010 superior à de 2000, seu equilíbrio entre as dimensões da sustentabilidade parece constante, com pouca mobilização ao longo do tempo.

Diante das análises realizadas, responde-se ao problema desta dissertação, ou seja, as políticas públicas do Estado do Ceará favorecem o equilíbrio entre as dimensões social, ambiental e econômica que formam o desenvolvimento sustentável no âmbito das bacias hidrográficas do referido Estado, apesar da reduzida escala apresentada.

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do modelo em única bacia hidrográfica para explorar as opiniões dos decisores, culminando em definição de pesos que retratem melhor as necessidades, disponível no *software* mDSS, no âmbito do Comitê das Bacias Hidrográficas. Também, com o estudo de caso, podem ser obtidos dados mais específicos para possibilitar o desenvolvimento de indicadores que reflitam as necessidades iminentes dos usuários locais. Outra sugestão é acompanhar ações locais fundamentadas no desenvolvimento sustentável e verificar seu real impacto na sustentabilidade na bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLEN, Hans Michael van. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Um Levantamento dos Principais Sistemas de Avaliação. In: Encontro da ANPAD, 26, 2002, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: EnAnpad, 2002.

BEZERRA, Débora Maria Rios. **Estudo comparativo das bacias hidrográficas do Estado do Ceará:** aspectos hídricos, agrícola e sócio-econômicos. Fortaleza, 1999. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Ceará.

BIDONE, E.D.; LACERDA, L.D. The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Environmental Change**. V.4, n.1, p. 5-16, march 2004.

BORJA, Ángel; et al. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p 84-96, 2006. Disponível em: <<http://www.monae.org/documents/borja%20dpsir%20WFD%20ECSS.pdf>>. Acesso em 09 de maio de 2006.

BORSOI, Zilda Maria Ferrão; TORRES, Solange Domingo Alencar. A política de recursos hídricos no Brasil. In: **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v.4, n.8, p.143-166, dez., 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>>. Acesso 09 de agosto de 2006.

BRASIL. **Constituição Federal**, de 5 de outubro de 1988.

BRASIL. **Decreto nº 24.643**, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 8.171**, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BUENO, Maria do Carmo Dias. **Utilização de redes de dependência e lógica nebulosa em Estudos de Avaliação Ambiental**. Rio de Janeiro, 2003. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.geomatica.eng.uerj.br/teses/tese_mcarmo.pdf>. Acesso em 18 de junho de 2006.

CARVALHO, Marcio A. Uma Introdução à Análise de Políticas Públicas: Análise Custo-Benefício, Árvores de Decisão e Modelos de Multiatributos. In: Encontro da ANPAD, 29, 2005, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília: EnAnpad, 2005.

CEARÁ. Constituição (1989). **Constituição do Estado do Ceará**. Fortaleza: Assembléia Legislativa do Ceará, 1989.

CEARÁ. **Decreto nº 22.485**, de 20 de abril de 1993. Aprova o Regulamento da Secretaria dos Recursos Hídricos e dá outras providências.

CEARÁ. **Lei nº 11.306**, de 01 de abril de 1987. Dispõe sobre a extinção, transformação e criação de Secretarias de Estado e cria cargos de Subsecretário e dá outras providências.

CEARÁ. **Lei nº 11.380**, de 15 de dezembro de 1987. Cria a Superintendência de Obras Hidráulicas, define a sua estrutura e dá outras providências.

CEARÁ. **Lei nº 11.996**, de 24 de julho de 1992. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências.

CEARÁ. **Lei nº 12.217**, de 18 de novembro de 1993. Cria a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH e dá outras providências.

CEARÁ. **Lei nº 12.245**, de 30 de dezembro de 1993. Dispõe sobre o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNORH, revoga os Arts. 17 e 22 da Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, e dá outras providências.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pámela S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CUNHA, Flávio Luiz Silva Jorge da. O uso de indicadores de sustentabilidade na avaliação dos impactos das atividades econômicas e na tomada de decisões. In: **Encontro de Economia Paranaense**, 1, 2002, Maringá. Disponível em: <<http://www.uel.br/cesa/ecopar/1ecopar/art1eco013.pdf>>. Acesso em 18 de junho de 2006.

ENGESOFT – ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C Ltda. **Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe**. Fortaleza: ENGESOFT, 2001. 17 volumes.

