A BUSCA DE UMA SOLUÇÃO DE COMPROMISSO EM PROBLEMAS DE CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS UTILIZANDO UM MODELO DE ANÁLISE DE CONFLITOS - MACPROL

Valéria de Fátima Malta

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

_____
Prof. José Paulo Soares de Azevedo, Ph.D.

_____
Prof. Paulo Canedo de Magalhães, Ph.D.

_____
Prof. Flávio Cesar Borba Mascarenhas, D.Sc.

_____
Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Dr. ing.

_____
Prof. Delfim Soares Junior, D. Sc.

_____
Profª Yvonilde Dantas Pinto Medeiros, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
OUTUBRO DE 2006

Malta, Valéria de Fátima
A Busca de uma Solução de Compromisso em Problemas de Conflitos em Recursos Hídricos Utilizando um Modelo de Análise de Conflito – MACPROL [Rio de Janeiro] 2006
IX, 213 p. 29,7cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Civil, 2006)
Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE
1. Análise Multicritério
2. Análise de Conflitos
3. Conflito em Recursos Hídricos
4. Gerenciamento de Recursos Hídricos
5. Modelagem Multicritério
I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Dedico à memória de meus pais Joaquim Peres Malta e Léa Saber Malta

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus irmãos Suzete Maria Malta e Mário Luiz Saber Malta pelo incentivo e apoio durante o período de realização deste trabalho.

Aos meus sobrinhos, Lea Fernanda, Guilherme e Camila, pelos momentos de alegria e descontração.

Ao professor José Paulo Soares de Azevedo pela orientação dada a este trabalho, pelo incentivo, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

Ao professor Jorge Machado Damázio pela orientação dada a este trabalho até a qualificação ao Doutorado.

Ao amigo Jander Duarte Campos pela amizade e orientação dada a este trabalho.

Aos funcionários dos Laboratórios de Hidráulica Computacional e Hidrologia, que muito contribuíram no decorrer do curso.

Em especial aos funcionários do Laboratório de Traçadores, e ao Prof. João Roldão pela amizade e apoio logístico durante o período de elaboração deste trabalho.

Aos professores da Área de Recursos Hídricos, pelos ensinamentos.

Aos alunos de doutorado Wellington L. Assis Pereira e de iniciação científica Wesley Viana de Barros e ao Prof. Webe Mansur, pela grande ajuda prestada na programação do modelo MACPROL.

Aos amigos do Doutorado Alfredo Ribeiro, Jorge Prodanoff, Karen Amaral, Alexandre De Bonis, Fabrício Castro Alves e Marcelo Reis, pela amizade, cooperação e incentivo durante o curso e a elaboração deste trabalho.

Aos colegas de trabalho e amigos Paulo Valverde, Elizete Cordeiro, Ricardo Bastos e Henrique Pizzo, que muito contribuíram para a conclusão desta tese.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

A BUSCA DE UMA SOLUÇÃO DE COMPROMISSO EM PROBLEMAS DE CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS UTILIZANDO UM MODELO DE ANÁLISE DE CONFLITOS - MACPROL

Valéria de Fátima Malta

Outubro/2006

Orientador: José Paulo Soares de Azevedo

Programa: Engenharia Civil

Esta tese dá uma visão do panorama nacional e mundial sobre os aspectos gerais da gestão dos recursos hídricos, e discute os múltiplos usos da água e os conflitos gerados por estes usos. A partir da detecção destes conflitos surge a proposta de aplicação de um modelo para a negociação entre os vários decisores envolvidos no processo de tomada de decisão. O modelo utilizado nesta tese é na linha da modelagem CONSENSUS, que em sua estrutura contempla apenas um decisor e vários grupos de pressão; além disso, o decisor atribui pesos aos diversos grupos de pressão de acordo com a importância destes grupos. O modelo utilizado nesta tese transforma os grupos de pressão em decisores do processo de tomada de decisão e cria um analista para conduzir o problema; os pesos neste novo modelo são atribuídos aos critérios. Nos conflitos relacionados ao uso de recursos hídricos esta nova abordagem deve possibilitar uma negociação entre os vários atores envolvidos. O modelo desenvolvido nesta tese, MACPROL (Modelo Multicritério de Análise de Conflitos, baseado na Programação Linear Multiobjetivo) foi aplicado em um conflito real, que é o conflito pela arrecadação e aplicação dos recursos da cobrança pelo uso da água da transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para a do rio Guandu, em uma simulação em que os Comitês de Bacia Hidrográfica, CEIVAP e CBH Guandu têm o poder de decidir qual a melhor forma de gestão dos recursos hídricos nestas bacias. Foram analisados alguns cenários, nos quais, se considera o governo do Estado do Rio de Janeiro como decisor em dois cenários simulados, confirmamos a situação existente hoje, entre os comitês.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

THE SEARCH OF A SOLUTION OF COMPROMISE IN PROBLEMS OF WATER RESOURCES CONFLICTS USING A CONFLICT ANALYSIS MODEL - MACPROL

Valéria de Fátima Malta

October/2006

Advisor: José Paulo Soares de Azevedo

Department: Civil Engineering

This thesis discusses the multiple uses of the water and the conflicts caused by for these uses, and gives a vision of the national and world view on the general aspects of the water resources management. From the observation of these conflicts arises the proposal of application of a model for the negotiation among the various involved decision makers invoved in the process of decision making in water resources. The model used in this thesis is in the line of modeling CONSENSUS, that in its structure contemplates only one decision maker some the pressure groups in addition, the decision maker could give weights to the several pressure groups in according to the importance of these groups. The model used in this thesis transforms the pressure groups, in decision makers and creates an analyst to lead the problem; the weights in this new model are given to the criteria. In the conflicts related to the use of water resources this new approach allowsa negotiation between the involved actors. The model developed in this thesis, called MACPROL (Multicriterion Model of Conflicts Analysis based on Multiobjetive Linear Programming), was applied in a real conflict, which is the conflict for the collection and application of the resources of the charging for the water transferredin the Paraíba do Sul basin to Guandu river basin. In a simulation where the river basins Committees, CEIVAP and CBH Guandu have the power to decide the best form of management of the water resources in these basins in one. Some scenarios have been simulated in which the government of Rio de Janeiro is considered as the decision maker, confirming the current situation betweem theses committees.

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução.....1

Capítulo 2 - Objetivos.....10

2.1 Objetivo Geral da Tese.....10

2.2 Objetivos Específicos.....10

2.3 Justificativa.....10

2.4 Metodologia.....12

Capítulo 3 -Aspectos Gerais da Gestão de Recursos Hídricos.....14

3.1 Panorama Mundial.....14

3.2 Histórico da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.....18

3.3 A Nova Política de Recursos Hídricos no Brasil.....22

3.4 Situação Atual dos Recursos Hídricos no Brasil.....26

3.5 Os Múltiplos Usos da Água.....29

3.6 A Consideração dos Múltiplos Usos da Água no Brasil.....30

3.7 Conflitos pelo Uso da Água.....33

Capítulo 4 - O Modelo de Tomada de Decisão.....39

4.1 Introdução.....39

4.2 O Sistema de Suporte à Decisão (SSD).....39

4.3 O Modelo de Tomada de Decisão.....42

4.3.1 Componentes de um Modelo de Tomada de Decisão.....43

4.3.2 Estruturação de um modelo de tomada de decisão.....46

4.4 A Modelagem Multicritério.....46

4.4.1 A Evolução da Modelagem Multicritério.....47

4.4.2 A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão.....49

4.4.3 Algumas aplicações da MCDA em Recursos Hídricos.....50

4.5 Uma Introdução à Programação Linear Multiobjetivo.....52

4.5.1 A Programação Linear Multiobjetivo.....52

4.5.2 Métodos baseados na Programação Linear Multiobjetivo.....56

4.6 A modelagem CONSENSUS.....57

4.6.1 A Concepção Matemática do Modelo CONSENSUS.....57

4.7 O Modelo MACPROL.....58

4.8 O Programa MACPROL.....62

Capítulo 5 - A Metodologia de Apoio à Decisão.....65

5.1 Introdução.....65

5.2 A Metodologia para Análise de Conflitos.....65

Capítulo 6 - Estudo de Caso: caracterização das bacias 70

6.1 Introdução.....70

6.2 Considerações Iniciais 71

6.3 Descrição Geral das Características das Bacias 72

6.3.1 Recursos Hídricos 72

6.3.2 Cobertura Vegetal 77

6.3.3 Ocupação e uso do solo.....78

6.3.4 Usos da Água 80

6.4 Principais problemas que afetam a disponibilidade hídrica das Bacias ... .99

Capítulo 7 - O Conflito pela Cobrança pela Transposição.....108

7.1 Introdução.....108

7.2 Descrição dos Comitês de Bacia.....108

7.2.1 Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP).....108

7.2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Guandu 109

7.3 A Cobrança pelo Uso da Água.....110

7.3.1 A Cobrança pelo Uso da Água no Rio Paraíba do Sul.....110

7.3.2 A cobrança pelo uso da água no rio Guandu.....114

7.4 Descrição do Conflito 116

Capítulo 8 - Aplicação do Modelo MACPROL ao Conflito.....129

8.1 Introdução.....129

8.2 Análise do Conflito.....129

8.2.1 Definição dos Decisores 130

8.2.2 Definição dos Critérios.....131

8.2.3 Definição das Alternativas 134

8.2.4 Escolha da Função Utilidade Unicritério 145

8.2.5 Cenários Avaliados no Conflito.....145

8.2.6 Implementação.....157

8.2.7 Resultados.....157

8.2.8 Discussão dos Resultados 160

Capítulo 9 - Conclusões e Recomendações.....165

Referências Bibliográficas.....168

Apêndice I - Algorítmo do Programa MACPROL.....178

Apêndice II - **Função Utilidade Unicritério - CEIVAP.....186**

Apêndice III - **Função Utilidade Unicritério - CBH Guandu.....195**

Apêndice IV - **Entrada de Dados do Programa MACPROL – Cenário 2.....204**

Apêndice V - Saida de Dados do Programa MACPROL – Cenário 2.....207

1 Introdução

"O que seria do homem, se seu bem e comércio mais
valioso fosse dormir e comer? Uma besta, nada mais.
Certamente, aquele que nos dotou de tanto discernimento
não nos deu essa capacidade e essa razão divina para que
não fossem usadas!"

William Shakespeare

Através dos séculos, o homem vem enfrentando a complexidade dos usos múltiplos da água, que vem aumentando ao longo dos anos e produzindo degradação e poluição desses recursos. O uso excessivo dos recursos hídricos pelo homem sem a preocupação com a sua preservação tem diminuído consideravelmente a sua disponibilidade no planeta, e vem aumentando as regiões no mundo que sofrem com a sua escassez.

A escassez de água nas diferentes regiões do mundo tem como causa primária a distribuição irregular deste recurso pela superfície do planeta. Nas últimas décadas, a deterioração da qualidade dos recursos hídricos vem inviabilizando e restringindo seus usos múltiplos e contribuindo para o surgimento e agravamento de conflitos pelo uso desse recurso.

Segundo Campos (2001), o homem, durante milênios, tratou a água como um bem inesgotável e de qualidade apropriada para seu consumo e o desenvolvimento de suas atividades. Ainda, segundo Campos (2001), àquela época, o meio ambiente tinha maior capacidade de assimilar os impactos negativos gerados pela ação do homem, pois as cidades tinham características basicamente rurais. Os povos antigos já faziam o controle dos rios há mais de três mil anos a.C., apesar da abundância e qualidade da água, o homem já enfrentava outros problemas, muito comuns nos dias de hoje. Como exemplo: no Egito, o homem já controlava as inundações do rio Nilo, e, na China, as dinastias realizavam diversas obras no rio Amarelo, visando ao controle de inundações e à irrigação. Também na Índia, o homem tinha as mesmas preocupações com o rio Indu. A antiga Roma, "Cidade das Águas", era alimentada por 11 aquedutos na época de Trajano (98 – 117 d.C.), mostrando assim a importância da água para esse povo, (RODRIGUES FILHO *apud* CAMPOS, 2001).

Portanto, desde o início das civilizações mais antigas, o homem se viu obrigado a enfrentar alguns desafios concretos para a sua sobrevivência, e o uso racional da água era um deles, em algumas regiões do planeta onde a escassez da água era evidente. O domínio da água na vida do homem era evidente, e o desenvolvimento de técnicas era necessário para os vários usos, como por exemplo, irrigação, canalizações de água e esgoto, construção de diques e outros.

O crescimento populacional acelerado no mundo tem levado ao aumento da demanda por água, o que vem causando a escassez desses recursos em várias regiões. Hoje, no mundo, existe uma grande preocupação com a quantidade e qualidade da água, e o homem começa a perceber a forma "desorganizada" de como é feito o seu uso e gerenciamento. O aumento dos conflitos gerados pela diversidade dos usos, quais sejam, o abastecimento doméstico e industrial, a geração de energia elétrica, a irrigação, o controle de enchentes, a diluição de esgoto, a navegação e a recreação, fica cada vez mais evidente, pois com os novos anseios da sociedade, o uso da água não se limita somente às questões sócio-econômicas mas também às questões ambientais.

Os conflitos sócio-ambientais, discutidos nas últimas décadas, vêm colocando problemas teóricos e práticos fundamentais para as sociedades contemporâneas. Segundo Nash (1989) "*a compreensão da relação homem-natureza, vista como ponto central da problemática ética, deve ser assumida como um dos maiores progressos da recente história intelectual do Ocidente*." Leis & D'Amato (1995) complementam afirmando que "*a presença do ambientalismo no cenário internacional tem trazido uma renovação do debate ético filosófico*".

Segundo Aristóteles, o homem, "*animal político*", em suas relações múltiplas e para composição de seus conflitos de interesse, está sujeito a uma série de regras de comportamento. As normas de conduta dizem respeito ao modo pelo qual deve o homem comportar-se nas atividades do cotidiano.

Segundo Singer (apud SILVA, 1998), a ética é:

> ... apesar de não ser conscientemente criada, é produto da vida social que tem a função de promover valores comuns aos membros da sociedade. Assim, os juízos éticos incentivam as ações que estejam de acordo com tais valores. Os juízos éticos dizem respeito aos motivos, porque, para ele, é tendência de uma ação promover o bem ou o mal, e também nesse aspecto o louvor e a reprovação podem ser eficientes para alterar a tendência das ações de uma pessoa.

Os critérios para a tomada de decisão a serem adotados na análise de conflitos na gestão das águas envolvem também princípios éticos, e devem estar de acordo com a

política de gerenciamento de recursos hídricos, quanto aos seus objetivos, princípios, instrumentos e sistema de gestão.

De acordo com Studart *et al*. (1997), as características dos tomadores de decisões (o governo, os usuários da água, um órgão independente ou todos os atores); a definição dos direitos à água (personalizado, ligado à terra, transferível, intransferível, quantificação absoluta ou proporcional à vazão atual); ou, ainda, a alocação inicial baseada em ordem de prioridade de chegada, critérios administrativos e técnicos; são questões que podem variar ou se combinarem, dependendo do tipo de modelo de gestão de recursos hídricos a ser utilizado.

Dentro de um quadro de gestão integrada, procura-se a possibilidade de conciliação entre interesses e valores divergentes quanto à apropriação e ao uso dos recursos comuns, além da representatividade e distribuição igualitária das responsabilidades nos processos decisórios. No caso da água, fica evidente o caráter indispensável, e a sua escassez ou deterioração é igualmente prejudicial a todos, seja para os usos, de abastecimento humano, agrícola, industrial, energético, ambiental e outros.

Segundo Godard (1997), o reconhecimento do papel exercido pelos “conflitos”, entre os diversos segmentos envolvidos, vistos como elementos impulsionadores da gestão, faz ressaltar as multi-racionalidades, a diversidade de pontos de vista e de valores, bem como a diversidade de interesses em jogo. Sem ignorar as possibilidades de consenso e de cooperação, essa concepção considera esses recursos baseados em acordos parciais e provisórios. Assim, as instituições devem ser estruturadas de forma a permitir, a expressão plural, reconhecendo a existência dos conflitos e das oposições possíveis relacionadas a antecipações, objetivos, valores e crenças.

Segundo Crespo (1997), poucos países, no mundo, tinham criado até aquele ano seus Conselhos Nacionais de Desenvolvimento Sustentável, como propostos pela Agenda 21. O Brasil, só recentemente, em 1996, iniciou um processo de busca de uma solução para amenizar os problemas ambientais, que atendessem a alguns critérios básicos recomendados por tal documento, como exemplo: o envolvimento de vários segmentos/atores nas soluções propostas, a reaplicabilidade e a sustentabilidade ambiental, dentre outras.

Hoje, são muitos os desafios enfrentados por todos os países do mundo, que são impostos pela grave realidade social e em condições ambientais cada vez mais desfavoráveis ao pleno desenvolvimento e a continuidade da vida humana com qualidade, tendo o homem que se adaptar à dinâmica funcional e entrópica dos

ecossistemas, os quais impõem limitações concretas a esse desenvolvimento. Um importante instrumento para a solução dos conflitos resultantes dessa nova realidade, é a descentralização das tomadas de decisões nos mais diversos campos, com a consideração dos vários aspectos, econômicos, sociais, ambientais, culturais, religiosos e outros, visando à qualidade da vida do homem e, de todo ecossistema.

Várias tentativas para solução desses problemas vêm sendo feitas há milhares de anos, sem solução, pois as disputas políticas, culturais e religiosas têm dificultado todo e qualquer projeto de administração e gerência da ocupação urbana e rural em todo planeta, gerando assim essa situação em que se encontram os recursos hídricos, degradados e escassos.

No entanto, a proposta de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos não é nova; alguns países já avançaram muito nessa questão, como exemplo, a França, que criou a lei de 16 de dezembro de 1964, denominada de **"**Grande Lei das Águas", com o objetivo principal de recuperar as águas superficiais, garantindo o abastecimento de água potável no país em longo prazo. Essa lei já contemplava os múltiplos usos da água e tinha a visão de que os aspectos de quantidade e qualidade da água devem ser geridos de forma integrada.

Outros países europeus, como a Holanda e a Alemanha, seguiram o exemplo da França e legislaram sobre suas águas. Apesar da seriedade com que são tratados esses recursos nesses países, esses sistemas não foram satisfatórios para garantir a quantidade de água suficiente durante todo ano nesses países, sendo necessária a adoção de uma política mais drástica de "racionamento" desses recursos em períodos de estiagem. No entanto, este não é um problema de gestão, mas, sim, de condições hidrológicas desfavoráveis nesses países.

No Brasil, em 8 de janeiro de 1997, foi promulgada a Lei 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e tem como objetivos principais: "*assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais".*

Essa lei tem como alguns de seus princípios básicos o uso múltiplo e a gestão descentralizada dos recursos hídricos, contando com a participação do Poder Público,

dos usuários da água e das comunidades, por meio da participação da sociedade civil organizada.

Um dos princípios orientadores da gestão racional do uso, controle e proteção das águas foram sintetizados por Veiga da Cunha *et al*. (1980): *"Para pôr em prática uma política de gestão de águas é essencial assegurar a participação das populações por meio de mecanismos devidamente institucionalizados".*

A partir da década de 70, a perspectiva da participação direta do cidadão na administração pública, teve um crescimento significativo seja na teoria ou na prática administrativa. Formas participativas de gestão foram desenvolvidas, seja no processo democrático, como, "*instrumento de eficiência e impacto da decisão pública*" (MOTTA, 1994).

Segundo Lanna (1995), um processo participativo transforma de maneira drástica o balanço do poder nas comunidades afetadas. Lanna (1995) descreve a existência de conflitos de interesse entre:

> - As forças políticas tradicionais, que anseiam pela manutenção da estabilidade institucional, social e o *status quo*;
> - A comunidade, que demanda um maior poder de participação nas decisões;
> - E as entidades envolvidas interessadas na execução dos planos de intervenção, que buscam uma maior base de apoio às suas intenções e que, por isso, podem atuar como grupo de pressão, através de atividades de *lobby*.

Para Kliksberg (*apud* BARTH, 1996), algumas questões devem ser levantadas sobre como promover a participação do cidadão no processo de tomada de decisão, como exemplo, *"como fortalecer a sociedade civil?; como podem trabalhar em conjunto Estado, ONG's (Organizações não governamentais), e organizações populares?"* , e em resposta, o autor argumenta que *"todos esses atores são imprescindíveis, não excludentes e, ao contrário, devem complementar-se".*

Porém, além desses atores citados por Kliksberg (*apud* BARTH, 1996), podemos ter outros atores nos problemas de tomada de decisão em recursos hídricos, como exemplo, grupos econômicos, ou os usuários da água, tornando assim o problema mais complexo, com os mais diversos pontos de vista.

A participação direta das sociedades nas decisões visa ao estabelecimento de uma descentralização de decisões, da consideração de diversos pontos de vista na gestão e de um comprometimento consciente da população com as medidas que sejam implementadas. Esse processo de participação pública é de difícil implantação devido à falta de costume e à inexistência de mecanismos institucionais que o viabilizem.

Uma das experiências de maior sucesso desenvolvida é a criação de comitês de gerenciamento de bacia hidrográfica, que reúnem representantes de entidades públicas e privadas, de usuários e de associações comunitárias, interessados na gestão de águas de uma bacia. A esses comitês são atribuídas funções de decisão sobre as medidas a serem implementadas para promoção do uso, controle e proteção da água na bacia.

A participação nos processos de tomada de decisão por parte da população deve ser instituída como um processo de aprendizagem local sobre as novas formas de gestão, em que as decisões finais sejam juridicamente atribuídas ao sistema local, que no caso dos recursos hídricos, seria aos comitês de bacia hidrográfica.

(CAVALCANTI, 1994, p. 163) descreve:

> Bacias hidrográficas são verdadeiras arenas onde se confrontam interesses públicos e particulares, poder do Estado e iniciativa privada, órgãos e empresas estatais setorialmente orientadas, municípios, estados e nações. Administrar esse conflito é um desafio à capacidade de gestão, com importantes implicações para investimentos e benefícios públicos e privados. Tal capacidade de gestão, por sua vez, requer novos modelos de ação que envolve não só a abertura de maior espaço para as decisões dos usuários do recurso, como também um poder público menos esquizofrênico, em razão de decisões setorialmente conflitantes, e mais inteligentes, na promoção de políticas integradas.

Segundo Lanna (1995), uma questão a ser enfrentada, tanto pelo Brasil como por outras nações, é como vencer toda complexidade que envolve a gestão das águas. Para isso, são necessários: "*(i) o envolvimento dos múltiplos atores nas negociações das políticas setoriais para que estas sejam formuladas em consonância com a política de recursos hídricos; (ii) negociações com governos de outros países com que compartilham bacias hidrográficas; e (iii) a intermediação e conciliação de interesses conflitantes entre os usuários dos recursos hídricos, de modo a viabilizar seu uso racional".*

Para resolver esses impasses, os órgãos de gestão dos recursos hídricos deverão mudar sua forma de atuação, dando maior transparência à gestão dos recursos hídricos, permitindo, assim, que os vários representantes participem de todo processo de planejamento e da tomada de decisão. Tais procedimentos poderiam evitar benefícios setoriais, desperdícios ou desvios de recursos financeiros.

Para a efetiva participação na solução dos problemas relacionados aos recursos hídricos, a sociedade e demais setores envolvidos na gestão da água precisam reivindicar maior acesso às informações e exigir a participação no gerenciamento desses recursos, por meio de pressão aos comitês instituídos.

No caso da tomada de decisão em recursos hídricos, segundo a Lei 9.433, a solução dos conflitos e o gerenciamento dos recursos hídricos são de competência dos Comitês de Bacias Hidrográficas e, em última instância, do Conselho Nacional (ou Estadual) de Recursos Hídricos.

Na nova Política Nacional de Recursos Hídricos, de acordo com o artigo 33 dessa lei, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é composto também pelas Agências de Água, que darão suporte técnico ao Comitê de Bacia (uma agência poderá representar mais de um comitê), com a função de secretaria executiva desses.

As Agências de Águas têm como um dos objetivos a elaboração dos Planos de Bacia, que deverão ser apresentados aos comitês para a sua aprovação. A morosidade na aprovação desses planos dificulta todo processo de gerenciamento da bacia, enquadramento, outorga, cobrança e etc..

Portanto, a Agência de Água deve conhecer bem o perfil do comitê (de seus representantes) para elaborar um plano que seja aceitável por todos os segmentos, em tempo hábil, para maior agilidade em sua aprovação, pois do contrário um conflito poderá ser estabelecido dentro deste comitê, ou entre comitês quando existir o uso de água de uma bacia em outra (transposição de bacias). Assim é também para os demais projetos e propostas que deverão ser elaborados por uma Agência de Água, que deverão estar bem formulados e embasados, contemplando todos critérios a serem avaliados para melhor solução do conflito em recursos hídricos.

O objetivo desta tese é a criação de uma metodologia de apoio à decisão para auxiliar na solução de conflitos em sistemas de recursos hídricos, dando suporte aos decisores para atingirem uma “solução ótima” ou de “compromisso”.

O modelo aqui proposto amplia o campo de aplicações do modelo CONSENSUS (Damázio, Mariën e Costa, 1996, 1997), que se limita à hierarquização de alternativas para um problema de tomada de decisão com um único decisor.

O modelo correspondente MACPROL (Modelo de Análise de Conflitos baseado na Programação Linear Multiobjetivo) que tem como objetivo a análise de conflitos em recursos hídricos se origina do modelo CONSENSUS que foi aplicado na escolha da melhor alternativa de divisão de quedas no Inventário Hidroelétrico da bacia do médio Tocantins.

O modelo MACPROL elimina a restrição existente no modelo CONSENSUS, de considerar apenas um decisor, permitindo a análise de conflitos relacionados ao uso da água, nos quais a tomada de decisão deve contemplar os vários decisores envolvidos no conflito.

Nesta tese, o modelo MACPROL foi aplicado em um problema de conflito real em recursos hídricos, entre os comitês CBH Guandu e CEIVAP (Comitê para a Integração do Vale do Paraíba), pela cobrança pelo uso da água da transposição do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu, contemplando os diversos aspectos da gestão e dos problemas existentes nas duas bacias, como também as alternativas possíveis para a solução desse conflito, que é detalhado no capítulo 8.

O Capítulo 2 traz o Objetivo Geral da tese, bem como os Objetivos Específicos a serem alcançados, a justificativa para realização deste trabalho e a metodologia utilizada.

O capítulo 3 desta tese apresenta os aspectos gerais da gestão dos recursos hídricos, apresentando um panorama mundial e nacional sobre o gerenciamento, a evolução histórica do sistema de gerenciamento no mundo e do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, descrevendo, também, os usos múltiplos da água, e os conflitos em recursos hídricos.

O capitulo 4 faz uma introdução ao Sistema Suporte à Decisão (SSD), à modelagem multicritério para tomada de decisão, apresenta o modelo de tomada de decisão CONSENSUS, o modelo MACPROL e apresenta também o programa MACPROL.

O capítulo 5 apresenta a metodologia a ser adotada para a análise de conflitos em recursos hídricos.

O capitulo 6 apresenta a caracterização das bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu, dando um diagnóstico simplificado dessas bacias quanto aos impactos causados devido às intervenções do homem no meio ambiente, descreve o processo de negociação entre os setores usuários no período de escassez de água (2003/2004) na bacia do rio Paraíba do Sul, devido ao grande período sem chuva na cabeceira da bacia e que resultou na adoção de novas regras para operação do sistema LIGHT.

O capítulo 7 apresenta o conflito pela cobrança pela transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu.

O capítulo 8 traz a aplicação do modelo MACPROL ao estudo de caso proposto, ou

seja, o conflito pela cobrança pela transposição entre as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu. Nesse capítulo, também são discutidos os resultados, comparando-os com a situação real.

O capítulo 9 apresenta as conclusões e recomendações desta tese.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral da Tese:

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma metodologia de apoio à decisão participativa nos problemas de conflitos em recursos hídricos, ou seja, a negociação entre os diversos atores envolvidos nos processos de tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos, por meio da construção de um modelo de apoio à tomada de decisão, MACPROL (Modelo Multicritério para Análise de Conflitos baseado em Programação Linear Multiobjetivo).

2.2 Objetivos Específicos:

Para se alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos alguns objetivos específicos definidos a seguir:

- Apoiar na Implementação de um dos princípios da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a gestão descentralizada e participativa do poder público, dos usuários da água e da comunidade;
- Permitir levar à discussão os diversos atores (grupos) envolvidos no processo de tomada de decisão;
- Permitir levar esses atores (grupos) à procura da gestão participativa, com participação nos processos de tomada de decisão;
- Permitir levar os atores a uma negociação ou a uma “solução de compromisso”.

2.3 Justificativa

A Lei 9.433 tem como um dos princípios básicos a gestão participativa dos recursos hídricos. No entanto, esse princípio não vem sendo devidamente aplicado no país, seja pela morosidade de criação e implementação dos comitês de bacia hidrográfica ou por burocracias impostas pelo governo, como exemplo, o repasse dos recursos financeiros da cobrança pelo uso da água nas bacias, aos comitês já implantados. Também a falta de informações, principalmente nas cidades pequenas, dificulta o processo de formação desses comitês.

A Lei 9.433 estabelece que a prioridade de uso dos recursos financeiros arrecadados através da cobrança pelo uso da água na bacia é de uso na própria bacia. Esse

recurso deverá ser repassado às Agências de Bacia, e a decisão do seu emprego é feita de forma participativa nos comitês, porém, sem o repasse destes recursos não é possível verificar a eficiência desse sistema.

Segundo Magalhães (1997), é preocupante a falta de conscientização de grande parte da população diretamente envolvida com a degradação da água. "*Estariam as informações e as ações derivadas dos modernos padrões ambientais ditados segundo em gabinete acessível apenas à população afetada in loco pelos projetos particulares ou governamentais como os consórcios de bacias? Nesse caso regiões de pouco interesse econômico e político estariam condenadas?"*

Estas são algumas questões que uma gestão participativa deverá também discutir, pois uma pequena bacia a montante, de pequeno interesse econômico hoje, pode, amanhã, tornar-se um grande problema a jusante.

Também, os problemas que ocorrem hoje na bacia do rio Paraíba do Sul, devido à transposição de aproximadamente 2/3 de sua vazão média para o rio Guandu e o problema de escassez de água que a bacia enfrentou no início dos anos 2000, geram conflitos entre os usos da água, conflitos pela quantidade e qualidade da água, bem como conflitos entre os comitês de bacia, CEIVAP (Comitê para a Integração da Bacia do Paraíba do Sul) e CBH Guandu, quanto aos aspectos institucionais e de gerenciamento das bacias hidrográficas, como exemplo, a destinação dos recursos a serem arrecadados pela cobrança pelo uso da água transposta entre as duas bacias.

Alguns dos problemas que as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu podem enfrentar se nenhuma ação for tomada são:

- O risco de diminuição de geração de energia elétrica;
- A dificuldade do tratamento da água da estação de tratamento do Guandu (ETA CEDAE), que necessita de elevada quantidade de produtos químicos para o tratamento;
- O risco de racionamento nas cidades da cabeceira do rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo, onde os reservatórios ficaram praticamente vazios no período de 2003/2004, devido ao período de escassez ocorrido na cabeceira nos anos anteriores (aproximadamente um período de 08 anos), como também o risco a jusante do reservatório de Santa Cecília (reservatório de onde é feita a transposição);
- Aumento da intrusão salina na foz do canal de São Francisco, onde se encontram grandes usuários da água do Guandu, como, UTE Santa Cruz, GERDAU, Fábrica Carioca de Catalisadores, etc.;

- Problemas de irrigação nas cidades a jusante do reservatório de Santa Cecília no rio Paraíba do Sul;
- Assoreamento do rio Guandu;
- Avanço da água do mar na praia de Atafona, foz do rio Paraíba do Sul;
- Problemas ambientais, de saúde, de diluição de esgotos e outros.

A problemática dessas bacias será o estudo de caso desta tese, com aplicação do MACPROL para a análise do conflito pela transposição entre as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu.

2.4 Metodologia

Para o desenvolvimento desta tese, foi utilizada a seguinte metodologia:

- Inicialmente, foi realizada a revisão da bibliografia existente sobre os diversos assuntos que foram abordados neste trabalho, que fazem parte do contexto da tese, e estão relacionados a seguir:
  - → A legislação existente referente ao tema água e a evolução histórica do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Mundo;
  - → Levantamento de alguns conflitos pelo uso da água no Brasil;
  - → Pesquisa sobre a evolução do Sistema Suporte de Decisão e da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) e o levantamento de alguns métodos multicritério já utilizados na área de Recursos Hídricos;
  - → Caracterização e diagnóstico das bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu para aplicação da metodologia;
- Pesquisa de campo para a seleção do estudo de caso para a aplicação nesta tese com participação nas reuniões dos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio Guandu e CEIVAP, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, grupo de trabalho para discussão da cobrança pela transposição, grupo de trabalho para discussão da escassez de água na bacia do rio Paraíba do Sul (2003/2004);
- Envio de um questionário preliminar (enviado por e-mail, ou entregue pessoalmente) para os decisores (integrantes dos comitês das bacias em estudo) para que os mesmos pudessem eleger os critérios pertinentes ao estudo de caso. Esse questionário tinha também como objetivo avaliar a opinião dos decisores em relação aos problemas relativo à cobrança pela transposição.
- O desenvolvimento de um modelo de negociação entre os decisores, baseado na Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), o modelo MACPROL;

- Desenvolvimento do programa MACPROL, o qual foi executado na linguagem FORTRAN, para a hierarquização das alternativas possíveis em um problema de tomada de decisão. Esse modelo considera vários decisores, critérios e alternativas, e utiliza uma função baseada na equação da distância Euclidiana.
- Aplicação da metodologia descrita no capítulo 5, ao conflito entre os comitês Guandu e CEIVAP pela cobrança pela transposição de bacia, utilizando o modelo MACPROL para hierarquização das alternativas escolhidas.
- Discussão dos resultados obtidos, comparando com a situação real do conflito.

3 Aspectos Gerais da Gestão de Recursos Hídricos

3.1 Panorama Mundial

O conflito silencioso que o homem trava com a perspectiva da eminente falta de água, ocupa espaços diários na mídia, porém é necessário que alguns aspectos da nova política de gestão dos recursos hídricos seja de conhecimento do homem, conscientizando-o de que no futuro as novas gerações poderão sofrer com a escassez da água, se alguma ação efetiva não for tomada para evitá-la.

Segundo Relatório de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Banco Mundial (1993), atualmente, 40% da população mundial sofre com a falta de água. Segundo Thomas (2003), estima-se que as necessidades hídricas mundiais devam dobrar nos próximos 25 anos, e que quatro bilhões de pessoas - metade da população mundial - poderão enfrentar grave escassez de recursos hídricos até o ano de 2025. Quando se analisa o problema de forma global, observa-se que existe água suficiente para toda população, porém, se esta analise for feita de forma regional, podemos perceber que, a distribuição dos recursos hídricos, e da população não é uniforme, gerando cenários adversos quanto à disponibilidade hídrica nas diversas regiões e as disputas (conflitos) pelo uso da água.

Relatórios da Organização Mundial de Meteorologia (OMM/UNESCO) (1997) prevêem que os recursos hídricos estarão escassos no mundo inteiro, em um horizonte máximo de 50 anos. Essa previsão é tida como pessimista pelos nossos governantes, que entendem que com o desenvolvimento tecnológico esse quadro possa se reverter, e alegam também que as necessidades prementes da população devem ser atendidas imediatamente.

Com a eminente crise de água no mundo, devido ao processo de degradação da qualidade e a crescente demanda pelo seu uso, vários países iniciaram, no século passado, discussão em torno do gerenciamento dos recursos hídricos e alguns modelos foram criados com essa finalidade.

Alguns desses modelos contemplam, além da gestão participativa, instrumentos de gestão, como, a cobrança pelo uso da água, atribuindo-lhe valor econômico, e a adoção de bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Segundo Young (1999), alguns países Europeus vivenciaram tais situações de intenso comprometimento dos recursos hídricos em meados do século passado. Diante dos diversos conflitos gerados entre as nações que utilizavam as águas provenientes de uma mesma unidade hidrográfica, surgiram soluções que modificaram a administração desses recursos de forma a preservá-los. Essas iniciativas buscaram inovações que surtiram efeito positivo na proteção das águas. Dentre as propostas apresentadas, os Tratados de Cooperação Internacional destacaram-se no contexto institucional promovendo maior integração de forma a garantir o uso da água em condições desejáveis a todos os interessados. Esses acordos são firmados entre os países que possuem interesses conflitantes acerca do uso da água. As soluções adotadas buscam promover a gestão compartilhada e criar mecanismos de participação de todos os interessados na manutenção da qualidade da água, incentivando a descentralização das decisões de cunho político. Atualmente, estima-se que cerca de 300 tratados internacionais foram estabelecidos versando sobre o assunto.

O atual tratamento dado aos modelos para a gestão dos recursos hídricos começou a se difundir na França, alastrando-se em seguida, por toda a Europa, onde os problemas com a escassez da água e as conseqüências geradas por esta, tornaram-se evidentes a partir do início do século XX.

Segundo Cynamon et al. (1992), a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) lançou, em 1965, o Decênio Hidrológico Internacional, com o objetivo principal de inventariar os recursos hídricos e capacitar pessoal técnico no seu manejo. Em seguida, foi elaborada a Carta Européia da Água, pelo Conselho da Europa[1], identificando alguns princípios éticos e técnicos a respeito da gestão da água, tendo como eixo básico a preocupação com o meio ambiente.

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em Estocolmo, 1972, diversos países começaram a buscar formas de organização institucional para tratar da gestão ambiental.

Em 1977, realizou-se na Argentina, a Conferência da Água das Nações Unidas, denominada de “Conferência da Água de Mar Del Plata”, que instituiu o Decênio Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento (1980 – 1990). A

[1] O Conselho da Europa, criado em 1949, tornou-se, como resultado das grandes alterações ocorridas na Europa Central e de Leste nos últimos anos, o maior fórum intergovernamental e interparlamentar do nosso continente.

principal meta dessa conferência foi estimular o crescimento da oferta de abastecimento de água tratada e a coleta e tratamento de esgotos sanitários.

Em janeiro de 1992, foi realizada em Dublin, Irlanda, a Conferência Internacional das Nações Unidas, sobre Água e Meio Ambiente. Em julho do mesmo ano, foi realizada a Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, na cidade do Rio de Janeiro, denominada ECO 92. Os principais documentos resultantes dessa conferência foram a Carta da Terra e a Agenda 21.

O capítulo 18 da Agenda 21 estabelece uma série de recomendações práticas para os países a fim de proporcionar a proteção dos recursos hídricos, e de sua qualidade, por meio de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso desses recursos. Dessa forma, são propostas as seguintes áreas/programas para o setor de água doce:

> Desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos; avaliação dos recursos hídricos; proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos; abastecimento de água potável e saneamento; água e desenvolvimento urbano sustentável; água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável; impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

Desta conferência e de outras que lhe sucederam foram definidos como princípios básicos da gestão de recursos hídricos os seguintes fundamentos; "*a água é essencial à vida; gerenciamento integrado dos recursos hídricos; valor econômico da água; a água deve ser protegida; e a participação dos interessados".*

Segundo Setti et al. (*apud* CAMPOS, 2001), a Carta da Terra corresponde a uma declaração de princípios a serem obedecidos pelos países signatários em relação aos temas abordados, e diversos acordos e tratados internacionais, destacando-se o tratado das alterações climáticas e da proteção da biodiversidade. Nessa declaração, o instrumento de cobrança pelo uso da água é recomendado como um dos instrumentos de gestão, instituindo também o conceito de usuário/poluidor.

Por iniciativa do presidente Jacques Chirac, a França em 1998, sediou a Conferência Internacional sobre a Água e o Desenvolvimento Sustentável, em que representantes de 48 países elaboraram uma declaração comum e criaram um '*programa inovador'* de ações prioritárias: *a gestão integrada por bacia, conciliando a proteção dos ecossistemas e satisfação das necessidades de água; o valor econômico da água e o envolvimento da sociedade civil,* que segundo Lionel Jospim[2] Ministro Francês, "*Os*

[2] Texto da Internet, site da ambrafrance: www.ambafrance.org.br/abr/label/label32/franco/eau/eau.Html, acesso em 20/07/2005.

recursos hídricos exigem necessariamente uma abordagem de parceria. O bem coletivo que eles representam e os valores sociais associados a eles pedem cedo ou tarde, a adesão do usuário ou do consumidor, reunidos em torno de suas instâncias representativas".

Em março de 2000, o II Fórum Mundial da Água, foi realizado em Haia, Holanda, que deu prosseguimento às discussões iniciadas no I Fórum, em Marrocos (CAMPOS, 2001). No II Fórum, foi elaborada a Declaração Ministerial de Haia sobre a Segurança da Água no Século XXI, com a ajuda de especialistas de todo o mundo.

O ano de 2003 foi denominado pelas Nações Unidas como o "Ano Internacional da Água", e a mais recente Conferência Mundial das Águas (2002), ocorrida em Kyoto, Japão, tratou de problemas fundamentais relativo aos recursos hídricos. O documento resultante denominado de "Água para Todos", das Nações Unidas com colaboração da UNESCO, UNDESA, PNUDE, ONUDI, PNUMA E UNICEF[3], mostra as preocupações atuais e os desafios existentes a nível local, regional, nacional e internacional (TUNDISI, 2003).

Dessa conferência, resultou o documento que consta os desafios a serem enfrentados pelo homem:

> Satisfazer as necessidades humanas básicas; proteger os ecossistemas para benefício das populações do planeta; água nas cidades e regiões urbanas; assegurar a disponibilidade de alimentos para uma população mundial crescente; promover uma indústria mais limpa em benefício de todos; utilizar a energia para cobrir as necessidades de desenvolvimento; reduzir os riscos e fazer frente à incerteza; compartilhar a água: definir o interesse comum; identificar e valorizar as múltiplas facetas da água; assegurar a difusão dos conhecimentos básicos: uma responsabilidade coletiva; administrar a água de modo responsável para assegurar o desenvolvimento sustentável.

Um dos objetivos do "Desenvolvimento do Milênio[4]", aprovado pelos Estados membros das Nações Unidas estabeleceu que, em 2015; "*a população que não tem acesso à água potável de qualidade deve ser reduzida pela metade".*

Assim, fica evidente a preocupação mundial com a disponibilidade de água no futuro,

[3] UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura; PNUDE - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; ONUDI – Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial; PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância.