FEÁS, J.; GIUPPONI, C.; ROSATO, P. **Water Management, Public Participation and Decision Support Systems: the MULINO Approach**. Disponível em: <<http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/dss2/jacowate.pdf>>. Acesso em 09 de maio de 2006.

FONDAZIONE ENI ENRICO MATTEI. mDSS4 user's guide. Venice: Fondazione Eni Enrico Mattei, 2006.

FONDAZIONE ENI ENRICO MATTEI. mDSS4 version 4.1. Venice: Fondazione Eni Enrico Mattei, 2006. Disponível em: <<http://www.feem.it/mulino>>. Acesso em: 21 de abril de 2007.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável (CIDS). Escola Brasileira de Administração Pública (EBAP). Projeto Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/estudos/doc/indicad.pdf>>. Acesso: 18 de junho de 2006.

FLORES, Rafael Kruter, MISOCZKY, Maria Ceci. Participação no gerenciamento de bacia hidrográfica: o caso do Comitê Lago Guaíba. In: Encontro da ANPAD, 28, 2004, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: EnAnpad, 2004.

FREITAS, Carlos Geraldo Luz de (coordenador). **Habitação e Meio Ambiente**: uma abordagem integrada em empreendimentos de interesse social. 2000. Disponível em: <<http://www.habitare.infohab.org.br/habitare.htm>>. Acesso em: 27 de junho de 2003.

GIUPPONI, C.; MYSIAK, J.; FASSIO, A. **mDSS user's guide**. Venice: Fondazione Eni Enrico Mattei, 2003.

GIUPPONI, Carlo. From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process. In: MULINO Conference on **European policy and tools for sustainable water management**, Venice (Italy), 2002. Disponível em: <<http://siti.feem.it/mulino/dissemin/intcom/giuppon.pdf>>. Acesso em 09 de maio de 2006.

GOMES, Jésus de Lisboa; BARBIERI, José Carlos. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no estado de São Paulo: Um Novo Modelo de Política Pública. In: Encontro da ANPAD, 26, 2002, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: EnAnpad, 2002.

IBGE. **Censo Demográfico 2000** – Agregados por setores censitários dos resultados do universo. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo>>. Acesso em: 05 de abril de 2007.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2002. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 de abril de 2007.

IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará 2006**. Fortaleza: IPECE, 2007. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario2006/>>. Acesso em: 09 de março de 2007.

IPLANCE. **Anuário Estatístico do Ceará 2001**. Fortaleza: IPLANCE, 2002.

IPLANCE. **Anuário Estatístico do Ceará 2002-2003**. Fortaleza: IPLANCE, 2004. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario_2003/index.html>. Acesso em: 09 de março de 2007.

JARDIM, Sergio Brião. **A cobrança eficiente pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água** : proposta de um modelo multicritério de gestão. Porto Alegre, 2003. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://sabix.ufrgs.br/ALEPH/CAXT4JFX3F9JVX47D86XMAAIGFVNR422SENBHCRQPHUUNICTS-09876/file/start-0>>. Acesso em 17 de agosto de 2006.

LANNA, Antonio Eduardo. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. In: MUÑOZ, H. Raul. **A inserção da gestão das águas na gestão ambiental**: Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2001, p. 75-109. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/parte2.pdf>>. Acesso em: 29 de março de 2003.

LAURA, Aquiles Arce. **Um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos-MISGERH** :o caso da bacia dos Sinos. Porto Alegre, 2004. 519 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://sabix.ufrgs.br/ALEPH/E2F19EVYH15Y56HK3HU6VVP7T2ALK63AQPE6J39B1C37YSEU85-05952/full-set/000004-999>>. Acesso em 16 de agosto de 2006.

LIMA, Maria do Carmo de; MUNHOZ, Tânia Maria Tonelli (coordenação). **Gestão dos Recursos Naturais**: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATURA, 2000.

MATZENAUER, Helena Barreto. **Uma metodologia multicritério construtivista de avaliação de alternativas para o planejamento de recursos hídricos de bacias hidrográficas**. Porto Alegre, 2003. 669 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://sabix.ufrgs.br/ALEPH/E2F19EVYH15Y56HK3HU6VVP7T2ALK63AQPE6J39B1C37YSEU85-05009/full-set/000007-999>>. Acesso em 16 de agosto de 2006.