[4] O Projeto do Milênio foi especialmente constituído pelo Secretário-Geral das Nações Unidas, em 2002, para desenvolver um plano de ação concreta para que o mundo reverta o quadro de pobreza, fome e doenças opressivas que afetam bilhões de pessoas. Liderado pelo Professor Jeffrey Sachs, o Projeto do Milênio é um órgão consultivo independente, que apresentará suas recomendações finais, "Um Plano Global para Alcançar os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio", para o Secretário-Geral, em Janeiro de 2005.

e a busca de soluções para garantir a quantidade e a qualidade desses recursos para a sobrevivência do homem no planeta terra, bem como do ecossistema.

3.2 Histórico da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil

Já no início do século passado, a preocupação do Governo brasileiro com a seca da região nordeste se mostrou evidente com a criação, em 1909, da Inspetoria de Obras contra as Secas (IOCS), destinada ao combate da escassez da água na região, atendendo principalmente aos apelos das oligarquias regionais agrárias[5], (SILVA, 1998).

Porém, a gestão pública da água teve início com a criação da Comissão de Estudos de Forças Hidráulicas, do Serviço Geológico e Mineralógico do Ministério da Agricultura. Em conjunto com a criação do IOCS, teve início a formulação de normas e regulamentação da propriedade e aproveitamento dos cursos d'água em todo território nacional, presentes no código de águas, que já vinha sendo discutido àquela época. Esse código priorizava o setor urbano industrial das oligarquias rurais[6]. Em 1933, a comissão foi substituída pela Divisão de Águas que se transformou em Serviço de Águas.

Em 1934, é criado o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Faziam parte deste a Divisão de Geologia e Mineralogia e a Divisão de Águas. O Serviço de Águas foi, então, transferido para o DNPM, e passou a integrar o Ministério das Minas e Energia (MME) em 1961.

Em 1934, deu-se também a aprovação do Decreto nº 24.643, de 10/07/34, que instituiu o Código das Águas, que tinha como objetivo geral estabelecer regras de controle federal para o aproveitamento dos recursos hídricos, principalmente com fins energéticos. No entanto, o Código de Águas também formulava alguns princípios que podem ser considerados um dos princípios básicos de controle do uso dos recursos hídricos no país, por exemplo, a prioridade do uso da água para as primeiras necessidades da vida, e o uso múltiplo da água.

[5] Criada em 1909 e, em 1919, reorganizada com o nome de Inspetoria Federal de Obras contra as Secas (IFOCS); em 1945 foi transformada em Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

[6] O projeto que instituiu o Código de Águas teve seus antecedentes em 1906, no governo de Afonso Pena, quando organizaram-se as bases para a elaboração do Código Rural e Florestal, bem como dos Códigos de Mineração e das Águas.

Segundo Silva (1998), o Código de Águas já trazia normas submetendo o uso dos recursos hídricos ao controle da autoridade pública, ao interesse da saúde e à segurança.

Além disso, recomendava evitar que a contaminação das águas pudesse levar prejuízos a terceiros, demonstrando, assim, haver uma incipiente preocupação com o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Essa nova fase, que se iniciou ao final da década de 30, traz uma nova visão para a administração dos recursos hídricos, incorporando técnicas de planejamento consideradas como instrumento de política econômica estatal (SENA, 1997).

A grande preocupação com os recursos hídricos àquela época estava relacionada com a questão do saneamento, pois, era crescente o número de doenças de veiculação hídrica, decorrentes da contaminação das águas. O Código Penal de 1940 previa a penalização com reclusão de dois a cinco anos para quem poluísse água potável, tornando-a imprópria para o consumo.

Em meados da década de 60, a Divisão de Águas do Departamento Nacional da Produção Mineral foi transformada em Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE) e depois em Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), subordinado ao Ministério das Minas e Energia, tornando-se o órgão central de direção superior responsável pelo planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos; pela supervisão, fiscalização e controle dos aproveitamentos das águas que alteravam seu regime, bem como dos serviços de eletricidade (BRASIL, 1980). É importante notar que, desde então, a administração da água passou a ser desse ministério, marcando um período de grandes obras hidrelétricas, priorizando-se o setor elétrico como matriz energética para a industrialização do país.

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em Estocolmo, em 1972, o Brasil na tentativa de organização do setor ambiental criou, em 1973, a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), subordinada ao Ministério do Interior, tendo como atribuições, dentre outras, a de promover ações de controle da degradação ambiental e da poluição generalizada. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em São Paulo, e a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), no Rio de Janeiro foram alguns dos órgãos criados, para o controle ambiental a nível estadual.

No entanto, foi em 1978, que foi dado o primeiro importante passo na busca de solução para os problemas de gestão dos recursos hídricos, que foi a criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), que tinha como objetivo "*propor a classificação e enquadramento dos cursos d'água federal, bem como realizar estudos integrados e o acompanhamento da utilização racional das bacias hidrográficas dos rios federais, no sentido de obter aproveitamento múltiplo de cada uma dessas bacias e minimizar as conseqüências nocivas à ecologia da região"* (Portaria Interministerial 90/78 – MME/Minter).

Participavam dos comitês executivos representantes de órgãos federais e dos governos estaduais que discutiam a problemática da água e as ações a serem implementadas no âmbito de suas respectivas bacias, como a do São Francisco, do Paraíba do Sul, Paranapanema, etc..

A partir dessas e de outras experiências bem sucedidas e com a tomada de consciência da sociedade sobre a problemática dos recursos hídricos, desencadeou-se um amplo processo de mobilização e de discussão entre diversas instituições governamentais e não-governamentais, pleiteando o rompimento da hegemonia do setor elétrico sobre os demais e a elaboração de uma nova política para o setor. Esse assunto foi também discutido pelos constituintes, que buscaram dessa forma obter subsídios para a abordagem dos recursos hídricos na Lei Maior do País, ou seja, a Constituição de 1988.

Na década de 80, a Bacia Hidrográfica, foi retomada como unidade territorial de planejamento, tendo em vista a necessidade premente de equacionar os problemas de poluição e conflitos intersetoriais de usos da água acumulados por várias décadas. Por outro lado, as pressões sociais da época, que exigiam a atuação efetiva do governo, deram início a uma nova fase no gerenciamento dos recursos hídricos (SILVA, 1998).

Em 1981, foi criada a Lei 6.938/81 que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, e estabeleceu instrumentos voltados à gestão ambiental e à aplicação efetiva do princípio usuário/poluidor pagador. Essa lei inseriu importantes instrumentos, tornando-se um marco na modificação dos mecanismos de gestão dos recursos naturais do país. A Lei 6.938/81 instituiu também o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Em 1986, foi editada a resolução CONAMA 020/86, estabelecendo para o território brasileiro, 5 (cinco) classes de uso preponderante para as águas doces, 2 (duas)

classes para as salobras e 2 (duas) para as salinas, fixando limites e condições qualitativas para cada classe. O objetivo do enquadramento dos cursos d'água em classes ou categorias de usos é estabelecer o nível de qualidade (ou classe) a ser alcançado e ou mantido em um corpo hídrico. Em função dessa classificação, são firmados programas permanentes de acompanhamento e controle da poluição. Esses programas são firmados pelos órgãos fiscalizadores do meio ambiente, voltados à administração de bacias hidrográficas.

A Constituição brasileira de 1988, tendo em vista as pressões sociais no país e outras externas, prevê a criação de um Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que, segundo Barth (1996), deve-se também ao Seminário Internacional de Gestão de Recursos Hídricos[7] (1983).

O governo assumiu os debates em torno dessa problemática, promovendo, a partir de então, vários eventos regionais. Esses eventos forneceram subsídios ao Grupo de Trabalho Interministerial – GTI (criado pelo Decreto nº 99.400, de 19/07/90) para formular as seguintes propostas: (i) projeto de lei estabelecendo a política nacional de gerenciamento de recursos hídricos; (ii) plano de recursos hídricos; (iii) criação do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos, estrutura e orientação para a sua implementação.

Com a criação da lei 9.433 de 17 de janeiro de 1997, que tem como objetivo principal instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos, e cria organismos para o seu gerenciamento, o Brasil dá um grande passo para um avanço na gestão dos recursos hídricos.

Outro importante avanço para a gestão dos recursos hídricos no Brasil foi a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) subordinada ao Ministério do Meio Ambiente, através da Lei 9.984 de 17 de julho de 2000, e que tem como objetivo, implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

[7] Realizado em 1983 em Brasília, patrocinado pelo DNAEE/MME e SEMA/MINTER. Nesse Seminário foi recomendada, entre outras medidas, a criação de um colegiado nacional, a nível ministerial, coordenador da política de gestão das águas; a instituição de colegiados de usuários, para participarem da gestão dos recursos hídricos e do seu planejamento; a cobrança pela utilização da água e a criação de um fundo nacional de recursos hídricos.

3.3 A Nova Política de Recursos Hídricos no Brasil

A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, também conhecida como "Lei das Águas", instituiu a nova Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentando o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e alterando 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.

Essa lei constitui um marco na gestão dos recursos hídricos do país que, até então, era definida pelo Código de Águas de 1934. O inciso XIX do art. 20 da Constituição Federal determina que são bens da união: *"os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais",* alterando, portanto, o Código de Águas de 1934, com a extinção do domínio privado da água, previsto em alguns casos nesse código.

Alguns Estados brasileiros lideraram a iniciativa de criação de uma nova Política de Gestão de Recursos Hídricos, baseada em experiências internacionais. Assim, implementaram alguns princípios básicos praticados em quase todos os países que avançaram na gestão das águas, dentre eles de acordo com Young (1999)**:**

> • A adoção da **bacia hidrográfica** como unidade de planejamento e não mais a divisão territorial Político-Administrativa que pressupõe o espaço geográfico dos Estados e Municípios;
> • Os **usos múltiplos da água**, entendendo que a água deverá atender aos diversos usos a que se destina e não mais favorecendo apenas a um setor;
> • O reconhecimento da água como um recurso natural, considerando seu **valor econômico**, forte indutor de seu uso racional, sendo base para implementação da cobrança pela utilização dos recursos hídricos para fins econômicos;
> • A **gestão descentralizada e participativa**, promovendo maior integração do gerenciamento dos recursos hídricos nos diversos órgãos atuantes, contando com a participação dos usuários, Poder Público Federal, Estadual e Municipal e sociedade civil organizada, possibilitando influenciar no processo decisório de ações concernentes aos recursos hídricos;
> • A escassez, que confere **prioridade em situações de escassez** ao uso da água para abastecimento humano e dessedentação de animais.

São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A Lei 9.433/97 define alguns instrumentos necessários à implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, quais sejam, os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa a: "*assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes".*

Um importante objetivo deste instrumento é a garantia da preservação dos múltiplos usos da água e dar suporte ao instrumento de outorga. A outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

De acordo com Campos (2001), entre os cinco instrumentos previstos no artigo 5º da Política Nacional de Recursos Hídricos, o instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos destaca-se como um dos principais instrumentos para a implementação da referida Política. De acordo com o artigo 20 da Lei 9.433, serão cobrados somente os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga, tais como: derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; extração de água de aqüífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água (artigo 12, PNRH). O artigo 12, § 2º, dispõe que a outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica estarão subordinadas ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, obedecida a disciplina da legislação setorial específica, (CAMPOS, 2001).

Segundo o artigo 19 , incisos I, II e III, PNRH, a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água; e obter recursos financeiros

para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados no financiamento de estudos, programas, projetos e obras, incluídos nos planos de recursos hídricos, e no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, limitadas a 7,5% do total arrecadado. Os valores obtidos com a cobrança poderão ser aplicados a fundo perdido, em projetos e obras que alterem de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água (art. 22, incisos I e II, § 1º e § 2º, PNRH).

A Lei 9.433 institui também o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNRH) e de acordo com artigo 33, integram este sistema o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e as Agências de Água.

De acordo com o artigo 34 da PNRH, o CNRH, integrante do SNRH, é composto por representantes dos ministérios e secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos; representantes indicados pelos conselhos estaduais de recursos hídricos; representantes dos usuários dos recursos hídricos; e representantes das organizações civis de recursos hídricos. Compete ao CNRH, entre outras, estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso (art. 35, inciso X, PNRH).

A criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que compõem o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, é um dos principais meios para a consolidação da gestão participativa, que contempla a participação do governo federal (em caso de comitê de rios federais), estadual e municipal, a sociedade civil e os usuários da água, tornando assim ‘teoricamente’, o processo de tomada de decisão mais democrático.

Os Comitês de Bacia Hidrográfica têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, utilizando-se da implementação dos instrumentos técnicos de gestão, harmonizando os conflitos e promovendo a multiplicidade dos usos da água, respeitando a dominialidade das águas, integrando

as ações de todos os governos, Municípios, Estados e União, propiciando o respeito aos diversos ecossistemas naturais, promovendo a conservação e recuperação dos corpos d'água, garantindo a utilização racional e sustentável dos recursos para a manutenção da boa qualidade de vida da sociedade local.

Dentre outras competências dos Comitês de Bacia destacam-se: arbitrar os conflitos relacionados aos recursos hídricos na bacia hidrográfica; aprovar o Plano de Recursos Hídricos; acompanhar a execução do Plano e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; definir os investimentos a serem implementados com a aplicação dos recursos da cobrança.

De acordo com ao artigo 41 da PNRH, as agências de água exercerão a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos comitês de bacia hidrográfica, terão a mesma área de atuação de um ou mais comitês, e sua criação será autorizada pelo CNRH ou pelos conselhos estaduais de recursos hídricos mediante solicitação do comitê (art. 42, parágrafo único, PNRH).

Compete às agências de água, no âmbito de sua área de atuação, efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos (art. 44, inciso III, PNRH) e propor ao respectivo ou respectivos, comitês de bacia hidrográfica os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos e o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos (art. 44, inciso XI, alíneas b e c, PNRH).

A Agência Nacional de Água (ANA), criada pela Lei 9.984, de 17 de julho de 2000, foi instituída, aprovada e sancionada no Congresso Nacional em convocação extraordinária. A agência atua nas bacias hidrográficas de rios federais e se articula com demais órgãos e entidades públicas (inclusive estaduais e municipais) e privadas que integram o Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

A ANA tem a função de coordenar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o papel de estimular e prestar assistência técnica e organizacional na criação e consolidação dos Comitês de Bacia Hidrográfica e seus braços executivos, as Agências de Água ou de Bacias, e na organização e atuação dos órgãos e entidades estaduais, gestores de recursos hídricos.

A ANA tem como principais atribuições:

> Outorgar o direito de uso da água; Fiscalizar os usos múltiplos dos recursos hídricos; Implementar a cobrança pelo uso da água em âmbito da União; Arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas pela cobrança pelo uso da água; Planejar e promover ações destinadas a prevenir e minimizar os efeitos das secas e inundações; Definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados para garantir os usos múltiplos dos recursos hídricos; Organizar implantar e gerir o Sistema nacional de Informações sobre recursos hídricos; Estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a Criação de Comitês de Bacia Hidrográfica.

A função administrativa básica da ANA é controlar, por meio de outorgas de direito de uso, a alocação das águas de domínio da União. A Agência Nacional de Águas (ANA), é o órgão regulador responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Entretanto, serão os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH's) que decidirão quando e quanto cobrar pelo uso da água. Caberá a ANA garantir o recurso, desde que, haja previamente a solicitação do direito de utilização da água para fins econômicos pleiteado pelo instrumento de outorga.

A cobrança pelo uso da água deverá gerar recursos financeiros a serem aplicadas para minimizar problemas com a degradação ambiental e a melhoria das condições de vida das comunidades locais. Os recursos deverão ser aplicados prioritariamente na bacia onde são recolhidos, viabilizando financeiramente o setor.

Vários Estados aguardavam a promulgação da Lei 9.433/97 para definirem a Política de Recursos Hídricos em seu âmbito de atuação. Tendo em vista o fato de serem detentores de domínio sobre as águas, bem como a União, aprovaram suas respectivas leis de organização administrativa para o setor de recursos hídricos, encontrando-se, alguns deles, em avançado estágio de regulamentação.

3.4 A Situação Atual dos Recursos Hídricos no Brasil

Apesar da grande produção hídrica de superfície média no país, 250.000 m^3/s, existem no Brasil regiões em que ocorrem períodos prolongados de escassez de água, como exemplo a região Nordeste do país. No entanto, hoje, existem pontos localizados de escassez, como por exemplo, algumas cidades da bacia do rio Paraíba do Sul, cidades do Norte de Minas Gerais (Vale Jequitinhonha), e outros. Na bacia do rio Paraíba do Sul a crescente demanda pelo uso da água, vem contribuindo para um quadro de escassez, como vem ocorrendo também em outras bacias hidrográficas do país.

A distribuição dos recursos hídricos, como acontece a nível mundial, não tem distribuição homogênea, como também não é uniforme a distribuição populacional, quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Informações Básicas sobre as Bacias Hidrográficas Brasileiras.

Bacia Hidrográfica	**Área**		**População***		**Densidade**	**Vazão**	Disponibilidade Hídrica**		**D**isponibilidade Per Capta
	10^3 km^2	%	hab.	%	hab/km^2	m^3/s	km^3/ano	%	m^3/hab.ano
Amazônica	3.900	45,8	6.687.893	4,3	1,7	133.380	4.206	73,2	628.940
Tocantins	757	8,9	3.503.365	2,2	4,6	11.800	372	6,5	106.220
Atlântico Norte/Nordeste	1.029	12,1	31.253.068	19,9	30,4	9.050	285	5,0	9.130
São Francisco	634	7,4	11.734.966	7,5	18,5	2.850	90	1,6	7.660
Atlântico Leste	545	6,4	35.880.413	22,8	65,8	4.350	137	2,4	3.820
Paraguai	368	4,3	1.820.569	1,2	4,9	1.290	41	0,7	22.340
Paraná	877	10,3	49.924.540	31,8	56,9	11.000	347	6,0	6.950
Uruguai	178	2,1	3.837.972	2,4	21,6	4.150	131	2,3	34.100
Atlântico Sudeste	224	2,6	12.427.377	7,9	55,5	4.300	136	2,3	10.910
BRASIL	8.512	100	157.070.163	100	18,5	182.170	5.745	100	36.580

Fonte: SIH/ANEEL (1999), (*apud* CAMPOS, 2001).

* IBGE (1996). ** Produção hídrica brasileira.

Essa distribuição irregular dos recursos hídricos no território brasileiro veio a ser uma das causas dos conflitos entre os usuários da água a partir da década de 1970, quando o modelo de desenvolvimento adotado pelo país começou a se refletir na alteração da quantidade e qualidade da água, limitando o seu uso múltiplo. Desde então, surgiram novos conflitos pelo uso da água, que se agravam com a crescente demanda da população e de seus diversos usos. O quadro 3.2 mostra a disponibilidade hídrica dos estados brasileiros:

Quadro 3.2 - Disponibilidade Hídrica por Estado:

Estado	**Potencial Hídrico (km^3/ano)**	**População Censo 1996 (habitantes)**	**Densidade (hab/km^2)**	**Disponibilidade per capita (m^3/hab.ano)**
Rondônia	150,2	1.229.306	5,81	122.183
Acre	154,0	483.593	3,02	318.450
Amazonas	1.848,3	2.389.279	1,5	773.581
Roraima	372,3	247.131	1,21	1.506.488
Pará	1.124,7	5.510.849	4,43	204.088
Amapá	196,0	379.459	2,33	516.525
Tocantins	122,8	1.048.642	3,66	117.104
Maranhão	84,7	5.222.183	15,89	16.219
Piauí	24,8	2.673.085	10,92	9.278
Ceará	15,5	6.809.290	46,42	2.276

Estado	Potencial Hídrico (km^3/ano)	População Censo 1996 (habitantes)	Densidade (hab/km^2)	Disponibilidade per capita (m^3/hab.ano)
Rio Grande do Norte	4,3	2.558.660	49,15	1.681
Paraíba	4,6	3.305.616	59,58	1.392
Pernambuco	9,4	7.399.071	75,98	1.270
Alagoas	4,4	2.633.251	97,53	1.671
Sergipe	2,6	1.624.020	73,97	1.601
Bahia	35,9	12.541.675	22,6	2.862
Minas Gerais	193,9	16.672.613	28,34	11.630
Espírito Santo	18,8	2.802.707	61,25	6.708
Rio de Janeiro	29,6	13.406.308	305,35	2.208
São Paulo	91,9	34.119.110	137,38	2.694
Paraná	113,4	9.003.804	43,92	12.595
Santa Catarina	62,0	4.875.244	51,38	12.717
Rio Grande do Sul	190,0	9.634.688	34,31	19.720
Mato Grosso do Sul	69,7	1.927.834	5,42	36.155
Mato Grosso	522,3	2.235.832	2,62	233.604
Goiás	283,9	4.514.967	12,81	62.880
Distrito Federal	2,8	1.821.946	303,85	1.537

Fonte: Setti et al. (*apud* CAMPOS, 2001).

De acordo com o quadro 3.2, a produção hídrica e a distribuição não homogênea da população, trazem desigualdades na disponibilidade de água *per capita* no país. O estado de Roraima, por exemplo, tem uma disponibilidade hídrica *per capita* de 1.506.488m^3/hab.ano, contra a de Pernambuco que é de 1.270 m^3/hab.ano, pois além de ter uma produção hídrica muito menor que a do estado de Roraima, tem uma população aproximadamente 35 vezes maior. Observamos, também, que, geralmente, os estados que possuem potencial hídrico menor são os mais populosos, por exemplo, Rio de Janeiro, São Paulo, Sergipe e Bahia, gerando assim conflitos pelo uso da água.

Quadro 3.3 - Patamares específicos de estresse hídrico.

Disponibilidade Hídrica (m^3/hab.ano)	Situação
> 1700	Somente ocasionalmente tenderá a sofrer problemas de falta de água.
1700 – 1000	ALERTA de escassez hídrica
1000 – 500	Escassez hídrica CRÔNICA
< 500	Escassez hídrica ABSOLUTA

Fonte: Adaptado de Beekman (*apud* CAMPOS, 2001).

Observando os quadros 3.2 e 3.3, conclui-se que existem estados no Brasil com situação de alerta de escassez hídrica, como exemplo, Pernambuco, Paraíba, Distrito Federal, Sergipe, Alagoas e Rio Grande do Norte.

Segundo Campos (2001), existem algumas regiões no país, onde a disponibilidade hídrica *per capita* é inferior a 500m^3/hab.ano, caracterizando a região como de escassez hídrica absoluta. As bacias hidrográficas e regiões que se encontram nesta situação são: bacia do rio Piracicaba e Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)), a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e algumas bacias do semi-árido brasileiro.

Nas regiões metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro, esses índices são inferiores a 200m^3/hab.ano, sendo, então, necessária a transposição de bacias hidrográficas para o abastecimento urbano e outros usos nessas bacias. Em São Paulo é feita a transposição de uma vazão de cerca de 31m^3/s dos rios Atibaia e Jaguari na bacia do rio Piracicaba.

No Rio de Janeiro, a transposição é feita dos rios Paraíba do Sul e Piraí para o Rio Guandu, de uma vazão de até 180m^3/s, dos quais aproximadamente 50m^3/s são usados para o abastecimento urbano da RMRJ.

O Brasil encontra-se em posição privilegiada se comparado com a maioria dos países do mundo quanto à disponibilidade de água, no entanto, os recursos hídricos apesar de ser um recurso renovável, segundo os princípios básicos da Lei 9.433 é considerado um recurso finito, e, necessita de uma gestão séria e participativa para a garantia de sua quantidade e qualidade.

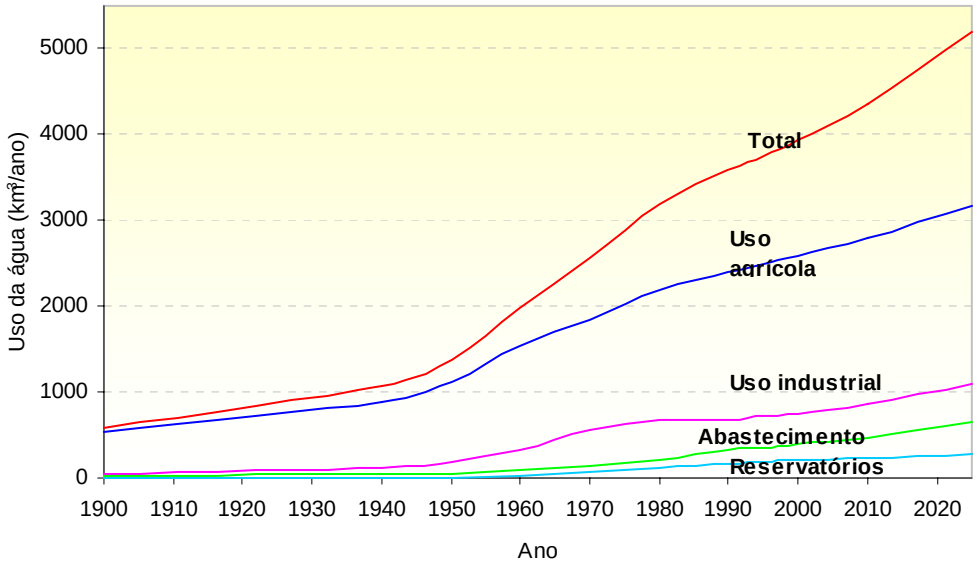
3.5 Os Múltiplos Usos da Água

Podemos captar a água que encontramos no nosso sistema hidrográfico para, através de sistemas de abastecimento, promover o atendimento das necessidades básicas de água potável da população e a produção de bens e serviços (abastecimento de unidades industriais, comércio, governo, etc.). A água captada pode também ser utilizada em sistemas de irrigação para incrementar a produção de alimentos e em casas de força para a produção de energia elétrica. Podemos ainda optar por não captar a água, mas sim usá-la nos próprios rios, para promover o transporte hidroviário, a recreação, a geração de energia elétrica, a preservação de espécies e nichos ecológicos, ou a diluição de esgotos e rejeitos industriais. Qual a melhor forma de balancear os diversos usos é um problema cuja importância tem sido reconhecida

pela Análise de Sistemas de Recursos Hídricos que vem desenvolvendo técnicas de apoio a decisões que consideram o múltiplo uso da água na gestão de recursos hídricos.

Cerca de 70% de toda água do planeta captada em rios, lagos e aqüíferos superficiais é utilizada na agricultura irrigada - o uso mais representativo da água - conforme está representado no gráfico 3.1, construído a partir de informações obtidas de Tundsi (2003).

Gráfico 3.1 - Evolução do volume de água ao longo dos anos.



Fonte: Tundisi (2003).

O gráfico 3.1 representa o crescimento da demanda pelo uso da água ao longo dos anos, principalmente, o uso agrícola, que deu um grande salto a partir de 1945. Esse crescimento é considerável e vem ocasionando problemas aos recursos hídricos em todo mundo, seja em quantidade ou em qualidade.

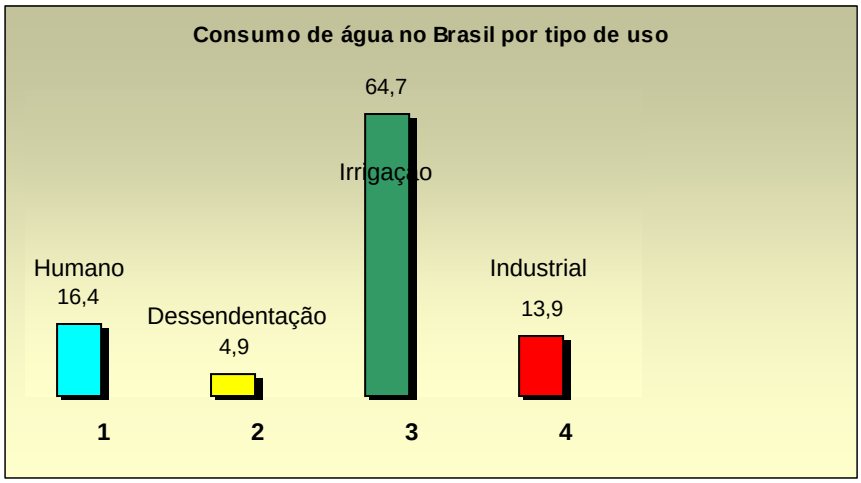
3.6 A Consideração dos Múltiplos Usos da Água no Brasil

No Brasil, como em todo mundo, a agricultura irrigada é a que faz maior uso dos recursos hídricos, que segundo Tucci et al. (2000) 90% da água é utilizada para esse uso juntamente com o uso industrial e o consumo humano. O gráfico 3.2, mostra o consumo de água no Brasil, para os vários usos.

A população brasileira encontra-se concentrada na área urbana do país, que vem aumentando ao longo dos anos, como mostra o quadro 3.4. Esse crescimento no

Brasil gerou um crescimento considerável das demandas hídricas, causando também grandes impactos para esses recursos.

Gráfico 3.2 - Consumo de água no Brasil, para os vários usos:



Fonte: FGV (*apud* TUNDISI, 2003).

Quadro 3.4 – Crescimento da população brasileira e a taxa de urbanização:

Ano	População (10^6)	Parcela da população urbana
1970	93,1	55,9
1980	118,0	68,2
1991	146,8	75,6
1996	157,1	78,4
2000	169,0	81,1

Fonte: IBGE (*apud* TUNDISI, 2003).

A alteração do ciclo hidrológico é um dos impactos gerados por esse crescimento urbano desordenado, que causam além das enchentes urbanas, problemas de poluição das águas e a redução significativa dos recursos hídricos.

Os usos múltiplos dos recursos hídricos e os impactos por eles produzidos são de variada dimensão e distribuição pelo país, e se devem principalmente a esse crescimento urbano caótico e ao uso industrial e agrícola, sem controle de técnicas e análise de impactos ambientais.

Outro importante uso da água no Brasil é a geração de energia elétrica, que chega a ser de 85% a geração por hidroeletricidade no país. Esse uso até a criação da Lei 9.433, era dominante sobre os demais, e após a criação desta, apesar do princípio da

multiplicidade de usos; a prioridade de uso dos recursos hídricos é o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

Segundo Kelman (1999), desde a metade do século XX, o setor elétrico decidia sozinho sobre a construção e localização dos reservatórios, bem como a sua operação, pois os "*grandes rios do Brasil praticamente pertenciam a este setor"*. Não era realizada pelo setor elétrico, a análise da viabilidade, quanto aos aspectos sociais e ambientais, de um projeto e os eventuais impactos que estes poderiam causar.

A consideração dos usos múltiplos da água pode ser conflitante, como exemplo clássico de conflito pelo uso da água, podemos citar a operação de um reservatório com os objetivos de geração de energia elétrica, que requer níveis próximos do máximo, e o controle de cheias, cujo nível do reservatório deve ser sempre o mínimo (BRAGA, 1987).

Porém, podemos ter reservatórios com usos múltiplos que não entram em conflito entre si, ou seja, podem ser complementares, por exemplo, um reservatório com objetivo de geração de energia e abastecimento humano, onde ambos precisam operar com os níveis próximos do máximo.

O Plano Nacional de Energia Elétrica, 1993 – 2015, (ELETROBRÁS, RJ, 1993), aponta a necessidade da consideração do uso múltiplo dos reservatórios, desde a fase inicial de planejamento do setor, porém, indica também que os custos relativos a construção desses reservatórios deve ser repartido pelos setores beneficiários. Constam, também, desse plano alguns fatores que dificultam o planejamento dos aproveitamentos com o objetivo de múltiplos usos:

- Ausência de planos de desenvolvimento regionais que identifiquem propostas globais de aproveitamentos dos recursos de uma determinada bacia hidrográfica e sirvam de balizamento ao aproveitamento energético da água;
- Limitações de foros de debate entre os diversos interessados nos usos da água;
- Ausência de planos de longo prazo nos demais setores usuários de água, no mesmo nível de detalhe e amplitude do setor elétrico;
- Falta de recursos dos demais setores, recaindo todo custo financeiro sobre o setor elétrico.

Uma das principais barreiras ao gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil é o controle de lançamentos de efluentes sanitários não tratados, que necessitam de altos investimentos. Também o desperdício de água na irrigação e companhias de

saneamento e as questões sociais e políticas sobrepostas às questões ambientais entravam o processo de gerenciamento.

3.7 Conflitos pelo Uso da Água

Podemos encontrar várias definições para a palavra “conflito”. Por exemplo: do dicionário Aurélio:

- Embate dos que lutam; Guerra; Luta; Combate; Colisão; Choque.

No contexto deste trabalho, “conflito pelo uso da água” (disputa) pode ser definido como:

- Uma disputa entre os atores sociais, usuários de água, sobre o acesso (conflito devido à escassez da água entre os vários usuários) ou a forma de administrar os recursos hídricos.
- Ou uma disputa entre os diferentes setores usuários da água, como irrigação, navegação, geração hidroelétrica, abastecimento, etc., quando estes usos são conflitantes entre si. Ex.: Abastecimento e diluição de esgoto.

Segundo Malta (2000), uma situação de conflito ocorre sempre que existe disputa entre dois ou mais grupos com poderes de decisão e interesses diversos. Um exemplo de conflito na área de recursos hídricos no Brasil é a disputa pela transposição das águas do Rio São Francisco, onde entram em conflito os interesses da população do semi-árido nordestino potencialmente beneficiárias, os interesses das populações ribeirinhas que já fazem uso das águas do rio São Francisco para irrigação e consumo humano e pretendem intensificar esses usos e os interesses das empresas geradoras de energia elétrica que exploram este sistema e também planejam a sua expansão.

Uma situação de desequilíbrio entre a oferta e a demanda e a questão dos múltiplos usos da água, gera situações de conflitos que devem ser administradas pela sociedade como um todo.

Segundo Porto e Azevedo (2002), o conflito pode ser de naturezas diversas, descritas pelos autores como:

> **Cognitivos**: quando as partes entram em conflito por não conhecerem suficientemente bem o problema, dando vezes a posições baseadas em opiniões, normalmente desprovidas de embasamento técnico e insuficiente para a sua resolução, a qual depende, basicamente, de pesquisas e estudos sobre os assuntos em discussão, o que é até uma obrigação profissional dos técnicos envolvidos em determinados problemas;
> **Políticos**: ocorrem quando as partes têm interesses diferentes. Particularmente, quando os interesses são espúrios, ocorre a tendência de os interlocutores disfarçarem seus reais objetivos. Sua resolução se baseia na possibilidade de negociações, sendo que os interlocutores devem conhecer razoavelmente bem os

> benefícios ou perdas de assunção de determinadas posições. Ainda assim, cabe aos técnicos quantificar o ganho ou perda destas negociações;
> **Ideológicos**: as partes entram em conflito porque possuem valores diferentes. Sem dúvida, são os conflitos cujas soluções existentes (quando existem) ainda estão longe de poderem ser consideradas satisfatórias. No entanto, esclarecimentos técnicos podem ajudar a minimizar tais situações.

Ainda, segundo Porto e Azevedo (2002), na maioria das situações de conflito estabelecidas, existe uma fusão das três naturezas descritas anteriormente. Porto *et. al* (2002) descrevem os possíveis desfechos para as situações de conflitos:

> **ganha x perde**: trata-se da situação que a maioria das pessoas acha mais comum, e que mais enfrentam normalmente. Em geral, a parte mais forte, seja por maior poder decisório, econômico ou político, ganha a disputa. No entanto, este tipo de resolução não leva a uma situação sustentável, uma vez que o lado perdedor sai descontente da negociação e tende a buscar reverter, assim que possível, sua condição;
> **perde x perde**: é a situação que nenhuma das partes deseja, mas que normalmente ocorre. Produz, obviamente, desfechos extremamente frágeis, podendo gerar situações de conflitos mais complexas que a original;
> **ganha x ganha**: se existe uma situação de conflito, depreende-se que os recursos não são suficientes para a satisfação de todas as partes. Assim, ocorre que não é possível que todos os interessados obtenham integralmente seus intentos. No entanto, podem ser buscadas oportunidades, muitas vezes diferentes das situações que geraram o conflito, que talvez satisfaçam, mesmo que parcialmente, as diversas necessidades dos partícipes. É necessário que ambas as partes entrem na negociação com o intuito de ganhar e também dispostas a fazer concessões, dando maior possibilidade de sucesso à negociação para que se possam estabelecer soluções sustentáveis de longo prazo. Para que se consiga uma relação ganha x ganha, é necessário que exista:
> - determinada dose de confiança entre as partes;
> - algo em comum com a qual as partes concordem (uma base de dados, por exemplo);
> - ambos os lados devem procurar identificar oportunidades, mesmo que diferentes do objeto específico da negociação.

Os conflitos aumentam e se tornam cada vez mais graves com o crescimento populacional e, conseqüentemente, com o uso indiscriminado dos recursos naturais, podem ser utilizados modelos matemáticos para a sua solução, onde uma negociação entre os diversos atores deve ser procurada, ou seja uma solução em que recompense a todos e que principalmente seja sustentável.

Como prevê a Lei 9.433, a prioridade do uso da água no Brasil, é o abastecimento público e a dessedentação de animais, entretanto os outros usos, por exemplo, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, abastecimento industrial, lazer e outros, não têm prioridade definida a princípio. Assim, em situações de conflito de interesse, faz-se necessária a negociação para estabelecer as restrições e compensações entre as partes interessadas.

Segundo Braga (2002), a crise energética ocorrida no início do século XXI, mostrou a importância da utilização dos recursos hídricos para a geração de energia elétrica no Brasil, e a necessidade da determinação de prioridade entre os outros usos da água.

Devida à crise energética ocorrida em 2001, a Câmara de Gestão da Crise Elétrica (CGE), através da Resolução 127, de 16 de abril de 2002, dispõe sobre a inclusão de empreendimentos de geração e co-geração de energia termelétrica no Programa Estratégico Emergencial de Energia Elétrica, e assegura prerrogativas do Programa Prioritário de Termeletricidade – PPT, sendo este um importante passo para que no futuro tenhamos outras alternativas para a geração de energia elétrica no país.

A Lei 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem como um dos princípios fundamentais o uso múltiplo da água, porém com a escassez desses recursos, esses usos podem ser conflitantes entre si.

No entanto, essa mesma lei prevê a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas com a participação de toda sociedade, que têm como competência*"*(...) *arbitrar em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos* (...)".

Também, a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), no seu papel de reguladora e mediadora de conflitos de uso, vem intermediando esses problemas, principalmente no que se refere à operação de reservatórios.

Segundo Kelman (2001), a ANA tem como atribuições a definição e a fiscalização das condições de operação dos reservatórios, por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo da água, conforme previsto nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas.

Em meados de 2000, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) antes da criação da ANA, fez a intermediação de um conflito estabelecido nas bacias dos rios Tietê e Paraná. Esse conflito tinha como atores os usos hidroelétrico e navegação. Esse conflito foi solucionado com a redução de 5% na geração média mensal de dez usinas hidrelétricas, controladas por empresas públicas e privadas, nos meses de estiagem (setembro a novembro), garantindo assim o transporte de mercadorias no período.

Outra situação de conflito, envolvendo o setor elétrico, aconteceu na bacia do rio São Francisco. Esse conflito envolvia o setor elétrico com o de abastecimento de água potável. A bacia do rio São Francisco é uma das bacias brasileiras mais castigadas

pela falta de chuva nos últimos 70 anos, isso fez com que os níveis dos reservatórios chegassem próximo do mínimo, e o reservatório de Três Marias, que abastece a cidade de Pirapora tinha dificuldades de manter a vazão mínima de 440m^3/s para a garantia do abastecimento de água e geração de energia. A alternativa adotada para a solução desse conflito foi a adoção de uma nova vazão mínima negociada, de 370m^3/s, após uma análise mais detalhada da situação (BRAGA, 2002).

Outros exemplos de conflitos pelo uso da água que ocorrem no Brasil são:

a. Conflitos pelo uso da água
- hidroeletricidade x irrigação (Sobradinho, transposição da água do rio São Francisco);
- hidroeletricidade x controle de cheias (rios Paraná, Uruguai, Tietê);
- hidroeletricidade x navegação (Três Marias, Tietê, Itaipu);
- hidroeletricidade x ecologia (exploração do potencial da Amazônia);
- hidroeletricidade x abastecimento (rio Paraíba do Sul, reservatório de Billings);
- hidroeletricidade x ocupação do vale (rio Doce, reassentamento de atingidos, royalties).

b. Os Conflitos podem ser também de cunho Institucional:
- Poder de Legislar (Federal x Estadual);
- Sociedade Política x Sociedade Civil.

c. Conflitos pela regulamentação da Lei 9.433:
- Criação de Comitês de Bacias, como exemplo: a criação de comitês das bacias estaduais do rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo, que devido a problemas burocráticos, não conseguem se estabelecer, e este problema gera conflitos dentro do CEIVAP, entre os representantes dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro;
- Critérios para outorgas e Cobrança pelo uso d'água, como exemplo CBH Guandu e CEIVAP;
- Aplicação dos recursos arrecadados pela cobrança pela transposição de bacias do rio Paraíba do Sul/Guandu.

Um problema de conflito existente na bacia do rio Paraíba do Sul, resultante da transposição das águas do rio Paraíba do Sul e de difícil solução, é o relativo às inundações à jusante do reservatório de Santana na cidade de Barra do Piraí, principalmente no distrito de Santanésia, onde as obras executadas para desvio de água para a geração de energia do Sistema LIGHT e a ocupação desordenada do

antigo leito do rio Piraí causaram vários problemas, como exemplo, inundação, problemas sanitários, ambientais e outros, para a população que ocupa esse leito.

Campos (2001) descreve os problemas de inundação que ocorrem no distrito de Santanésia na bacia do rio Piraí, a jusante do reservatório de Santana e conclui::

> Ao longo do tempo, tem-se buscado a solução desse problema, de forma integrada, envolvendo os principais atores interessados, ou seja, o Estado do Rio de Janeiro, por intermédio da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), a Prefeitura de Barra do Piraí, a LIGHT e a Cia. Industrial Papel Pirahy (CIPP), situada a jusante da Barragem de Santana, no distrito de Santanésia, empresa que registra um histórico de paralisações de seu parque industrial por inundações. Entretanto, essas iniciativas têm fracassado, indicando o quanto é importante a existência de um comitê de bacia hidrográfica, como o CEIVAP, com atribuições legais que permitam a solução compartilhada dos problemas existentes entre os vários usuários da bacia, cujos objetivos são diferenciados.

Outros conflitos na bacia do rio Paraíba do Sul são descritos no Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos (PGRH) de 2002, entre eles:

• Conflitos entre usuários dos canais de Campos dos Goytacazes

O Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), com o objetivo de drenar as áreas da baixada, construiu um sistema de canais interligados, de aproximadamente 1.300 km de extensão, com o objetivo de conduzir as águas acumuladas pelas chuvas para o oceano. A partir do final da década de 1970 esses canais passaram a ser utilizados também para a irrigação das lavouras de cana de açúcar.