MORTENSEN, Lars Fogh. **Measuring Sustainable Development Danish**. Environmental Protection Agency Copenhagen, Denmark. 1997. Disponível em: <<http://www.vista.gov.vn/TestEnglish/learn/Env.%20Planning/texts%20in%20English/P1Chap3.PDF>>. Acesso em 06 de maio de 2006.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

MYSIAK, J.; GIUPPONI, C.; FASSIO, A. **Decision Support for Water Resource Management**: An Application Example of the MULINO DSS. p. 138-143. Disponível em: <http://www.iemss.org/iemss2002/proceedings/pdf/volume%20uno/16_mysiak.pdf>. Acesso em 09 de maio de 2006.

MYSIAK, Jaroslav et al. **Beyond Developing a Decision Support System for Water Resources Management**. In: MULINO Conference, Venice.2002.

NIEMEIJER, David; GROOT, Rudolf S. de. Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. In: **Springer Science+Business Media B.V.** 2006 Environ Dev Sustain. 27 Feb. 2006. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/1141u5768552n671/?p=8c45b9f3fbec4c6cb113e2fa747fc1c2&pi=0>>. Acesso em 05 de novembro de 2006.

OLIVEIRA, R.E.S.; LIMA, M.M.C.L.; VIEIRA, J.M.P. An indicator system for surface water quality in river basins. In: **Inter-celtic colloquim on Hydrology and Management of Water Resources**, 4, Guimarães, 2005. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4638>>. Acesso em 06 de maio de 2006.

PEIXOTO FILHO, Aser Cortines; BONDAROVSKY, Sandra Helena. Água, bem econômico e de domínio público. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL “Água, bem mais precioso do milênio”**, Brasília, 2000. CEJ, Brasília, n. 12, p. 13-16, set./dez. 2000. Disponível em: <<http://www.gf.gov.br>>. Acesso em: 25 de junho de 2006.

PINHEIRO, Daniel Rodriguez de Carvalho. O desenvolvimento sustentável (DS): indicadores de sustentabilidade. In: **Revista de Humanidades**, volume 19, número 2, jul/dez de 2004. p. 92-99.

PIRRONE, N.; et al. The Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) approach for integrated catchment-coastal zone management: preliminary application to the Po catchment-Adriatic Sea coastal zone system. In: **Reg Environ Change**, 2005, v. 5, p. 111–137. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/v447r90jl1wh0430/>>. Acesso em 05 de novembro de 2006.

PIZAIA, Marcia Gonçalves et al. A Política Regulatória do Uso da Água: Estudo de Caso para o Estado do Paraná. In: Encontro da ANPAD, 27, 2003, Atibaia. **Anais eletrônicos...** Atibaia: EnAnpad, 2003.

PREUX, D.; et al Progress with the development of Eurowaternet-Emissions. In: **European Topic Centre on Water**. Internal report Final Draft. May 2004. Disponível em: <http://water.eionet.europa.eu/internal_reports/04-EWN-e_database_explanation_Final_Draft-v03.doc>. :Acesso em 06 de maio de 2006.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. In: **Estudos Avançados**. V. 11, n. 29, p. 127-154, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v11n29/v11n29a07.pdf>>. Acesso 09 de agosto de 2006.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. ver. amp..São Paulo: Atlas, 1999. cap. 5, p. 70-89.

RUFINO, Rui César. **Avaliação da qualidade ambiental do Município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. Florianópolis, 2002. 123 p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/4095.pdf>>. Acesso em 03 de maio de 2006.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos. São Paulo: Atlas, 1977.

SANTOS, Maria Elisabete Pereira dos. As Águas como direito e como commodity - uma contradição em termos? In: Encontro da ANPAD, 25, 2001, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: EnAnpad, 2001.

SCARE, Roberto Fava; ZYLBERSZTAJN, Decio. Escassez de Água e Mudança Institucional: Análise da Regulação dos Recursos Hídricos nos Estados Brasileiros. In: Encontro da ANPAD, 28, 2004, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: EnAnpad, 2004.

SHS – NORDESTE Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. **Plano Diretor da Bacia do Curu**: revisão e análise dos estudos existentes. Fortaleza: SHS-NE, 1996. 3 volumes.

SILVA, Aderaldo de Souza; et al. Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. n. 22. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Jaguariúna, SP junho, 2004. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_22.pdf>. Acesso em 28 de junho de 2006.

SILVA, Elmo Rodrigues. **O curso da água na história**: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. Rio de Janeiro, 1998. 201 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Disponível em: <<http://www.cepis.ops-oms.org>>. Acesso em: 25 de junho de 2006.

SILVA, Ubirajara Patricio Alvares da. **Análise da importância da gestão participativa dos recursos hídricos no Ceará**: um estudo de caso. Fortaleza, 2004. 246 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará – UFC. Disponível em: <<http://www.prodema.ufc.br/dissertações/101.pdf>>. Acesso em: 28 de junho de 2006.

SOUZA, Roberto Sérgio Farias de. **Planejamento integrado de recursos no fornecimento de água tratada para o sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza**: proposta de metodologia. Florianópolis, 2003. 221p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/3670.pdf#search=%22%22bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20do%20cear%C3%A1%22%22>>. Acesso em 28 de junho de 2006.

TUCCI, Carlos E. (org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Coleção ABRH de Recursos Hídricos v.4, 2ª ed.. Ed. Universidade UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI, Carlos E. M; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. In: **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 357-370, 2003. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br>>. Acesso em 25 de junho de 2006.

TUCCI, Carlos E. M; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025.** Brasília, GWP, 2000. 145 p. Disponível em: <<http://www.unb.br>> Acesso em 25 de junho de 2006.

TURNES, Valério Alécio. **Sistema DELOS: indicadores para processos de desenvolvimento local sustentável.** Florianópolis, 2004. 237 pp. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://150.162.90.250/teses/pep54551.pdf>>. Acesso em 19 de junho de 2006.

VARGAS, Everton Vieira. O meio ambiente como tema de política externa. **Revista de economia e relações internacionais da FAAP.** v. 2, n. 4, 2004. Disponível em: <<http://www.faap.br/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2005.

VBA CONSULTORES S/C Ltda. **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas.** Fortaleza: VBA, 2001. 11 volumes.

WALMSLEY; Jay J. Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems. In: **Environmental Management**, v. 29, n. 2, pp. 195–206. 2002. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/v6jkn85h8lg1u7un/>>. Acesso em 05 de novembro de 2006.

WATER FRAMEWORK DIRECTIVE. **Guidance for the analysis of Pressures and Impacts In accordance with the Water Framework Directive.** Pressures and Impacts Analysis Final Version 5.3: 04 December 2002 Disponível em: <http://www.bipro.de/_prtr/documents/impress.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2006.