Ao extinguir-se o DNOS em 1990, o controle e a manutenção desse complexo sistema hídrico ficaram comprometidos, o que resultou em soluções individuais pautados por interesses imediatos, comprometendo a eficiência dos canais e agravando os conflitos pela água, em algumas situações violentas, que segundo Relatório Síntese do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul tenderão a se agravar, se não houver uma gestão eficiente e democrática do sistema como um todo.

• Conflitos decorrentes da transposição da bacia do rio Paraíba do Sul

No início da década de 1950, período onde, via de regra, as questões ambientais eram absolutamente irrelevantes no contexto das decisões que determinavam sobre a viabilidade da implantação de grandes obras da engenharia, foi realizado um conjunto de intervenções para transferir parcela expressiva das águas do rio Paraíba do Sul e a quase totalidade do rio Piraí para o Complexo Hidrelétrico de Lages (LIGHT). Ao longo

dos anos seguintes, alguns focos de conflitos relacionados ao uso das águas começaram a ganhar importância ante o crescimento populacional dos centros urbanos, dentre os quais riscos de saúde e de graves inundações nas bacias dos rios Piraí e Paraíba do Sul.

• **Conflitos decorrentes da contaminação de mananciais de abastecimento por defensivos agrícolas**

Conflito entre irrigantes e a Prefeitura de Guaratinguetá decorrente do uso intensivo de defensivos agrícolas a montante da tomada de água, prejudicando seriamente o abastecimento de água do município.

• **Conflitos entre irrigantes devido à ausência de gerenciamento dos recursos hídricos**

Conflitos entre irrigantes nos rios Piagui e Pirapitingui, ambos afluentes pela margem esquerda do rio Paraíba do Sul, no trecho paulista.

• **Conflitos entre irrigantes e outros usuários da água**

Conflitos no ribeirão da Serragem, afluente na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, a jusante da cidade de Tremembé, em São Paulo, envolvendo a indústria **Malteria** do Vale e irrigantes.

Todos esses exemplos de conflitos e outros indicam a necessidade de criação de um modelo de negociação que contemple os múltiplos usos da água, a gestão participativa dos recursos hídricos, com os vários decisores; usuários da água, poder público e sociedade civil organizada, e o fortalecimento dos órgãos de gestão.

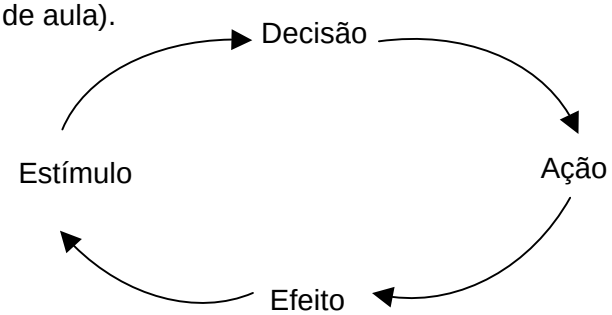
4 O Modelo de Tomada de Decisão

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta algumas considerações sobre as metodologias utilizadas em problemas de tomada de decisão, envolvendo vários atores, diversos aspectos (critérios), incertezas, e outros elementos inerentes à problemática da ciência da decisão.

4.2 O Sistema de Suporte à Decisão (SSD)

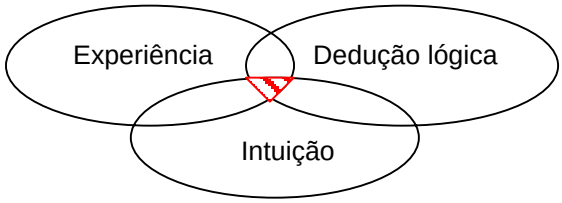
O ser humano constantemente toma decisões frente a situações simples, e em outras ocasiões, também em relação a assuntos complexos. O curso da ação depende de fatores, psicológicos, a experiência e a informação que se tem disponível. Os processos de tomada de decisão têm em geral um caráter circular, sendo que as ações, o produto e a decisão, têm efeitos que por sua vez estimulam novas decisões, (ZUFFO, 2002 - notas de aula).



Fonte: Zuffo (2002).

Figura 4.1 – O efeito circular de um processo de tomada de decisão.

Ainda, segundo Zuffo (2002 – notas de aula), um novo processo (intuitivo-formal) de tomada de decisões exige três tipos de habilidades do decisor, representados na figura 4.2.



Fonte: Zuffo (2002).

Figura 4.2 – Processo intuitivo-formal de tomada de decisão.

Portanto, o decisor, em qualquer processo de tomada de decisão em que se encontre, necessitaria, desses três tipos de habilidade para que pudesse chegar a uma solução desejada ou de "de compromisso".

A tomada de decisão relacionada aos sistemas de recursos hídricos envolve aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos, sociais e outros, variáveis no tempo e associados a incertezas de difícil quantificação. À medida que as demandas hídricas crescem, acirram-se os conflitos entre os usos da água e os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos tendem a se tornar maiores e mais complexos.

A consciência do meio ambiente pelo homem e a tendência crescente de participação pública são características marcantes de nossos tempos e mostram a necessidade de mudanças de atitude por parte do homem.

De acordo com Porto e Azevedo (1997), nas duas últimas décadas, deparamo-nos com o nascimento e desenvolvimento de uma metodologia de auxílio (ou apoio) à tomada de decisões, baseada na utilização de bases de dados e modelos matemáticos, que proporcionam o "*diálogo entre o usuário e o computador*".

Denominada genericamente de Sistema de Suporte a Decisões (SSD), essa metodologia vem sendo aplicada em várias áreas da atividade humana em que o decisor enfrenta problemas muito complexos, como é o caso de sistemas de recursos hídricos; seus conflitos, gerenciamento e planejamento.

A definição de "Sistema de Suporte a Decisão – SSD" segundo Porto e Azevedo (1997) é, em sentido mais amplo, "*qualquer coisa que ajude (apóie) uma tomada de decisão"*.

De acordo com Sprague e Carlson (1982); Klein e Methle (1990); Sprague e Watson (1993); Sage (1991); Guariso (1994) e Turban (1993), *apud* Porto e Azevedo (1997): "*SSD são sistemas computacionais que têm por objetivo ajudar indivíduos que tomam decisões na solução de problemas não estruturados*[8] *(ou parcialmente estruturados)"*.

[8] Problemas não estruturados são aqueles em que não existem soluções através de algoritmos bem definidos e podem não ser facilmente resolvidos por computador. Neste tipo de problema uma ou mais de suas variáveis é desconhecida ou não pode ser determinada com algum grau de confiança. Geralmente são situações difíceis, freqüentemente únicas, com diversas facetas, com alguns dados indisponíveis, que necessitam de julgamento humano e criativo e, por isso, são de difícil automação. Um problema semi-estruturado é aquele em que algumas partes do problema podem ser resolvidas por métodos de decisão formais e automatizados.

No caso de problemas não estruturados, é necessária a intervenção humana ao longo do processo de tomada de decisão e, nesse ponto, fica mais clara a utilidade e área de aplicação do SSD. Um problema não estruturado pode ser resolvido, portanto, pela interação homem/máquina.

De acordo com Sage (*apud* FANG et al, 1993), durante a década de 1980, os SSD's foram projetados para dar suporte às percepções e aos valores dos decisores para auxiliar na seleção das ações possíveis de serem tomadas nos processos de tomada de decisão, e muitas pesquisas nessa área têm sido desenvolvidas desde então. Por exemplo:

- Fang, Hipel e Kilgour (1986) incorporaram vários conceitos de solução junto a um sistema suporte de decisão desenvolvido para conflitos com 2 decisores (ou jogadores[9]) na forma normal[10].
- Baseado no sistema de análise metagame **(**termo usado pra descrever algo que se baseia no ambiente**)**, Howard (1990), desenvolveu um SSD denominado CONAN, para estudar os conflitos do "mundo real".
- Fraser e Hipel (1990) desenvolveram um pacote comercial chamado Decision Maker para modelar, analisar e interpretar conflitos de um ponto de vista da "análise de conflitos".
- Fang *et al*. (1993) desenvolveram um SSD denominado GMCR (Graph Model for Conflict Resolution), que permite o uso de vários critérios de estabilidade para auxiliar a busca de um estado de equilíbrio em um problema de conflito. Este modelo foi aplicado por Fang *et al* (1993) para a análise de um conflito histórico entre os EUA e Canadá na disputa pela água em um rio de fronteira, Missouri River, este conflito foi denominado GDU (Garrison Diversion Unit).
- O GMCR foi também aplicado em Malta (2000) no conflito pelo uso da água entre irrigantes e vazanteiros no Sistema Lima Campos/Orós no Estado do Ceará. O mesmo modelo foi aplicado por Getirana et al (2005) em um conflito pela alocação de água para irrigação de cana de açúcar na bacia do Canal Coqueiros no município de Campos de Goytacazes.
- Finalmente, Fang *et al.* (1999) desenvolveram o modelo GMCR dando origem ao GMCR II, que admite coalizão entre os decisores. Esse modelo foi aplicado em um conflito ambiental na cidade de Elmira (Ontário), entre uma indústria química (Uniroyal Chemical Ltd), o ministério do meio ambiente de Ontario e representantes do governo local. Esse conflito se estabeleceu devido à contaminação do aqüífero

[9] Como são denominados os decisores nos modelos baseados na teoria dos jogos.
[10] Veja em Fang et al (1993).

subterrâneo que abastece a cidade, pelo uso de agrotóxicos e pesticidas na irrigação.

Ainda, segundo Porto e Azevedo (1997), os SSD são instrumentos eficientes para apoiar os grupos de tomada de decisão. É natural que existam nesses grupos diferentes pontos de vista, interesses e ideologias, e que essas diferenças dificultem a possibilidade de escolha da melhor solução, ou da solução de compromisso. A idéia principal, portanto, é permitir aos participantes do grupo a avaliação das conseqüências da implementação de suas idéias com o auxílio de modelos aceitos por todos, a partir de uma base comum de informações. Começam a partir daí a surgir soluções negociadas (compromisso), com tendência de aceitação por todo grupo.

No resultado de uma negociação de “compromisso”, todos os atores não só perdem nem só ganham alguma coisa. Não existem ganhadores e perdedores, é o jogo de soma diferente de zero. A confiança mútua é um ponto essencial para o sucesso do acordo assinado. Assim, cada uma das partes deve confiar que a outra parte cumprirá fielmente o acordado. Devem ser discutidos e acordados os métodos que assegurem que as partes entendem e honrarão seus compromissos.

Concluímos, então, que os SSD não são construídos para tomar decisões, mas para apoiar tomadores de decisão. Decisões são atos humanos e, portanto, suscetíveis a preferências, fraquezas, desvios de percepção e outros fatores inerentes a essa condição. Portanto, uma das maiores qualidades dos SSD é exatamente tornar o processo de decisão mais ordenado, objetivo, transparente, prevenindo, dessa forma, grande parte das falhas introduzidas por fatores subjetivos (PORTO E AZEVEDO, 1997).

Saber como o ser humano organiza o processo de tomada de decisão, como percebe e reage diante de certas características desse processo (como, por exemplo, a incerteza) e quais os desvios ou falhas que normalmente apresenta quando enfrenta o ato de decidir é uma abordagem descritiva do processo de tomada de decisão, que deve estar bem clara para quem conduz o processo.

4.3 O Modelo de Tomada de Decisão

São vários os modelos de tomada de decisão encontrados na literatura, com diferentes formulações matemáticas, fundamentos teóricos e com diferentes objetivos. Por exemplo, podemos ter modelos de tomada de decisão ou de apoio à decisão, ou mesmo de negociação, dependendo do objetivo que se deseje alcançar.

Esses modelos podem ser baseados na Programação Linear Multiobjetivo, Programação não Linear, Teoria dos Jogos, Série Fuzzi, Métodos Estocásticos ou outro, de acordo com o objetivo que se pretende atingir. Esses modelos devem ser selecionados para a aplicação em um problema de tomada de decisão, segundo um objetivo específico, de otimização, de tomada de decisão, de negociação, etc..

Portanto, o decisor (ou decisores) deve ter em mente que tipo de problema eles precisam solucionar e quais as variáveis disponíveis para a solução desse problema.

4.3.1 Componentes de um Modelo de Tomada de Decisão

Serão descritos a seguir alguns componentes de um modelo de tomada de decisão, baseado em Zuffo (1998), Magrini (1992), Bana e Costa (1992), Roy (1985) e Porto e Azevedo (1997):

i **Objetivo:** Um objetivo é algo que se procura alcançar (ex: uma companhia que deseja maximizar o seu lucro), e geralmente indica a direção a ser alcançada.

ii **Atores:** Tentar uma negociação ou um consenso entre os diferentes "atores" envolvidos em um processo de tomada de decisão, não é uma tarefa fácil. Por um lado é necessário conhecê-los, visto que muitas vezes os atores se expressam de maneira, a garantir apenas o seu interesse; por outro, existe a vontade de cada um desses atores em, "ganhar alguma coisa" ou "não perder muito" em qualquer disputa. Esses podem optar, portanto, pela solução de compromisso entre eles como o melhor resultado da disputa.

O diálogo entre os diversos atores em um problema de tomada de decisão ou em uma disputa ou conflito deve levar a esses a percepção do problema e das diversas soluções possíveis, e qual a melhor solução para a coletividade.

Segundo Roy (1985), um indivíduo (ou um grupo de indivíduos) é um ator de um processo de decisão se ele influencia direta ou indiretamente a decisão. Essa influência pode dar-se através de seu sistema de valores e, neste caso, isso será refletido pelas intenções do indivíduo ou grupo de indivíduos. Mas, ele pode tornar-se ator simplesmente pela maneira como ele faz os seus valores influenciarem os outros indivíduos. Para que um grupo de indivíduos (através de um corpo constituído ou uma coletividade) possa ser identificado como um ator único, os seus membros terão que ter, em relação ao processo decisório, sistemas de informações, rede de relações e sistema de valores iguais.

É preciso distinguir os diversos atores do processo de tomada de decisão em termos de suas funções, isto é, pelo tipo e grau de intervenção de cada um deles e pelo seu poder de influenciar a tomada de decisões.

São diversos os atores que podem fazer parte de um processo de tomada de decisão. A seguir serão descritos alguns que interessam ao presente contexto:

Decisor: É o agente que tem o poder de selecionar a "melhor" alternativa entre as diversas que se apresentam, podendo ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos.

Em geral, as decisões não são tomadas por uma só pessoa, mesmo que a decisão caiba a apenas um decisor. Um decisor é alguém que precisa tomar uma decisão em circunstâncias que são muitas vezes complexas. No entanto, é comum que uma decisão seja influenciada por grupos, entidades e até uma comunidade.

*Grupos de pressão: São o*rganizações da sociedade civil, usuários, ou poder público que exerçam funções de articulação dos interesses manifestos de grupos da sociedade, com vistas a influenciar a formulação e a execução das políticas de gestão. Tais grupos, em geral, estão preocupados em influenciar tão somente uma área específica de seu interesse.

Analista: É aquele que conduz o processo de tomada de decisão tecnicamente, devendo estar bem inteirado do problema.

Intermediador: É aquele que pode conduzir o processo de tomada de decisão; ao contrário do analista, ele auxilia os decisores a caminharem em direção a um consenso, pois este tem influência sobre os decisores, por exemplo, um órgão de gerenciamento de recursos hídricos intermediando um conflito entre usuários da água.

iii **Critérios:** Uma das questões mais polêmicas em planejamento e gerenciamento de recursos hídricos é como escolher e formalizar os critérios que guiarão a escolha da melhor alternativa. Como exemplo dessa dificuldade, em um projeto de aproveitamento de recursos hídricos que tenha como objetivo maximizar o desenvolvimento econômico de um país, julgando assim atingir o máximo bem-estar da população. Esse objetivo, no entanto, é um tanto vago, e não contabilizável, sendo necessária a subdivisão desse objetivo em outros, denominados critérios, indicadores ou atributos; como exemplo, a taxa de crescimento do índice de empregos é um bom indicador. Admitindo-se ainda que todos os critérios do problema possam ser quantificados (o que nem sempre é possível), supondo também que seja encontrada a solução ótima, ainda assim é necessária a incorporação de outros conceitos ao modelo.

Portanto, o critério pode ser definido como um índice, indicador ou função, que permite estabelecer um julgamento de preferência entre as ações. É a função que associa a

cada ação um número que indica a sua preferência, (este critério pode ser quantitativo, qualitativo, estocástico ou *fuzzy*[11]).

iv **Alternativa:** São ações globais, ou seja, ações que podem ser avaliadas isoladamente. Em uma situação de tomada de decisão, deve-se estabelecer uma lista exaustiva e excludente de decisões possíveis, (A_1, A_2, A_3, ..., A_n). É necessário ter um grande conhecimento do problema a ser resolvido, para a seleção das alternativas, não incorrendo assim em erros grosseiros.

v **Matriz *Payoff*:** A matriz de avaliação ou matriz *payoff* é a matriz cujas linhas e colunas representam respectivamente os critérios e as alternativas ou opções do processo de tomada de decisão.

Elaboração da matriz *payoff:* Os decisores atribuem um peso (de acordo com a sua preferência relativa a cada critério), obedecendo ao intervalo estabelecido pelo analista. O analista atribui valores para cada alternativa de acordo com cada critério, segundo a relevância desse critério para cada uma alternativa ou através de uma função (função utilidade). O valor pode ser atribuído em intervalos não ordinais, por exemplo: de 1 a 15, de 1 a 1000, etc.). De posse da matriz de avaliação ou *payoff* , construída a partir da atribuição dos pesos aos critérios e da valoração das alternativas, procedemos à alimentação do modelo multicritério escolhido.

Quadro 4.1 – Matriz de avaliação ou *payoff*.

Critérios de avaliação	**Pesos relativos**	**Alternativas**				
		a_1	**a_2**	**a_3**	**...**	**a_n**
k_1	p_1	$A_l(k_1)$	$A_2(k_1)$	$A_3(k_1)$	…	$A_n(k_1)$
k_2	p_2	$A_l(k_2)$	$A_2(k_2)$	$A_3(k_2)$	...	$An_l(k_2)$
…	…	…	…	…	…	…
k_n	p_n	$A_l(k_n)$	$A_2(k_n)$	$A_3(k_n)$	...	$A_n(k_n)$

[11] Com os conjuntos "fuzzy" podemos definir critérios e graus de pertinência para tais situações. A função característica pode ser generalizada de modo que os valores designados aos elementos do conjunto universo U pertençam ao intervalo de números reais de 0 a 1 inclusive, isto é [0,1].

$$u_A : U \mapsto [0,1]$$

Estes valores indicam o grau de pertinência dos elementos do conjunto U em relação ao conjunto A, isto é, *quanto é possível* para um elemento x de U pertencer ao conjunto A.
Tal função é chamada de função de pertinência e o conjunto A é definido como *"conjunto fuzzy".*

4.3.2 Estruturação de um modelo de tomada de decisão

A aplicação de um modelo de tomada de decisão pode ser representada pela seqüência de procedimentos apresentada no fluxograma da figura 4.3.

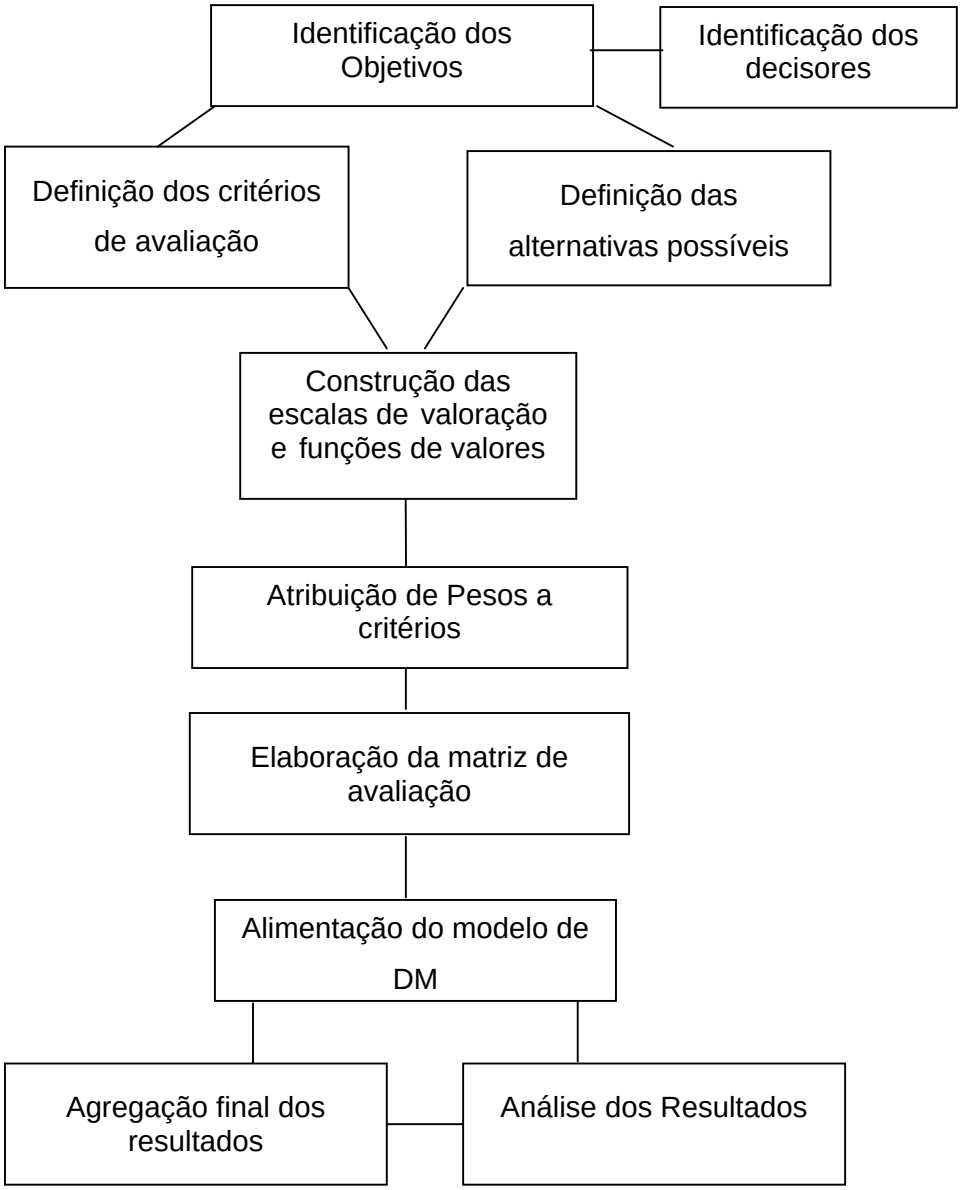


Figura 4.3 – Fluxograma que apresenta a estrutura de procedimentos de um modelo de tomada de decisão, adaptado da metodologia de Magrini (1992).

4.4 A Modelagem Multicritério

Nos problemas de recursos hídricos, os programas e projetos têm focalizado, tradicionalmente, a análise dos custos e benefícios. A análise custo/benefício estabelece, implicitamente, uma forma de compensação ou de ponderação (*trade-off*) entre a maximização dos benefícios e a minimização dos custos, mesmo para as

análises em que é o custo/benefício utilizado como único critério (BANA e COSTA, 1988). Uma análise mais realista deveria incluir além do critério custo/benefício, critérios, ambiental, social, regional, dentre outros.

Quando o problema envolve um conjunto de objetivos, geralmente ele deve ser tratado como um problema multicritério ou multiatributo, ou seja, consideram-se os critérios a serem obedecidos para o atendimento do objetivo principal estabelecido. Esse problema é caracterizado por um conjunto de alternativas explicitamente definidas através de suas valorações, segundo os vários critérios.

Para Bastos (2000), a diferença entre a análise multicriterial e outras abordagens metodológicas, é que, apesar do método não garantir a racionalidade completa no processo de decisão, processa as idéias de uma forma racional, em um ambiente com poucas informações seguras para subsidiar o processo de análise que apresenta grande complexidade.

Segundo Zuffo (1998), as principais características do MCDA são: i) a não existência de um problema isolado; ii) cada observador vê o problema de forma diferente segundo seu sistema de valores; iii) sobre a elaboração e estruturação do problema que dependem do observador; iv) os elementos objetivos e os subjetivos não são segregados, pois, dentro do processo decisório, eles possuem interconexão; v) o decisor pode modificar o seu ponto de vista inicial à medida que vai aumentando, durante o processo de seleção de alternativas, seu conhecimento sobre o problema.

A resolução de problemas de decisão implica na necessidade de se avaliar em diversos objetivos, que são geralmente conflitantes entre si. Os métodos multicritérios de apoio à decisão auxiliam na análise de grande parte desses problemas.

4.4.1 A Evolução da Modelagem Multicritério

Segundo Zuffo (1998), a história da análise multicriterial teve início com o trabalho de Pareto em 1896, que examinou um problema de agregação de critérios em um critério simples, definindo o conceito da eficiência entre duas alternativas de decisão.

A pesquisa operacional ganhou grande impulso quando passou a ser utilizada como ferramenta de tomada de decisão no cenário militar inglês e norte-americano durante a segunda guerra (GOICOECHEA *et al*., 1982; HILLER e LIEBERMAN, 1988; MAYS e TUNG, 1992; entre outros). A partir de então, uma variedade de ferramentas matemáticas vem sendo desenvolvida e aplicada a diferentes atividades.

Koopmans (1951) desenvolveu o conceito do vetor eficiência ou vetor não dominado, muito utilizado na programação matemática multiobjetivo, em um trabalho sobre atividades de análise de produção e alocação. Posteriormente, em 1952, Markowitz utiliza esse conceito em seu trabalho sobre seleção de portifólio, (PARDALOS *et al*., 1995).

Um grupo de autores dedicou-se ao desenvolvimento de pesquisas na linha da prescrição em 'Decision Analysis'. Contribuíram nessa direção: Friedman e Savage (1952), Edwards (1954) e Davidson (1957), e outros que aperfeiçoaram a avaliação das preferências e julgamentos.

Desde 1964, impulsionado por Fishburn, por Pollak (1967) e por Raiffa (1969), houve um significativo avanço no estudo de preferências multicritério. Nasciam, na prática, os primeiros processos de análise multicritério. Naquele tempo, já se notava que poucas decisões eram baseadas em um único critério. Falava-se em Multicriteria Decision Making - MCDM, como, aliás, continua a se fazer até hoje na Escola Americana.

Até os anos 70, a ênfase estava em Ciências da Decisão. Inicialmente, o cenário foi dominado pela idéia do “Decision Making”, desenvolvendo-se os conhecimentos dentro de um campo científico da “Decision Analysis”. Bana & Costa e Pirlot (1996) citam como marco importante o ano de 1972, quando foi realizada a “I Conferência Internacional de Tomada de Decisão Multicritério” na Universidade de Carolina do Sul. No entanto, as pesquisas desenvolvidas nos EUA pouco interagiam com as desenvolvidas na Europa. Surgem, assim, dentro do mesmo espaço científico da análise da decisão duas escolas: a Escola Americana, o MCDM (Metodologia Multicritério de Tomada de Decisão), e a Escola Européia, o MCDA (Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão).

Keeney e Haifa (1976) desenvolveram a teoria e métodos para aplicação multicritério. A partir de então, a tomada de decisão multicritério (MCDM – Multiple Criteria Decision Making) tornou-se uma das ferramentas mais utilizadas no campo da pesquisa operacional, aplicadas a diferentes áreas do conhecimento (KORHONEM *et al.* 1992).

Roy (1993) procura uma distinção entre Ciência da Decisão e Ciência de Apoio à Decisão. Enquanto a primeira busca uma descrição para determinar a decisão ideal dentro de um certo contexto decisório, a segunda procura aproximar uma decisão apropriada em um processo onde o facilitador e decisor procuram interagir.

4.4.2 A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão

São diversos os modelos multicritério de apoio ou de tomada de decisão encontrados na literatura, que utilizam diferentes estruturas matemáticas e fundamentos teóricos. Como apresentado existem duas escolas distintas de modelo de tomada de decisão, o MCDM - Multiple Criteria Decision-Making (Metodologia Multicritério de Tomada de Decisão) e MCDA - Multiple Criteria Decision-Aid (Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão).

O MCDM pertence à escola americana (incluindo o Canadá e Inglaterra). Baseia-se na programação linear multiobjetivo em uma linha descritiva/prescritivista. Exemplos de modelos MCDM: Compromise Programming (CP), Cooperative Game Theory (CGT), etc., (ZUFFO, 1998).

O MCDA pertence à escola européia (sem a Inglaterra) – é denominada a linha construtivista. Exemplos: Família ELECTRE, PROMETHEE, AHP, etc., (ZUFFO, 1998).

Segundo Zuffo (1998), a "Escola Européia" busca, com a utilização dos métodos multicriteriais, a "Solução de Melhor Compromisso", e não a solução mais racional como a pregada pela "Escola Americana".

Pardalos et al. (1995) propuseram a divisão da análise multicriterial (MA) em:

1. Programação Matemática Multiobjetivo, por exemplo: *Compromise Programming* (CP), *Cooperative Game Theory* (CGT);
2. Teoria da Utilidade Multicritério, por exemplo: AHP (*Analytic Hierarchy Process*, Saaty, 1997);
3. Relação das Aproximações Hierárquicas, por exemplo: Família ELECTRE e PROMETHEE;
4. Métodos Baseados na Desagregação de Preferências, por exemplo: SEMOPS e STEM.

Podemos encontrar na literatura outras classificações quanto às estruturas dos modelos multicriteriais, como exemplo, Vincke (*apud* ZUFFO, 2002) que a classifica como:

1. Teoria da Utilidade Multicritério (MAUT – *Multi Atribute Utility Theory*);
2. Métodos de relações hierárquicas (*Outranking*); e,
3. Métodos Interativos.

Também Zionts (*apud* ZUFFO, 2002) classifica o método em quatro grupos:

1. Programação Matemática Multicriterial;
2. Alternativas Discretas Multicriteriais;
3. Teoria da Utilidade Multicritério;
4. Teoria da Negociação.

4.4.3 Algumas aplicações da MCDA em Recursos Hídricos

Segundo Braga e Gobetti (1997), a Metodologia Multicritério vem sendo utilizada em problemas de Recursos Hídricos em todo mundo, por exemplo:

David e Duckstein (1976) utilizaram o Método ELECTRE I para analisar o Sistema de Recursos Hídricos da bacia do rio Tisza. Esse mesmo caso foi estudado por Keeney e Woody (1977) utilizando o método da função utilidade e Duckstein e Opricovic (1980), utilizando o método da Programação por Compromisso.

Gershon *et al*. (1982) utilizaram os métodos ELECTRE I e II, na avaliação de estratégias de desenvolvimento para a bacia do rio Santa Cruz, Arizona, EUA.

Em 1988, Aragai *et al*. usaram uma comparação dos métodos ELECTRE I, Programação por Compromisso e Teoria dos Jogos Cooperativos, na análise do sistema de tratamento de esgotos do Arizona.

Além dos exemplos descritos em Braga, merecem destaque as seguintes aplicações mais recentes da teoria multicritério:

AL-Zu'bi e Kharabsheh (2003) utilizaram o método AHP para a análise da produtividade da água, para a priorização do uso da água no sistema de gerenciamento do Vale do rio Jordão.

Karamouz (2003) utilizou os métodos AHP e SAW (Simple Additive Weighting) para a seleção da melhor alternativa para o desenvolvimento de uma Estação de Controle de Poluição de Água em Isfahan, província do Iran.

Madlener e Stagl (2005) utilizaram o método PROMETHEE para avaliação da sustentabilidade dos sistemas de geração de energia elétrica, considerando as mudanças climáticas, a grande dependência dos combustíveis e o aumento da demanda por eletricidade nos dias atuais.

No Brasil, algumas aplicações da Modelagem Multicritério em problemas de recursos hídricos são citadas em Braga e Gobetti (1997), como por exemplo:

Utilização por Braga em 1985, de uma função utilidade multidimensional no problema de operação do reservatório de Ponte Nova.

Emprego do método da matriz de prioridades por Braga em 1988, no estudo da localização do pólo petroquímico do Rio de Janeiro. Harris e Singer (1991) apresentaram uma metodologia para reduzir a subjetividade na ponderação dos critérios, combinando os métodos ELECTRE e matriz de prioridades.

Utilização do método da matriz de prioridades por Braga *et al.* em 1991, que estudaram diversas alternativas de configuração de um sistema de aproveitamento hidroelétrico na bacia do rio Doce.

Outras aplicações mais atuais da modelagem multicritério em problemas de recursos hídricos no Brasil são:

Desenvolvimento do modelo CONSENSUS por Damázio *et al.* (1997), que foi aplicado para a hierarquização das alternativas de divisão de quedas da bacia do médio Tocantins, como uma das etapas do estudo do Inventário Hidrelétrico da ELETROBRÁS.

Escolha da melhor alternativa para a melhoria da qualidade da água do Sistema Cantareira, em São Paulo, analisada por Zuffo (2002), através da utilização do modelo multicritério MCDA-FEC, desenvolvido pelo Laboratório de Planejamento Ambiental (LAPLA) da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.

Desenvolvimento de um modelo multicritério construtivista, Modelo de Avaliação de Alternativas para o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, por Matzenauer (2004), que permitiu a incorporação de valores e preferências dos decisores no processo de tomada de decisão, para as decisões tomadas no âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos no Estado do Rio Grande do Sul.

Utilização do modelo multicritério MCDA-FEC, desenvolvido pelo Laboratório de Planejamento Ambiental (LAPLA) da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, por Malta *et al.* (2004), para analisar o conflito pelo uso da água entre irrigantes e vazanteiros no Sistema Lima Campos/Orós, no estado do Ceará.

Utilização do Modelo Grafo de Solução de Conflitos (GMCR) por Malta *et al*. (2005), para a análise do conflito pelo uso da água entre irrigantes e vazanteiros no Sistema Lima Campos/Orós, no estado do Ceará.

4.5 Uma Introdução a Programação Linear Multiobjetivo

Segundo Barbosa (2002), a Programação Linear Multiobjetivo (PL) é a técnica mais conhecida e usada na solução de problemas de otimização, tendo sido aplicada em várias áreas, por exemplo: agricultura, indústria petrolífera, transportes, setor financeiro, hidroelétrico e em problemas ambientais.

Segundo Vincke (1992), a Programação Linear constitui a ferramenta mais freqüentemente utilizada nos estudos clássicos de problemas multicritério na literatura, por exemplo, Buchanan, 1986; Steuer, 1986; Vanderpooten, 1990a. Isto pode ser facilmente explicado pela diversidade de hipóteses que podem ser feitas nas variáveis (contínuas, inteiras, booleanas, etc.) bem como em funções h_i e g_i (linearidade, convexidade, diferenciabilidade, etc.) e pela importância da estrutura teórica que está à disposição na programação matemática.

Nos últimos anos, esse método tem evoluído, tendo pesquisadores se preocupado em encontrar não apenas as soluções eficientes, e sim uma “solução de compromisso”. Essa solução ilustra claramente a transição do problema MCDM para o chamado MCDA.

Segundo Gass (1969), problemas de PL tratam do uso ou alocação eficientes de recursos limitados para alcançar objetivos desejados. Estes problemas são caracterizados por um grande número de soluções que satisfazem as condições básicas de cada problema. A seleção de uma solução particular como a melhor solução para o problema depende de algumas metas e do objetivo geral que é sugerido no enunciado do problema. Uma solução que satisfaça algumas metas do problema para um dado objetivo é considerada como uma solução ótima.

O modelo CONSENSUS (Damázio *et al.* (1997)) e o modelo MACPROL, são originados da Programação Linear Multiobjetivo. No item seguinte uma descrição da Programação Linear Multiobjetivo.

4.5.1 A Programação Linear Multiobjetivo

Segundo Ehrlich (2004), *a (PL) se insere dentro dos métodos de Programação Matemática. Os métodos de Programação Matemática fornecem modelos, na sua*

maioria determinísticos, normativos (e otimizantes), visando problemas de decisão, bem estruturados, onde o grande desafio é a natureza combinatória das soluções.

Em um modelo de Programação Linear, as relações matemáticas (equações) são todas lineares, têm estrutura padronizada e repetitiva, mesmo para os mais diversos problemas. Assim, é possível o desenvolvimento de programas de computador de uso extremamente simples e muito eficientes. A análise das soluções também é padronizada. Essas características da Programação Linear a tornam uma técnica de grande utilidade e com grande número de aplicações (EHRLICH, 2004).

Segundo Szidarovszky (1986), no caso particular, quando temos apenas um objetivo, I = 1, nós temos um problema simples de otimização multiobjetivo. Nesse caso, a solução $\underline{x}$ é fracamente ou fortemente eficiente se e somente se a solução correspondente for um ótimo (ou solução não dominada).

Se existir mais de uma função objetivo e mais de uma solução eficiente, então as soluções eficientes provavelmente não são equivalentes:

Ex.: Considere dois problemas objetivos com a série *payoff* abaixo:

$$H = \{(u_1, u_2) / u_1 \geq 0, u_2 \geq 0, u_1^2 + u_2^2 \leq 1\}$$

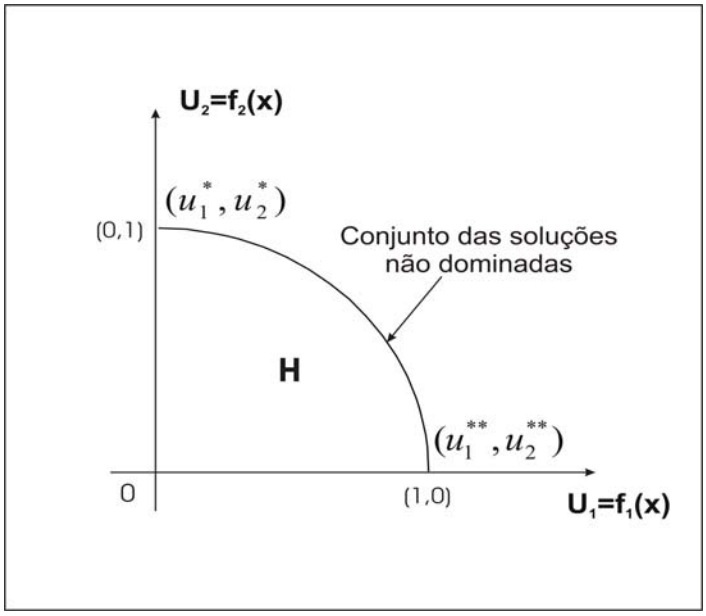


Figura 4.4 – Mostra o conjunto das soluções não dominadas.

As soluções “fortemente” não dominadas estão entre os pontos (1,0) e (0,1), e se (u_1^*, u_2^*) e (u_1^{**}, u_2^{**}) são dois diferentes pontos não dominados, então $u_1^* < u_1^{**}$ se e

apenas se $u_2^* > u_2^{**}$. Isto é, para o melhoramento de algum objetivo resulta na "piora" no valor de outro objetivo.

A resposta para essa questão, em que a solução não dominada pode ser aceita pelo decisor, depende da ordem de preferência dos critérios (ou atributos) dada pelo decisor, e obviamente diferentes ordens de preferência, podem levar a diferentes soluções.

Portanto essas preferências podem ser obtidas pelos métodos especiais que dependem da ordem de preferência do decisor. Os métodos para a seleção de soluções para problemas de programação multiobjetivo são os métodos de antecipação ou não antecipação (Sherali e Soyster, 1982).

No método de antecipação, o decisor ordena as funções objetivo, segundo alguma prioridade subjetiva, tal que um melhoramento marginal de qualquer objetivo antecipe arbitrariamente grandes melhoramentos nos objetivos da ordem subseqüente. Essa ordenação é chamada de ordenação lexicográfica (Fishburh, 1970), na qual se comparam as alternativas para cada critério, partindo do pressuposto que o decisor é capaz de ordenar os critérios por ordem de importância. Nesse caso, uma alternativa é preferível a outra se o seu desempenho for superior segundo o critério mais importante, independentemente de outros critérios.

Ainda, segundo Szidarovszky (1986), primeiro assume-se que o decisor especifica bons valores de preferência f_i^* para todos os objetivos, onde o vetor $f^* = (f_1^*, ..., f_i^*)$ é considerado a série "ideal", e simultaneamente os valores *payoff*. Nesse caso, o vetor f^* é chamado de ponto ideal.

Se o ponto ideal f^* pertence a uma série *payoff* viável, então o problema é resolvido pela série de equações:

$$f_i(\underline{x}) = f_i^* (i = 1,2,..., I) \qquad [1]$$

Se o ponto ideal não é viável, então podemos encontrar a solução viável que é próxima ao ponto ideal, se este existir. O método para encontrar tal solução pode ser resumido pelo problema de programação matemática.

$$(1)\begin{cases}\max imize & p(\underline{f}(\underline{x}), \underline{f}^*) \\ sujeito \quad a & \underline{x} \in X\end{cases} \qquad [2]$$

Onde $\underline{f}(\underline{x}) = f_i(\underline{x})$ e p é a distância entre os pontos no espaço I-Dimensional. Portanto, o problema (1) e as soluções dependem da escolha do ponto ideal $\underline{f}^*$ e da distância métrica, p, usada neste modelo.

H é a série *payoff* viável e $\underline{f}^*$ é o ponto ideal. O método determina o ponto de H que é mais próximo como a melhor solução.

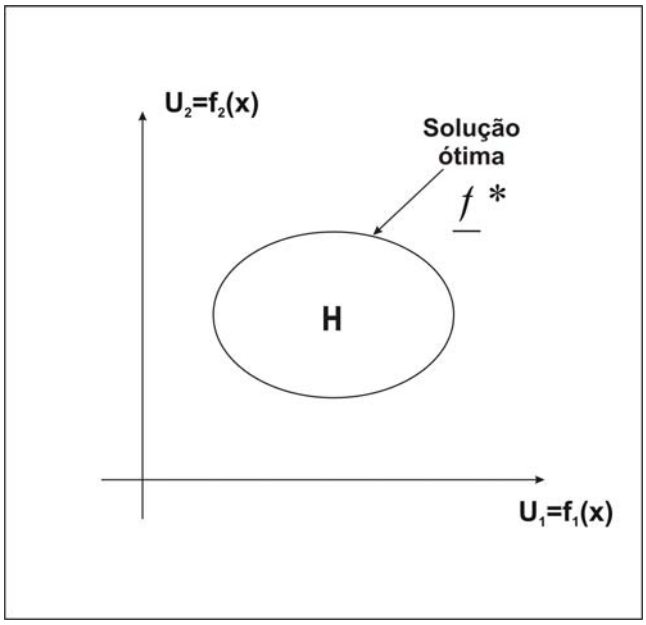


Figura 4.5 – Representa o vetor de solução ótima.

Distância de vetores I-Dimensional

Em aplicações, geralmente, uma das seguintes distâncias é usada: seja $\underline{a} = (a_i)$ e $\underline{b} = (b_i)$ sendo I-tuples, então:

$$P_\infty = (\underline{a}, \underline{b}) = \max c_i \left| a_i - b_i \right| \qquad [3]$$

$$P_1 = (a, b) = \sum_{i=1}^{I} c_i \left| a_i - b_i \right| \qquad [4]$$

$$P_2(\underline{a},\underline{b}) = \left\{ \sum_{i=1}^{I} c_i \left| a_i - b_i \right|^2 \right\}^{1/2} \quad [5]$$

$$P_G(\underline{a},\underline{b}) = \prod_{i=1}^{I} \left| a_i, b_i \right|^{ci} \quad [6]$$

Onde c_i são pesos.

4.5.2 Métodos baseados na Programação Linear Multiobjetivo

Mencionamos a seguir alguns métodos baseados na Programação Linear Multiobjetivo mais encontrados na literatura:

Método da Programação por Compromisso (CP): este método é baseado no conceito de distância métrica (Teorema de Pitágoras generalizado) entre dois pontos, cujas coordenadas são conhecidas (ZELENY, 1982). Esse método procura minimizar a distância de todos os pontos factíveis em relação a um determinado ponto escolhido pelo tomador de decisão, denominado de “ponto ideal”.

Método da Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT): estabelece como a melhor solução aquela que maximiza a distância de algum ponto “*status quo*” de nível mínimo, em que a medida de distância utilizada é a geométrica (GERSHON E DUCKSTEIN, 1983).

Segundo Vincke (1989), o método de Zionts-Wallenius é um procedimento interativo que foi proposto no contexto do MOLP (Programação Linear Multiobjetivo). Esse método gera uma seqüência de soluções (pontos extremos) usando aproximações lineares locais de uma função utilidade implícita, assumindo que esta é uma função pseudocôncava.

Ainda, segundo Vincke (1989), o método de Vanderpooten propõe a comparação entre uma alternativa preferida corrente e uma outra que representa um melhoramento potencial. A resposta do decisor é analisada, de forma ordenada, para a obtenção de uma região de interesse para que, em uma nova proposta, possa ser feita uma nova seleção.

O modelo CONSENSUS (Damázio *et al.* 1997), descrito no item seguinte, também utiliza o conceito de distância para a análise dos problemas de tomada de decisão.

4.6 A modelagem CONSENSUS

O Modelo CONSENSUS (Damázio *et al.* 1997) foi inicialmente utilizado para a hierarquização e escolha das alternativas de divisão de quedas da bacia do médio Tocantins, como uma das etapas do estudo do Inventário Hidrelétrico da ELETROBRÁS.

O modelo tem como objetivo maximizar a eficiência econômica-energética e de minimizar os impactos sobre o meio ambiente, por meio de uma abordagem multicritério, procurando uma solução de compromisso no planejamento do desenvolvimento do potencial hidroelétrico de grandes bacias.

Segundo Damázio *et al.* (1997), a estrutura matemática fornecida pelo modelo CONSENSUS é descrita pelas informações dadas pelos três atores independentes que compõem o modelo; o decisor, os grupos de pressão e os técnicos.

4.6.1 A Concepção Matemática do Modelo CONSENSUS

O Modelo CONSENSUS, transcrito de Damázio *et al.* (1997):

Suponha um problema de decisão com m possíveis alternativas de decisão A_j, $j=1,\ldots,m$. O arcabouço matemático fornecido pelo CONSENSUS pode ser descrito em termos de informações fornecidas por três atores independentes: o decisor, os grupos de pressão e os técnicos. O decisor define que grupos de pressão cujas opiniões acerca das conseqüências da decisão ele deseja considerar. Para cada grupo de pressão, os técnicos, em conjunto com os representantes dos grupos de pressão, definem uma, ou mais de uma, medidas objetivas (critérios) para expressar quantitativamente os interesses do grupo de pressão considerado.

Para cada critério c_i, com i=1,...,n, o representante do grupo de pressão correspondente deve fornecer uma função de utilidade uni-critério $u_i(c_i)$, que mede o grau de satisfação do grupo para cada alternativa em relação ao critério. Esta função pode assumir valores de -1 a +1, correspondendo, respectivamente, à completa insatisfação ou satisfação. As estimativas, cij, quando aplicada à função utilidade do grupo de pressão i é a série de funções utilidades uni-critério {uij =ui (cij), j=1, m} que descreve a satisfação do grupo de pressão i para cada decisão possível.

Usando-se as funções de utilidade uni-critérios, a matriz c_{ij} é transformada numa matriz de utilidades u_{ij} cujas linhas apresentam-se agora na mesma escala: a escala da satisfação. Em geral, não existe uma alternativa que seja preferida por todos os

grupos de pressão, logo uma solução de compromisso é necessária. Com esse fim, desenvolve-se uma função de utilidade multicritério para descrever o grau de satisfação geral considerando-se as utilidades uni-critério e um conjunto de pesos não-negativos λ_i, *i=1,…,n*, tal que:

$$\sum_i \lambda_i = 1 \qquad [7]$$

Esses pesos podem ser obtidos supondo-se uma decisão de satisfação uniforme e pedindo-se ao decisor que ele expresse suas preferências relativas quanto à melhoria da satisfação dos diferentes grupos.

Se as preferências relativas do decisor não variam quando os níveis de satisfação dos diferentes grupos se tornam desiguais, uma decisão racional pode ser obtida maximizando-se a função de utilidade geral dada pela média ponderada das funções utilidades uni-critério usando-se os λ's como pesos:

$$U_1(u_{1j}, u_{2j}, ...) = \sum_i \lambda_i u_{ij} \qquad [8]$$

A função utilidade geral é uma função de n valores das funções utilidades unicritério, u_{1j}, u_{2j}, ...,u_{nj}, e de n critérios de pesos normalizados λ_1, λ_2, ..., λ_n.

Para cada alternativa j, o valor da função utilidade geral pode dar a preferência geral de cada alternativa (um valor entre [-1, +1]). A função utilidade geral pode, então, ser usada para ordenar as alternativas.

$$U_p(u_{1j}, u_{2j}, ...) = 1 - (\sum_i \lambda_i (1. - u_{ij})^p)^{\frac{1}{p}} \qquad [9]$$

Onde: p é um parâmetro maior ou igual a um.

4.7 O Modelo MACPROL

A criação do modelo MACPROL se deve ao fato de que atualmente, em questões de conflitos relacionados ao uso da água, a tomada de decisão deve contemplar os vários objetivos (os diversos critérios) para a escolha da melhor alternativa e devem ser considerados os vários decisores envolvidos no problema de tomada de decisão, que podem ser representados por grupos de interesses diversos.

Os conflitos provocados pelos múltiplos usos da água tornam difícil a tarefa de se estabelecer políticas eficientes para a sua resolução. Hoje a busca da melhor alternativa ou alternativa "ótima" pode ser feita através da aplicação de metodologias matemáticas e computacionais que contemplam todos os aspectos relevantes do problema.

Nesta tese, os grupos de pressão, considerados na versão original do modelo CONSENSUS, passam a ser denominados de decisores no problema de tomada de decisão, e a abordagem do Modelo Multicritério de Análise de Conflitos baseado na Programação Linear Multiobjetivo (MACPROL) é de um modelo multicritério de apoio à decisão baseado na solução "ótima" de Pareto.

De acordo com Porto e Azevedo (1997), o conceito de "ótimo" formulado por Pareto (1971), não é mais um problema de otimização de um único objetivo (ou função objetivo), mas, sim a otimização do vetor constituído pelas diversas funções objetivo definidas, ou seja, os diversos critérios. Assim, a solução "ótima" não será mais única como nos casos clássicos de otimização, e deverão existir diversas alternativas potencialmente elegíveis, chamadas não inferiores.

Pela definição de Pareto:

> Uma alternativa A (representada por um vetor constituído pelos diversos valores de suas funções objetivo) domina uma solução B se, e somente se, todos os valores das funções objetivo de A forem preferidas aos valores correspondentes de B. Em conseqüência, todas as alternativas dominadas (chamadas também de inferiores) devem ser descartadas. O número de alternativas dominantes (chamadas também de não inferiores) é geralmente maior do que um, podendo ser inclusive muito grande. Cada uma das alternativas não inferiores é elegível ou "ótima" no conceito de Pareto.

De acordo com Cohon (1978) e Haimes (1987), *apud* Porto e Azevedo (1997), o conceito de não inferioridade é definido como, *"Uma solução não inferior é aquela em que a melhoria de uma função objetivo só pode ser conseguida às custas de degradação de outra".*

No entanto, em um problema de tomada de decisão, um conjunto de soluções não inferiores poderá ser encontrado, não sendo possível definir a princípio qual a melhor delas. Essa solução só poderá ser encontrada quando os decisores declararem as suas preferências, dando pesos aos diversos critérios considerados no problema de tomada de decisão. Cada decisor declara as suas preferências dando pesos para os diversos critérios.

No modelo MACPROL, além dos decisores, existe um outro ator que é o analista. Esse analista deve construir as funções utilidade unicritério, ou função de valor, ou seja, valoração das alternativas de acordo com cada critério. Portanto, esse deve conhecer muito bem o perfil e como pensa cada um dos decisores, devendo, se possível, consultá-los para uma melhor avaliação quanto ao problema de tomada de decisão, para escolha das alternativas possíveis. Neste modelo, o número de matrizes *payoff* é igual ao número de decisores, pois cada um declara sua preferência para cada alternativa em relação a cada critério.

Para cada critério c_i, com i = 1,...,n, o analista fornece uma função de utilidade uni-critério $u_j(c_i)$, que mede o grau de satisfação do decisor para cada alternativa em relação ao critério. Esta função pode assumir valores de -1 a +1, correspondendo, respectivamente, à completa insatisfação ou satisfação. As estimativas, cij, quando aplicado à função utilidade do decisor k é a série de funções utilidades uni-critério uijk que descreve a satisfação do decisor k para cada decisão possível.

Os decisores atribuem peso aos critérios. Estes critérios podem ser técnicos (quantitativos) ou qualitativos, dependendo do conflito que se pretende resolver. No caso de critérios qualitativos, pode-se usar uma escala semântica para avaliar e valorar as alternativas da “pior” para a “melhor” em um intervalo que varia de -1 a 1, que será definido pela função utilidade unicritério.

Os pesos atribuídos aos diversos critérios são não-negativos λ_i, *i=1,…,n*, e devem obedecer à seguinte restrição:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l}\lambda_{ik} = 1 \qquad [10]$$

A Função Utilidade Geral do modelo MACPROL é dada por:

$$U_j(u_{ijk}; i=1,...,n; k=1,...,l) = 1-(\sum_i\sum_k \lambda_{ik}(1.-u_{ijk})^p)^{\frac{1}{p}} \qquad [11]$$

Onde:

U_j = Função Utilidade Geral para cada alternativa j, j =1,..., m;

λ_{ik}= peso dado pelos decisores aos critérios i, i =1,..., n e k=1,..., l;

u_{ijk} = função utilidade unicritério;

Adotamos p = 2, pois assim encontraremos uma solução mais próxima da eqüidade (equação da distância Euclidiana).

Então, a função 11 ficará da seguinte forma:

$$U_j(u_{ijk}; i=1,...,n; k=1,...,l) = 1-\left(\sum_i \sum_k \lambda_{ik}(1.-u_{ijk})^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad [12]$$

O quadro 4.2 apresenta a comparação entre os dois modelos, CONSENSUS e MACPROL.

Quadro 4.2 – Quadro comparativo entre os modelos CONSENSUS e MACPROL.

Item	**CONSENSUS**	**MACPROL**
Baseado	Programação Linear Multiobjetivo	Programação Linear Multiobjetivo
Decisores	**1(um)**	**n**
Outros atores	Grupos de pressão e técnicos	Analista
Pesos	Atribuídos **pelo decisor**	Atribuídos **pelos decisores**
Restrição dos pesos	$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$	$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} \lambda_{ik} = 1$
Valoração das alternativas	Grupos de pressão junto com os técnicos	Analista (se possível junto com os decisores)
Função utilidade unicritério	u_{ij}	u_{ijk}
Variação da função utilidade unicritério	[-1, +1]	[-1, +1]
Função utilidade Geral	$U_p = 1-\left(\sum_i \lambda_i (1.-u_{ij})^p\right)^{\frac{1}{p}}$	$U_j = 1-\left(\sum_i \sum_k \lambda_{ik}(1.-u_{ijk})^p\right)^{\frac{1}{p}}$
Valor de p	$p \geq 1$	$p \geq 1$

A segui, no item 4.7 será apresentado o programa MACPROL, desenvolvido nesta tese.

4.8 O programa MACPROL

O programa MACPROL foi desenvolvido na linguagem de programação FORTRAN, e utiliza uma função utilidade (denominada de função utilidade unicritério) para dar valor às alternativas segundo cada critério. Esse programa foi elaborado de forma mais generalizada, podendo ser aplicado em casos de tomada de decisão mais gerais, onde possam ser considerados os diversos decisores, os vários critérios e as várias alternativas.

O programa MACPROL necessita da entrada de quatro variáveis: o número de decisores, o número de critérios, o número de alternativas e o número de pontos extremos. Necessita também da entrada dos pesos atribuídos a cada critério por cada decisor, o valor das alternativas e o valor máximo e o mínimo da função utilidade unicritério para as alternativas de menor e maior satisfação para cada decisor.

Os pesos atribuídos por cada decisor com somatório igual a 1, serão normalizados pelo programa, obedecendo à seguinte restrição:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l}\lambda_{ik}=1 \qquad [10]$$

Uma função utilidade unicritério, que determina quais os valores cada alternativa pode assumir em relação a cada critério, pode ser representada como uma função qualquer com valores entre –1 e 1.

Na figura 4.6, o valor de u_{ijk} representado por +1 significa que a alternativa tem máxima preferência pelo decisor, ou seja, é de máxima satisfação. Se for zero ela é neutra para o decisor e se for –1 significa que a alternativa tem mínima preferência para o decisor, ou seja, é de mínima satisfação para este.

Para simplificação do cálculo do valor de u_{ijk} e do problema de tomada de decisão, foi adotada, nesta tese, uma função utilidade unicritério que utiliza segmentos de reta, como mostra a figura 4.6.

Para o estudo de caso adotou-se uma função utilidade unicritério com apenas três segmentos de reta, conforme será apresentado no capítulo 8 e apêndice II e III desta tese, função utilidade unicritério para cada decisor.

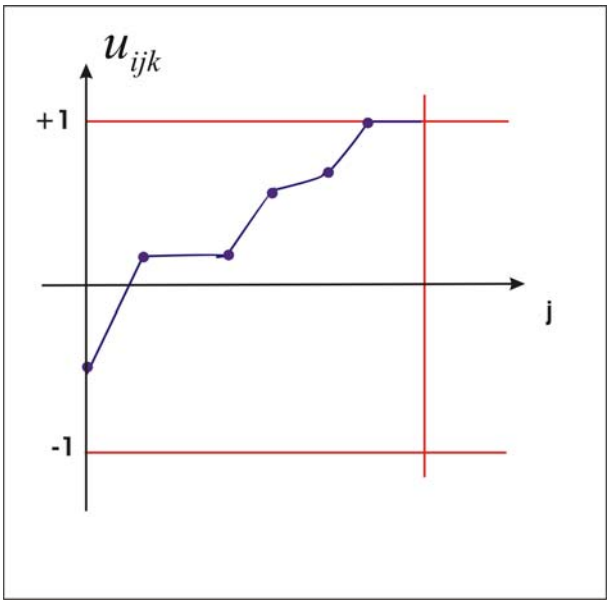


Figura 4.6 – Forma específica da função utilidade unicritério, utilizada no MACPROL, segmentos de reta.

Onde:

Eixo j – representa as possíveis alternativas;

Eixo u_{ijk} – representa a função utilidade unicritério.

O analista atribui o valor da alternativa de satisfação máxima e mínima para cada critério e cada decisor, e o programa estabelece os valores da função utlidade unicritério para as demais alternativas, gerando assim a matriz de valoração de cada decisor.

A partir destas matrizes e com os demais dados de entrada o resultado da função utilidade geral para cada alternativa é dada por:

$$U_j(u_{ijk}; i=1,\ldots,n; k=1,\ldots,l) = 1-\left(\sum_i \sum_k \lambda_{ik}(1.-u_{ijk})^p\right)^{\frac{1}{p}} \quad [11]$$

Logo a seguir é feita uma hierarquização dos resultados, do maior valor para o menor, estabelecendo assim um *rank* das alternativas.

O apêndice I apresenta o algoritmo do programa MACPROL, que estará disponível também em forma digital na contracapa desta tese.

O capítulo 5 apresenta a descrição da metodologia para análise de conflito em recursos hídricos aplicada nesta tese, na análise do conflito pela cobrança pela transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia o rio Guandu.

5 A Metodologia de Apoio à Decisão

5.1 Introdução

Neste capítulo será descrita a metodologia a ser utilizada neste trabalho. O estudo de caso que será utilizado para validação da metodologia será a análise do conflito pela cobrança pelo uso da água da transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu.

Antes de iniciar o trabalho com o grupo de decisores que participam do problema de tomada de decisão, a metodologia proposta no item 5.2, deve ser apresentada aos mesmos de forma clara. O analista deve exibir para esses todos os pontos da metodologia que serão abordados no processo, para a sua aprovação e melhor entendimento do problema a ser modelado.

5.2 A metodologia para análise de conflitos

i A definição do problema de tomada de decisão a ser modelado

O primeiro passo para a análise de conflitos em recursos hídricos é a escolha do problema a ser analisado. É necessário que esta escolha seja feita de maneira a identificar os potenciais conflitos existentes e identificar também seu grau de complexidade. Alguns exemplos de conflitos em recursos hídricos em curso no Brasil são: o instrumento de cobrança pelo uso da água da transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu, o conflito pela transposição do rio São Francisco, o conflito pelo uso da água entre irrigantes e vazanteiros do Sistema Lima Campos/Orós, no Ceará, etc..

ii Definição dos decisores que podem influenciar o processo de tomada de decisão

Sendo a participação pública, em geral, e a dos atores mais diretamente envolvidos no processo, em particular, nos problemas envolvendo a gestão de recursos hídricos, algumas questões precisam ser consideradas: *Quais os grupos estão envolvidos? Como escolher os participantes? Todos os atores? Apenas os atores mais diretamente relacionados com o conflito? Como conseguir uma participação ativa e efetivo envolvimento?*

Essas são algumas questões que precisam ser levantadas para a definição dos atores realmente envolvidos no processo de tomada de decisão, e que realmente têm poder de decidir.

A definição dos decisores que tomam parte no processo de tomada de decisão pode ser uma das atividades mais complexas do problema, pois estes têm que realmente ter o poder de decisão e necessitam também estarem dispostos à participar da análise.

Portanto, após listar todos aqueles atores envolvidos no problema, torna-se necessário identificar os que têm o real poder de decidir e que poderão definir os critérios relevantes do problema e atribuir peso aos mesmos.

iii Definição dos critérios

A escolha dos critérios sempre que possível, deve ser feita pelos decisores, por meio da aplicação de um questionário DELPHI (ZUFFO, notas de aula, 2001). Este questionário tem por objetivo a efetiva participação de todos os decisores no processo de tomada de decisão.

O questionário DELPHI pode ser enviado aos decisores junto com a explicação do problema em curso, perguntando quais os critérios eles consideram mais relevantes para o conflito. Esse questionário precisa retornar aos decisores quantas vezes for preciso para obtenção de um consenso no final sobre quais os critérios devam ser considerados.

Se não for possível a escolha dos critérios pelos decisores através da aplicação do questionário DELPHI, essa escolha deve ser feita pelo analista com aplicação de outros métodos, por exemplo: consulta por meio de entrevistas ou dinâmica de grupo, métodos estes em que o analista deverá extrair o máximo de informações dos decisores, para a edição de um questionário estruturado. Esse questionário deve conter o nome de cada critério, sua descrição e uma coluna para atribuição de pesos pelos decisores, indicando o intervalo a ser obedecido, por exemplo, de (>0 e <1), de 1 a 10, de 1 a 100, etc., (obedecendo, sempre, que o somatório dos pesos dos critérios tenha que ser igual ao máximo estabelecido, ou seja, 10, 100, etc.).

Segundo Zuffo (1998), a adoção de questionários estruturados visa a definição dos pesos aos critérios antes da aplicação do modelo multicritério, com a participação dos decisores envolvidos no problema de tomada de decisão. O objetivo deste

questionário é estabelecer de forma isenta de tendências, o grau de importância relativa de um critério em relação a outro. Este questionário deve ser enviado aos decisores para que esses possam atribuir pesos aos critérios de acordo com sua preferência em relação a cada um.

iv Definição das alternativas possíveis do conflito em questão

As alternativas são as ações que podem ou não ser tomadas em um problema de tomada de decisão. Pode-se tomar uma lista exaustiva de ações que será apreciada pelo analista e de acordo com a percepção desse em relação ao problema ou com a ajuda dos decisores (recomendável, se possível), esse poderá considerar ou não a alternativa.

Após a análise de todas as alternativas eleitas, restará uma lista das alternativas possíveis de serem utilizadas no processo de tomada de decisão.

v Escolha da Função Utilidade Unicritério

De acordo com o estudo de caso que se pretende analisar, a escolha da função utilidade unicritério deve satisfazer aos objetivos a serem alcançados. A figura 5.1, apresenta uma forma geral da função utilidade unicritério.

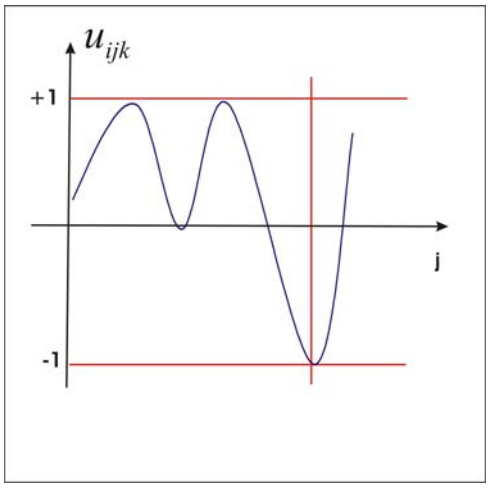


Figura 5.1 – Forma geral da função utilidade unicritério.

A escolha da função utilidade unicritério (U_{ijk}) será feita pelo analista (quando possível esta deve ser feita junto com os decisores) que deve estar bem inteirado do assunto para uma melhor avaliação da função. Esta função representará a satisfação de cada decisor para cada critério de acordo com cada alternativa.

vi Valoração das Alternativas

A partir de um valor mínimo e máximo da função utilidade unicritério para as alternativas de maior e menor importância atribuídos pelo analista (quando possível, isso deve ser feito com a ajuda da agência de bacia), o programa determina os valores para as demais alternativas.

vii Atribuição de peso aos critérios

Os decisores atribuem um peso para cada critério de acordo com a sua preferência relativa, obedecendo ao intervalo estabelecido pelo analista. Uma vez atribuídos esses pesos por decisor, procedemos a divisão de cada peso (caso o intervalo adotado tenha sido diferente de (>0 e <1)) por 10 ou 100 (de acordo com a escala adotada). A soma dos pesos de todos os critérios de todos decisores é então utilizada para normalizar os pesos.

Os pesos normalizados λ_{ik} com i = 1,..., n e k = 1,..., l, devem somar 1 (um).

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{l}\lambda_{ik} = 1$$

viii Alimentação dos dados adquiridos para cada decisor no modelo

Com os dados obtidos anteriormente, através da definição dos decisores, critérios, alternativas, função utilidade unicritério, a valoração das alternativas de maior e menor satisfação para cada decisor e a atribuição de pesos aos critérios por cada decisor, procede-se a alimentação do programa MACPROL.

ix Análise dos resultados

Após a alimentação do modelo MACPROL, é necessário fazer uma análise dos resultados antes da apresentação desses aos decisores. É preciso executar uma análise de consistência destes resultados. Neste trabalho, foi utilizado para a análise de consistência dos resultados apenas a manipulação de dados.

x Apresentação dos resultados aos decisores

Após a etapa da análise de consistência dos dados, esses podem ser apresentados aos decisores. Essa apresentação precisa ser feita de forma clara, exibindo para os decisores todos os pontos da metodologia abordados no processo.

xi Se necessário, nova alimentação de dados, até que o resultado satisfaça a todos (Pareto Ótimo)

Como o objetivo dessa metodologia é se chegar a uma “solução de compromisso” entre os decisores, o resultado da aplicação do modelo necessita, na medida do possível, “satisfazer” a todos.

Portanto, se após a obtenção dos resultados permanecer ainda insatisfação por parte de algum grupo (decisor), nova alimentação do programa pode ser feita, com auxílio dos deciosores, que poderão mudar suas preferências em relação aos critérios, ou mesmo acrescentar ou retirar critérios se necessário. A forma da função utilidade unicritério também pode ser revista.

6 Estudo de Caso: caracterização das bacias

6.1 Introdução

A escolha das bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu para estudo neste trabalho se deve ao fato da existência dos diversos usos da água existentes nessas bacias, a hidroeletricidade, o abastecimento humano e industrial, diluição de esgoto, vazão de controle de intrusão salina, agricultura, controle de cheias, turismo, lazer, piscicultura, paisagismo, etc..

De acordo com o descrito no relatório LABHID/COPPE/UFRJ (1999), o acelerado crescimento urbano-industrial na bacia do rio Paraíba do Sul, assim como nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, nos anos 40, resultou em uma grande demanda por água para a geração de energia para abastecimento da crescente população e das indústrias instaladas na região. Foram construídos aproveitamentos hidrelétricos na bacia, com destaque para a UHE de Paraibuna (da CESP), situada na confluência dos formadores do rio Paraíba do Sul – rios Paraitinga e Paraibuna, para o reservatório de Funil (Furnas Centrais Elétricas S.A.), situada no rio Paraíba do Sul, na cidade de Itatiaia e o mais importante e complexo aproveitamento hidrelétrico da bacia, o Sistema LIGHT (responsável pela captação de 2/3 da vazão do rio Paraíba do Sul, no seu trecho médio, para abastecimento de água e energia de aproximadamente 8 milhões de habitantes da RMRJ). Esses reservatórios têm como objetivo, além da geração de energia, contemplar outros usos, a regularização de vazão, controle de cheias, abastecimento de água, turismo, lazer e outros, ou seja, apresentam características típicas de usos múltiplos da água.

Essa transposição também gera conflitos entre as bacias, inclusive institucionais, como exemplo a existência de dois comitês de bacia (CBH Guandu e CEIVAP) que são responsáveis pelo gerenciamento da água. No entanto, existem alguns questionamentos, por exemplo, "*a quem pertence a água da transposição*?"; "*De quem é o direito de cobrança pelo uso da água da transposição*?"; "*Onde será investido o dinheiro da cobrança*?*".*

Essa escolha se justifica também pela situação crítica que se encontram, hoje, as duas bacias, por exemplo, na cabeceira do rio Paraíba do Sul em São Paulo, o prolongado período de escassez de chuva, de aproximadamente 8 anos, já causou

redução da vazão mínima da transposição para o rio Guandu, vazão esta necessária para o abastecimento da população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e de garantia dos serviços de hidroeletricidade do Sistema LIGHT (potencial hidráulico inventariado da bacia corresponde a 1,7% do total brasileiro – (IBGE, 1991)). A redução da vazão ameaça a garantia de fornecimento de água às industrias, principalmente, as localizadas na foz do rio Guandu (canal de São Francisco), como exemplo, UTE de Santa Cruz, GERDAU, FCC (Fábrica Carioca de Catalisadores), ficando prejudicada também a garantia da vazão de 60m^3/s, vazão esta utilizada para evitar a intrusão salina na foz do canal.

Também, a redução da vazão à jusante do Reservatório de Santa Cecília (reservatório onde é feita a transposição para o rio Guandu), compromete o abastecimento das cidades a jusante, tanto em quantidade como em qualidade, pois com as baixas vazões, a diluição dos efluentes não é possível, e assim uma quantidade maior de produtos químicos é necessária para o tratamento das águas para abastecimento humano, encarecendo o serviço e trazendo maiores riscos de contaminação para a população.

6.2 Considerações Iniciais

A bacia do rio Paraíba do Sul está localizada na região sudeste do Brasil e ocupa uma área de 56.600km^2, envolvendo os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

A população da bacia é de 5,35 milhões de habitantes (IBGE, 1996), sendo que 87% desses vivem na área urbana. Além da população da bacia, as águas do rio Paraíba do Sul abastecem aproximadamente 8 milhões de habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), e é responsável por aproximadamente 11% do PIB Nacional, além de ser responsável pela garantia da energia de pico do sistema elétrico da RMRJ.

De acordo com o Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba (Consórcio ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP, 1998), a bacia do rio Guandu localiza-se totalmente no estado do Rio de Janeiro. O rio Guandu tem uma extensão de 106km, e desemboca na baía de Sepetiba, através do canal de São Francisco. A área da bacia hidrográfica do rio Guandu é de 1.560km^2.

6.3 Descrição Geral das Características das Bacias

6.3.1 Recursos Hídricos

a) Hidrografia

Conforme descrito no relatório LABHID/COPPE/UFRJ (1999), o rio Paraíba do Sul nasce na serra da Bocaina, a 1.800m de altitude, no Estado de São Paulo, formado pelos rios Paraitininga , que nasce no município de Areais, e Paraibuna, cuja nascente é no município de Cunha. A sua foz é no oceano Atlântico, na praia de Atafona, no município de São João da Barra - RJ, no norte fluminense. Sua bacia tem forma alongada, de 1.200km de comprimento, cerca de três vezes maior que a largura máxima, e distribui-se na direção leste-oeste entre as serras do Mar e da Mantiqueira. Situa-se em uma das poucas regiões do país de relevo muito acidentado, de colinoso a montanhoso, que chega a mais de 2.000m nos pontos mais elevados, com destaque para o Pico das Agulhas Negras, com 2.787m de altitude, situado no maciço do Itatiaia.

Na bacia, existem poucas áreas planas, onde se destaca o delta do Paraíba, com uma extensa planície flúvio-marinha, abrangendo parte dos municípios fluminenses de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e São Francisco do Itabapoana; e, ao longo do rio Paraíba do Sul e de alguns de seus maiores afluentes, planícies fluviais, pouco extensas, destacando-se as bacias sedimentares de Taubaté (SP) e Resende (RJ).

Entre os afluentes mais importantes do rio Paraíba do Sul, destacam-se, pela margem esquerda, os rios Jaguari, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba e Muriaé e, pela margem direita, Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios.

O clima é predominantemente tropical, quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos. Os maiores índices pluviométricos são verificados nas regiões do maciço do Itatiaia e seus contrafortes, no trecho paulista da serra do Mar e na serra dos Órgãos (trecho fluminense da serra do Mar), onde a precipitação anual ultrapassa 2.000mm, e onde são verificadas também as temperaturas mais baixas, com a média das mínimas chegando a menos de 10ºC. Os menores índices pluviométricos ocorrem em uma estreita faixa do Médio Paraíba, entre Vassouras e Cantagalo, no Estado do Rio de Janeiro, e no curso inferior da bacia, regiões norte e noroeste fluminense, com precipitação anual entre 1.000mm e 1.250mm. As temperaturas mais altas ocorrem na região noroeste do

Estado do Rio de Janeiro, especialmente em Itaocara, na confluência dos rios Pomba e Paraíba do Sul, com média das máximas entre 32ºC e 34ºC.

O rio Guandu nasce da confluência formada pelo ribeirão das Lajes, que nasce na serra dos Cristais, com o rio Santana, cuja nascente se encontra na serra do Conto. É considerado um rio artificial[12], pois a sua vazão natural é de aproximadamente 20m^3/s, enquanto as vazões atuais, devido à transposição das águas do rio Paraíba do Sul, oscilam entre 120 e 330m^3/s (CEDAE[13], 1996) *apud* (Consórcio ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP,1998).

Cerca de 44km após a nascente, encontram-se as obras de captação da Estação de Tratamento de Águas da Companhia Estadual de Abastecimento de Água e Esgoto (ETA – CEDAE), cuja vazão captada é de aproximadamente 44m^3/s, onde a barragem mantém o nível constante do rio para facilitar a derivação. Após essa interrupção no curso, há, ainda, outras captações de água, a mais importante delas é a da empresa de FURNAS (UTE de Santa Cruz) situada a aproximadamente 2km da foz do rio Guandu.

O trecho do rio compreendido entre a CEDAE e a sua desembocadura na baía de Sepetiba, possui aproximadamente 21km e uma declividade total em torno de 8cm/km. Na foz, o rio recebe a influência da maré, com característica semidiurna (VINZON, 2002).

A região da baía de Sepetiba, onde está inserida a bacia do rio Guandu, está localizada no Escudo Atlântico da Plataforma Sul Americana, e, é constituída de rochas de composição granito-gnaissica de idade pré-cambriana, rochas intrusivas alcalinas e básicas mesozóicas e sedimentos coluviais marinhos e fluviais de idade cenozóica.

De acordo com o Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba (Consórcio ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP (1998)), a fluviometria da bacia é atípica, com concentração dos seus afluentes ao longo das encostas da serra do Mar. Tem altitude média de 900m na direção sudoeste – nordeste e onde se encontram os maciços costeiros, tem altitude média de 500m, e a parte sul é limitada pela baía de Sepetiba. A bacia contém singularidades fluviais resultantes de fenômenos morfológicos, onde predominam o tectônimo básico e deposições sedimentares típicas de solos de planície aluvionar dominante com formações

[12] Regulado pela operação do sistema de geração hidrelétrica da empresa LIGHT.
[13] Companhia Estadual de Águas e Esgoto.

meândricas e tipo “talus”, entremeadas com pequenas elevações residuais tipo “meia laranja”.

A bacia hidrográfica da baía de Sepetiba está localizada ao sul do estado do Rio de Janeiro, e possui um micro-clima típico de região litorânea tropical, influenciada por fatores como: latitude, longitude, proximidade do mar, topografia, cobertura vegetal e ação das brisas marítimas e terrestres.

Os índices pluviométricos médios anuais variam de 1.000 a 2.000mm na maior parte da bacia. No entanto, as áreas de baixadas mais distantes do litoral registram médias inferiores a 1.300mm.

As maiores precipitações na bacia ocorrem nos meses de dezembro a março, sendo que as menores precipitações ocorrem de junho a agosto. O mês mais seco do ano ocorre em julho, com precipitação média de 50mm e o mais úmido em janeiro, com precipitação média de 300mm.

A temperatura média anual varia de 20 a 27ºC, sendo que a média da mínima varia de 15 a 23º e a média da máxima entre 26 e 32ºC.

b) Disponibilidade Hídrica

A bacia do rio Paraíba do Sul, como um todo não dispõe de um estudo de disponibilidade hídrica integrado. Os trabalhos existentes foram desenvolvidos por Minas Gerais e São Paulo e abrangem apenas as áreas da bacia de cada um desses Estados.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), na década de 80, desenvolveu um estudo das estimativas das disponibilidades hídricas do trecho paulista. O estudo de regionalização de vazões de Minas Gerais, "Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais", foi publicado em 1993 pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA MG). No Estado do Rio de Janeiro, não há estudo atualizado de regionalização de vazões mínimas, utilizando-se o estudo da FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente), intitulado "Estudo das Vazões Mínimas dos Principais Cursos de Água do Estado do Rio de Janeiro".

O quadro 6.1 apresenta as vazões de 95% e $Q_{7,10}$ do rio Paraíba do Sul no trecho paulista, de acordo com o estudo de regionalização de vazões elaborado no âmbito do PQA/SP, com o objetivo de simular a qualidade da água do rio Paraíba do Sul nesse trecho.

Quadro 6.1 – Vazões de 95% e $Q_{7,10}$ do rio Paraíba do Sul, trecho paulista.

Local	$Q_{95\%}$ (m^3/s)	$Q_{7,10}$(m^3/s)
Santa Branca	41,4	41
Guararema	43,4	42,3
Guararema - jusante	44,6	43,2
Jacareí	45,4	43,7
Reservatório Jaguari	45,9	44,1
São José	96,3	91,9
São José - jusante	98,4	93,4
Caçapava	100,2	94,6
Caçapava - jusante	102,2	96
Taubaté - Tremembé	108,5	100,4
Pindamanhangaba	112,6	103,2
Guaratinguetá	120,3	108,6

Fonte: PQA/SP.

O quadro 6.2 apresenta as vazões de 95%, do trecho fluminense e do trecho mineiro, obtidas dos estudos de modelagem de qualidade da água do PQA/RJ.

Quadro 6.2 – Vazões de 95% do rio Paraíba do Sul, e na foz dos seus principais afluentes e no trecho fluminense.

Local	$Q_{95\%}$ (m^3/s)
Funil	140,00
Itatiaia	140,50
Resende	145,00
Barra Mansa	168,00
Volta Redonda	171,00
Santa Cecília - Montante	180,00
Santa Cecília – jusante	71,00
Barra do Piraí	73,00
Paraíba do Sul	81,00

Continuação quadro 6.2.

Local	$Q_{95\%}$ (m^3/s)
Anta	175,00
Ilha dos Pombos	188,00
Itaocara	200,00
São Fidelis	285,00
Foz rio Paraibuna	85,00
Foz rio Muriaé	25,00
Foz rio Pomba	52,00

Fonte: LABHID/COPPE/UFRJ (1999).

As vazões médias de longo termo em algumas estações fluviométricas, situadas no rio Paraíba do Sul, estão reunidas no quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Vazões médias de longo termo (QLMT) do rio Paraíba do Sul.

Estação	Local	QMLT(m^3/s)
58183000	**Pindamonhangaba**	154
58235000	**Queluz**	181
58242000	**Itatiaia**	231
58305001	**Volta Redonda**	283
58321000	**Barra do Piraí**	144
58630002	**Anta**	453
58880001	**São Fidélis**	627
58974000	**Campos de Goytacazes**	814

Fonte: LABHID/COPPE/UFRJ (1999).

A vazão do rio Guandu, a jusante de UHE Pereira Passos, sob condições de não ocorrência de chuvas é igual ou menor que 130m^3/s, desprezando-se as pequenas contribuições dos afluentes a jusante. Essa vazão é suficiente para atender as demandas dos usuários da bacia, além de conter a penetração da cunha salina na foz do rio Guandu na baía de Sepetiba. A vazão mínima necessária para conter a intrusão salina no rio Guandu é de 60m^3/s, vazão esta que atende a usina termoelétrica de

Santa Cruz, que capta a água para o resfriamento dos grupos geradores (CAMPOS, 2001).

6.3.2 Cobertura Vegetal

Devido à cultura de café no passado, houve um desmatamento acelerado da vegetação na bacia do rio Paraíba do Sul, reduzindo as florestas naturais[14], em remanescentes isolados e que são mais expressivos apenas onde o relevo se torna montanhoso, como nas cristas da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira, principalmente na região de Itatiaia.

A bacia apresenta duas categorias de florestas, ambas remanescentes da Mata Atlântica, que se estende de norte a sul da costa atlântica brasileira e está reduzida a 7% de sua extensão original: a floresta ombrófila, sob influência de clima mais úmido, que ocupa maior área, respondendo por 67% dos remanescentes florestais; e a floresta estacional, que se distribui nas áreas de clima mais seco, com períodos secos bem pronunciados nos meses de inverno (julho a setembro).

Ainda hoje, apesar da grande devastação das florestas na bacia do Paraíba do Sul, a destruição persiste, tanto por exploração de madeira e lenha como por incêndios acidentais ou criminosos, e hoje as florestas ocupam menos de 15% da área da bacia.

No Estado de Minas Gerais, apesar do desenvolvimento da silvicultura, a devastação da mata nativa continua intensa, seja para o aproveitamento energético, ou para a implantação de loteamentos que não respeitam a legislação vigente, Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, e dispõe sobre a preservação da mata nativa, principalmente nas Áreas de Preservação Permanentes (APP). Conforme o senso do IBGE (2001), Minas Gerais é o estado que mais consome carvão vegetal. Nos últimos 8 anos, consumiu 85.000 toneladas.

A pecuária é ainda hoje o uso que ocupa a maior área da bacia, apesar de grande parte do que se classifica como campo/pastagem seja de terras degradadas, com pouca ou nenhuma atividade agropecuária. Segundo censo IBGE (2001), essa atividade sofreu uma redução significativa em quase todos os municípios da bacia, no período de 1985 a 1995.

[14] As florestas naturais ocupavam a maior parte da bacia, e hoje estão reduzidas a 11% do território.

Verifica-se na bacia do rio Paraíba do Sul que a população rural continua diminuindo. A população que antes se ocupava com essa atividade, reduziu de 30%, aproximadamente em toda bacia entre 1985 e 1995. Hoje, 87% da população da bacia concentram-se em área urbana.

De acordo com o relatório do Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba (Consórcio ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP, 1998), a bacia hidrográfica do rio Guandu nas últimas décadas sofreu um intenso processo de urbanização, que além da proximidade de grandes centros consumidores, levou a grande parte do setor rural dos municípios da região a conviver sob um constante dilema: manter as atividades produtivas de alimentos ou resignar-se à pressão originária do adensamento demográfico e transferir-se para outras regiões com terras mais baratas e infraestrutura compatível com a produção agrícola.

Ainda, segundo o Macroplano de Gestão da Bacia da Baía de Sepetiba (Consórcio ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP, 1998), as florestas existentes abrangem cerca de 40% da área da bacia e são representadas por fragmentos de diversos tamanhos e estágios sucessionais, situados quase que exclusivamente nos topos e encostas de serras, raramente alcançando as margens dos rios nos trechos de baixada. Do ponto de vista biogeográfico terrestre, a bacia de Sepetiba situa-se integralmente no bioma da Mata Atlântica. Ressalta-se a importância da Serra de Madureira (Marapicu) para a região, uma vez que possui intensa cobertura vegetal, principalmente nas partes mais elevadas. Isto implica em condições especiais de microclima, além de possibilitar maior infiltração das águas da chuva, condição favorável para a recarga dos aqüíferos. A área apresenta-se coberta por gramíneas, sendo o plantio de frutas, verduras e legumes sua principal atividade econômica.

Sendo assim, a região como um todo sofreu uma forte alteração de sua estrutura fundiária. Em algumas áreas, a agricultura cedeu espaço para os grandes loteamentos urbanos, principalmente na baixada, em torno do rio Guandu. Nos locais mais afastados da pressão da expansão urbana, a estrutura fundiária se manteve inalterada, como no município de Mangaratiba, em que as alterações só ocorreram no litoral.