ANEXOS

**ANEXOS 1: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA OS RECURSOS
HÍDRICOS, PROPOSTA DA FGV**

Indicadores de Pressão	Indicadores de Estado	Indicadores de Impacto	Indicadores de Resposta
Extração anual de água subterrânea e superficial na bacia ou no principal manancial (km3)	Reservas de água doce superficiais e subterrâneas (km3)	Porcentagem dos corpos hídricos superficiais da bacia ou região com concentração de coliformes fecais acima dos padrões da OMS	Investimentos em esgotamento sanitário ,abastecimento de água, e coleta de lixo
Retirada anual de água, segundo os diferentes usos (%)	Área de drenagem da bacia (km2)	Número de amostras com coliformes totais acima dos padrões 1 - sistema coletivo e alternativo	Ampliação dos serviços de água, esgoto e coleta de lixo à população de baixa renda
Percentual anual de água subterrânea extraída, no total das reservas de águas avaliadas	Vazão média da bacia ou do principal manancial (m3/s)	Número de amostras com coliformes fecais acima dos padrões 1	Criação de novos mecanismos para o financiamento dos serviço de saneamento
Taxa de crescimento da população urbana e rural	Vazão específica da bacia ou do principal manancial (l/s/km2)	Número de amostras com cloro residual fora dos padrões1	Redução do desperdício de água , incluindo edição ou revisão de normas técnicas para sistemas de água e instalações hidráulicas em edificações
crescimento da população em áreas costeiras	Precipitação na bacia ou no principal manancial (mm/ano)	Dias impróprios para o banho nas praias , lagoas e rios (% de dias no ano)	Aumento da eficiência dos prestadores de serviços de saneamento (públicos e privados)
Consumo per capita de água nos centros urbanos (l/hab./dia)	Evaporação na bacia ou no principal manancial (mm/ano)	Coefficiente de incidência de cólera (casos /100 000 hab.)	Redução da morbi- mortalidade de cólera e de esquistossomose com repasse de financiamento para os estados e municípios PPI/ECD - FUNASA /CIB)
Consumo doméstico de água per capita (l/hab./dia)na área rural	População urbana e rural atendida pela rede de coleta de esgoto sanitário por tipo de coleta (%)	Proporção de prevalência de exames positivos de esquistossomose (%)	Tarifação da poluição
população não atendida por esgotamento sanitário	População atendida por tipo de abastecimento de água urbana e rural (%)	Notificações e óbitos por cólera diarreia, gastroenterite (de origem infecciosa), febre tifóide e paratifóide doenças diarreicas e infecciosas intestinais (casos/100 000hab)	Implementação de projetos ambientais em de nível bacia
Percentagem de formas de contaminação no principal manancial ou na bacia, por tipo de contaminação	Volume de esgoto in natura lançado nos corpos hídricos por tipo de corpo hídrico - praias, lagoas, rios, bacias (m3/dia)		Ampliação do serviço de tratamento esgoto gerado pela comunidade, com algum tipo de tratamento antes de ser lançado nos corpos hídricos
Percentagem dos resíduos sólidos destinados em lixões e aterros controlados na área da bacia ou da região	Volume de água distribuída segundo os tipos de tratamento		Adensamento da rede hidrológica
Percentagem dos domicílios sem água canalizada por classe de renda (%)	Percentagem do esgoto tratado no total de esgoto produzido segundo os tipos de tratamento (%)		Desenvolvimento de projetos de reuso doméstico da água
domicílios sem ligação à rede de esgoto ou fossa séptica, por classe de renda (%)	Destino do esgoto urbano e rural através da rede geral, segundo os tipos de tratamento do esgoto (%)		
População total , urbana e rural sem instalações sanitárias(%)	Percentagem dos resíduos sólidos destinados em aterros sanitários		
Pessoas na linha de pobreza - urbano e rural (%)	Domicílios com instalações sanitárias - urbano e rural (%)		
	Concentração de renda (Índice de Gini)		
	Número de amostras realizadas para vigilância da qualidade da água - sistema coletivo		
	Número de amostras realizadas para vigilância da qualidade da água - sistema alternativo		

QUADRO 12 - Indicadores de Sustentabilidade para os Recursos Hídricos - Força Motriz: Saneamento Básico
Fonte: FGV (2000).