6.3.3 Ocupação e uso do solo

Até a segunda metade do século XVIII, em que a agricultura e a pecuária concentravam-se na faixa litorânea do território brasileiro, devido à facilidade de escoamento de exportação das mercadorias, estas culturas começaram a se expandir

para o interior do país. Até então a maior parte da bacia do Paraíba do Sul era coberta de florestas.

Nas últimas décadas do século XVIII, a cafeicultura passa a ser uma das principais monoculturas da bacia e também a maior responsável pela devastação das florestas nativas e degradação dos recursos hídricos. Essa cultura dominou a paisagem da bacia até início do século XX, quando entrou em decadência, que teve como uma das causas principais, a exaustão do solo.

Com o fim da cafeicultura, teve início outra atividade econômica na bacia, a pecuária, até meados do século XX, quando o país entra na era industrial, mudando a condição da região, de uma população essencialmente rural, passando para uma condição predominantemente urbana, em um período inferior a 30 anos.

Segundo Ottoni e Ottoni Netto (2002), o desenvolvimento da bacia do rio Guandu se iniciou no período colonial, quando as oligarquias agraciaram com extensas glebas de terras as ordens religiosas que passaram a ser tratadas com maior atenção e cuidados.

Também, a localização da bacia, próxima à cidade do Rio de Janeiro, levou a imposições ocupacionais de maior interesse; vilas e povoados passaram a ser instalados com finalidades ocupacionais conduzindo a demandas progressivas mais exigentes e sofisticadas.

O insensível progresso concorria para ações antrópicas diversificadas e cada vez mais impactantes. Nos últimos tempos, o progresso e índices ocupacionais da bacia, bem como seu compreensível e desejável desenvolvimento, constituiu fator de marcante significado para a qualidade de vida da população da região, incluindo a cidade do Rio de Janeiro.

Hoje, a bacia do rio Guandu é uma das mais alteradas por ações antrópicas diferenciadas, profundamente impactantes e, sobretudo de natureza exógena (transferência de energia).

A bacia do Guandu vem sendo afetada energeticamente. A primeira intervenção de porte resultou na implantação do sistema das “adutoras pretas” por Paulo de Frontim para atender, no início do século passado, ao abastecimento de água do Rio de Janeiro. Em seguida, vieram as obras da UHE de Ribeirão das Lajes nas cabeceiras da bacia; o túnel de “Tocos” derivando águas do rio Piraí (bacia do Paraíba do Sul)

para o reservatório de Ribeirão das Lajes; a implantação da adutora Henrique Novaes para atender ao reforço de abastecimento d'água do Rio de Janeiro; a construção das obras de transposição de deflúvios da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu com a implantação da UHE de Nilo Peçanha descarregando vazões transpostas na bacia do Guandu; a construção da UHE de Pereira Passos no rio Guandu; a construção da captação d'água do Guandu para o reforço de abastecimento d'água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (a maior do gênero no Mundo), transpondo águas da bacia do Guandu para as bacias da baía da Guanabara e para o oceano.

Convém realçar a vocação energética da bacia do Guandu, que devido à transposição, é uma das de maior índice do mundo de produtividade específica (KW instalado / km^2) de geração hidroelétrica; resultando, porém, em impactos ambientais conseqüentes.

6.3.4 Usos da Água

No mapa 6.1 - Concentração e os Principais Usos da Água do rio Paraíba do Sul - estão localizadas as principais cidades da bacia que usam a água para abastecimento e diluição de esgotos domésticos, as usinas hidroelétricas que usam as águas para a geração de energia e as áreas com sistemas de irrigação, definidas pelos estudos da Cooperação França-Brasil. Também são apresentadas as áreas industriais consideradas mais críticas.

No mapa 6.2, estão representados os principais usos da água na bacia do rio Guandu.

a) Uso Agrícola

Como mostra o quadro 6.4, a bacia do rio Paraíba do Sul apresenta grande potencial para irrigação. No entanto, apenas uma pequena área é utilizada com tal finalidade. Em 1993, a extinta Secretaria Especial da Região Sudeste estimou áreas com possibilidades de serem usadas para irrigação, conforme mostra o quadro 6.4.

No estado do Rio de Janeiro, as principais áreas irrigadas concentram-se no baixo Paraíba, nas várzeas marginais do Paraíba e na Baixada Campista. Em São Paulo, estas, estão situadas nas várzeas ribeirinhas do Paraíba e, em Minas Gerais, nas margens dos rios Pomba e Muriaé. Nas regiões serranas de São Paulo e do Rio de Janeiro a dificuldade de expansão das áreas irrigadas é devida ao alto custo implicado na implantação de sistema de irrigação.

Entre os anos de 1985 e 1996, a área até então ocupada pelo uso agropecuário no trecho fluminense foi reduzido em quase 50%. Em algumas áreas, verifica-se uma certa escassez de água devido à pouca proteção dos mananciais utilizados para irrigação.

Quadro 6.4 – Síntese dos usos de água para a irrigação na bacia do rio Paraíba do Sul.

Áreas Irrigadas	Minas Gerais		Rio de Janeiro		São Paulo		Total	
	Área (ha)	Vazão (m^3/s)	Área (ha)	Vazão (m^3/s)	Área (ha)	Vazão (m^3/s)	Área (ha)	Vazão (m^3/s)
Estimativa 1993	32.000	25,0	14.000	7,0	25.000	8,0	71.000	40,0
Potencial	70.000	35,0	275.000	137,5	45.000	22,5	390.000	195,0

Fonte: Relatório "Implantação da Agência Técnica e Diagnóstico da Bacia" (Cooperação França-Brasil, 1993).

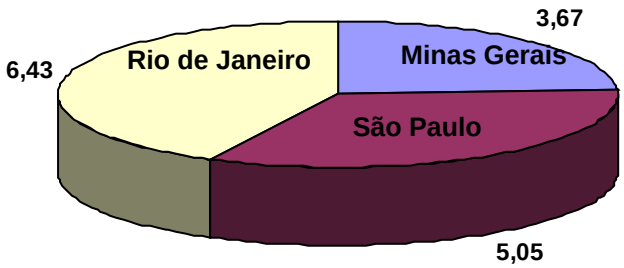
As principais culturas desenvolvidas no estado de São Paulo são o arroz, o milho e os hortigranjeiros. A área cultivada com arroz irrigado no Vale do Paraíba (método de inundação permanente), na safra 94/95, era de 14.700ha, com produtividade superior à do restante do Estado. A demanda total de água para irrigação no trecho paulista da bacia, em 1995, foi de 11,5m^3/s, correspondendo a uma área irrigada de 25.000ha. No que se refere a Minas Gerais, o café representa 80% do total de lavouras perenes, sendo cultivado principalmente na microrregião de Muriaé. O censo do IBGE (1995-1996) mostra que a área total irrigada no trecho mineiro da bacia é de aproximadamente 18.300ha.

O uso agrícola traz grandes prejuízos para os recursos hídricos, nos diversos municípios da bacia, seja pelo uso sem controle de agrotóxicos e fertilizantes, seja pela falta de conhecimento das técnicas de plantio ou por negligência, causando a poluição das águas por produtos químicos e pelo carreamento de partículas sólidas para os cursos d'água.

b) Uso Urbano

A maior parte dos municípios da bacia do rio Paraíba do Sul dispõe de sistema de abastecimento de água potável. O gráfico 6.1 apresenta a estimativa das vazões atualmente captadas nos três estados.

Gráfico 6.1 – Distribuição da captação de água para abastecimento por estado.



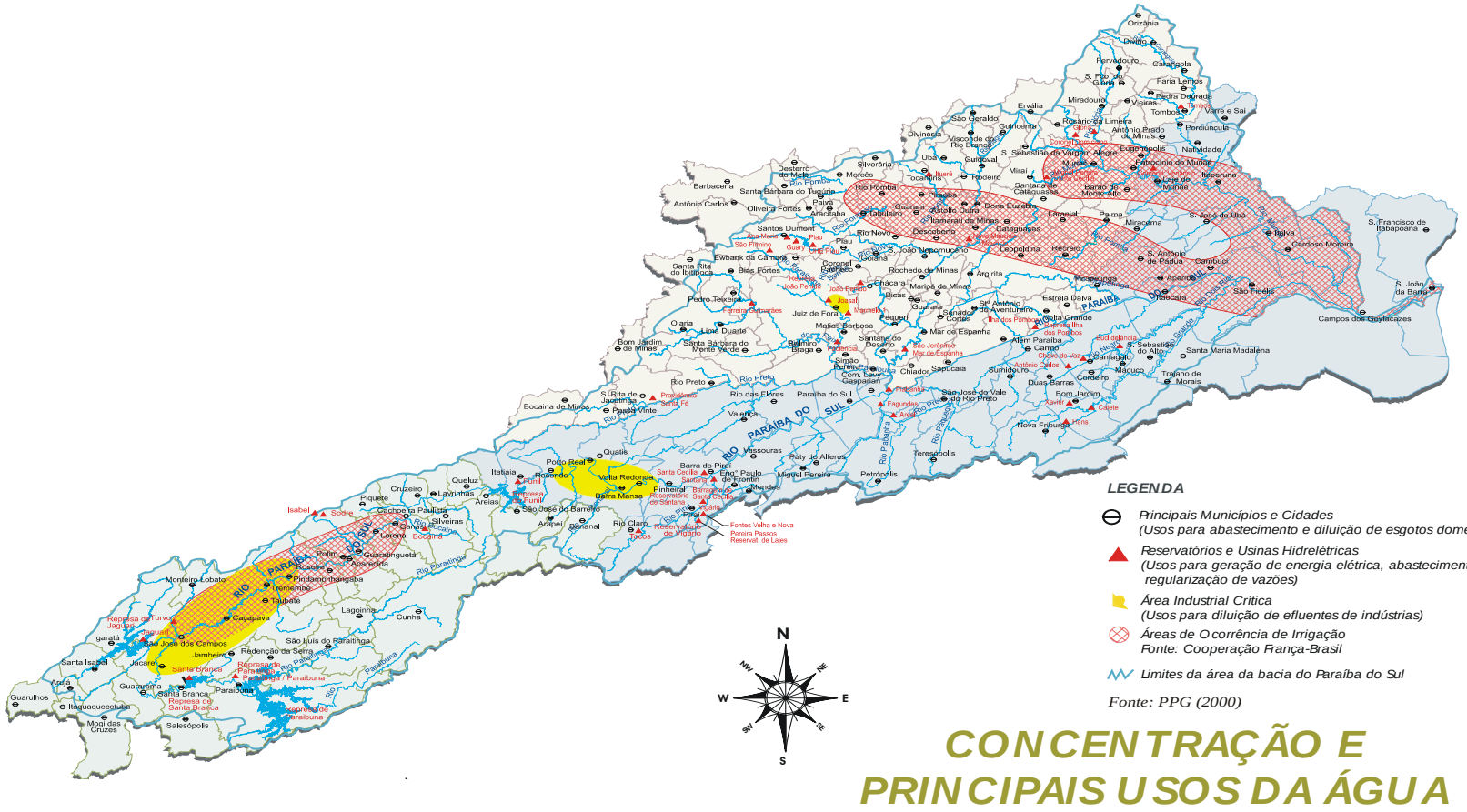
Fonte: LABHID/COPPE/UFRJ (1999).

Quadro 6.5 - Resumo da demanda hídrica na bacia do rio Paraíba do Sul, segundo estimativas do Plano de Recursos Hídricos (LABHID, 2002a).

Usuários	**Qcap (m3/s)**	**Qcon (m3/s)**	**DBO em (t/dia)**
Saneamento	18,62	3,68	240,0
Uso Industrial	13,65	6,19	40,0
Uso Agrícola e Pecuário	53,18	32,01	0
Transposição	até 180	até 180	0
Total	**265,45**	**221,88**	**280,0**

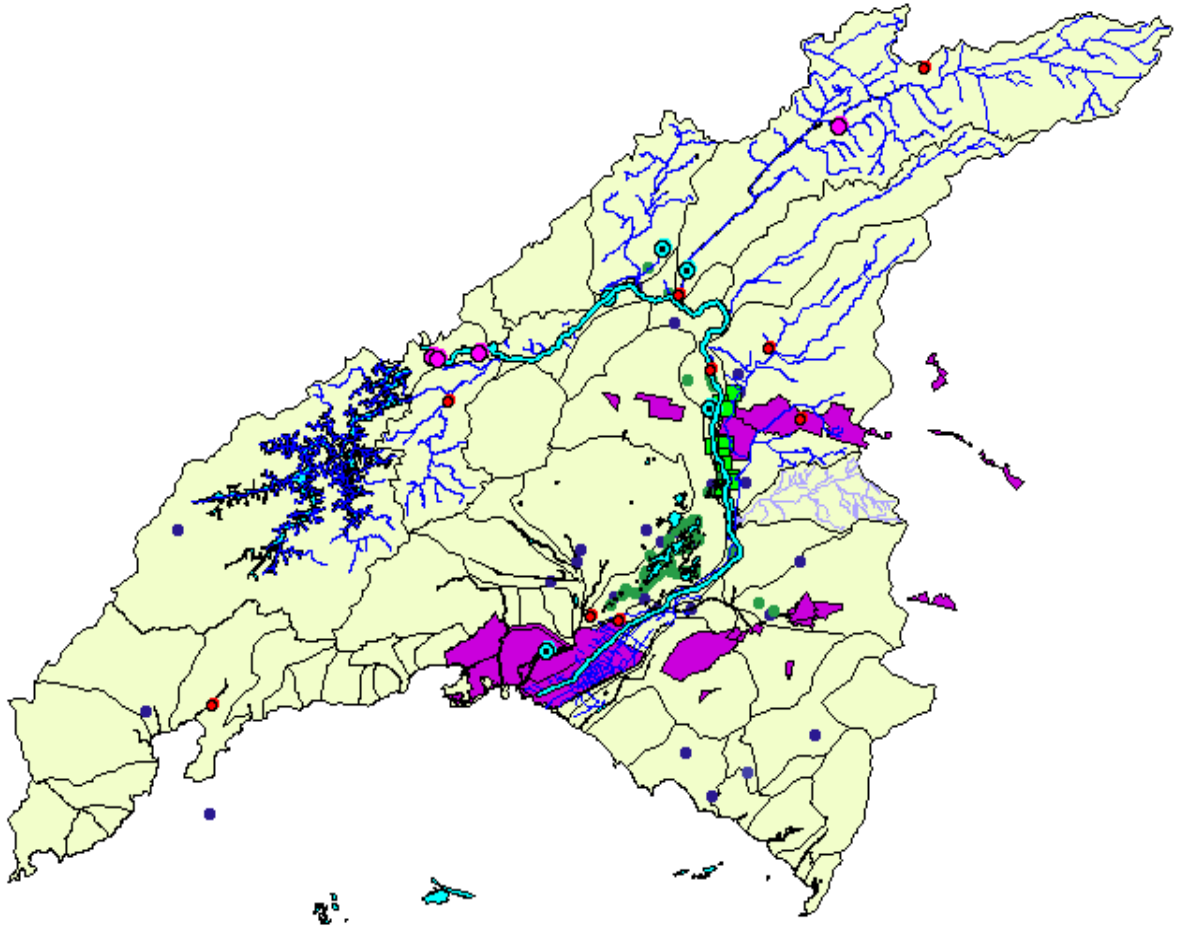
Fonte: (LABHID, 2002a).

Mapa 6.1 – Concentração e Principais Usos da Água na Bacia do Rio Paraíba do Sul



Fonte: LABHID/COPPE/UFRJ, (2000).

Mapa 6.2 - Os principais Usos da Água da Bacia do Rio Guandu



Legenda:

- Bacia da Baía de Sepetiba
- Zoneamento Industrial
- Espelho d'água
- Rio Guandu
- Afluentes Guandu
- Rio Ipiranga
- Usinas hidreléticas
- Termelétricas
- Areais
- Mineração 1 e 2
- Mineração 3
- Vazadouros de lixo

Fonte: FEEMA (2003).

Nos quadros 6.6 e 6.7, são apresentados os 10 maiores usuários de água da bacia para captação e os 10 maiores usuários de água da bacia para diluição de DBO, englobando apenas os setores de saneamento, uso industrial e a transposição.

Quadro 6.6 - Dez maiores usuários de captação de água da bacia do rio Paraíba do Sul.

N	Usuário	Setor	Vazão captada (m3/s)
1	Sistema Light	Transposição	Até 180
2	Companhia Siderúrgica Nacional	Uso Industrial	8,70
3	Usina Santa Cruz S/A	Uso Industrial	1,39
4	Juiz de Fora	Saneamento	1,26
5	São José dos Campos	Saneamento	1,11
6	Votorantin Celulose e Papel S. A.	Uso Industrial	0,86
7	Campos dos Goytacazes	Saneamento	0,75
8	Volta Redonda	Saneamento	0,66
9	Taubaté	Saneamento	0,52
10	Barra Mansa	Saneamento	0,52

Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul/COPPE-UFRJ

Quadro 6.7 - Dez maiores usuários de lançamento de carga de DBO da bacia do rio Paraíba do Sul.

N	Usuário	Setor	DBO rem (kg/dia)
1	Juiz de Fora	Saneamento	23.071
2	São José dos Campos	Saneamento	16.715
3	Campos dos Goytacazes	Saneamento	14.004
4	Volta Redonda	Saneamento	12.111
5	Taubaté	Saneamento	9.772
6	Barra Mansa	Saneamento	9.626
7	Petrópolis	Saneamento	6.624
8	Jacareí	Saneamento	6.183

Continuação quadro 6.7.

N	Usuário	Setor	DBO rem (kg/dia)
9	Guaratinguetá	Saneamento	5.235
10	Nova Friburgo	Saneamento	5.010

Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul/COPPE-UFRJ

As companhias de saneamento fazem uso do rio Paraíba do Sul e seus afluentes como receptores dos efluentes urbanos *in natura*. Como não existe tratamento de esgoto na grande maioria das cidades da bacia, esses corpos receptores são utilizados para a diluição desses efluentes, degradando ainda mais a qualidade das águas e aumentando o risco à saúde da população.

c) Uso industrial

O uso industrial ainda é a principal fonte de poluição das águas na bacia. Existem aproximadamente 5.200 indústrias cadastradas nos órgãos ambientais estaduais. Em Minas Gerais, segundo a FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) *apud* relatório LABHID/COPPE/UFRJ, existem cerca de 2.000 indústrias cadastradas, das quais, 1.000, estão na sub bacia do rio Paraibuna, com destaque para as indústrias metalúrgicas, têxtil, química, de papel e alimentícia.

O quadro 6.8 apresenta alguns dos principais usuários na bacia, de acordo com dados da Cooperação França-Brasil e CETESB, com destaque para a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que capta cerca de 6,4m^3/s.

Quadro 6.8 – Os principais usuários da água na Bacia do Paraíba do Sul.

Indústria	Vazão captada (l/s)	Ramo de atividade	Município
CSN	6.400	metalurgia	Volta redonda (RJ)
Usina Sapucaia	2.220	açúcar e álcool	Campos (RJ)
Usina Paraíso	970	açúcar e álcool	Campos (RJ)
Papel Simão	870	papel e celulose	Jacareí
Votorantim	862	papel e celulose	Jacareí
Usina Barcelos	830	açúcar e álcool	São João da Barra (RJ)

Continuação quadro 6.8.

Indústria	Vazão captada (l/s)	Ramo de atividade	Município
Rhodia Poliamida	690	química	São José dos Campos (SP)
Crylor – Fibras Têxteis	556	têxtil	São José dos Campos (SP)

Fonte: Cooperação França-Brasil e CETESB.

No Estado de São Paulo, existem 2.500 indústrias cadastradas pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), sendo a maioria de pequena importância em termos de lançamento de contaminantes ao meio ambiente. Porém, existe um número expressivo de indústrias de grande porte e de alto potencial poluidor, destacando-se as seguintes: 19 indústrias químicas, 26 metalúrgicas e siderúrgicas, 4 material elétrico e eletrônico, 1 petroquímica (Petrobrás) e 3 de papel celulose, além de têxteis, alimentícias e etc.. Porém, aproximadamente 20 indústrias são responsáveis pelo lançamento de 85% da carga química no rio Paraíba do Sul.

Já no trecho fluminense, a maior carga poluidora vem da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que é responsável por 60% da vazão efluente, 48% de DQO, 55% de DBO e 62% da toxidade, dentre outros, como o benzo(a) pireno (substância tóxica – cancerígena), e os fenóis[15], lançada no rio Paraíba do Sul[16], no trecho entre Barra Mansa e Volta Redonda. O parque industrial fluminense, por sua vez, reúne cerca de 700 indústrias, com destaque para as do setor siderúrgico, metalúrgico, químico e alimentício. Na Baixada Campista, destacam-se as indústrias sucro-alcooleiras como importantes contribuintes de carga orgânica ao rio Paraíba do Sul.

Outras indústrias vêm ao longo dos anos instalando sistemas de tratamento de esgoto. No entanto, ainda ocorrem grandes lançamentos de efluentes, com cargas tóxicas nos rios, sendo que grande parte se deposita no fundo desses cursos e reservatórios.

As demandas para os empreendimentos na bacia do rio Guandu, são apresentadas nos quadros 6.9 e 6.10.

[15] Para o abastecimento público, a presença em grandes quantidades provoca odores e sabor desagradáveis nas águas submetidas a cloração.
[16] Apesar de possuir estação de tratamento biológico que remove grande parte dos fenóis, a CSN lança alguns despejos no rio Paraíba do Sul.

Quadro 6.9 - Demanda de Água - Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco.

Usuário	Manancial	Demanda (m^3/s)	
		Atual	Futura
CEDAE – Piraí	Reserv. de Ribeirão das Lajes	0,350	0,350
CEDAE – Miguel Pereira	Rio Santana	0,100	0,100
CEDAE – "Calha da CEDAE"	Ribeirão das Lajes	5,500	5,500
Eletrobolt	Rio Guandu	0,083	0,083
Riogen – Enron	Rio Guandu	0,333	0,333
Baesa	Rio Guandu	0,050	0,050
Cervejaria Kaiser	Rio Guandu	0,200	0,200
Cervejaria Brahma	Rio Guandu	0,600	0,600
CEDAE - ETA Guandu	Rio Guandu	45,000	80,000
Inepar Energia	Canal de São Francisco	1,400	1,400
Fáb. Carioca de Catalisadores (FCC)	Canal de São Francisco	0,060	0,060
Gerdau	Canal de São Francisco	3,472	3,472
UTE de Santa Cruz	Canal de São Francisco	32,000	32,000
TOTAL		**89,148**	**124,148**

Fonte: Campos (2001).

Quadro 6.10 - Vazões Outorgadas e Corpos Hídricos de Lançamento na Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco.

Usuário	Vazão (m^3/s)			Corpo hídrico de lançamento
	Outorgada[1]	Consumida	Restituída	
CEDAE - Reserv. de Ribeirão das Lajes	0,350	0,350	-	-
CEDAE - Miguel Pereira	0,100	0,100	-	-
CEDAE – "Calha da CEDAE"	5,500	5,500	-	-
Eletrobolt	0,083	0,0747[1]	0,0083[1]	Rio Guandu
Riogen – Enron	0,333	0,250[1]	0,083[1]	Rio Guandu
Baesa	0,050	0,010[2]	0,040[2]	Rio Guandu

Continuação do quadro 6.10.

Usuário	Vazão (m^3/s)			Corpo hídrico de lançamento
	Outorgada[1]	Consumida	Restituída	
Cervejaria Kaiser	0,200	0,040[2]	0,160[2]	Rio Guandu
Cervejaria Brahma	0,600	0,120[2]	0,480[2]	Rio Guandu
CEDAE - ETA Guandu	45,000	45,000	-	Rio Guandu
Inepar Energia	1,400	0,800[1]	0,600[1]	Canal de São Francisco
Fábrica Carioca de Catalisadores	0,060	0,012[2]	0,048[2]	
Gerdau	3,472	0,6944[2]	2,7776[2]	Rio da Guarda
UTE de Santa Cruz	32,000	0,050[3]	31,950[3]	Rio da Guarda
TOTAL	**89,148**	**53,0011**	**36,1469**	

Fonte: Campos (2001).
[1] Valores extraídos dos certificados ou das solicitações de outorga existentes na SERLA.
[2] Valores estimados, vazão consumida igual a 20% da captada, critério de CRH/CORHI (1997).
[3] Valores obtidos do Consórcio ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP (1998).

d) Pesca e Aqüicultura

O uso pesqueiro na bacia é praticado principalmente no baixo curso dos rios Paraíba do Sul, Muriaé e Dois Rios, onde se estende vasta planície com vários ambientes lacustres, restingas e manguezais. No plano esportivo, a pesca é praticada em toda bacia, sem a preocupação da população com a poluição das águas, muitas vezes até por metais pesados. A aqüicultura vem-se expandindo nos últimos anos, porém essa atividade deve ser analisada quanto à sua localização, por causar danos aos recursos hídricos, principalmente para o uso de abastecimento de água, pois essa cultura pode liberar toxinas prejudiciais à saúde.

A degradação ambiental oriunda da poluição tóxica e orgânica reduziu significativamente os estoques de peixe e, conseqüentemente, a atividade pesqueira. Além disso, as barragens, à exceção de Ilha dos Pombos, não possuem escadas para peixes, o que, por um lado, impede a subida para a desova e, por outro, facilita a atuação de pescadores profissionais a jusante das represas na época da piracema.

O reservatório de Lajes, na bacia do rio Guandu, hoje faz apenas a cloração da água para o abastecimento da população, porém com a criação de peixes e a pesca na região, uma visível degradação da água, com a proliferação de algas e a conseqüente liberação de toxinas por estas, já é uma preocupação para a CEDAE.

e) Navegação

As condições de navegabilidade na bacia não são boas, e não há tradição de transporte fluvial no rio Paraíba do Sul, embora na segunda metade do século XIX tenha operado uma linha de vapores no trecho entre Caçapava e Cachoeira Paulista. Com a construção da ferrovia e, depois, da rodovia em paralelo ao rio (atual BR-116), a navegação praticamente desapareceu. Foram, todavia, realizados alguns estudos sobre navegação na bacia, conforme indica o Boletim Geográfico do IBGE (1965) *apud* relatório LABHID/COPPE/UFRJ. A Portobrás, em 1978 e 1980, também realizou estudos, sendo que o de 1980 resultou em propostas de projetos para os trechos entre Guararema e Barra do Piraí (435km) e Barra do Piraí e São João da Barra (357km).

Na bacia do rio Guandu não existe a vocação para o uso de navegação.

f) Recreação

Esse uso ocorre em pontos específicos da bacia do rio Paraíba Sul, principalmente nas regiões serranas, nas nascentes de diversos cursos d'água, onde há cachoeiras e a canoagem é bastante difundida, bem como o uso dos reservatórios pela população que ocupa suas margens. O uso da água para recreação é muito disseminado na bacia do Paraibuna (MG), constituindo para alguns municípios, como os situados na sub-bacia do rio Preto, o principal atrativo turístico, e seus visitantes são procedentes até mesmo de outros estados. Além disso, uma nova modalidade de esporte, o *rafting*, vem sendo praticada no rio Paraibuna, entre o município de Levy Gasparian (RJ) e a confluência com o rio Paraíba do Sul no município de Três Rios (RJ).

g) Saneamento Básico

Abastecimento de Água

O rio Paraíba do Sul é responsável pelo abastecimento de cerca de 13 milhões de pessoas, dos quais aproximadamente 8 milhões vivem na RMRJ. A RMRJ é abastecida através da transposição de uma vazão de aproximadamente 50m^3/s, via Sistema Light, da bacia do Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu.

Os sistemas de abastecimento de água atendem hoje a cerca de 96% (São Paulo), 85% (Rio de Janeiro) e 90% (Minas Gerais) da população urbana da bacia. Os serviços prestados, em parte dos municípios, pelas respectivas empresas estaduais de saneamento, SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), CEDAE e COPASA. Nos demais municípios os serviços são operados pelas

prefeituras, diretamente ou mediante os serviços autônomos de água e esgoto, ou, ainda, por empresas municipais.

Os sistemas de abastecimento de água, em grande parte, não são setorizados e em geral não possuem cadastros adequados, de macromedição e de universalização da micromedição. Os municípios não atendidos pelas empresas estaduais geralmente praticam tarifas, com raríssimas exceções, muito baixas ou mesmo nulas, o que inviabiliza qualquer possibilidade de auto-sustentabilidade dos serviços. No Estado do Rio de Janeiro, três municípios - Petrópolis, Nova Friburgo e Campos dos Goytacazes - buscando reverter essa situação, privatizaram os serviços de abastecimento de água.

Em alguns municípios, os mananciais, embora em geral não apresentem problemas de quantidade, são críticos os problemas de qualidade da água bruta, com reflexos negativos nos custos de tratamento. Existe, também, o problema de elevadas perdas na distribuição de água, apesar de as perdas físicas e de desperdício (água usada, mas não cobrada pela ausência da medição) não serem corretamente avaliadas na bacia como um todo, por carência de dados. Contudo, nos municípios onde os serviços de abastecimento são mais estruturados é possível avaliar ou medir as perdas. O índice situa-se, em média, em torno de 40%, chegando em caso isolado a 63%. Esses índices correspondem aos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro Em Minas Gerais a situação é menos crítica, situando-se em torno de 35%.

A água destinada ao abastecimento público excluída à quantidade transposta para o rio Guandu, é hoje da ordem de 15 m^3/s, distribuída pelos três estados. Na bacia do rio Guandu, a vazão utilizada para abastecimento da RMRJ pela CEDAE é da ordem de 45m^3/s, ou seja, três vezes maior do que a vazão utilizada para o mesmo uso na bacia do rio Paraíba do Sul.

Uma questão polêmica refere-se às condições precárias dos serviços de saneamento dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica. A qualidade das águas do rio Paraíba do Sul vem sendo discutida intensamente já que o rio Guandu recebe as águas transpostas em péssimas condições para o seu aproveitamento. O principal uso das águas do rio Guandu serve ao abastecimento da população fluminense, ocasionando um elevado custo de tratamento para a empresa estadual de abastecimento (CEDAE). Também, a qualidade de água dos afluentes do rio Guandu, Poços, Queimados e Ipiranga, que chegam próximo a ETA, pioram esta situação.

Esgotamento Sanitário

O baixo percentual de tratamento dos esgotos coletados é uma das maiores fontes de poluição dos recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul. As redes de coleta e afastamento atendem, atualmente, cerca de 81,9%, 45,0% e 48,5% das populações urbanas, respectivamente, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais enquanto o tratamento limita-se a apenas 10,4%, 2,0% e 1,2% das mesmas populações. Esse quadro desolador, com baixos índices de tratamento, ocasiona intensa poluição dos cursos d'água, gerando vários problemas às populações residentes na área urbana, principalmente a populações ribeirinhas, inclusive a possibilidade de disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Nos serviços de esgotamento sanitário, não existe, como no caso do abastecimento de água, a preocupação por parte das companhias de saneamento, ao atendimento de toda a demanda, decorrente do crescimento demográfico. À exceção do Estado de São Paulo, onde a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é a responsável pelo esgotamento sanitário em mais de 40% dos municípios da sub-bacia paulista, a participação da CEDAE, no Rio de Janeiro, e da COPASA, em Minas Gerais, é praticamente nula, visto que os convênios de prestação dos serviços de saneamento quase sempre se limitam ao abastecimento de água.

Quando as prefeituras ou os serviços autônomos (SAAE's) são os responsáveis por esses serviços, observa-se que, com poucas exceções nos três Estados, não é dada a devida importância ao esgotamento sanitário, pois se limita, quando muito, à simples coleta e ao afastamento dos efluentes domésticos, realizado, muitas vezes, por meio da rede de drenagem pluvial.

Quanto à cobrança pela prestação dos serviços, em alguns municípios, as tarifas praticadas são geralmente irrisórias ou inexistem, e, em alguns municípios, são substituídas por taxas anuais de valor praticamente simbólico.

Nos municípios pertencentes à bacia do rio Guandu, a situação de esgotamento sanitário não é muito diferente da que ocorre na bacia do rio Paraíba do Sul, ou seja, não existe na maioria desses, tratamento de esgoto sanitário, sendo este lançado *in natura* nos cursos de água.

Resíduos Sólidos

Os serviços de coleta e disposição final dos resíduos sólidos urbanos são motivos de preocupação em praticamente todos os municípios da bacia do rio Paraíba do Sul. Além da escassez de recursos financeiros, existe, ainda, falta de pessoal técnico qualificado para planejamento e administração destes serviços.

A situação menos crítica é a do Estado de São Paulo, que, segundo dados da CETESB, dos 34 municípios com sede na bacia, 10 deles atendem às exigências ambientais para a disposição dos resíduos sólidos. Do restante, aproximadamente 20 municípios, fazem a disposição em 'lixões'.

Segundo relatório do PQA, no estado do Rio de Janeiro, dos 22 municípios visitados, exceto três, onde o lixo disposto é periodicamente coberto, nos demais municípios essa disposição é feita em 'lixões', sem maiores cuidados. Os 22 municípios pesquisados abrigam aproximadamente 81,5% da população fluminense na bacia.

No estado de Minas Gerais, a situação é semelhante à do Rio de Janeiro. Foram visitados 10 municípios durante a elaboração do PQA, com população correspondente a 74,9% da população urbana mineira da bacia. Verificou-se que a disposição de resíduos sólidos é feita quase sempre de maneira inadequada. Em 5 municípios, o lixo é disposto e coberto com solo, sem nenhum controle de aterro, nos demais, os resíduos são dispostos em 'lixões'.

Na bacia do rio Guandu, a situação dos municípios não é diferente do que acontece na parte fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul, ou seja, os resíduos sólidos são jogados em "lixões", ou em aterros controlados. Apenas na cidade de Nova Iguaçu existe em operação um aterro sanitário, que atende às exigências ambientais para a disposição dos resíduos sólidos.

Resíduos Sólidos Industriais

No estado de São Paulo, existem cerca de 2.500 indústrias registradas na CETESB, sendo que apenas 19 delas são responsáveis pela geração de 85% de resíduos sólidos. São gerados aproximadamente 26,61 milhões de toneladas por ano, das quais 535,60 toneladas são resíduos classe 1 (resíduos perigosos), 25,04 milhões de toneladas classe 2 (não inertes) e 1,04 milhão de toneladas classe 3 (inerte). Existem na região dois aterros de grande porte licenciados para resíduos sólidos industriais (classe 1 e 2) com tecnologia de reconhecimento internacional, nas cidades de São José dos Campos e Tremembé, portanto sem necessidade de investimento imediato nesse setor.

No trecho fluminense, o parque industrial reúne mais de 4.000 indústrias, (siderúrgicas, metalúrgicas, químicas e etc.), das quais apenas 44 são responsáveis por cerca de 80% da carga poluente total da bacia fluminense. São gerados na bacia cerca de 3,02 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, dos quais 106,4 mil toneladas são classe 1, 1,89 milhão de tonelada classe 2 e 1,02 milhão de tonelada classe 3. Existe em Nova Iguaçu um aterro para resíduos industriais para os resíduos de classe 1. Porém, para os resíduos de classe 2, o qual a produção é elevada, grande parte desses está disposta em aterro urbano ou 'lixões'. Os resíduos de classe 2 são constituídos principalmente - 80% - por escória siderúrgica, que representam risco de contaminação quando em contato permanente com a água.

Segundo dados da FEAM, em Minas Gerais, estão cadastradas cerca de 2.000 indústrias, porém as informações disponíveis sobre o inventário de resíduos na bacia do rio Paraíba do Sul são bastante limitadas. Essas informações, porém, indicam a produção na bacia de cerca de 245,8 mil toneladas anuais de resíduos, sendo 19,6 mil toneladas de resíduos Classe 1, 189,4 mil de resíduos Classe 2 e 36,8 mil de resíduos Classe 3, segundo documentação de licenciamento na área a partir de 1994.

Os resíduos industriais são depositados, em sua maioria, em lixões ou, excepcionalmente, em aterros controlados, uma vez que nenhum dos municípios da região possui aterros sanitários.

O quadro atual é grave, e para solução desse problema, é necessário, implantação de aterros sanitários e industriais, que atendam a áreas mais densamente povoadas e com maior número de indústrias. Paralelamente, há de se implementarem as ações de comando e controle, que hoje são feitas de forma incipiente e tímida. A situação na bacia do rio Guandu não é muito diferente do que ocorre na parte fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul.

Drenagem urbana

De acordo com o descrito no relatório LABHID/COPPE/UFRJ (1999), os reservatórios de cabeceira (Paraitinga, Paraibuna e Jaguari) no Estado de São Paulo, juntamente com o reservatório de Funil no Estado do Rio de Janeiro, tem atingido de maneira bastante satisfatória o objetivo de controle de enchentes de caráter regional nos dois terços superiores do rio. Nessa região, as inundações urbanas são hoje, na maioria das vezes, de âmbito municipal provocadas pelo transbordamento dos cursos d'água afluentes do rio Paraíba do Sul, que promovem a drenagem dos núcleos urbanos. A invasão da calha principal dos cursos d'água pelas construções ribeirinhas, que

restringem a seção de escoamento, lixo domiciliar e entulhos despejados que aceleram o processo de assoreamento, insuficiência de seção de escoamento sob pontes, entre outros, são algumas das causas de inundações destes cursos.

Excepcionalmente, as cidades atravessadas pelo rio Paraíba do Sul são inundadas por suas águas, tal como o ocorrido nas cheias mais recentes, nos meses de janeiro de 1997 e de 2000. No terço inferior, afluentes importantes, como o rio Muriaé que atravessa áreas urbanas de diversos municípios, ao longo do seu curso, contribui para recorrentes inundações de caráter regional na bacia, afetando, no trecho fluminense, principalmente os municípios de Campos, Cardoso Moreira, Italva, Itaperuna e Natividade e no trecho mineiro os municípios de Patrocínio do Muriaé e Carangola.

Vários municípios, situados no trecho paulista da bacia são significativamente afetados pelas cheias urbanas. O mesmo acontece com os municípios fluminenses e mineiros, onde 20 deles, 15 no Estado do Rio de Janeiro e 5 em Minas Gerais, são mais duramente atingidos. Na parte fluminense da bacia as cheias atingem, anualmente, uma população direta de mais de 20 mil habitantes, podendo chegar a 47 mil em chuvas com recorrência de 20 anos. Nesses casos, a população indiretamente afetada ultrapassa 130 mil pessoas. Na parte mineira, também nas chuvas de 20 anos de recorrência, afetam diretamente mais de 38.000 pessoas e, indiretamente, 149.000.

Na cheia de janeiro de 2000, apesar de toda a proteção fornecida pela barragem de Funil, retendo as águas provenientes do trecho paulista da bacia, cidades ribeirinhas fluminenses, tais como Barra Mansa, Volta Redonda e Barra do Piraí, foram invadidas pelas águas do Paraíba.

A transposição das águas do rio Paraíba do Sul trouxe além de benefícios, grandes problemas ambientais a jusante. Por exemplo, os problemas de inundações a jusante do reservatório de Santana, no rio Piraí. Com a retirada de uma vazão de 25 m^3/s para o sistema de Lajes, e o armazenamento de água para a operação das UHE de Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos, o rio Piraí teve sua vazão mínima reduzida a praticamente nula a jusante do reservatório de Santana (CAMPOS, 2001).

Além do problema de assoreamento da calha nesse trecho, devido à baixa velocidade da água, existe, também, a ocupação de seu leito inundável pela população da cidade de Barra do Piraí, aproximadamente 35% da população vivem as margens do rio (CALDAS et al. *apud* CAMPOS, 2001).

Segundo Campos (2001), todo trecho do rio Piraí a jusante do reservatório de Santana, até a confluência com o rio Paraíba do Sul, tem suas margens (leito inundável) ocupada por casas do distrito de Santanésia e de bairros da cidade de Barra do Piraí. Essa ocupação é muito intensa, e existe grande deposição de lixo e de entulho, causando um assoreamento considerável. Ainda, a existência de uma lagoa de estabilização para o tratamento de rejeitos da Fábrica de Papel Pirahy, dentro do leito inundável (processo SERLA nº E 07/101.961/85 – "Lagoa de Estabilização no leito maior do Rio Piraí"), aumenta os problemas relativos dessa região. A vazão de restrição desse trecho do rio é menor que 15m^3/s, pois vazões superiores a essa, já causam problemas de inundação das casas.

Ainda, segundo Campos (2001), existe uma diferença discrepante entre a capacidade de vertimento da barragem de Santana e a capacidade de escoamento da calha atual do rio Piraí a jusante do reservatório. A capacidade de vertimento é de 1.160m^3/s e a capacidade da calha é de 15m^3/s, ou seja, 1,3% da capacidade de vertimento.

Para a solução desse problema, será de fundamental importância o desenvolvimento de planos integrados de recursos hídricos que, no tocante aos aspectos relacionados a enchentes, considerem a necessidade de pesquisar áreas para a implantação de barragens de contenção de cheias, associadas ou não a outros usos, bem como, de disciplinar a ocupação ao longo das vias de drenagem, visando à defesa das cidades.

h) Uso Hidrelétrico:

O Sistema LIGHT é essencialmente constituído por um conjunto de obras hidráulicas destinadas à transposição da vazão de até 160m^3/s do rio Paraíba do Sul para a vertente atlântica da serra do Mar com a finalidade de aproveitar o potencial elétrico propiciado pela queda de 295,50m. Nesse sistema, a Usina Elevatória (UEL) de Santa Cecília deriva as águas para o reservatório de Santana e, posteriormente, a UEL de Vigário transfere as águas para o seu reservatório. Daí, depois de ultrapassar a serra do Mar, as águas descem por gravidade e alimentam as usinas de Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos, juntamente com as águas do reservatório de Lajes, formado pelo barramento do Ribeirão das Lajes e pelas águas desviadas do rio Piraí.

O potencial hidrelétrico inventariado da bacia do rio Paraíba do Sul é de 1,7% do total brasileiro (IBGE - Anuário Estatístico do Brasil). Hoje, a potência instalada supera 1.500MW, incluindo usinas de pequeno e médio porte operadas por diversas concessionárias e as que compõem o Sistema LIGHT. Além disso, um conjunto de

hidrelétricas por construir, situado no baixo Paraíba, poderão agregar ao sistema uma geração de cerca de 830MW.

As principais usinas hidrelétricas em operação na bacia são: Paraibuna, Santa Branca, Jaguari, Funil, Ilha dos Pombos, Nilo Peçanha, Fontes Velha, Fontes Nova, e Pereira Passos. Os principais reservatórios são Paraibuna, Santa Branca, Jaguari, Funil, Ilha dos Pombos, Tocos, Santana, Vigário, Lajes e Ponte Coberta e estão previstas no Plano Decenal 2000/2009 (ELETROBRÁS/GCPS, 1999) mais 14 usinas hidrelétricas, somando um total de 1079MW.