Indicadores de Pressão	Indicadores de Estado	Indicadores de Impacto	Indicadores de Resposta
Extração anual de água subterrânea e superficial na bacia ou no principal manancial (km ³)	Reservas de água doce superficiais e subterrâneas (km ³)	Porcentagem da água requerida pela cultura em relação a água aplicada na irrigação (desperdício)	Adequação do volume de da água extraído à demanda efetiva da cultura
Percentual anual de água subterrânea extraída, no total das reservas de águas avaliadas	Área de drenagem da bacia ou do principal manancial (km ²)	Número de amostras com teor médio de sais acima do esperado na área da bacia ou da região (mg/l)	Proteção das fontes e dos mananciais na área da bacia ou da região
Taxa de crescimento da população rural	Vazão média da bacia ou do principal manancial (m ³ /s)	Diminuição da profundidade média dos principais rios da bacia ou da região	Criação de critérios para a concessão de outorgas , segundo as classes de uso dos corpos hídricos
Taxa de crescimento das áreas irrigadas na área da bacia ou da região (%)	Vazão específica da bacia ou do principal manancial (m ³ /h/m)	Número de amostras com aumento dos sedimentos em suspensão	Otimização das bombas elétricas e dos métodos de irrigação (aumento da eficiência do sistema)
Consumo per capita de água: total, urbano, rural (m ³ /hab/dia)	Precipitação na área da bacia ou no principal manancial (mm/ano)	Estimativa de perda de solo na área da bacia ou região 1	Implementação de projetos alternativos de combate à seca já desenvolvidos (EMBRAPA)
Demanda para outorga de uso da água em projetos de irrigação no total de outorgas (%)	Evaporação na área da bacia ou no principal manancial (mm/ano)	Taxa de perda de terras aráveis (ha/ano)	Regulamentação do uso da água segundo seus múltiplos usos
Extração anual de água para a irrigação derivada dos mananciais (mil m ³ /ano)	Frequência, duração e extensão dos períodos de carência hídrica	Diminuição da produção agrícola (%)	Criação de estímulos à utilização da irrigação localizada
Água derivada dos mananciais para irrigação por tipo de cultu-ra (m ³ /ha/ano)	Porcentagem da taxa de evapotranspiração potencial na área da bacia ou da região	Diminuição do valor da produção agrícola (%)	Densificação da rede hidrológica (área em km ² por estação) Investimentos em pesquisa e extensão agrícola
Áreas irrigadas segundo o método(superfície, aspersão convencional, pivô central localizada - %)	Tipo de estrutura geológica dos aquíferos	Número de amostras com concentração de oxigênio dissolvido na água fora dos padrões	Reflorestamento anual (ha)
No de poços/ano perfurados na área da bacia ou região	Vazão média dos poços perfurados na área da bacia ou região (m ³ /h)	Número de amostras com alteração do pH dos corpos hídricos da bacia ou da região	Aumento da orientação ao pequeno e médio agricultor (educação agrícola)
Água consumida pelos cultivos na área da bacia ou da região (mil m ³ / ano)	Profundidade média dos poços perfurados na área da bacia ou região (m)	Número de amostras com aumento da quantidade de matéria orgânica nos corpos hídricos da bacia ou da região	Ampliar a rede de saneamento básico à população rural e de baixa renda
Água consumida pelos cultivos na área da bacia ou da região (mil m ³ / ano)	DBO/OD nas águas da bacia ou da região, incluindo águas interiores e marinhas)	Número de amostras dos corpos hídricos da bacia ou da região, com bactérias e coliformes fecais acima dos padrões ²	Difusão das medidas de conservação ambiental no meio rural
Áreas aráveis, pastos plantados áreas cultivadas(%)		Proporção de mananciais contaminados com agrotóxicos	Redução do analfabetismo no meio rural
Porcentagem da área de culturas com uso de agrotóxicos no total das áreas		Porcentagem das notificações por agrotóxicos , no total dos agravos na área rural	Inclusão da educação ambiental e hábitos de higiene nos currículos escolares nas áreas rurais
Uso de fertilizantes na área da bacia ou região (t/ha)		Porcentagem das notificações de intoxicações por tipo de intoxicação na área rural	Ampliação do consumo de substâncias sem chumbo
Tipo e quantidade de agrotóxico utilizado por vetor		Número de amostras de água com concentrações críticas de metais pesados nos corpos d'água da bacia ou da região	Adoção de irrigação noturna (principalmente em áreas com carência hídrica)
Taxa de crescimento das terras aráveis		Rebaixamento do lençol freático na área da bacia ou da região	Redução do custo do kW/ha área rural, após o pôr do sol
Taxa de crescimento do no de tratores/ha		Concentração de agrotóxico por tipo, nas águas utilizadas para consumo humano	Ampliação da cobertura dos serviços de saneamento na zona rural
Tratores /ha, segundo o tamanho dos estabelecimentos			Preservação efetiva das áreas de formação dos mananciais (urbanas e rurais)
Taxa de desmatamento na área da bacia ou da região			Transporte da água para irrigação por tubulações , evitando a evaporação nos canais
Tamanho dos estabelecimen-tos segundo a condição do produtor (proprietário ,parceiro, meeiro, arrendatário)			Investimentos na difusão de biodigestores
Emissão de N e P na água e no solo (balanço nutritivo)			Incentivo à agricultura orgânica
N proveniente de adubos e da criação animal			
P proveniente de adubos e da criação animal			
Toneladas /mês de produtos agrícolas transportados por via fluvial, em relação ao total de carga transportada via terrestre, na área da bacia ou da região por tipo de embarcação			
Porcentagem da área cultivada no total da área			
Destino das embalagens de agrotóxicos (% por tipo de destino			
Proporção de analfabetos no total da população rural			

QUADRO 13 - Indicadores de Sustentabilidade para os Recursos Hídricos - Força Motriz: Agricultura
Fonte: FGV (2000).

Indicadores de Pressão	Indicadores de Estado	Indicadores de Impacto	Indicadores de Resposta
Extração anual de água subterrânea e superficial na bacia ou no principal manancial (km3)	Reservas exploráveis de água doce superficiais e subterrâneas (km3)	Concentração de metais pesados e compostos orgânicos presentes na drenagem e nas espécies vivas (mg/l e mg/kg)	Gerenciamento integrado das bacias - fortalecimento dos Comitês e Agências
Percentual anual de água subterrânea extraída, no total das reservas avaliadas	Área de drenagem da bacia ou do principal manancial (km2)	Concentração das precipitações ácidas	Melhoria dos mecanismos de fiscalização ambiental
Taxa de crescimento da população total, urbana e rural	Vazão média da bacia ou do principal manancial (m3/s)	Excesso de cargas críticas de pH na água e no solo	Densificação da rede hidrológica - ampliação do número de estações pluviométricas e fluviométricas
Fluxos migratórios	Vazão específica da bacia ou do principal manancial (m3/h/m)	Número de ocorrências de intoxicações causadas por concentração de substâncias tóxicas em alimentos	Adoção de tecnologias limpas nos processos industriais e cuidados especiais com a disposição dos rejeitos de minerações
Taxa de crescimento da indústria em relação às outras atividades	Precipitação na área da bacia ou no principal manancial (mm/ano)	Porcentagem dos corpos hídricos superficiais da bacia ou da região com concentração de coliformes fecais acima dos padrões da OMS	Mudanças dos teores de substâncias tóxicas nos processos de produção e nos produtos
Porcentagem do consumo industrial no consumo total de energia (kW/h)	Evaporação na área da bacia ou no principal manancial (mm/ano)	Número de amostras com coliformes totais acima dos padrões 1 - sistema coletivo e alternativo	Ampliar a capacidade dos dispositivos de SOx e Nox
Taxa de crescimento do valor da produção industrial por tipo de indústria	Oferta total de energia (kW/h)	Número de amostras com coliformes fecais acima dos padrões 1	
Taxa de crescimento da indústria em relação às outras atividades	Quantidade de carga de pH na água e no solo	Número de amostras com cloro residual fora dos padrões 1	
Porcentagem das indústrias por gênero industrial	Volume de esgoto in natura lançado nos corpos hídricos por tipo de corpo hídrico - praias, lagoas, rios, bacias (m3/dia)	Número de dias impróprios para o banho nas praias lagoas e rios	
Porcentagem do consumo de água da indústria pelo total de consumo	Volume de água distribuída segundo os tipos de tratamento (%)	Níveis de toxidez por Hg em amostras de água na bacia ou na região	
Porcentagem de efluentes lançados pelas indústrias nos corpos d'água, no total de efluentes na água	Porcentagem do esgoto tratado no total de esgoto produzido	Níveis de toxidez por Hg em peixes e outros alimentos por número de amostras	
Porcentagem do consumo de hidroeletricidade das indústrias no total do consumo de energia		Concentrações excessivas de Hg em amostras de água na rede de distribuição	
Consumo per capita de água: total, urbano e rural (m3/dia)		Quantidade de amostras com altas concentrações de Hg na água bruta	
Consumo per capita de energia (kW/dia)		Concentrações excessivas de Hg nos pontos de lançamentos de efluentes industriais	
Crescimento do PO2 na indústria no total do PO		Custos das indústrias com tratamento de água em relação aos custos de produção (%)	
Volume de efluentes mensalmente pelas nos corpos hídricos, de efluente (m3/ efluente/			
Volume de substâncias cas lançadas na drenagem tipo de substância indústria (m3/dia)			
População que consome sem nenhum tipo de diretamente dos mananciais (%)			
Volume de resíduos lançados na drenagem, de resíduo			
Porcentagem de substâncias acidificantes lançadas drenagem			
Emissões de NOx			
Emissões de Nox total das emissões			
Proporção ouro /mercúrio kg Au produzido bacia ou da região			
Porcentagem do na indústria			
Destino do esgoto rural através da rede segundo os tipos do esgoto(%)			
Domicílios sem instalações sanitárias - urbano			
Produção mensal tipo de mineração(garimpos)			
Porcentagem da consumida pelas indústrias por tipo de fonte			
Quantidade de Hg utilizado nos processo industriais por tipo de indústria (kg/mês)			

QUADRO 14 - Indicadores de Sustentabilidade para os Recursos Hídricos - Força Motriz: Indústria
Fonte: FGV (2000).