Conforme descrito no relatório LABHID/COPPE/UFRJ (1999), o primeiro reservatório do Complexo Hidrelétrico de Lajes a ser construído foi o reservatório de Lajes, concluído no ano de 1908, a partir da barragem do ribeirão das Lajes. Esse reservatório tinha como função regularizar a descarga que se pretendia turbinar na usina hidrelétrica de Fontes. A usina de Fontes foi projetada para a geração de energia elétrica para a cidade do Rio de Janeiro, que era a capital do Brasil.

Em meados da década de 50, foi construída a usina hidrelétrica de Fontes Nova, pela LIGHT, passando a usina de Fontes a denominar-se de Fontes Velha. Essa usina encontra-se desativada desde 1989, quando ocorreu a ruptura do *penstock*.

A vazão natural média de longo termo, afluente do reservatório de Lajes é de aproximadamente $6m^3/s$ (Consórcio ETEP – ECOLOGUS – SM GROUP, 1998; SERLA, 2000; LIGHT, 2001; *apud* Campos, 2001), afluência insuficiente para regularizar cerca de $17m^3/s$, vazão necessária para turbinar a usina hidrelétrica de Fontes Velha. Para tornar possível essa afluência do reservatório de Lajes, foi feita uma transposição de bacias em 1913 (a primeira do complexo de Lajes). Essa transposição foi feita do rio Piraí, município de Rio Claro, através do reservatório de Tocos, com a construção de um túnel que desvia a água por gravidade para o reservatório de Lajes, de uma vazão máxima de $25m^3/s$.

Em 1924, a LIGHT começou a operar a usina hidrelétrica da Ilha dos Pombos, no município de Carmo.

Em 1952, entraram em operação as estruturas hidráulicas que possibilitaram a transposição das águas do rio Paraíba do Sul para a vertente atlântica da serra do Mar, viabilizada pelo Decreto-Lei nº 7.542 de 11/05/1945, autorizando a LIGHT a derivação das águas do ribeirão Vigário e do rio Piraí e as águas do rio Paraíba do Sul. A transposição das águas do rio Paraíba do Sul é feita a partir da usina elevatória

de Santa Cecília, localizada no município de Barra do Piraí, com capacidade de uma vazão média de 160m^3/s, representando 2/3 da vazão no trecho.

A transposição de Santa Cecília é feita através de um túnel, ligando este ao reservatório de Santana, no rio Piraí. Do reservatório de Santana, as águas são recalcadas pela usina elevatória de Vigário, com capacidade de recalque de uma vazão de 189m^3/s, para o reservatório de Vigário.

As águas são desviadas por gravidade do reservatório de Vigário, com um desnível de aproximadamente 300m, para a vertente atlântica da Serra do Mar. Esse desnível possibilitou uma produção de energia que justificou a realização da transposição de bacias. A partir desse arranjo, foram construídas as usinas hidrelétricas de Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos.

O reservatório de Santa Branca localiza-se no rio Paraíba do Sul, no município de Jacareí, SP, e foi construído em 1959 pela LIGHT, com a finalidade de geração de energia elétrica em auxílio à operação do Complexo Hidrelétrico de Lajes. Esse reservatório tinha, inicialmente, um volume útil de 438hm^3, mas atualmente esse volume corresponde a 308hm^3, em vista de restrições ambientais. O reservatório de Santa Branca contempla também o uso de amortecimento de cheias, em decorrência dos problemas de inundações na cidade de Jacareí.

No início dos anos 70, a operação de bombeamento em Santa Cecília, até então feita pela regularização em Santa Branca, tornou-se insuficiente, sendo necessária a ampliação do sistema com a construção de novos reservatórios de regularização. Portanto, na década de 70 foram construídos grandes reservatórios no rio Paraíba do Sul bem como as usinas hidrelétricas de Paraibuna/Paraitinga, Jaguari e Funil, que possuem reservatórios de regularização com volume de 2.636hm^3, 793hm^3 e 606hm^3.

Ainda, conforme o relatório LABHID/COPPE/UFRJ (1999), o aproveitamento hidrelétrico do reservatório de Funil, situado na cabeceira do rio Paraíba do Sul em território fluminense, foi construído pela Companhia Hidroelétrica do Vale do Paraíba – CHEVAP. A construção teve início em 1962, para, em conjunto com outros reservatórios a montante, Santa Branca, Paraibuna e Jaguari, atender a um plano de regularização das vazões. Esse plano inicialmente foi proposto pela LIGHT, com o objetivo de elevar a energia firme do sistema de geração de energia do estado do RJ.

É estratégica a regularização em Funil, para a garantia de uma afluência mínima de 250m^3/s em Santa Cecília. Essa vazão garante sob condições hidrológicas normais a

retirada de uma vazão de 160m^3/s para a transposição para a bacia do Guandu e a manutenção da descarga mínima de 90m^3/s a jusante. A construção do reservatório de Funil possibilitou, também, a redução das cheias, nas cidades a jusante da barragem, como, Resende, Barra Mansa, Volta Redonda e Barra do Piraí.

O reservatório de Funil desenvolveu, nas últimas décadas, um acentuado processo de eutrofização. A formação de intensas florações de algas cianofíceas devido à alteração da composição físico-biótica da água, trouxe, inclusive, comprometimentos de ordem estética e sanitária ao uso direto das águas. A confiabilidade operacional do sistema da Usina Hidrelétrica de Funil ficou ameaçada devido a essas alterações, que vieram a repercutir de forma mais crítica no uso primário do reservatório por efeitos diretos no desempenho e durabilidade dos equipamentos eletromecânicos. Devido aos problemas de corrosão associados a mudanças eletroquímicas da água e à deposição de sedimentos, foi feita, entre os anos de 1985 e 1990, a paralisação programada das três unidades geradoras para manutenção e substituição dos equipamentos e peças danificadas. Também o assoreamento do reservatório, em decorrência do transporte de sedimentos, reduz o volume útil do mesmo e traz riscos de manutenção da energia firme do sistema.

Os riscos de prejuízos ambientais e econômicos são crescentes com a deterioração gradativa da água afluente da usina, ocasionada, principalmente, pelo consumo de oxigênio e a solubilização de compostos acumulados nos sedimentos do reservatório.

6.4 Principais problemas que afetam a disponibilidade hídrica das Bacias

Segundo Soffiati (2003), os problemas decorrentes da transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu começaram a se manifestar há cerca de trinta anos, principalmente na foz do rio Paraíba do Sul. Com a redução da vazão líquida e sólida do rio Paraíba do Sul, que foi agravada pela ação de outros agentes, como, a construção de barragens para geração de energia elétrica, desmatamento, assoreamento e poluição, o rio apresentou problemas em sua foz, como o avanço do mar na praia de Atafona, onde cerca de sete ruas foram “engolidas” pelo mar, e o avanço continua. Também, na bacia do rio Guandu, devido à transposição, a vazão teve um aumento em aproximadamente 10 vezes a vazão original deste rio, e este aumento vem provocando a erosão da restinga da Marambaia, na bacia de Sepetiba.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul enfrenta uma profunda crise de escassez de água, desde outubro de 2002, quando o armazenamento mínimo útil dos reservatórios chegou a 14,7% de sua capacidade. Desde então, a situação tem-se agravado, sendo

que, em meados do ano 2003, a expectativa para o mês de novembro era de que os reservatórios da cabeceira da bacia, no estado de São Paulo, Paraibuna, Jaguari, Santa Branca e Funil, pudessem chegar a menos de 10% de sua capacidade, se nenhuma ação fosse tomada pelos gestores da bacia.

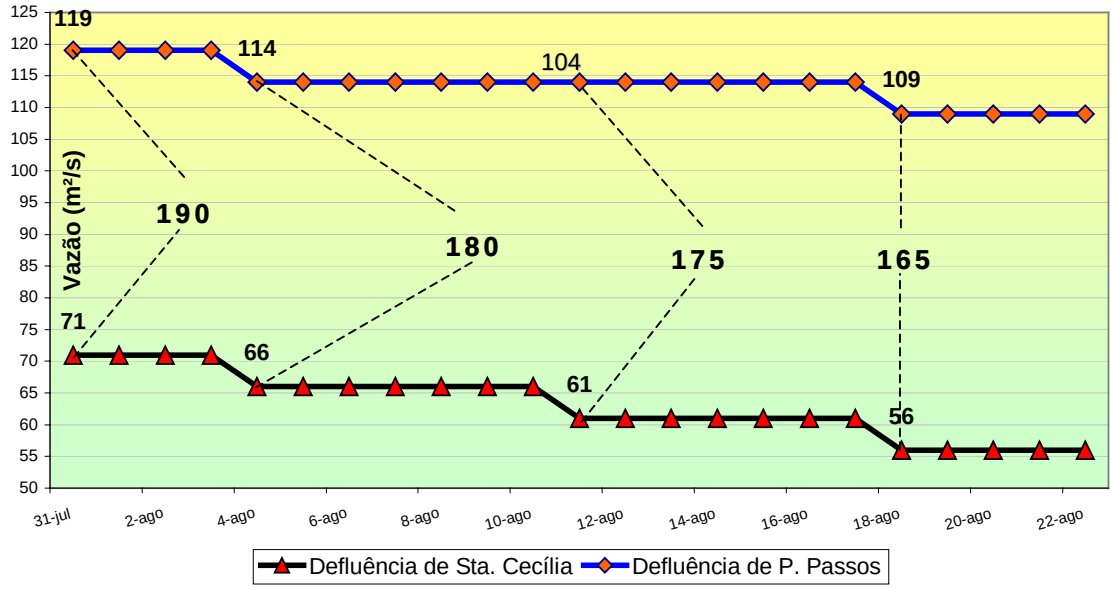
Em 31 de julho de 2003, estiveram reunidos na SERLA (Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), representantes dos usuários da água do Rio Paraíba do Sul - de grandes indústrias, centrais hidrelétricas e companhias de abastecimento do Rio de Janeiro e São Paulo, representantes dos poder público, federal, estadual e municipal e representantes da sociedade civil. Nesta reunião, que durou aproximadamente seis horas (entre 14h e 20h), foram avaliadas as conseqüências e propostas alternativas, para o grave problema da redução dos níveis de armazenamento dos reservatórios do rio Paraíba do Sul, responsável por mais de 80% do abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Conforme estudos comparativos realizados pela ONS (Operador Nacional do Sistema), órgão responsável pelo gerenciamento energético brasileiro, a situação hidrológica na bacia do Rio Paraíba do Sul é, no mínimo, equivalente a pior seca já registrada ocorrida em 1955.

Todos os reservatórios da cabeceira do Rio Paraíba do Sul estavam, àquela época, apresentando níveis muito baixos de seus volumes úteis: o reservatório do Funil, com 12%; Paraibuna, 26,1%; Santa Branca, 9,9% e Jaguari, 34,2%. Hoje estes reservatórios apresentam os seguintes volumes úteis: o reservatório do Funil, 22%; Paraibuna, 65% e Santa Branca, 71%.

A primeira medida de emergência efetiva para a garantia dos múltiplos usos na bacia, foi a redução do limite mínimo de vazão afluente à barragem de Santa Cecília, em Barra do Piraí (RJ) conforme gráfico 6.2.

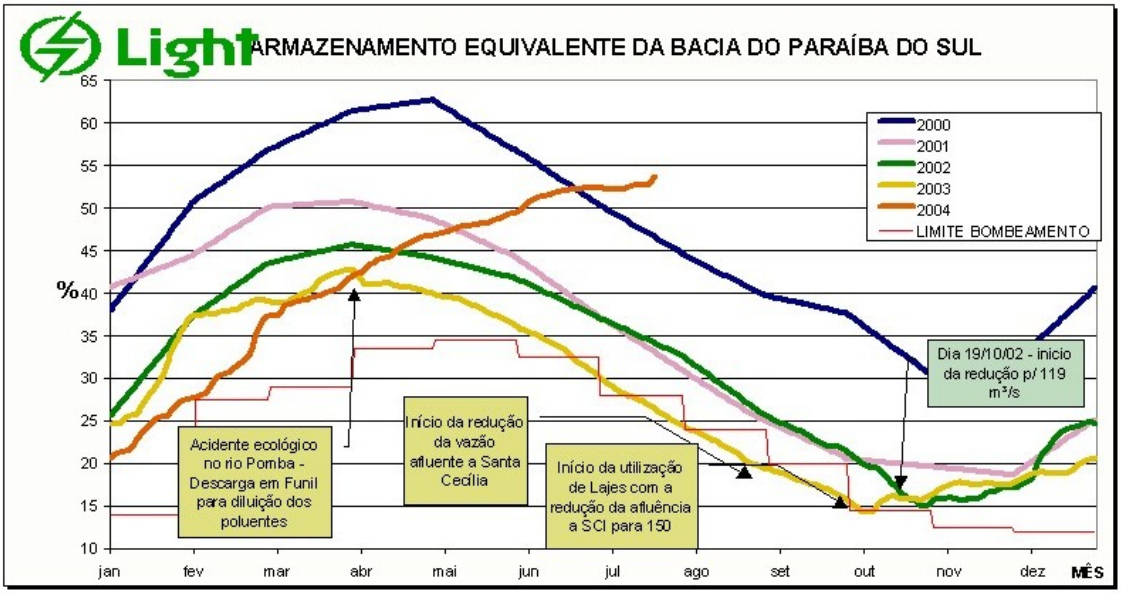
O sistema dos reservatórios da cabeceira se encontrava com 24,4% de sua capacidade nesta data, sendo que a última vez que esses reservatórios atingiram a sua capacidade máxima foi em 1996. O gráfico 6.3 (LIGHT, 2004) mostra a situação dos reservatórios da bacia do rio Paraíba do Sul nos últimos 5 anos e o quadro 5.11 mostra a situação desses reservatórios em 13 de janeiro de 2003 e 13 de janeiro de 2004, mostrando que, em 2004, existia um armazenamento 3,42% menor do que em 13 de janeiro de 2003. O gráfico mostra também que de julho a outubro de 2003 o nível esteve abaixo do limite de bombeamento em Santa Cecília.

Gráfico 6.2 - Redução das Vazões Defluentes em Sta. Cecília e P. Passos.



Fonte: ONS (Operador Nacional do Sistema)

Gráfico 6.3 – Situação dos reservatórios da bacia do rio Paraíba do Sul nos últimos 5 anos:



Fonte: LIGHT (julho/2004).

Quadro 6.11 – Volume percentual do armazenamento dos reservatórios do rio Paraíba do Sul.

Data	Volume percentual dos Reservatórios			
	Paraibuna	**Santa Branca**	**Jaguari**	**Total**
13/01/2003	26,0	21,0	47,40	27,01
13/01/2004	17,93	29,05	47,79	23,60
diferença				**- 3,42%**

Fonte: LIGHT (2004).

A precipitação na cabeceira tem tido uma redução significativa, sendo que de 2002 para 2003, esta redução foi de 250mm no índice de precipitação de chuvas na bacia. Uma maior redução desses reservatórios traz grandes problemas para a bacia e também para outras regiões que fazem uso de sua água, sendo um deles o abastecimento público e industrial na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), além de aumentar a carga de poluentes a jusante, na própria bacia, principalmente nas cidades que utilizam também a captação direta no rio.

Devido à situação descrita, a ANA foi obrigada, a partir de estudos encomendados a ONS (Operador Nacional do Sistema), estabelecer através de algumas resoluções medidas para a garantia de atendimento ao sistema hidroelétrico do Complexo de Lajes, e do abastecimento de água da RMRJ e das cidades a jusante de Santa Cecília no período seco de 2003, e também para a prevenção nos anos subseqüentes.

Em decorrência dessas dificuldades, a União, por meio do Decreto nº 68.324/71, criou a Comissão do Plano de Regularização do Rio Paraíba do Sul, estabeleceu um plano de obras para esse fim e fixou a derivação máxima na usina elevatória de Santa Cecília em 160 m^3/s, sujeita à manutenção de uma vazão mínima para jusante de 90 m^3/s. Esse valor foi calculado empiricamente e assim arbitrado em razão da não-aprovação do projeto da usina de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo, que previa uma transposição de 50 m^3/s da bacia do rio Paraibuna para a vertente atlântica. Na ocasião, o bombeamento em Santa Cecília observava uma limitação de vazão mínima para jusante de apenas 40 m^3/s. Assim, os 50 m^3/s foram “transferidos” para jusante de Santa Cecília, dando origem à restrição de 90 m^3/s.

Essas resoluções que vieram a alterar a Portaria DNAEE nº 022 de 14/02/77 sobre a regra de operação do reservatório de Santa Cecília, no que diz respeito a defluências mínimas dos reservatórios: *Paraibuna/Paraitininga – 30m^3/s; Santa Branca – 40m^3/s;*

Jaguari – 30m^3/s; Funil – 80m^3/s; Santa Cecília – 90m^3/s; Bombeamento mínimo Paraíba/ Piraí – 100m^3/s.

Ao longo do tempo, essa operação foi agregando novas regras sobre condições hidrológicas extremas, bem como de ordem ambiental, originando o Decreto nº 81.436/78, que estabelece que, sob condições hidrológicas de afluências críticas, o DNAEE poderá, a seu critério, arbitrar uma defluência mínima em Santa Cecília de até 71 m^3/s. Assim, nessas condições, o bombeamento de águas do rio Paraíba do Sul fica limitado a somente 119 m^3/s.

Essa situação, associada a novas regras operacionais, motivaram a edição do Decreto nº 81.436/78, que veio reduzir a restrição mínima para jusante a 71 m^3/s. A origem desse valor resulta das simulações realizadas na época com séries históricas de vazões médias mensais que indicaram que somente com a demanda de 231 m^3/s era possível haver o atendimento em 100% do tempo. O valor de 71 m^3/s decorre, assim, da subtração de 231 m^3/s dos 160 m^3/s desviados para o Complexo de Lajes.

Convém destacar que, em conseqüência de restrições ambientais, o reservatório de Santa Branca teve seu volume mínimo limitado a 30% do volume útil, embora tenha sido originalmente projetado para o esvaziamento anual completo, reduzindo a vazão regularizada em Santa Cecília.

Sendo assim, depreende-se que, na prática, a regra de manter a defluência mínima de 90 m^3/s em condições hidrológicas normais não é fácil de ser observada. Isso é confirmado pela Portaria DNAEE nº 329, de 11.04.1994, que resolveu:

> a) autorizar a redução gradual e provisória das vazões defluentes em Santa Cecília no rio Paraíba do Sul, até o valor de 71 m^3/s;
> b) determinar que tão logo sejam restabelecidas as condições favoráveis tanto ao armazenamento global da bacia como aquelas referentes ao abastecimento da cidade do Rio de Janeiro, deverão ser gradualmente atendidas as condições de operação, segundo está disposto na mencionada Portaria DNAEE nº 022;
> c) determinar que face a qualquer ocorrência hidrológica desfavorável a jusante de Santa Cecília deverão ser revistas as condições de operação instituídas a partir da data desta Portaria.

A resolução ANA nº 211 de 26/05/03, que dispõe sobre as regras a serem adotadas para a operação do sistema hidráulico do Rio Paraíba do Sul, que compreende, além dos reservatórios localizados na bacia, também as estruturas de transposição das águas do Rio Paraíba do Sul para o sistema Guandu; resolve:

> I – a descarga mínima a jusante dos aproveitamentos deve respeitar os seguintes limites:
> a) Paraibuna 30 m^3/s;
> b) Santa Branca 40 m^3/s;
> c) Jaguari 10 m^3/s;

> d) Funil 80 m^3/s;
> e) Santa Cecília 71 m^3/s (instantânea);
> f) Pereira Passos 120 m^3/s (instantânea).
> II – quando a vazão incremental entre Funil e Santa Cecília for maior que 110 m^3/s, a vazão emergencial de 71m^3/s a jusante de Santa Cecília deverá ser gradativamente aumentada, até atingir o limite da vazão mínima normal de 90m^3/s;
> III – o limite mínimo para a vazão média de bombeamento em Santa Cecília é de 119m^3/s;
> IV – o deplecionamento dos reservatórios para atender o limite mínimo de 190 m³/s em Santa Cecília (71 m³/s para a jusante e 119 m³/s para bombeamento) deve observar a seguinte ordem de prioridade, procurando manter o limite de 10% do volume útil dos mesmos:
> a) 1º - Funil;
> b) 2º - Santa Branca;
> c) 3º - Paraibuna;
> d) 4º - Jaguari.
> Parágrafo único. A ordem de prioridade de deplecionamento poderá ser revista, em função das afluências efetivamente verificadas, visando a evitar um acentuado desequilíbrio entre os armazenamentos dos reservatórios de Paraibuna e Jaguari, como também para mitigar problemas localizados de qualidade de água em trechos de rios.

Em julho de 2003, a ONS encaminha para a ANA e a ANEEL um estudo para o período de agosto a novembro de 2003, com a recomendação de redução da vazão objetivo em Santa Cecília. Esse estudo é apresentado também ao CEIVAP, Secretaria de Energia e Meio Ambiente do Rio de Janeiro e Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo.

Em agosto de 2003, a ANA através da resolução ANA nº 282 de 04/08/03 resolve a redução temporária da vazão afluente mínima à Santa Cecília de 190 para 160 m^3/s, observando-se as partições de redução na defluência de Santa Cecília e no bombeamento para o rio Guandu. De acordo com esta resolução:

> Art. 1º Reduzir temporariamente o limite mínimo de vazão afluente à barragem de Santa Cecília, no Rio Paraíba do Sul, de 190 m3/s para 160 m3/s.
> § 1º A redução de vazão de que trata o *caput* será acompanhada de avaliações periódicas dos impactos que a medida ocasionará sobre a qualidade da água e sobre os diversos usos, por parte da ANA, do ONS, e do Governo do Estado do Rio de Janeiro, com a participação das empresas responsáveis pelos reservatórios e apoio do CEIVAP e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.
> § 2º As avaliações a que se refere o §1o deverão ser observadas na partição da redução de vazão que fluirá a jusante da barragem de Santa Cecília e da vazão de bombeamento para o Rio Guandu.
> Art. 2º Enquanto esta Resolução estiver em vigor ficam suspensos os limites estabelecidos no art. 1o, inciso I, alíneas “e” e “f” e inciso III, da Resolução no 211, de 26 de maio de 2003.

Em novembro de 2003, considerando os resultados apresentados pela ONS a resolução ANA nº 408 de 18/11/03 dispõe sobre a utilização do reservatório de Lajes para redução adicional no bombeamento da estação elevatória de Santa Cecília.

> Art. 1º Estipular que a vazão mínima afluente à barragem de Santa Cecília, no Rio Paraíba do Sul, de 160 m3/s, estabelecida no caput do artigo 1o da resolução ANA nº 282, de 2003, pode ser reduzida toda vez que se utilizar o reservatório de

> Lages para complementar a necessidade da Estação de Tratamento de Água - ETA do Guandu.

Em 04 de fevereiro de 2004, a ONS apresentou em uma reunião da Câmara Técnica do CEIVAP a "situação hidrológica" da bacia do rio Paraíba do Sul (2003-2004), e em 12/02/04 apresentação foi feita na reunião extraordinária do CEIVAP.

Considerando a importância da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul para o abastecimento de várias cidades, inclusive para a Região Metropolitana do Município do Rio de Janeiro, e que as regras de operação para os reservatórios do sistema devem preservar o uso múltiplo dos recursos hídricos, e como resultado das reuniões realizadas a resolução ANA nº 98 de 02 de março de 2004, resolve:

> Art. 1º Reduzir temporariamente a descarga mínima a jusante do aproveitamento de Santa Branca, no Rio Paraíba do Sul, de 40m3/s para 34m3/s, e a jusante do aproveitamento de Jaguari, de 10m3/s para 7m3 /s.
> § 1º A redução de vazão de que trata o *caput* será feita gradualmente e acompanhada de avaliações periódicas dos impactos que a medida ocasionará sobre a qualidade da água e sobre os diversos usos, por parte da ANA, do ONS, do CBH-SP, do DAEE, da CETESB e da SERLA, com a participação das empresas responsáveis pelos reservatórios e com o apoio do CEIVAP.
> § 2º As avaliações a que se refere o §1º deverão ser observadas nos trechos a jusante dos aproveitamentos de Santa Branca e Jaguari até o aproveitamento de Funil, visando a garantir o atendimento dos usuários neles localizados.
> Art. 2º Ficam suspensos os limites estabelecidos no art. 1º, inciso I, alíneas "b" e "c", da Resolução nº 211, de 26 de maio de 2003, durante a vigência desta Resolução.

A partir de 13 de julho de 2004, a vazão objetivo do sistema passou a ser de 160m^3/s, sendo a defluência mínima diária de 55m^3/s a jusante de Santa Cecília e de 105m^3/s para o bombeamento e para a manutenção da vazão de 115m^3/s na bacia do rio Guandu deverá ser utilizado a defluência do reservatório de Lajes. Ficou ainda acertado entre a SERLA e a LIGHT uma defluência de 52 m^3/s durante 19 horas do dia e 70m^3/s durante 5 horas a jusante de Santa Cecília.

De acordo com relatórios da ONS, apesar do sucesso da operação emergencial do período 2003/2004, os níveis de armazenamento ainda estavam baixos em relação aos níveis históricos alcançados ao final do período chuvoso.

Outros problemas relevantes que ocorrem nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu

Existe na bacia do rio Guandu outros grandes usuários da água, como exemplos, a termoelétrica de Santa Cruz, que tem outorgada uma vazão de 26m^3/s de água doce, porém a vazão necessária de água doce para esta empresa é de 20l/s, pois com o investimento na troca de tubulações e equipamentos tornou-se possível a utilização de

água salgada no processo de resfriamento. A UTE está localizada na foz do rio Guandu na baia de Sepetiba, onde faz a sua captação, porém, devolve o efluente gerado em outra bacia; no canal de Santo Agostinho. A Gerdau tem outorgada uma vazão de 3,4m^3/s, e só necessita de 140l/s de água doce. A FCC precisa em seu processo de uma vazão de 100l/s de água doce. Portanto a vazão de 300l/s de água doce seria suficiente para os três usuários citados acima, sendo que o restante poderia ser de água salgada (CAMPOS, 2001).

Em estudos realizados, (HIDROESB, 1974; LARSEN, 1977; CEDAE, 1985; VIEIRA, 1997), estimou-se que a vazão de regularização na foz do rio Guandu deveria ser de 60m^3/s para conter a penetração da cunha salina. No entanto, necessitamos de um estudo mais detalhado para a verificação deste valor. Caso este valor seja menor, ou seja, a vazão necessária para conter a intrusão salina (60m^3/s) possa ser reduzida, um estudo deverá ser feito para simular cenários do uso deste incremento na bacia do rio Guandu, ou na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Todo rio Guandu e o Canal de São Francisco sofrem os efeitos da exploração de areia, que, em alguns pontos, promove a desfiguração da calha de seus rios, desmontando a barranca e abrindo buracos e enseadas laterais. Em 1979, estudos promovidos pela SERLA concluíram que a retirada de areia era indiscriminada, chegando, em certos trechos, a esgotar a capacidade de reposição do rio; prosseguindo, então, com a erosão das margens. Ainda de acordo com o estudo, a atividade provoca o rebaixamento do fundo da calha, abalando obras e alterando as condições de fluxos dos rios (BATISTA, 1998).

Segundo Gomes, Thomas e Calhman (2002), a tomada d'água da estação de tratamento de água da CEDAE é feita com o auxílio de barramentos dotados de comportas, construídos em 2 braços do rio Guandu, e recebe contribuição dos rios Poços, Queimados e Ipiranga pela esquerda, com a finalidade de elevar o nível de suas águas. Esse nível, praticamente constante, deu origem à formação de uma lagoa a montante, hoje conhecida como lagoa do Guandu.

A bacia do rio dos Poços apresenta uma área de drenagem de cerca de 123km^2 até a confluência com o rio Queimados. O rio Queimados drena uma bacia com área aproximada de 48km^2 e recebe, além dos esgotos de áreas populosas dos distritos de Queimados e Austin, os efluentes industriais de Queimados, constituindo-se no corpo hídrico mais poluído da região. O rio Ipiranga, com área de drenagem de 47km^2, recebe os efluentes das localidades de Cabuçu, Jardim Laranjeira e Parque Ipiranga.

Ainda que as contribuições normais dos rios Poços, Queimados e Ipiranga não excedam a 3 m^3/s, esses afluentes, atravessam hoje, núcleos urbanos cada vez mais populosos, que despejam em suas águas expressivas quantidades de esgoto doméstico e industrial e de lixo urbano. Também a proximidade entre o deságüe desses rios na lagoa e a entrada da captação da CEDAE no rio Guandu, agrava a situação, pois não é possível a diluição dos poluentes. Os níveis de poluição chegam a atingir níveis alarmantes, que implicam na necessidade de se elevar substancialmente às quantidades de produtos químicos para o tratamento da água.

A estação de tratamento de água da CEDAE no rio Guandu, na estiagem, pode sofrer redução no tratamento de água para abastecimento ou até mesmo a paralisação deste serviço devido à presença de algas (lagoas de areia). Existem projetos para fechamento destas lagoas com o uso de geotêxtil, visando à redução da quantidade de poluentes na estação de tratamento de água no rio Guandu.

Kelman, em um artigo publicado na revista Eco 21, em novembro de 2003 conclui que:

> No caso do Rio de Janeiro, o problema não é a falta de água no rio Guandu e sim um excesso de poluição. A vazão bombeada do rio Paraíba do Sul para o Guandu, atualmente menor do que o normal equivale a mil litros por habitante, a cada dia. Muito mais do que seria necessário para abastecer toda a população (cada um de nós consome, em média cerca de 200 litros por dia). Isto é, o volume diário retirado do Paraíba é cerca de cinco vezes o que seria estritamente necessário. Enquanto isso, o estoque de água nos reservatórios localizados nas cabeceiras do Paraíba do Sul, em território paulista, está em cerca de 14% do volume máximo (estaria vazio, não fosse a ação preventiva).

Diante da situação de conflito entre os vários usos da água nos rios Paraíba do Sul e Guandu, inclusive entre as duas bacias, mostrados anteriormente e a discussão sobre os múltiplos usos da água, que segundo a Lei 9.433, em um dos seus fundamentos, "(...) IV – *a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo da água"*; e "*a tentativa de solução de seus diversos conflitos"*, no momento, é bastante oportuna a aplicação de um modelo de apoio à decisão neste contexto.

Outro problema eminente a resolver é referente à arrecadação e aplicação dos recursos oriundos da cobrança pelo uso da água da transposição de bacias, que hoje gera um conflito entre os comitês de bacia CEIVAP e Comitê Guandu, os governos dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, o governo federal (ANA), os Conselhos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, a LIGHT e outros usuários da água.

7 O Conflito pela Cobrança pela Transposição

7.1 Introdução

Este capítulo traz a aplicação do modelo MACPROL ao conflito entre os Comitês de Bacia CEIVAP e CBH Guandu, em relação à arrecadação e aplicação dos recursos da cobrança pelo uso da água da transposição do rio Paraíba do Sul para o Guandu, definindo os decisores, assim como as suas principais opções (alternativas) e preferências.

Foram considerados 4 cenários para a análise desse conflito. No cenário 1, os decisores que participam da análise do conflito são os integrantes dos Comitês CEIVAP e Comitê Guandu. Nos cenários 2, 3 e 4 o governo do Estado do Rio de Janeiro é considerado um decisor do conflito, e consideram-se outras variações que são descritas no item 7.4.2. A seguir a descrição dos 2 Comitês.

7.2 Descrição dos Comitês de Bacia

7.2.1 Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP)

O CEIVAP, Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, criado pelo Decreto Federal nº 1.842, de 22 de março de 1996, foi instalado em 18 de dezembro de 1997, e tem como área de atuação a totalidade da bacia do rio Paraíba do Sul, e veio substituir o Comitê Executivo de Estudos Integrados do Vale do Paraíba do Sul (CEEIVAP) criado em 1978. O Comitê (CEEIVAP) é resultado da experiência através do Acordo de Cooperação Técnica estabelecido com a França, para a gestão integrada da Bacia Hidrográfica do rio Doce, posteriormente suspenso, mas que criou oportunidades de iniciativas como a que deu origem ao CEIVAP.

Segundo o Projeto Marca D'Água (2003), hoje o CEIVAP é um comitê representativo, pois o processo de eleição dos seus componentes segue as orientações da atual Política de Recursos Hídricos, e nos últimos anos já regulamentou o instrumento de cobrança pelo uso da água na bacia e foi o primeiro a implementar o Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos, em bacias de rios de domínio da união.

O CEIVAP atua em âmbito Federal, diferente do CBH Guandu, de âmbito estadual e, tem atribuição de gerenciar os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Este rio de domínio federal atravessa os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, tendo importância considerável para o Estado do Rio de Janeiro, pois é o maior rio do estado fluminense.

O CEIVAP apresenta a seguinte composição: é formado por 60 membros, com representantes da União (3) e dos Estados (19) de cada um. Os representantes dos Estados obedecem à seguinte ordem: 40% representantes dos usuários da água; 35% representantes do poder público (União, Estado e Prefeituras); 25% representantes de organizações civis. Os representantes dos setores são eleitos em assembléia, para um mandato de dois anos, bem como a diretoria composta de presidente, vice-presidente e secretaria executiva. Esta última é responsável pelos meios de funcionamento do referido comitê, colocando em prática suas decisões.

Foi criada em 20 de junho de 2002, a AGEVAP, ou Associação Pró Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, foi constituída para o exercício das funções de secretaria executiva do CEIVAP, desenvolvendo também as funções definidas no art. 44 da Lei n°. 9.433/97, que trata das competências das chamadas Agências de Água, ou Agências de Bacia, principalmente no que se refere à elaboração do Plano de Recursos Hídricos e à execução das ações deliberadas pelo Comitê para a gestão dos recursos hídricos da Bacia.

O CEIVAP é assessorado por três Câmaras Técnicas, à luz do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Tais Câmaras Técnicas objetivam promover as discussões técnicas e preparar o processo de tomada de decisões do Comitê.

As atribuições do CEIVAP constam em definir as metas de qualidade (enquadramento) para as águas dos rios da bacia; propor diretrizes para a outorga; aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul e acompanhar sua execução; criar a Agência de Água, que deverá ser o braço executivo do Comitê; implantar a cobrança pelo uso da água, aprovada em Plenária e pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, em conformidade com as Resoluções estabelecidas pelo CNRH.

7.2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Guandu

O Estado do Rio de Janeiro instituiu o seu 1º CBH de Bacia Hidrográfica, Comitê Guandu, em reunião do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, homologado pelo Governador de Estado, instituído pelo Decreto de Lei nº 31.178 de 03 de abril de 2002.

O Comitê Guandu foi aprovado por *ad referendum* diante da necessidade e urgência de sua criação, pois dependem da água do Sistema Ribeirão das Lajes/Guandu, cerca de 8 milhões de habitantes da região metropolitana do Rio de Janeiro.

A área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Guandu compreende a bacia hidrográfica do Rio Guandu, incluídas as nascentes Ribeirão das Lajes, as águas desviadas do Rio Paraíba do Sul e do Piraí, os afluentes ao Ribeirão das Lajes, ao Rio Guandu como as bacias hidrográficas dos Rios da Guarda e Guandu-Mirim.

O Comitê Guandu é constituído pelas seguintes instâncias:

a) Plenária – composta por 30 (trinta) membros, com direito a voto, sendo 12 (doze) representantes dos usuários das águas das bacias, 9 (nove) representantes da sociedade civil e 9 (nove) representantes do poder público federal, estadual e municipal;
b) Diretoria Colegiada;
c) Secretaria Geral;
d) Câmaras Técnicas.

Dentre muitos aspectos, o Comitê Guandu se assemelha à estrutura elaborada para o CEIVAP, diante da influência do comitê federal que serve de termo de referência para todo país. Além disso, o rio Guandu é considerado parte integrante da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul que destina considerável volume hídrico ao Sistema Guandu. Parte considerável da vazão de regularização proveniente do rio Paraíba do Sul, não retorna ao leito original, tendo como destino, a baía de Sepetiba.

7.3 A Cobrança pelo Uso da Água

7.3.1 A Cobrança pelo Uso da Água na Bacia do Rio Paraíba do Sul

De acordo com o relatório LABHID/COPPE/UFRJ, um importante passo para a recuperação da bacia do Paraíba do Sul foi o convênio celebrado entre o Governo Federal com os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, visando a elaboração de programas de investimentos para a recuperação ambiental da bacia no âmbito do Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA) da então Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento (SEPURB/MPO). O Estado de Minas Gerais, à época da celebração desses instrumentos, passava por uma reestruturação institucional e não pôde assinar o convênio. Como o Estado de Minas Gerais não participou deste programa, foi

elaborado posteriormente um Programa de Investimento como parte do Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul.

Segundo Campos (2001), os programas de investimentos contidos no PQA foram elaborados com vistas a identificar e apresentar um conjunto abrangente de ações físicas, institucionais e de planejamento com o propósito de reverter, a médio e longo prazo, o cenário de degradação que se encontra a bacia do rio Paraíba do Sul, aumentando sua disponibilidade hídrica e recuperando a qualidade da água, atendendo também às exigências da PNRH, contidas na Lei 9.433/97.

Ainda segundo Campo (2001), estão previstas algumas ações nos programas estaduais que dependem da implantação de alguns instrumentos de gestão instituídos pela Lei 9.433/97, principalmente os instrumentos de outorga e cobrança pelo uso da água na bacia, capazes de gerar recursos financeiros próprios para o custeio e financiamento dessas ações, que deverão ser implementadas ao longo de 20 anos e ao custo estimado de aproximadamente R$ 3 bilhões.

O quadro 7.1 apresenta a distribuição dos custos, das ações previstas nos programas de investimentos dos três Estados integrantes da bacia (CONSÓRCIO ICF KAISER-LOGOS, 1999; LABHID/COPPE/UFRJ, 1999 e 2000; CEIVAP, 1999).

Quadro 7.1 - Custos dos Componentes para a Totalidade da Bacia do Rio Paraíba do Sul Avaliados nos Programas Estaduais de Investimentos

COMPONENTES	**CUSTOS (R$ milhares)**
Gestão de recursos hídricos	230.608,00
Sistema de coleta e tratamento de esgoto	902.433,00
Controle da poluição industrial e cargas acidentais	205.986,00
Coleta e destinação final dos resíduos sólidos	182.354,00
Controle de enchentes e drenagem urbana	231.381,00
Proteção de mananciais e recuperação de áreas degradadas	442.889,00
Sistema de abastecimento de água	410.563,00
Total	**2.606.214,00**

Fonte: Campos (2001)

Simulação da Cobrança pelo Uso da Água

Avaliação dos Recursos Potencialmente Arrecadáveis

Campos (2001) atualizou a avaliação preliminar dos recursos potencialmente arrecadáveis com a cobrança pelo uso da água apresentados nos estudos

LABHID/COPPE/UFRJ (1999) e CAMPOS (1999), a partir de dados contidos em CRH/CORHI (1997) e DNAEE/FIPE (1997) e considerando as recentes deliberações do comitê da bacia (CEIVAP, 2001).

No quadro 7.2, é apresentado o resumo dos principais valores a serem arrecadados pela cobrança, nos três estados pertencentes à bacia e foi considerada também a cobrança pelas transposições, calculados por Campos (2001) . Esse quadro mostra a relevância da contribuição correspondente às duas transposições que beneficiam a RMRJ, através da retirada de 2/3 da vazão do rio Paraíba do Sul (160m^3/s) e da retirada de aproximadamente 20m^3/s do rio Piraí.

Quadro 7.2 - Resumo dos Valores Arrecadáveis com a Cobrança pelo Uso da Água na Bacia do Rio Paraíba do Sul e nas Transposições.

LOCAL	TOTAL ANUAL (R$ milhões/ano)	TOTAL EM 20 ANOS (R$ milhões)
Rio de Janeiro	28,89	577,80
São Paulo	17,13	342,60
Minas Gerais	13,77	275,40
Subtotal (bacia)	**59,79**	**1.195,80**
Transposição do rio Piraí *	18,92	378,40
Transposição do rio Paraíba do Sul *	151,37	3.027,40
Subtotal (transposições)	**170,29**	**3.405,80**
TOTAL	**230,08**	**4.601,60**

Fonte: Campos (2001).
Obs.: Os valores a serem arrecadados com a cobrança pela transposição de bacias, foram calculados apenas sobre a captação e consumo.
*Com relação à cobrança das águas transpostas para a bacia do rio Guandu, a situação é ainda polêmica, pois envolve aspectos legais, jurídicos e negociações entre CEIVAP, ANEEL, ANA, CNRH, LIGHT e os demais usuários que se beneficiam dessas transposições. É oportuno registrar que no âmbito do plano de recursos hídricos da bacia deverão ser aperfeiçoados, de forma participativa, as diretrizes e os critérios de cobrança pelo uso da água (CAMPOS, 2001).

Proposta Metodológica para a Fase Inicial da Cobrança

De acordo com Campos (2001), a proposta metodológica para cobrança pelo uso da água aprovada pelo CEIVAP em reunião realizada no dia 16 de março de 2001, na cidade de Campos dos Goytacazes (RJ), tinha caráter transitório, e deveria ser

aperfeiçoada na medida da consolidação dos instrumentos de gestão, e da elaboração do plano de recursos hídricos.

O CEIVAP, baseado nos resultados da simulação de cobrança, segundo a metodologia proposta a seguir fixou o valor do de R$ 0,02/m^3 para o cálculo da cobrança pelo uso da água. A Deliberação CEIVAP 08/2001, determinou o valor do Preço Público Unitário (PPU), em R$0,02/$m^3$.

Metodologia de Cálculo da Cobrança Proposta

Conforme descrito em Campos (2001):

A cobrança mensal total, expressa em reais por mês (R$/mês), é obtida mediante a seguinte fórmula:

Cobrança mensal total = Q_{cap} x [K_0 + K_1 + (1 – K_1) x (1 – K_2 K_3)] x PPU

Onde:

Q_{cap}= volume de água captada durante um mês (m^3/mês)

K_0 = multiplicador de preço unitário para captação (inferior a 1,0 (um inteiro) e definido pelo CEIVAP)

K_1 = coeficiente de consumo para a atividade em questão, ou seja, a relação entre o volume consumido e o volume captado pelo usuário (ou o índice correspondente à parte do volume captado que não retorna ao manancial).

K_2 = percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos (ou o índice de cobertura de tratamento de efluentes domésticos ou industriais), ou seja, a relação entre a vazão efluente tratada e a vazão efluente bruta.

K_3 = nível de eficiência de redução de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na estação de tratamento de efluentes

PPU = preço público unitário correspondente à cobrança pela captação e pelo consumo de água e pela diluição de efluentes para cada m^3 de água captada (R$/$m^3$)

A base técnica da fórmula considera, portanto, tanto o aspecto quantidade (captação, consumo) quanto o aspecto qualidade (DBO), sem deixar de levar em conta os esforços daqueles que já buscam racionalizar o uso da água ou diminuir os níveis de poluição dos seus efluentes. Nesse último caso, a expressão (1 – K_2 K_3) corresponde a um fator de redução do valor da cobrança a ser pago pelo usuário.

De fato, a simplificação acentuada dos aspectos qualitativos, escolhendo somente o parâmetro DBO, visou, primordialmente, à preocupação de não penalizar injustamente aqueles que já investem em tratamento de efluentes, domésticos ou industriais, criando, portanto, um dispositivo de compensação nessa fase

transitória. Apesar de o objetivo principal não ser a quantificação da carga específica de DBO ou a medição do seu impacto no corpo receptor, tal escolha foi norteada pelas seguintes considerações:

- ao escolher somente um parâmetro de poluição, elimina-se a complexidade inerente à caracterização e quantificação dos efluentes que impõem o problema da escolha de parâmetros, da sua agregação e do sistema de ponderação que os hierarquiza;
- O parâmetro DBO é representativo de esgotos domésticos e um dos elementos mais presentes nos diferentes tipos de efluente industrial;
- O parâmetro DBO é de fácil mensuração.

Quanto ao aspecto econômico da fórmula, expresso em PPU, trata-se igualmente de uma proposta de simplificação, uma vez que engloba a expressão econômica relativa à captação e ao consumo de água e à redução do parâmetro de poluição DBO. Sua fixação, para a qual foi efetuada uma série de simulações, deve ser uma decisão colegiada do CEIVAP.

As informações necessárias ao cálculo da cobrança poderiam basear-se, principalmente, em questionários a serem enviados aos usuários pagadores, objeto de cobrança nessa primeira fase. Isso significa que os usuários deverão proporcionar todos os dados necessários à elaboração da fórmula apresentada anteriormente, exceto o valor do **PPU** e do $\mathbf{K_0}$, que seriam definidos, de forma participativa, no CEIVAP.

A partir da metodologia descrita acima foi realizada a simulação dos valores possíveis de serem arrecadados com a cobrança dos setores de saneamento básico e industrial, e fixou-se o PPU em R$ 0,02/m^3 e K_0 = 0,40.

Em reunião do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, realizada em 14 de março de 2002, foram aprovados os mecanismos e os preços da cobrança para aplicação na bacia do rio Paraíba do Sul.

7.3.2 A cobrança pelo uso da água no rio Guandu

A cobrança pelo uso da água no rio Guandu, se deu com a Lei Estadual nº 4.247 de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro. De acordo com esta Lei no seu Capítulo V - Das Disposições Transitórias e Finais, a cobrança na bacia do rio Guandu se dará da seguinte forma:

(...) Art. 19 **-** A fórmula de cálculo e demais condições da cobrança serão fixados conforme os critérios que se seguem:

Cobrança mensal total = Qcap x [K0 + K1 + (1 – K1) x (1 – K2 K3)] x PPU (...)

A metodologia de cobrança do Estado do Rio de Janeiro, ou do Comitê Guandu, é igual à aprovada pelo CEIVAP para a cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul, assumindo também os mesmos valores para PPU e K_0.

Com exceção dos usos de aqüicultura e agricultura a metodologia e os critérios aplicáveis às demais atividades são os descritos no § 3º do artigo 19, observadas as seguintes considerações:

> **-** A metodologia **I -** Preço Público Unitário (PPU) no valor de R$ 0,02 (dois centavos de real) por metro cúbico;
>
> **II -** Coeficiente k0 igual a 0,4 (quatro décimos);
>
> **III -** o valor de Qcap e de k1 serão informados pelos usuários, sujeitos à fiscalização prevista na legislação pertinente;
>
> **IV -** o valor da terceira parcela da fórmula, referente à redução de DBO, representa a relação entre a vazão efluente tratada e a vazão efluente bruta (k2), e K3 expressa o nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) na Estação de Tratamento de Efluentes.
>
> **Art. 20 -** Os usuários do setor de geração de energia elétrica em pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) pagarão pelo uso de recursos hídricos com base na seguinte fórmula:
>
> **C= GH x TAR x P**
>
> Onde:
>
> C – é a cobrança mensal total a ser paga por cada PCH, em reais.
>
> GH – é o total da energia gerada por uma PCH em um determinado mês, informado pela concessionária, em MWh (megawatt/hora).
>
> TAR – é o valor da Tarifa Atualizada de Referência definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica com base na Resolução ANEEL n.º 66, de 22 de fevereiro de 2001, ou naquela que a suceder, em R$/MWh.
>
> P – é o percentual definido a título de cobrança sobre a energia gerada.
>
> **§ 1º -** Fica estabelecido o valor de 0,75% (setenta e cinco centésimos por cento) para o percentual P.
>
> **§ 2º -** São consideradas PCHs, para fins de aplicação do previsto no "caput", as usinas hidrelétricas a que se referem os artigos 2o e 3o da Resolução ANEEL no 394, de 04 de dezembro de 1998, ou a norma jurídica que lhe suceda, ressalvadas as que se enquadram como usos insignificantes.
>
> **Art. 21 -** Os usos de recursos hídricos em atividades de mineração que alterem o regime dos corpos de água de domínio estadual deverão ter os procedimentos de cobrança definidos no prazo máximo de 6 (seis) meses, contado a partir do início efetivo da cobrança, ressalvado o disposto no art. 5º desta Lei.
>
> **Art. 22 -** Os critérios e valores de cobrança estabelecidos nos arts. 19 e 20 desta lei são de caráter provisório, condicionando-se a sua validade até a efetiva

> implantação dos demais comitês de bacia, bem como respectivos planos de bacia hidrográfica.

A cobrança pelo uso da água na bacia do rio Guandu teve início em março de 2004, e de acordo com a Lei 4.247 em seu artigo 11, inciso IV – resolve: "*em virtude da transposição, serão aplicados, obrigatoriamente, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 15% (quinze por cento) dos recursos oriundos da cobrança pelo uso de água bruta na bacia hidrográfica do rio Guandu"*.

7.4 Descrição do Conflito

Há um potencial conflito, no âmbito das bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu, em relação à cobrança pelo uso da água transposta entre estas bacias. Abaixo um breve histórico sobre este conflito.

A Deliberação CEIVAP nº 08/2001, de 06 de dezembro de 2001 que dispõe sobre a Implantação da Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul a partir de 2002, delibera:

> Artigo 1: Fica aprovado o início da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir do ano de 2002 nos termos do art. 12 da Lei 9.433 de 1997[17].
> Artigo 2 inciso IV § 2º Os setores usuários, à exceção dos setores industrial e de saneamento (abastecimento de água e esgotamento sanitário), devido às suas peculiaridades de uso dos recursos hídricos, serão contemplados com critérios específicos, a serem definidos com a participação das instituições envolvidas e aprovados pelo plenário do CEIVAP, conforme prazo definido no cronograma anexo a esta Deliberação.

De acordo com o artigo 2 § 2º da deliberação CEIVAP nº 08/2001, ficam fora da cobrança os usos, hidroelétricos, irrigação, mineração e a transposição entre as bacias, que de acordo com decisão da plenária do comitê, deveriam ser feitos estudos específicos para a aplicação a estes usos.

Através da resolução CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) nº 19/2002, é aprovada a Metodologia de cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul, e os valores estabelecidos pelo CEIVAP para esta cobrança de acordo com a DN CEIVAP nº 08/2001.

Em julho de 2002, a ANA apresentou um documento para discussão (Proposta para Gestão Integrada da Bacia do Guandu com a Bacia do Paraíba do Sul), considerando, sob o ponto de vista hidráulico, uma única Unidade Hidrográfica, as bacias dos rios

[17] Normatiza quais os usuários da água estão sujeitos a outorga pelo Poder Público.

Paraíba do Sul e Guandu, com dois tramos, um desaguando em São João da Barra e outro na Baía de Sepetiba. Considerando, todavia, a existência de duas unidades territoriais distintas, de gestão das águas, a ANA formulou três hipóteses para outorga da água transposta para a bacia do rio Guandu e para a sua cobrança, sempre com base apenas nos valores aprovados pelo comitê da bacia do Paraíba do Sul:

***Hipótese 1**: Como **uso da água para transposição**, de responsabilidade de apenas **um usuário**, no caso, a LIGHT.*
***Hipótese 2**: Como **uso da água para usos múltiplos**, de responsabilidade de **um coletivo de usuários.** Nesta hipótese, o outorgado seria uma "terceira" pessoa jurídica – sociedade comercial, associação, condomínio, consórcio, etc., representando o conjunto dos usuários (no caso, a LIGHT e os demais usuários que fazem captação no rio Guandu -CEDAE, indústrias etc.).*
***Hipótese 3**: Como **uso da água para usos múltiplos**, de responsabilidade de **múltiplos usuários.** Nesta hipótese a LIGHT e os demais usuários, os quais fazem sua captação no rio Guandu, seriam outorgados individualmente pela ANA[18] e de acordo com as características do uso individual.*

Essas hipóteses conferem, ainda, ao órgão gestor do Estado do Rio de Janeiro, o papel de outorgar as águas provenientes do Paraíba do Sul, de outorgar e cobrar dos usuários na bacia do Guandu e ressarcir o usuário da outorga de transposição no caso das hipóteses 1 ou 2, e de fiscalizar as outorgas concedidas pela ANA no caso da hipótese 3. A ANA formulou, ainda duas hipóteses para aplicação dos recursos arrecadados: uma hipótese de aplicar os recursos da cobrança pela transposição exclusivamente no rio Paraíba do Sul, como compensação pelas deseconomias causadas a jusante do bombeamento (neste caso o valor teria que ser suficientemente baixo para permitir uma cobrança adicional pelo Comitê Guandu), e outra hipótese de aplica-los no planejamento, gestão e recuperação da totalidade da Unidade Hidrográfica do Paraíba do Sul – Guandu.

Este estudo foi apresentado e discutido, em caráter exploratório, junto a órgãos e entidades ligadas à gestão das duas bacias, passando a servir de referência para os usuários da bacia do rio Paraíba do Sul, mas encarado com desconfiança no âmbito da bacia do rio Guandu.

Prevalece, então, a organização dessas duas bacias em duas unidades territoriais de gestão, uma de domínio da União e outra estadual, as quais hidraulicamente

interligadas pela transposição de uma parcela considerável da vazão de uma bacia para outra.

A Constituição Federal de 1988 estabelece no seu Art. 20 que são bens da União; os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

De acordo com o Art. 26, incluem-se entre os bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União, caso da transposição entre as duas bacias. A Lei 9.433/97 estabelece, na alínea V do seu artigo 1º, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Segundo Kelman (1997), de acordo com tais critérios, o Paraíba do Sul é um rio de domínio da União, enquanto o Guandu tem o domínio do Estado do Rio de Janeiro. Um outro entendimento, menos disseminado, da Constituição seria de que a dominialidade sobre as correntes de água manter-se-ia mesmo quando estas fluíssem para além dos terrenos de seu domínio, o que justificaria o domínio da União sobre 90% das águas no leito do rio Guandu.

A análise das questões relativas à dominialidade da água é fundamental para compreender o processo de articulação dos atores públicos na gestão dos recursos hídricos, sob a perspectiva do poder e dever de agir do ente público em relação a seus bens.

Por outro lado, a dominialidade de um bem determina a dimensão financeira, ou seja, determina a vinculação dos recursos arrecadados com a utilização destes bens, como o caso da cobrança pelo uso da água, a qual é caracterizada enquanto receita pública patrimonial, recolhida aos cofres públicos conforme a sua dominialidade.

Como a gestão das águas tem por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos, não há possibilidade de se fazer a gestão de qualquer das duas bacias sem se considerar quais políticas, gerenciamento e planejamento se aplicam especificamente àquela transposição. Estabelecer diretrizes políticas, modelo

[18] Nesta hipótese, a ANA faria a outorga com a anuência do Governo do Estado do Rio de Janeiro.

de gerenciamento e sistema de planejamento é, portanto, tarefa comum à gestão das bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu.

A Deliberação CEIVAP nº 15/2002 de 04 de novembro de 2002 dispõe sobre medidas complementares para a implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul a partir de 2002, em atendimento à Deliberação CEIVAP nº 08/2001. No seu artigo 5 delibera:

> A cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu terá início no prazo máximo de 1 (um) ano, contando a partir do início efetivo da cobrança, de acordo com critérios a serem negociados e aprovados no âmbito da Agência Nacional de Águas, Governo do Estado do Rio de Janeiro, CEIVAP e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

A cobrança pelo uso da água no rio Paraíba do Sul teve início em 31 de março de 2003. Portanto, a cobrança pela transposição deveria ser iniciada em 31 de março de 2004, conforme a Deliberação CEIVAP nº 15.

No entanto, a Lei Estadual nº 4.247 de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro, em seu artigo 11, inciso IV – resolve: *"em virtude da transposição, serão aplicados, obrigatoriamente, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 15% (quinze por cento) dos recursos oriundos da cobrança pelo uso de água bruta na bacia hidrográfica do rio Guandu".*

Outro ponto polêmico é quanto à aplicação dos recursos da cobrança pela transposição, que de acordo com a Lei 4.247/03, só pode ser utilizado na parte fluminense da bacia, no entanto, são os reservatórios da cabeceira do rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo que garantem a água para a transposição e outros usos na bacia.

Com a aprovação pela ALERJ (Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro) da Lei 4.247, surge um impasse entre os comitês instalados nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul e Guandu. A transposição entre as duas bacias pode ficar comprometida, se for entendido pelo CEIVAP e pelos Governos dos Estados de São Paulo e Minas Gerais que houve uma precipitação do Governo do Estado do Rio de Janeiro antecipando a Deliberação do CEIVAP nº 15/2002, já aprovada pelos órgãos competentes, colocando toda questão do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos em "risco".

A Deliberação CEIVAP nº 24 de 31 de março de 2004, que dispõe sobre o cumprimento da Deliberação CEIVAP nº 15/2002 e sobre as medidas complementares para a continuidade da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, em seu artigo 3º estabelece que:

> Serão mantidos os processos de negociação entre a Agência Nacional de Águas, o Governo do Estado do Rio de Janeiro, O CEIVAP e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, com vistas à definição de critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu.

Essa deliberação manifesta a não aceitação por parte do CEIVAP em relação ao texto da Lei 4.247, quanto à destinação dos recursos oriundos da cobrança pela transposição, gerando, portanto, um conflito entre os comitês, a ANA e o Estado do Rio de Janeiro. No entanto, outros atores estão envolvidos nesta disputa, por exemplo, os estados de São Paulo e Minas Gerais que se encontram na cabeceira do rio Paraíba do Sul e almejam a garantia de abastecimento e uma melhoria da qualidade da água com a aplicação destes recursos.

Existe também um projeto do Estado de São Paulo para utilização da água (através da transposição do rio Paraíba do Sul para o rio Tietê, de uma vazão de 5, 10 ou 15 m^3/s), para o abastecimento da RMSP. Outros atores envolvidos são: a LIGHT, os usuários dos setores de saneamento, indústria, agricultura, mineração e outros.

A DN CEIVAP nº 43/2005 dispõe sobre o cumprimento da DN CEIVAP nº 24/2004, e sobre medidas complementares para a continuidade da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul, que no seu art. 1º estabelece:

> (...) fica prorrogado por 6 (seis) meses, a contar da data de aprovação desta deliberação, o prazo para a definição de metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu. (...)

Segundo esta deliberação no seu art. 1º § 2º, a AGEVAP, Agência de Águas do CEIVAP:

> (...) fica encarregada de dar apoio operacional necessário ao processo de definição da metodologia e critérios estabelecidos no artigo 1º, ouvido o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do RJ, de forma que seja atendido o prazo estabelecido. (...)

Em reunião do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), realizada no dia 29/03/2005 na sede da FIRJAN, foi solicitado pelo Diretor da AGEVAP, Sr. José Leomax dos Santos, a retomada do processo de discussão, sobre a cobrança pela transposição de acordo com a DN CEIVAP nº 43/2005.

Foi criado um grupo de trabalho – GT, formado por representantes da ANA, SERLA, CEIVAP e Comitê Guandu, com acompanhamento da AGEVAP, para que em um prazo de 6 meses fosse definido algum critério para esta cobrança.

Este grupo de trabalho foi formalizado pela plenária do CEIVAP no dia 31/03/2005, sendo indicados três representantes do comitê para fazer parte deste. A primeira reunião para discussão sobre a cobrança pela transposição foi realizada em 08/04/2005 no Rio de Janeiro.

Durante as reuniões do grupo de trabalho, a comissão formada pela ANA, SERLA, CEIVAP e CBH Guandu, recebeu um parecer jurídico da SERLA sobre a Lei 4.247, como segue:

> 1 – O entendimento da Assessoria Jurídica da SERLA é que na vigência da Lei 4247, mais especificamente o artigo 11, não é possível alterar mediante deliberações ou resoluções, sejam do Comitê, Conselho Estadual ou mesmo CNRH, o percentual de 15% sobre a arrecadação na Bacia do Guandu a ser aplicado na Bacia do Paraíba do Sul a título de cobrança pelo uso da água daquela bacia para transposição. Somente uma alteração da própria Lei 4.247 poderia modificar o percentual ou a própria metodologia de fixação do valor correspondente a esta cobrança.
> 2 – No que se refere a este recurso, cabe exclusivamente ao CEIVAP a decisão sobre sua aplicação, observando-se apenas que esta seja feita dentro da área geográfica da porção fluminense da bacia.
> 3 – Entretanto, o Comitê Guandu poderá deliberar sobre a aplicação dos recursos adicionais na Bacia do Paraíba do Sul, desde que não vinculando-os à cobrança pela transposição. Desta forma, o Comitê Guandu poderá destinar recursos para aplicação na Bacia do Paraíba do Sul a título de investimento visando à melhoria da qualidade da água transposta, por exemplo. Neste caso, caberá ao Comitê Guandu deliberar sobre a aplicação destes recursos de forma pactuada com o CEIVAP.

Alguns questionamentos que foram feitos por parte dos representantes do CEIVAP nas reuniões do grupo de trabalho para a definição dos critérios e metodologia da cobrança pela transposição estão a seguir:

"Nós que estamos fornecendo a água, estamos aceitando o preço de quem recebe?"

"Os 15% estabelecidos na Lei 4.247 é referente à cobrança?"

"Eu como usuário da água de um rio afluente do Paraíba do Sul não concordo que o CBH Guandu estabeleça critérios de aplicação dos recursos repassados ao CEIVAP. Como vou passar à Câmara Técnica do CEIVAP, uma deliberação em que o mesmo não dá contribuição nenhuma a esta?"

"O usuário que paga pela água (no caso, o Comitê Guandu) não pode decidir onde serão aplicados os recursos que ele paga. Ele pode ter representação no Comitê, como os diversos usuários da água do CEIVAP."

"O CEIVAP está sujeito a uma Lei estadual? A Lei 4.247*?"*

Alguns questionamentos feitos por parte dos representantes do CBH Guandu são a seguintes:

"Já que estamos repassando o recurso queremos decidir onde será aplicado, visando à melhoria da água transposta."

"Quanto à cobrança ser feita ao CBH Guandu, como seria? O CBH Guandu não é uma instituição jurídica para ser cobrado. Portanto, como cobrar? De quem cobrar?"

Em 20 de maio de 2005, foi aprovada pelo GT a minuta da DN, que "Define metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu", com o seguinte texto:

> O Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, criado pelo Decreto nº 1842, de 22 de março de 1996, do Presidente da República, no uso de suas atribuições e,
> Considerando que Deliberação CEIVAP n.º 43, de 15 de março de 2005, estabelece prazo de 6 meses, improrrogáveis, para a definição de metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu;
> Considerando que a mesma Deliberação nº43 estabelece que no processo de definição da metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, deverá ser ouvido o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - CERHI-RJ, tendo o apoio operacional da AGEVAP;
> Considerando que o CERHI-RJ em sua sessão do dia 29 de março de 2005, por solicitação do CEIVAP, aprovou a criação de uma Comissão Especial para tratar da regulamentação relativa à transposição do Rio Paraíba do Sul para a Bacia do Rio Guandu, a qual foi constituída com a seguinte representação: CEIVAP (3 membros), Comitê Guandu (3 membros), ANA (1 membro), AGEVAP (1 membro), SERLA (1 membro);
> Considerando que o Estado do Rio de Janeiro estabeleceu, por meio do inciso IV, do art. 11, da Lei nº 4.247/03, que o valor a ser aplicado, obrigatoriamente, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, em virtude da transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, será de 15% do montante arrecadado com a cobrança pelo uso de água bruta nesta bacia;
> Considerando que a Deliberação nº 43 do CEIVAP reconhece que os critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu devem ser definidos com base na articulação e negociação entre as partes envolvidas, conforme preconizado no inciso VI do art.1º da Lei nº 9.433/97;
> Considerando que a Comissão Especial instituída pelo CERHI-RJ em sua reunião de 29 de março de 2005, propõe critérios e mecanismos para a cobrança pelo uso das águas captadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu,
> **DELIBERA:**
> **Art. 1º** Fica definido como metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu aquele instituído na Lei nº4247/03, art. 11, inciso IV, que estabelece que "...em virtude da transposição, serão aplicados, obrigatoriamente, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 15% (quinze por cento) dos recursos oriundos da cobrança pelo uso da água bruta na bacia hidrográfica do rio Guandu."

> **Art.2º** A Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, investida das funções e atividades inerentes à Agência de Águas do CEIVAP, ficará encarregada, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos, da elaboração do estudo dos impactos e benefícios da transposição das águas do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu.
> **Art. 3º** A Comissão Especial criada pelo CERHI-RJ fica institucionalizada no âmbito do CEIVAP, para exercer o papel permanente de articulação entre o CEIVAP e o Comitê Guandu.
> §1º A Comissão Especial também deverá apresentar ao CEIVAP e ao Comitê Guandu, na forma prevista no *caput*, no prazo de 90 dias após a aprovação desta Deliberação pelo CEIVAP, os mecanismos administrativos para a aplicação dos recursos de que trata o art. 1º.
> §2º A Comissão Especial deverá propor os critérios de aplicação dos recursos financeiros oriundos da cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu.
> **Art. 4º** Esta Deliberação deverá ser encaminhada aos seguintes colegiados:
> I – Comitê das bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guandu-Mirim e Guarda – CBH GUANDU, para conhecimento e providências;
> II – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - CERHI, para conhecimento e providências, e.
> III – Conselho Nacional de Recursos Hídricos, para análise e aprovação da cobrança pelo uso das águas captadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu.
> **Art. 5º.** Esta deliberação entra em vigor a partir de sua aprovação pelo plenário do CEIVAP, revogando as disposições em contrário.

No dia 28/06/2005 foi apresentada e aprovada pelas Câmaras Técnicas do CEIVAP a Deliberação Normativa que define os critérios para a cobrança pela transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu. Apesar de todos os questionamentos, em reunião da Câmara Técnica, foi aprovada a minuta da DN pelos presentes, sendo esta encaminhada para a plenária do CEIVAP.

Em 23/08/2005, na plenária do CEIVAP realizada em Juiz de Fora, a minuta da DN, que delibera sobre a cobrança pela transposição não foi votada, pois vários questionamentos foram feitos sobre a DN e foi solicitado que o GT responsável pela redação se reunisse novamente para revisão do texto, por parte do CEIVAP.

Nessa reunião, foram feitas várias considerações pelos integrantes do CEIVAP, conforme descrito a seguir:

O Sr. Luiz Cláudio Ferreira Castro representante CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) contestou a citação da Lei 4.247/2004 na DN, sugerindo assim a não aceitação desta pelo CEIVAP. Disse ainda que "*a lei 4.247 atropelou a própria finalidade do Comitê e que esta vai contra o Sistema de Gerenciamento."* O Sr. Luiz Cláudio questionou também sobre o artigo 3º §1º, que delibera sobre a aplicação dos recursos da cobrança pela transposição, sugerindo que este artigo não deve fazer parte da DN. Em síntese, a proposta do Sr. Luiz Cláudio foi de que a deliberação

voltasse para o grupo de trabalho para aperfeiçoamentos, e retornasse para o CEIVAP a fim de ser aprovada na próxima reunião plenária marcada para o mês de setembro.

O Sr. Rui Brasil – (SERHS – SP), relatou que o Estado de São Paulo tem um projeto de reversão do Cantareira com uma renovação da outorga com unanimidade do fórum, e questionou; *"Por que pagar pelo uso da água no Cantareira se o Guandu não paga?"; "Três anos de cobrança no Paraíba do Sul e este assunto permanece sem solução?"; "Qual o papel do CEIVAP, pois se tomarmos uma decisão sem princípios, quais as conseqüências futuras?"; "O grupo de trabalho deve voltar a se reunir e definir o que o CEIVAP quer..."; "O grupo de trabalho não era paritário, pois tinha 3 membros do CEIVAP, 3 do Comitê Guandu, 1 da SERLA (RJ) e 1 da ANA (imparcial)."; As águas vêm do rio Paraíba do Sul, e quem deve propor o preço para este uso é o CEIVAP e o CNRH deve dar a decisão."; "Devemos verificar a legalidade da Lei 4.247 que estabeleceu o valor da cobrança pela transposição."*

O Sr. José Tadeu França Guimarães, Sindicato Rural de Guaratinguetá, disse *"não se pode abrir mão do uso da água pelo Guandu, principalmente pelo tempo em que este sistema existe, mas é um atentado ao CEIVAP, que o CBH Guandu defina o valor a pagar pela transposição e principalmente os critérios para aplicação dos recursos."*

O 1º vice-presidente do CEIVAP, Sr. Manoel Otoni Neiva, defendeu que se mantenha o percentual de 15% de repasse da cobrança da bacia do Guandu para a bacia do Paraíba do Sul, ainda que essa proposta não atenda ao que se considere justo como pagamento pelo uso da água da transposição, argumentando que é preciso começar a receber logo esse recurso que é o que está legalmente garantido para a bacia do rio Paraíba do Sul, pela lei estadual da cobrança.

O Sr. Rogério Miranda, Secretaria do Estado de Recursos Hídricos, Energia e Saneamento de São Paulo contesta: "T*em que haver negociação, mas o CEIVAP tem que fazer a proposta e não a ANA." Alguns princípios não foram observados a favor da negociação, por exemplo: uma Lei do Rio de Janeiro deve legislar sobre o seu estado e não sobre um Comitê Federal.*"

O Sr. Manoel Otoni, Companhia Força e Luz Cataguazes Leopoldina, disse ainda: *"o tempo dado pelo CEIVAP para o GT discutir o problema foi muito curto; 6 meses, um tempo muito curto para se fazer algo tão importante."*

O Sr. Fernando Lino, LIGHT, *"A comissão era o CEIVAP sim."; "O plano da bacia do Guandu contempla a transposição e diz quais os investimentos devem ser feitos pelo*

CBH Guandu na bacia do Paraíba do Sul."; "O assunto não ficou fechado, esta DN é só uma transição."

Sr. Edilson de Paula Andrade - SEERHS-SP - *"Quando saiu a Lei 4.247 foi um grande desconforto em relação à definição dos 15% sem uma negociação entre os demais atores."; "A aplicação dos recursos deve ser definida pelo CEIVAP."; "Os Conselhos Estaduais de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro devem ser ouvidos."; A transposição está diretamente ligada aos reservatórios da cabeceira no estado de São Paulo, é um assunto de gestão integrada, São Paulo deve ser ouvido também e não só o Rio de Janeiro, pois a Lei fala que 15% deve ser aplicado na parte da bacia pertencente ao Estado do Rio de Janeiro. Se existe uma lei que resguarda esta aplicação na parte fluminense da bacia, tem que haver uma compensação, pois quem alimenta o sistema é o Estado de São Paulo."*

O Sr. Rogério Soares Bigio (SRH/MMA) observou que, se a proposta fosse colocada em votação, seu voto seria contrário, uma vez que ela apresenta diversas ilegalidades, como não mencionar o usuário que será cobrado pelo uso da água; não estabelecer a cobrança por volume captado e sim por percentagem de arrecadação de outra bacia; não garantir que a cobrança seja feita pela ANA e que os recursos serão repassados a AGEVAP; assim como não garantir ao CEIVAP a definição de aplicação dos mesmos. Ressaltou que os princípios da Política de Recursos Hídricos e a Lei 9.433/97 devem ser preservados e apoiou o retorno da proposição ao Grupo de Trabalho e que fosse dado prazo para a sugestão dos conselheiros.

A Srª Vera Saboya, da Secretaria de Estado de Energia, Indústria Naval e do Petróleo – RJ, disse que o GT tinha representação de todos os estados e comitês, não justificando assim a reclamação dos integrantes do CEIVAP quanto à composição do GT.

A Srª Vera Teixeira, da ONG - O Nosso Vale! A Nossa Vida contestou a Srª Vera Saboya, dizendo que o representante do Estado de São Paulo não compareceu aos estudos do GT e sugeriu que este fosse substituído caso houvesse continuidade do trabalho.

O Sr. Rui Guerra, (SERHS-SP), disse que o representante do GT de São Paulo foi convocado à véspera da reunião, não sendo possível comparecer.

O Sr. Wilde – ANA – fez alguns questionamentos, como exemplo: *"Se o CBH Cantareira ouviu o CBH Tietê, então o CEIVAP deve ouvir o CBH Guandu."; "Ver a*

legalidade de cobrança de um Comitê Federal a um Estado".; "Se os mecanismos de cobrança são válidos ou não?"; "O valor é justo ou não?"

Srª Marilene Ramos, SERLA RJ, *"Não deve ser comparado o Cantareira com o Sistema Paraíba do Sul/Guandu, pois no Paraíba do Sul a LIGHT faz a transposição e joga a água de um rio federal para um rio estadual."; "Só pode haver cobrança no Guandu e o repasse, ao CEIVAP devido a Lei 4.247."*

Sr. Adacto Ottoni, CREA RJ, *"A água é do Paraíba do Sul e é de interesse do CBH Guandu que a gestão do Paraíba do Sul seja a melhor possível, então deve existir interesse do CBH Guandu em pagar pela transposição. O CBH Guandu tem que entender que sofre com as enchentes na época das chuvas e com a seca na estiagem e não adianta uma ótima gestão na bacia do Guandu se o Paraíba do Sul é que fornece a água."*

Ao término do debate sobre a questão, o presidente Marco Aurélio colocou em votação duas propostas: 1ª - Que a Deliberação da cobrança das águas transpostas seja apreciada e votada nessa reunião; ou 2ª - Que seja reenviada para o Grupo de Trabalho para aperfeiçoamento, com prazo até dia 31 de agosto de 2005 para remessa de propostas ao GT, incorporando as propostas do representante da CSN-RJ e do Sindicato Rural de Guaratinguetá-SP. Foi aprovada pela plenária a 2ª proposta, ou seja, a realização de outra reunião do GT para a revisão da minuta da DN, que ficou marcada para o dia 02/09/2005 no Rio de Janeiro.

Na reunião do GT que ocorreu no Rio de Janeiro no dia 02/09/2005, foi refeita a redação da minuta da DN, apresentada com o seguinte texto:

> O Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, criado pelo Decreto nº 1842, de 22 de março de 1996, do Presidente da República, no uso de suas atribuições e,
> Considerando a importância da transposição das águas captadas no rio Paraíba do Sul para a bacia hidrográfica do rio Guandu na gestão dos usos dos recursos hídricos da bacia do Rio Paraíba do Sul;
> Considerando que Deliberação CEIVAP n.º 43, de 15 de março de 2005, estabelece prazo de 6 meses, improrrogáveis, para a definição de metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu;
> Considerando que a Deliberação nº 43 do CEIVAP reconhece que os critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu devem ser definidos com base na articulação e negociação entre as partes envolvidas, conforme preconizado no inciso VI do art.1º da Lei nº 9.433/97;
> Considerando que o CERHI-RJ em sua sessão do dia 29 de março de 2005, por solicitação do CEIVAP, apoiou que o tema fosse tratado por uma Comissão Especial composta por representantes do CEIVAP, do Comitê das bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guandu-Mirim e Guarda Guandu – Comitê Guandu, da Agência Nacional de Águas - ANA, da Associação Pró-Gestão das Águas da

> Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP e da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas do Estado do Rio de Janeiro; Considerando o resultado das negociações realizadas no âmbito da Comissão Especial instituída pelo CERHI-RJ,
> DELIBERA:
> Art. 1º Fica definido como valor para a cobrança pelo uso das águas captadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu aquele correspondente a 15% (quinze por cento) dos recursos arrecadados pela cobrança pelo uso da água bruta na bacia hidrográfica do rio Guandu.
> Art.2º Fica reconhecida a Comissão Especial composta por 3 (três) representantes do CEIVAP, 3 (três) representantes do Comitê Guandu, 1 (um) representante da SERLA, 1 (um) representante da ANA e 1(um) da AGEVAP como foro de negociação institucional, para exercer o papel permanente de articulação entre o CEIVAP e o Comitê Guandu, visando a efetivação da arrecadação e os mecanismos para sua aplicação, observado o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul.
> Art. 3º Esta Deliberação deverá ser encaminhada:
> I – Ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, para análise e aprovação;
> II – A ANA e a SERLA, para conhecimento e providências pertinentes;
> III – Ao Comitê Guandu, para conhecimento e providências cabíveis;
> IV – Aos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, para conhecimento.
> Art. 4º. Esta deliberação entra em vigor a partir de sua aprovação pelo CEIVAP, revogando-se as disposições em contrário.

A DN foi apresentada novamente na reunião da plenária de Guaratinguetá, no dia 16/09/2005. Abaixo trecho da ata sobre o assunto:

> (...) Dando continuidade à pauta da reunião, passou-se à apreciação da minuta de Deliberação que define metodologia e critérios para a cobrança pelo uso das águas captadas, derivadas e transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu. O representante da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, Sr. Rogério Bigio, questionou o texto da Deliberação, destacando alguns pontos que ele considerou não estarem claramente definidos na minuta, quais sejam: quem vai pagar (a LIGHT, que faz a captação, ou o governo do estado do Rio de Janeiro?), quanto vai pagar e sobre qual volume de captação; quem vai cobrar e quem vai decidir aonde aplicar. O Sr. Rogério Biggio propôs que se prorrogue o prazo para aprovação dessa deliberação e se crie uma comissão para aperfeiçoá-la. A Sra. Patrícia Bóson (FIEMG-MG) defendeu que se aprove a deliberação como está, considerando que trata-se de uma minuta consensada com o Comitê da Bacia do Guandu, e considerando, ainda, que ela terá caráter provisório, já que, em março de 2006, os critérios da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul deverão ser revistos, conforme disposto na Deliberação CEIVAP nº 08/2001. O Sr. Edílson de Paula Andrade (SRHES-SP) e o Sr. Lincoln Botelho da Cunha (prefeitura de Volta Redonda – RJ) defenderam que seja informado, no texto da Deliberação, o volume de água transposta (vazão captada). O Sr. Benedito Jorge dos Reis (FEMANT-SP) propôs que seja incluído o Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul - Comitê Paulista (CBH-PS) entre os componentes da Comissão Especial, que atuará como foro de negociação institucional na questão da cobrança das águas transpostas (Art. 2º da Deliberação). O Sr. Marco Aurélio colocou em votação as propostas apresentadas, ficando assim a decisão final: **a deliberação foi aprovada como está, com apenas uma alteração, na redação do primeiro considerando, onde deverá ser informada a vazão captada na transposição para a bacia do Guandu** (a inclusão da informação sobre a vazão captada foi aprovada por 23 votos a favor e 14 contra). A proposta de inclusão do CBH-PS na Comissão Especial da cobrança da transposição foi desaprovada por 17 votos contra e 15 a favor. Aproveitando o debate sobre o tema da cobrança da transposição, o Sr. Edílson manifestou-se sobre a Lei da Cobrança do Estado do Rio de Janeiro que definiu o percentual de 15% a ser repassado para o CEIVAP, do valor arrecadado com a cobrança pelo

> uso das águas dos rios da bacia do Paraíba do Sul, de domínio do estado do Rio. Ele ressaltou que o CEIVAP não foi consultado sobre esse valor, que ele considera totalmente insuficiente. O representante da Secretaria de Recursos Hídricos reivindicou que o CEIVAP tenha acesso, o mais rápido possível, a esses 15%. E defendeu que se crie algum dispositivo legal que garanta que esse recurso seja aplicado em ações previstas no Plano da Bacia do Rio Paraíba do Sul. (...)

Porém, apesar da aprovação desta deliberação, existe, ainda, um “mal estar” dentro do CEIVAP, principalmente por parte dos usuários dos estados de São Paulo e Minas Gerais, que entendem que a água transposta é de domínio da bacia concessora, ou seja, neste caso o domínio seria da bacia do rio Paraíba do Sul e o direito de cobrança seria do seu órgão gestor, e a aplicação destes recursos seria prioritariamente na bacia de origem, ou ainda, estabelecida pelo CEIVAP.

Diante do quadro descrito podemos considerar que uma metodologia para apoio à tomada de decisão é relevante para os conflitos estabelecidos pelo uso da água e a aplicação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, uma vez que as Leis se sobrepõem a outras, e são de difícil interpretação, e os atores envolvidos não conseguem chegar a uma solução de compromisso facilmente. O capítulo 8 apresenta uma análise deste conflito com a aplicação da metodologia proposta nesta tese bem como do modelo MACPROL para a hierarquização das alternativas possíveis.

8 Aplicação do Modelo MACPROL ao Conflito

8.1 Introdução

O estudo de caso para a aplicação da metodologia será o conflito pela cobrança pelo uso da água transposta do rio Paraíba do Sul para o Rio Guandu, descrito no capítulo 7.

Foram selecionadas algumas alternativas apresentadas no quadro 8.1, de acordo com a divisão territorial e institucional destas duas bacias. Foram considerados quatro cenários para o problema. Os decisores considerados para a análise do conflito são: os comitês de bacia hidrográfica; CEIVAP e Comitê Guandu no cenário 1 e incluiu-se o Governo do Estado do Rio de Janeiro nos cenários 2, 3 e 4. Os critérios que são considerados na modelagem, foram extraídos do Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul e do Macroplano da Baía de Sepetiba, em específico para a bacia do rio Guandu. Estes critérios se referem às ações de gestão, planejamento, obras e algumas ações específicas, que estão previstas nestes planos.

Foi elaborado um questionário para os atores envolvidos, para auxílio na construção do problema. Nesse questionário, foi solicitado também que fossem eleitos os critérios que poderiam ser relevantes para o estudo de caso. Foram enviados 40 questionários para os integrantes do CBH Guandu e CEIVAP, e só houve o retorno de 4 (quatro). Estes auxiliaram na percepção de alguns problemas relativos ao conflito. Porém não foi possível a identificação dos critérios para o estudo de caso, uma vez que estes não foram sugeridos na resposta ao questionário.

Outra maneira de obtenção de dados para o estudo de caso foi através das entrevistas com alguns integrantes dos comitês, porém, foram poucos os entrevistados, quatro, houve resistência por parte de alguns, mas aqueles que foram entrevistados forneceram dados importantes e uma ampla visão sobre o conflito.

8.2 Análise do Conflito

A análise do conflito parte do ponto de vista de que o CEIVAP pretende cobrar pelo uso da água da transposição, para manter o sistema de gerenciamento da bacia, e

partimos do pressuposto de que existe a necessidade premente de preservação da mesma, pois a bacia fornece a água que abastece as duas bacias em estudo, observando o que aconteceu em 2003/2004 (escassez de água na bacia do Paraíba do Sul), que atingiu as duas bacias, com racionamento de água nas mesmas e redução de vazões para a transposição, a jusante de Santa Cecília e também redução das descargas mínimas nos reservatórios de cabeceira.

A cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul pode ser paralisada se o impasse sobre a cobrança pela transposição não for resolvido, pois a arrecadação feita na bacia não é suficiente para atender às demandas e os usuários da bacia já não concordam em sustentar o sistema sozinho.

A questão é polêmica, pois o rio Paraíba do Sul tem uma maior extensão, e uma área muito maior do que a do rio Guandu, tem como “compromisso” manter vazões para atendimento a várias demandas nas duas bacias, ou seja, é o responsável pela geração de toda a água utilizada por aproximadamente 13 milhões de pessoas, no entanto, recebe um valor muito inferior ao arrecadado pelo CBH Guandu pela cobrança. Esse problema pode colocar em risco a gestão da bacia do Paraíba do Sul e também todo Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que deve ser capaz de resolver esses conflitos da melhor forma possível sem privilégio de nenhum grupo.

8.2.1 Definição dos Decisores

Para a definição dos atores que realmente têm o poder de decisão no conflito, precisa-se conhecer bem o problema a que se propõe analisar.

No caso do conflito pela cobrança pelo uso da água transposta do rio Paraíba do Sul para o Rio Guandu, inicialmente, vários atores foram levantados como possíveis, sendo alguns deles, o CBH Guandu, o CEIVAP, o governo do estado do Rio de Janeiro, o governo do estado de São Paulo, o governo do estado de Minas Gerais, a ANA (Agência Nacional de Águas), a LIGHT, outros usuários de importância relevante para o conflito, etc..

No entanto, em uma análise mais profunda, chegou-se a conclusão que alguns dos atores eleitos já estavam representados nos comitês e outros na verdade não tinham o poder de decidir, mas sim poderiam intermediar o conflito, como exemplo a ANA. Assim, determinou-se que os atores que têm poder de decisão e, portanto, são os

decisores eleitos para o estudo de caso são: o CBH Guandu, o CEIVAP e o governo do estado do Rio de Janeiro.

Portanto, os decisores eleitos para a análise do conflito são: o CBH Guandu, o CEIVAP e o governo do estado do Rio de Janeiro, sendo que os dois primeiros participam dos quatro cenários simulados e o governo do estado do Rio de Janeiro participa dos cenários 2, 3 e 4.

8.2.2 Definição dos critérios

A partir da proposta orçamentária do Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (1998) e do Macroplano da Baía de Sepetiba (1998), foram adotados 16 critérios, referentes às ações previstas nesses planos. Esses critérios são apresentados no questionário estruturado, bem como sua descrição.

Este questionário foi enviado para 40 decisores, integrantes do CEIVAP, do CBH Guandu e da SERLA, para que esses pudessem atribuir peso aos critérios. Porém, não houve resposta ao questionário por parte da maioria dos decisores. Obtivemos apenas o retorno de 3 questionários, sendo 2 de integrantes do CEIVAP e 1 do CBH Guandu. Portanto, os pesos utilizados no estudo de caso pode não retratar a realidade do problema, seria necessária uma amostra mais expressiva de cada grupo (decisores). Os pesos do decisor 3, Governo do Estado do Rio de Janeiro, foram simulados, pois não obtivemos resposta aos questionários enviados à esse setor.

Abaixo, o questionário estruturado que foi enviado aos decisores, contendo os critérios para a avaliação do conflito, bem como sua descrição, sendo a última coluna para a atribuição de pesos aos critérios de acordo com a preferência relativa de cada decisor. Os critérios foram divididos em quatro grupos de ações: Gestão de Recursos Hídricos, Recuperação da Qualidade Ambiental, Proteção e aproveitamento dos recursos hídricos e Ações Específicas.

Questionário Estruturado

Critérios para Distribuição dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água na bacia do rio Guandu na própria bacia e na bacia doadora (bacia do rio Paraíba do Sul).

Critérios	Descrição do Critério	Pesos (>0 e <1)*
Gestão de Recursos Hídricos		
1 Planejamento	O programa de planejamento contém as propostas de elaboração de planos diretores e estudos relativos a recursos hídricos das sub bacias do Paraíba do Sul e Bacia do Guandu. É um dos instrumentos mais importantes para estas bacias, pois através destes é que serão determinadas as disponibilidades hídricas e demandas das bacias.	
2 Gerenciamento	Neste programa estão previstos a implantação dos instrumentos de controle dos recursos hídricos (outorga, cobrança, enquadramento, etc.) e a interface destes instrumentos com os de uso e ocupação do solo. É importante a integração destas ferramentas para um bom gerenciamento dos recursos hídricos, pois podem ser previstos: menor impermeabilização dos solos nas novas legislações de ocupação e uso do solo; reservatórios em terrenos (como já prevê a Lei Estadual 4.393 de 16 de setembro de 2004 (Rio de Janeiro) , que dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva; e outros instrumentos que garantam a quantidade e qualidade da água).	
3 Sistema de monitoramento e informação	Este programa prevê o sistema de monitoramento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, monitoramento de queimadas, e o monitoramento de erosão e assoreamento de rios e reservatórios.	
4 Desenvolvimento Institucional	Modernização e capacitação técnico-operacional dos serviços de saneamento básico e apoio institucional às entidades de controle e gestão dos recursos hídricos.	
5 Educação ambiental	Aplicação dos recursos em ações que venham a longo prazo conscientizar a população sobre a importância da conservação da água	
Recuperação da Qualidade Ambiental		
6 Abastecimento de água	Este programa permite a melhoria da qualidade da água para abastecimento humano nas diversas cidades das bacias em estudo, com o melhoramento da qualidade da água dos rios Paraíba do Sul e Guandu, pois algumas cidades produzem água a um custo muito elevado devido ao alto grau de degradação da água.	

Critérios	Descrição do Critério	Pesos (>0 e <1)*
7 Sistema de coleta e tratamento de esgoto	Este programa também permite a melhoria da qualidade da água nos rios em estudo, com o sistema de coleta e tratamento dos esgotos das bacias. Com a aplicação dos recursos na melhoria da qualidade da água, seja para execução de pequenas obras, projetos (legislação), ou, para tratamento dos esgotos domésticos e industriais,	
8 Controle de poluição industrial e cargas acidentais	Um programa que obrigue o controle da poluição por parte das indústrias localizadas nas bacias contribui muito para a qualidade e quantidade da água, como também um programa de cargas acidentais, que pode colocar em risco todo um sistema de abastecimento (ex. o acidente em Cataguazes/2003).	
9 Coleta e destinação de resíduos sólidos	Os resíduos sólidos não coletados e lançados nos cursos trazem prejuízos para a qualidade das águas, e em muitos casos causam assoreamento dos cursos e diminuição de seção de pontes e obras de arte, causando muitas vezes enchentes. A sua destinação inadequada também pode poluir os recursos hídricos por lixiviação ou por contaminação do lençol freático.	
10 Controle de enchente e drenagem urbana	Investimento em Planos Diretores de Macro e Micro Drenagem, Projetos executivos, serviços de gerenciamento, supervisão e execução de obras de controle de enchentes nos principais rios urbanos da bacia.	
11 Recuperação de áreas degradadas	Planos de incentivo à atividade florestal e plano de controle de erosão em áreas urbanas e estradas estadual irão a longo prazo ajudar também no armazenamento de água nas bacias, além de evitar o assoreamento dos rios e reservatórios.	
Proteção e aproveitamento dos recursos hídricos		
12 Proteção de mananciais	Reflorestamento ciliar, conservação de remanescentes florestais.	
Ações Específicas		
13 Mitigação dos Problemas de inundações em Santanésia	Este é um dos maiores problemas de enchentes que ocorre na bacia do rio Paraíba do Sul, e é um problema resultante das obras do complexo de Lajes, portanto é um passivo e sua solução é de responsabilidade dos órgãos de gerenciamento das bacias do rio Paraíba do Sul e Guandu.	

Critérios	Descrição do Critério	Pesos (>0 e <1)*
14 Desvio do rio dos Poços	Com o desvio deste rio, é possível que a CEDAE utilize menos água para diluir a água para tratamento, diminua a quantidade de produtos para tratar a água para abastecimento (hoje são utilizados aproximadamente 1 bilhão de reais/ano com estes produtos), e corra menos risco de contaminação da água.	
15 Realocação da Vazão prevista para contenção da intrusão salina	Esta vazão (60 a 70m^3/s), hoje, não tem o objetivo de garantir para os usuários que se encontram na foz do canal de São Francisco, FURNAS, Gerdau e FCC, uma vazão que evitasse a intrusão da cunha salina, pois estes fizeram modificação em seus sistemas de produção, podendo utilizar água salina, portanto a vazão outorgada por estas empresas hoje é muito pequena. Porém esta vazão pode ser estratégica para o estado do Rio de Janeiro, para futuras instalações industriais no distrito industrial e para o crescimento urbano da RMRJ.	
16 Recuperação do reservatório de Funil	Este reservatório tem sérios problemas de eutrofização de suas águas, trazendo prejuízos para jusante, inclusive para a bacia do rio Guandu, e as cidades à jusante que necessitam de monitoramento constante das águas para abastecimento.	

Fontes: Estrutura do questionário, Zuffo (1998); Critérios: Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – PGRH – (1998). Macroplano da Baía de Sepetiba (1998).

***** O peso deve ser diferente de 0 (zero). Somatório dos peso deve ser igual a 1 para cada decisor**.**

8.2.3 Definição das alternativas

O quadro 8.1 apresenta as alternativas possíveis do conflito. As alternativas, inicialmente, foram escolhidas de acordo com a divisão territorial e institucional destas duas bacias, como mostra o quadro 8.1. No entanto, foi feita uma composição dessas alternativas com outras variações possíveis, conforme quadro 8.3.

Para construção do quadro 8.3, foram consideradas algumas proposições fornecidas por integrantes dos comitês (por meio de questionários, entrevistas, ou mesmo em reuniões). Foram utilizados também alguns estudos específicos realizados nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu.

Quadro 8.1 – Os Componentes do Conflito.

Cenário	Descrição	Variação
1	Considerar as duas bacias Paraíba do Sul e Guandu como uma só unidade hidrográfica (UH)	Um só comitê, a nível federal englobando as duas bacias hidrográficas.
2	Considerar as duas bacias Paraíba do Sul e Guandu como uma só unidade hidrográfica (UH)	Dois comitês (os existentes hoje) com um fórum de discussão formado por representantes dos dois comitês
3	Considerar as duas bacias Paraíba do Sul e Guandu, sendo a primeira federal e a segunda estadual (situação atual do conflito).	Dois comitês: um federal e outro estadual agindo separadamente e continuando com os conflitos existentes hoje

As fontes utilizadas para a previsão do total arrecadado por cada comitê são de responsabilidade do Comitê CEIVAP, para o exercício de 2005, e a compensação financeira por parte da LIGHT para o exercício de 2004, e uma estimativa de receita foi feita para a cobrança na bacia do rio Guandu, de acordo com subsídios utilizados dos estudos de Campos (2001).

A vazão média de 60 a 70m^3/s, para evitar a intrusão da cunha salina, hoje, já não tem como objetivo garantir para os usuários que se encontram na foz do canal de São Francisco – FURNAS, Gerdau e FCC – uma vazão que evite a intrusão da cunha salina, pois esses fizeram alteração em seus sistemas de produção, conforme Campos (2005), podendo utilizar água salina no processo de produção. Portanto, a vazão outorgada por essas empresas hoje é muito pequena. Porém, essa vazão pode ser estratégica para o estado do Rio de Janeiro, para futuras instalações industriais no distrito industrial e para o crescimento urbano da RMRJ. Vamos supor que para a LIGHT[19] a vazão transposta do rio Paraíba do Sul também possa ser reduzida, pois a mesma trabalha com geração de ponta, e, portanto, pode armazenar água durante um período para essa geração. Sendo assim, a vazão transposta para o rio Guandu pode ser reduzida, mesmo que existam antigos decretos e Leis que garantam essa vazão, se for de maior prioridade a alocação dessa água para outros usos, outras restrições poderão ser feitas.

[19] Em contato através de e-mail com o Sr. Fernando Lino da LIGHT, esse informou não ser possível a diminuição da vazão para a geração de energia, uma vez que uma vazão média bombeada de Santa Cecília inferior a 160m^3/s, torna de baixa qualidade a geração de energia.

Considerou-se também que o Estado de São Paulo reivindica a transposição de águas do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Tietê, para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, de uma vazão de 5, 10 ou 15m^3/s. A seguir, será apresentada uma simulação dos custos desta transposição, considerando dois PPU's (Preço Público Único) diferentes, sendo um de R$0,02 (conforme deliberação de cobrança) e outro de R$0,04 (considerando neste caso que o CEIVAP tem o poder de negociar esse valor).

O quadro 8.2 apresenta a Simulação do cálculo do custo a ser cobrado para a vazão de projeto para a transposição do rio Paraíba do Sul para o rio Tietê.

Quadro 8.2 – Cálculo estimado do valor da cobrança para a transposição para o rio Tietê, calculado conforme equação abaixo.

Total anual = Q*PPU*3600*24*365*K_0

Vazão (Q) (m^3/s)	**K_0**	**Total anual**	
		PPU=R$0,02	**PPU=R$0,04**
5	0,40	R$1.261.440,00	R$2.522.880,00
10	0,40	R$2.522.880,00	R$5.045.600,00
15	0,40	R$3.784.320,00	R$7.568.640,00

O quadro 8.3 apresenta as alternativas compostas do conflito, considerando não só a divisão territorial e institucional, mas também a arrecadação de cada comitê.
A coluna 1 do quadro traz o nº da alternativa, num total de 16 eleitas inicialmente.
A coluna 2 apresenta a divisão geográfica, conforme estabelecido no quadro 8.1.
A coluna 3 apresenta a divisão territorial, também conforme quadro 8.1.
A coluna 4 apresenta a arrecadação potencial do CEIVAP referente a arrecadação de 2004, para o exercício de 2005, que é de R$10.000.000,00 (dez milhões de reais).
A coluna 5 apresenta o valor que o CBH Guandu irá repassar para o CEIVAP, variando para cada alternativa, podendo assumir valores entre 15 e 100%, e a estimativa de arrecadação potencial do Guandu é de R$22.000.000,00 (vinte e dois milhões de reais), de acordo com subsídios utilizados dos estudos de Campos (2001).
A coluna 6 corresponde a consideração da vazão estratégica, ou seja, a vazão para contenção da intrusão salina, à qual o Comitê Guandu pode pagar ao CEIVAP, para garantir essa vazão para empreendimentos futuros na bacia e para garantia de

abastecimento humano. Esse valor pode variar de 15 a 50% do potencial arrecadado, menos os 15% estabelecidos pela Lei 4.247/03.

A coluna 7 do quadro 8.3, corresponde à compensação financeira paga pela LIGHT para o Comitê Guandu,no valor de R$1.400.000,00 (um milhão e quatrocentos mil reais), que em caso de acordo entre os comitês essa compensação pode ser repassada ao CEIVAP como parte dos recursos da cobrança, caso contrário, o CBH Guandu continua a recebe-lo.

A coluna 8 corresponde ao projeto de transposição do rio Paraíba do Sul para o rio Tietê, de 5, 10 ou 15 m^3/s, e foi simulado dois valores do PPU's para esta cobrança, conforme cálculo feito anteriormente.

A coluna 9 corresponde ao resultado final, ou seja, a 1ª linha da referida coluna, apresenta o somatório das colunas 4, 5, 6, 7 e 8 para o CEIVAP e a 2ª linha corresponde a arrecadação do CBH Guandu.

Quadro 8.3 – Alternativas eleitas.

Cenário			**Arrecadação Anual (R$)**					
Nº	Bacia	Comitês	CEIVAP	CBH Guandu	Q_{estr} [1]	Comp. Fin. [2]	São Paulo [3]	Total [4]
1	1 só UH	1 só comitê federal (englobando os comitês CBH Guandu e CEIVAP)	10.000.000[5]	22.000.000[6]	_	Ambos	_	33.400.000
2	1 só UH	2 comitês federais, com um fórum de discussão)	10.000.000	50% 11.000.000	_	CBH Guandu	_	21.000.000 13.400.000
3	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247 – 15% 3.300.000	15% 2.270.592	CBH Guandu	_	15.570.592 17.829.408
4	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	15% 2.270.592	CBH Guandu	_	23.270.592 10.129.408
5	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	50% 7.568.640	CBH Guandu	_	28.568.640 4.831.360
6	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	15% 1.892.160	CBH Guandu	1.261.440[7,9]	16.453.600 16.946.400
7	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	15% 1.702.944	CBH Guandu	2.522.880[7,10]	17.525.824 15.874.176

Continuação do quadro 8.3.

Cenário			Arrecadação Anual (R$)					
8	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	15% 1.892.160	CBH Guandu	2.522.880[8,9]	17.715.040 15.684.960
9	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	15% 1.892.160	CBH Guandu	2.522.880[8,9]	25.415.040 7.984.960
10	1 só UH	1 comitê federal (englobando os comitês CBH Guandu e CEIVAP) [8]	10.000.000	Total 22.000.000	_	Ambos	5.045600[8,10] (R$0,04/$m^3$)	38.445.680 _
11	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	15% 1.702.944	CBH Guandu	3.784.320[7,11]	18.787.264 14.612.736
12	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	15% 1.702.944	CBH Guandu	3.784.320[7,11]	26.487.264 6.912.736
13	1 só UH	1 comitê federal (englobando os comitês CBH Guandu e CEIVAP) [8]	10.000.000	Total 22.000.000	_	Ambos	7.568.640[8,11] (R$0,04/$m^3$)	40.968.640 _
14	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	_	CEIVAP	_	14.700.000 18.700.000

Continuação do quadro 8.3.

Cenário			Arrecadação Anual (R$)					
15	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	_	_	CEIVAP	_	11.400.000 22.000.000
16	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	-	_	CBH Guandu	_	10.000.000 23.400.000

OBS.: 1 – Vazão Estratégica (é a vazão média de 60m^3/s, necessária para evitar a intrusão salina no canal de são Francisco). 2 – Compensação Financeira LIGHT, valor R$1.400.000,00, valor referente a 2004. 3 – Projeto de transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o Tietê. 4 – Neste item o valor referente à 1ª linha é o valor que caberá ao CEIVAP, a 2ª ao CBH Guandu. 5 – Arrecadação pela cobrança potencial do CEIVAP referente ao ano de 2004. 6 – Arrecadação potencial do Comitê Guandu, calculado a partir de FURNAS (2003) e Campos (2001). 7 – Neste caso o Comitê da bacia do rio Paraíba do Sul cobraria pela transposição para a bacia do rio Tietê, sendo este valor igual ao cobrado para os demais usuários R$0,02, captação com K0 = 0,4. 8 – Supondo que haverá uma negociação e será cobrado pelo uso um valor maior que para os demais usuários da bacia, que estimamos aqui em R$0,04/$m^3$/s. 9 – Cálculo com 5$m^3$/s para São Paulo. 10 - Cálculo com 10m^3/s para São Paulo. 11 - Cálculo com 15m^3/s para São Paulo.

As alternativas 1, 10 e 13, em que foi considerada apenas uma unidade hidrográfica (proposta da ANA) com a atuação de apenas um comitê de bacia, ou seja, a fusão entre o CBH Guandu e o CEIVAP, foram excluídas do problema por serem na realidade alternativas não possíveis de serem contempladas pelos decisores. Em pesquisa (entrevistas) feita a alguns integrantes do CBH Guandu, esses disseram ser impossível a adoção de tal alternativa como aceitável para o conflito, uma vez que o CBH Guandu já tem sua própria identidade e que aceitariam até a possibilidade de as duas bacias hidrográficas (Paraíba do Sul e Guandu) serem consideradas como uma só unidade hidrográfica, porém com dois comitês em funcionamento, com um fórum de discussão entre os dois.

Portanto, não foram consideradas na análise do conflito essas alternativas (1, 10 e 13) como possíveis de serem adotadas pelos decisores, e são apresentadas no quadro 8.4 quais as alternativas foram selecionadas como possíveis para o estudo de caso.

Quadro 8.4 - Alternativas Possíveis

Cenário			**Arrecadação Anual (R$)**					
Nº	Bacia	Comitês	CEIVAP	CBH Guandu	Q_{estr} [1]	Comp. Fin. [2]	São Paulo [3]	Total [4]
1	1 só UH	2 comitês federais, com um fórum de discussão)	10.000.000	50% 11.000.000	_	CBH Guandu	_	21.000.000 13.400.000
2	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247 – 15% 3.300.000	15% 2.270.592	CBH Guandu	_	15.570.592 17.829.408
3	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	15% 2.270.592	CBH Guandu	_	23.270.592 10.129.408
4	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	50% 7.568.640	CBH Guandu	_	28.568.640 4.831.360
5	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	15% 1.892.160	CBH Guandu	1.261.440[7,9]	16.453.600 16.946.400
6	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247– 15% 3.300.000	15% 1.702.944	CBH Guandu	2.522.880[7,10]	17.525.824 15.874.176

Continuação do quadro 8.4.

Cenário			Arrecadação Anual (R$)					
7	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247–15% 3.300.000	15% 1.892.160	CBH Guandu	2.522.880[8,9]	17.715.040 15.684.960
8	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	15% 1.892.160	CBH Guandu	2.522.880[8,9]	25.415.040 7.984.960
9	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (com um fórum de discussão)	10.000.000	Lei 4247–15% 3.300.000	15% 1.702.944	CBH Guandu	3.784.320[7,11]	18.787.264 14.612.736
10	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	50% 11.000.000	15% 1.702.944	CBH Guandu	3.784.320[7,11]	26.487.264 6.912.736
11	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	Lei 4247–15% 3.300.000	_	CEIVAP	_	14.700.000 18.700.000
12	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	_	_	CEIVAP	_	11.400.000 22.000.000
13	2 bacias	1 comitê federal e 1 comitê estadual (continuação do conflito)	10.000.000	-	_	CBH Guandu	_	10.000.000 23.400.000

OBS.: 1 – Vazão Estratégica (é a vazão média de 60m^3/s, necessária para evitar a intrusão salina no canal de são Francisco). 2 – Compensação Financeira LIGHT, valor R$1.400.000,00, valor referente a 2004. 3 – Projeto de transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o Tietê. 4 – Neste item o valor referente à 1ª linha é o valor que caberá ao CEIVAP, a 2ª ao CBH Guandu. 5 – Arrecadação pela cobrança potencial do CEIVAP referente ao ano de 2004. 6 – Arrecadação potencial do Comitê Guandu, calculado a partir de FURNAS (2003) e Campos (2001). 7 – Neste caso o Comitê da bacia do rio Paraíba do Sul cobraria pela transposição para a bacia do rio Tietê, sendo este valor igual ao cobrado para os demais usuários R$0,02, captação com K0 = 0,4. 8 – Supondo que haverá uma negociação e será cobrado pelo uso um valor maior que para os demais usuários da bacia, que estimamos aqui em R$0,04/$m^3$/s. 9 – Cálculo com 5$m^3$/s para São Paulo. 10 - Cálculo com 10m^3/s para São Paulo. 11 - Cálculo com 15m^3/s para São Paulo.

8.2.4 Escolha da Função Utilidade Unicritério

Para o cálculo dos valores da função utilidade unicritério (u_{ijk}) foi adotada uma representação poligonal da função utilidade unicritério. Esta função para o estudo de caso desta tese apresenta 3 segmentos de reta e 3 pontos extremos, conforme mostra a figura 8.1.

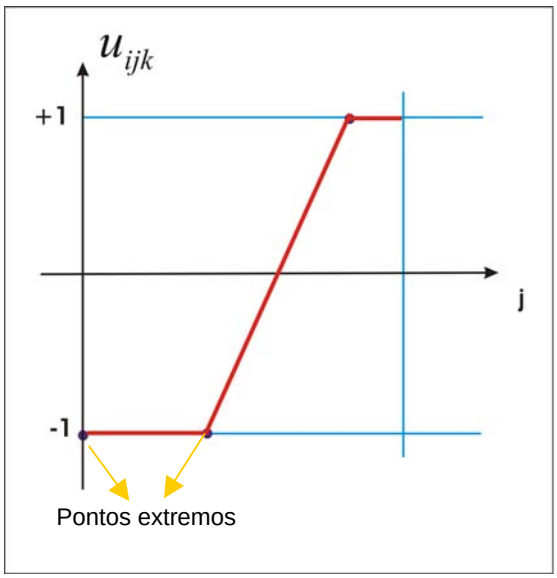


Figura 8.1 – Forma da função utilidade unicritério

Onde:

U_{ijk} = eixo da função utilidade unicritério

j = eixo das alternativas possíveis

8.2.5 Cenários Avaliados no Conflito

Para melhor avaliação do Modelo MACPROL, foram adotados 4 cenários nesta tese, que serão descritos a seguir:

Cenário 1: Essa simulação considera como decisores apenas os Comitês CEIVAP e Guandu para a análise do conflito. A seguir alguns exemplos da Função Utilidade Unicritério para cada critério e para cada decisor no cenário 1. Os eixos com os valores das alternativas do cenário 1 estão na figura 8.6.

Função Utilidade Unicritério – CEIVAP.

Para a Construção da função utilidade unicritério, utilizou-se o PGRH (Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul), no qual existe uma

previsão de investimento para recuperação de toda a bacia do Paraíba do Sul. Utilizou-se, também, o quadro 8.4, que trata de uma proposta do CEIVAP do percentual a ser aplicado do recurso da cobrança na bacia por programa. A da função utilidade unicritério foi construída da seguinte forma para o CEIVAP. Considerou-se que o CEIVAP fica totalmente insatisfeito com uma arrecadação inferior a R$10.000.000,00, ou seja, aquela arrecadação potencial com a cobrança na bacia. E o CEIVAP fica totalmente satisfeito quando consegue atingir o valor necessário para atendimento do percentual determinado pelo CEIVAP para o critério em questão, estabelecido no quadro 8.5.

Quadro 8.5 – Proposta orçamentária Anual para o exercício de 2006 da AGEVAP.

Recursos			
1	Transferência Contrato de Gestão ANA	R$10.000.000,00	
Despesas			
Item	**Ação**	**Valor**	**%**
1	Ações de Implantação e Operação da Agência	R$750.000,00	7,5%
2	Ações não Estruturais Prioritárias para o Cumprimento do Contrato de Gestão	R$1.500.000,00	15%
3	Ações de Gestão, Planejamento e Obras	R$7.750.000,00	77,5%
	Total	R$10.000.000,00	100%

Fonte: Deliberação CEIVAP nº48, de 29 de abril de 2005, que dispõe sobre a Proposta Orçamentária Anual para o exercício 2006 da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP.
Obs.: A arrecadação potencial é referente ao ano de 2004, para o exercício de 2005.

O quadro 8.5 foi utilizado para auxílio no cálculo do limite superior da função utilidade unicritério. Com a utilização dos valores percentuais estabelecidos para cada ação no quadro 8.5 foi calculada a satisfação máxima do CEIVAP considerada a partir do valor que o mesmo consegue atingir o seu objetivo (critério) em análise. Portanto, cada critério é analisado separadamente.

Para o exercício de 2006, por exemplo, o percentual a ser gasto com ações de gestão, planejamento e obras é de 77,5% do total da receita, sendo que existe a prioridade de se investirem em obras para o aumento da disponibilidade e aumento da qualidade da água na bacia, sendo que o percentual para obras pode chegar a 60% do total, tendo em vista diretrizes anteriores do CEIVAP de se aplicar de 60 a 70% do total arrecadado em obras.

A seguir, serão apresentadas, como exemplos, algumas funções utilidades (para alguns critérios) para o cenário 1, o restante será apresentado no Apêndice II - função utilidade unicritério para o CEIVAP e no Apêndice III - função utilidade unicritério para o CBH Guandu.

1 – Planejamento

Como esse programa segundo o PGRH (Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul), tem de ser executado nos primeiros anos do horizonte previsto, vamos estimar um prazo máximo para este de 5 anos. Porém, o CEIVAP faz uma previsão de gastos com um percentual para cada ação (como mostra o quadro 8.5).

Valor máximo arrecadável pelo comitê CEIVAP - R$28.568.640,00, representado nas figuras 8.2 e 8.3, como 28,5.

Valor necessário para atendimento do critério: R$41.562.532,66, em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$8.312.506,53/ano.
Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 17,5% da receita para o critério planejamento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$47.500.037,00 (R$8.312.506.53/17,5%), apresentado como (47,5) na figura 8.2.

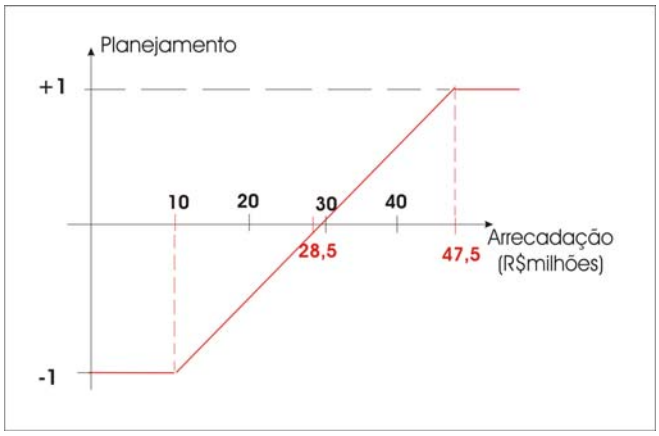


Figura 8.2 - Função utilidade unicritério para o critério planejamento do decisor CEIVAP.

2 – Gerenciamento

De acordo com o PGRH (1998), para o item Gerenciamento o valor a ser aplicado na bacia é de R$42.472.915,60 em um horizonte de 10 anos, o que corresponde a R$4.247291,56/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 17,5% da receita para o critério gerenciamento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$24.270.291,50 (R$4.247291,56/17,5%), apresentado como (24,3) na figura 8.3.

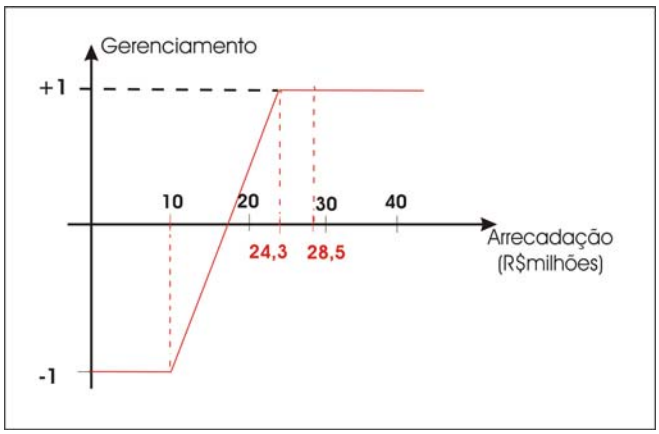


Figura 8.3 - Função utilidade unicritério para o critério gerenciamento do decisor CEIVAP.

Função Utilidade Unicritério - CBH Guandu.

Para a construção da função utilidade unicritério do CBH Guandu utilizou-se o Macroplano (1998) e o PGRH (1998) para previsão de investimentos na bacia. Utilizamos também os mesmos valores percentuais utilizados pelo CEIVAP para cada programa, uma vez que o CBH Guandu ainda não definiu estes percentuais. Estimamos que o CBH Guandu fica totalmente satisfeito a partir da manutenção de 85% do total arrecadado na bacia, ou seja, R$18.700.000,00. O nível de insatisfação deste é abaixo do valor em que ele não consegue atender o critério em tema. Alguns exemplos da construção da função utilidade unicritério para a ação Obras, para o CBH Guandu estão a seguir:

6 – <u>Abastecimento de água</u>

De acordo com o Macroplano (1998), para o item abastecimento de água deverá ser aplicado na bacia R$166.241.069,00 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$8.312.053,45/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério abastecimento de água, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$13.853.422,42 (R$8.312.053,45/60%), apresentado como (13,9) na figura 8.4.

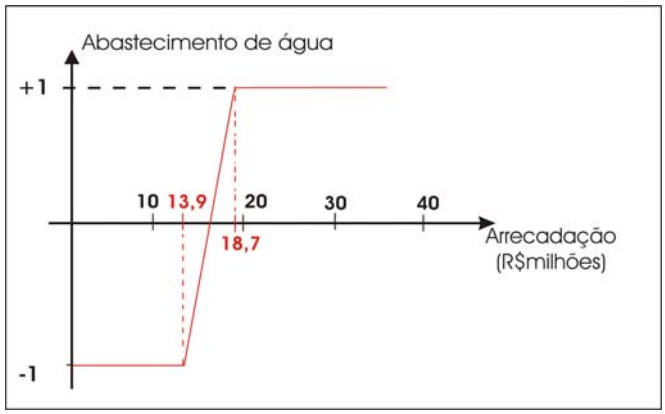


Figura 8.4 - Função utilidade unicritério para o critério gerenciamento do decisor CBH Guandu.

8 – Controle de poluição industrial

De acordo com o Macroplano (1998), para o item controle de poluição industrial deverá ser aplicado na bacia R$10.449.000,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$2.089.800,00/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério controle de poluição industrial, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$3.483.000,00 (R$2.089.800,00/60%), apresentado como (3,5) na figura 8.5.

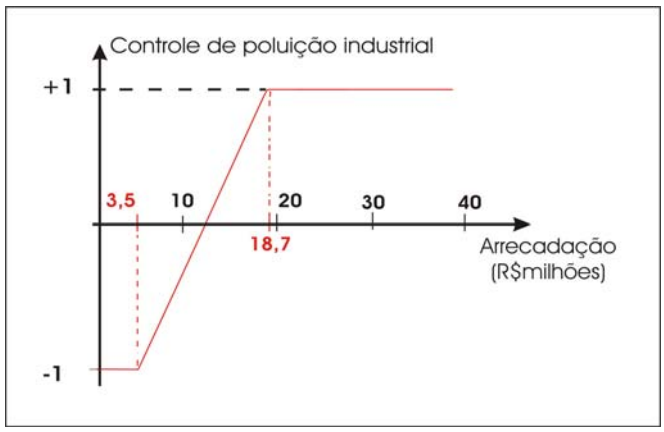


Figura 8.5 - Função utilidade unicritério para o critério gerenciamento do decisor CBH Guandu.

A seguir, a figura 8.6 mostra os eixos representando as alternativas para o cenário 1, para os decisores; CEIVAP e CBH Guandu.

EIXO DAS ALTERNATIVAS

CENÁRIO 1

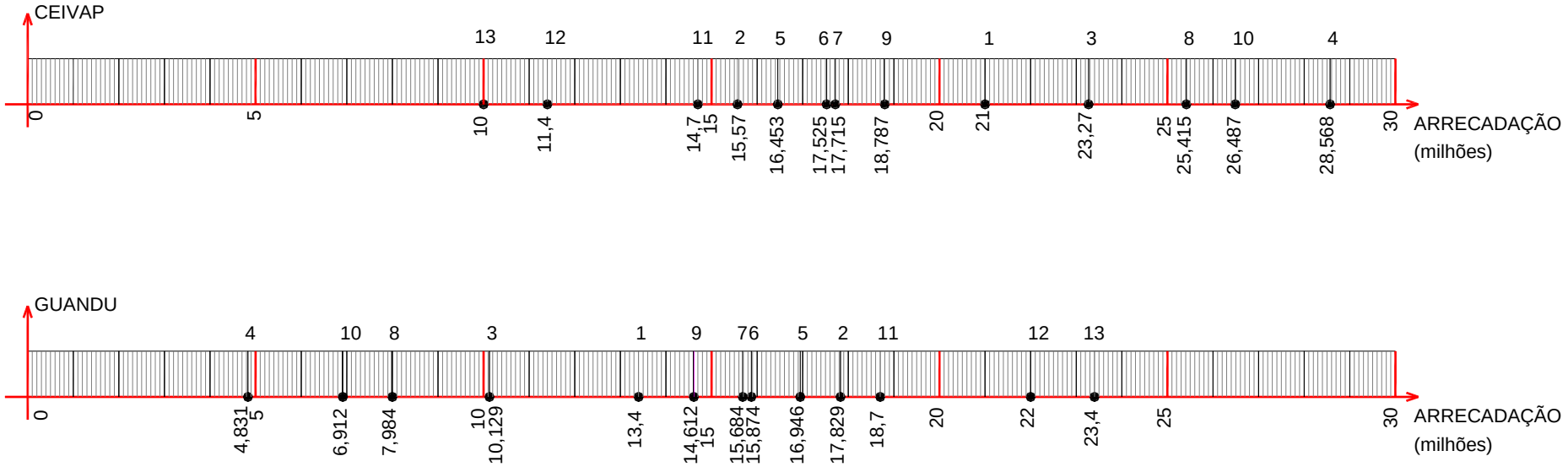


Figura 8.6 – Eixo das alternativas para o cenário 1

Cenário 2: Neste cenário, foi considerado o governo do Estado do Rio de Janeiro como um dos decisores do processo. Conforme a Lei, esse decisor concorda em pagar os 15% pela transposição para o CEIVAP. A figura da Função Utilidade Unicritério para este decisor está a seguir, e para os demais (CEIVAP e Comitê Guandu) são os mesmos do cenário 1. Independente do critério, para o decisor 3, a satisfação mínima para este é quando o CBH Guandu fica com R$14.400.000,00 arrecadados (70%), e a satisfação máxima quando o Guandu fica com a arrecadação de R$18.700.000,00 (85%). O pagamento pela vazão estratégica de 15% é indiferente para esse decisor.

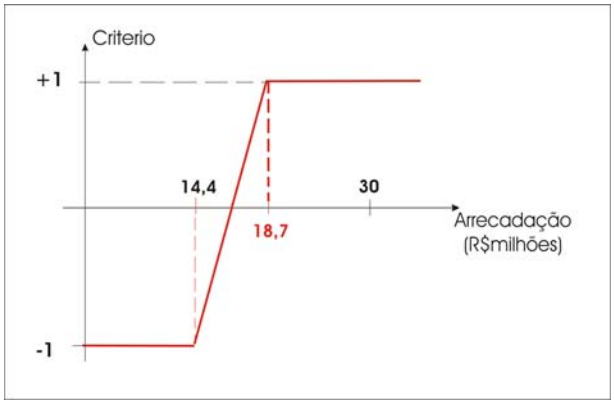


Figura 8.7 - Função utilidade unicritério para todos os critérios do decisor Governo do Estado do Rio de Janeiro (GERJ).

Cenário 3: Neste cenário, o decisor 2 que é o Comitê Guandu, mostra o seu nível de insatisfação quanto ao que o CEIVAP recebe, ou seja, se o CEIVAP recebe até R$13.300.000,00 (inclui os 15% referente a Lei) o grau de satisfação é máximo para ele, porém se o CEIVAP ganha mais do que isto (isto significa redução na arrecadação do Guandu) o nível de satisfação vai diminuindo, conforme figura da Função Utilidade Unicritério a seguir, tendo a satisfação mínima a partir do ponto em que o CEIVAP possa ficar com os 85% da arrecadação. O decisor 3 (governo do estado do RJ) continua com a mesma função do cenário anterior. Também o decisor 1 – CEIVAP, mantém a função utilidade unicritério do cenário 1.

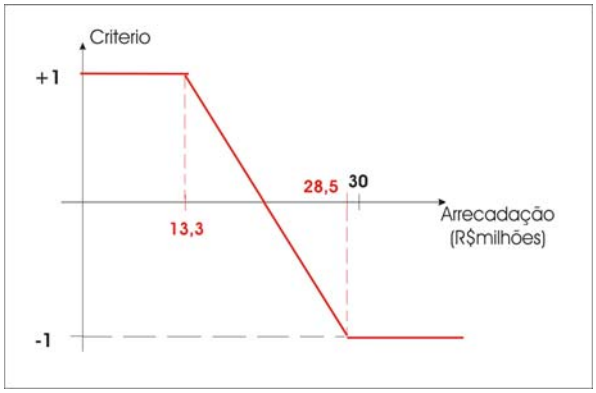


Figura 8.8 - Função utilidade unicritério para todos os critérios do decisor CBH Guandu.

Cenário 4: Neste cenário, o decisor 3 (governo do Estado do Rio de Janeiro - GERJ), mostra que o seu nível de satisfação máxima é quando o CBH Guandu permanece com R$18.700.000,00, ou seja, o total arrecadado menos os 15% da Lei, e tem grau de satisfação mínima quando o valor a receber é zero. Para o Comitê Guandu e o CEIVAP mantém-se a mesma função do cenário 1.

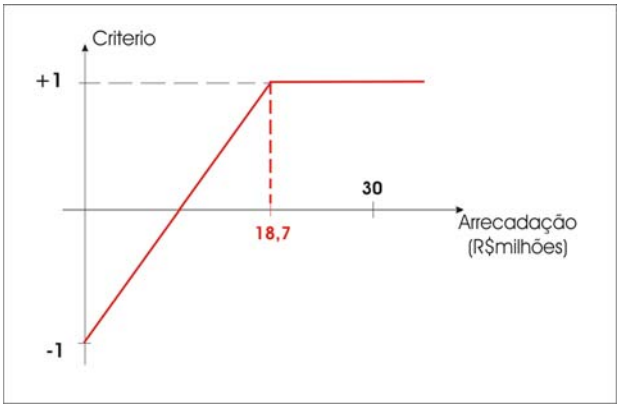


Figura 8.9 - Função utilidade unicritério para todos os critérios do decisor Governo do Estado do Rio de Janeiro (GERJ).

A seguir as figuras 8.10, 8.11 e 8.12 representam os eixos das alternativas para os cenários 2, 3 e 4 para os decisores CEIVAP, CBH Guandu e GERJ.

EIXO DAS ALTERNATIVAS

CENÁRIO 2

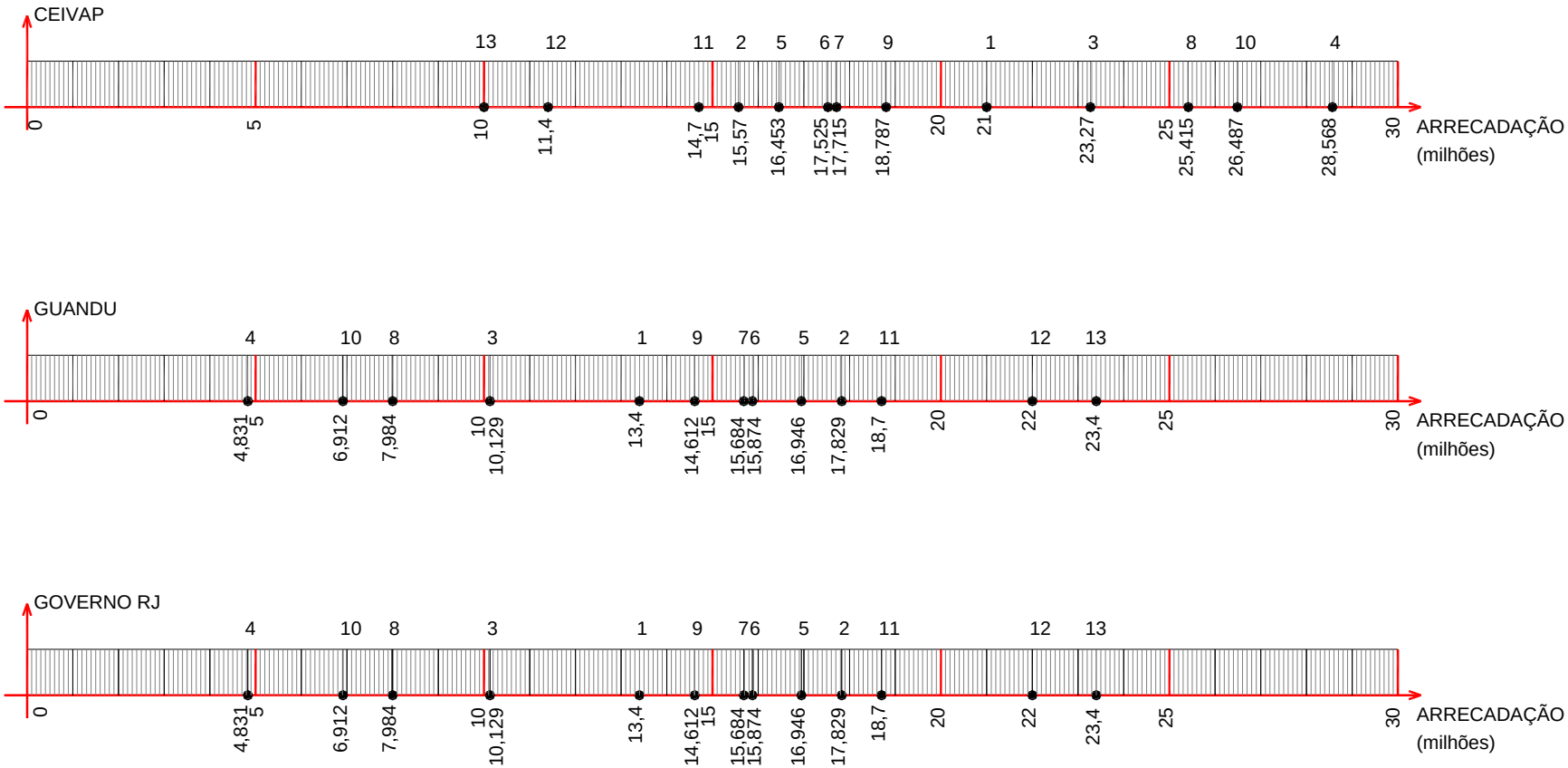


Figura 8.10 – Eixo das alternativas para o cenário 2

EIXO DAS ALTERNATIVAS
CENÁRIO 3

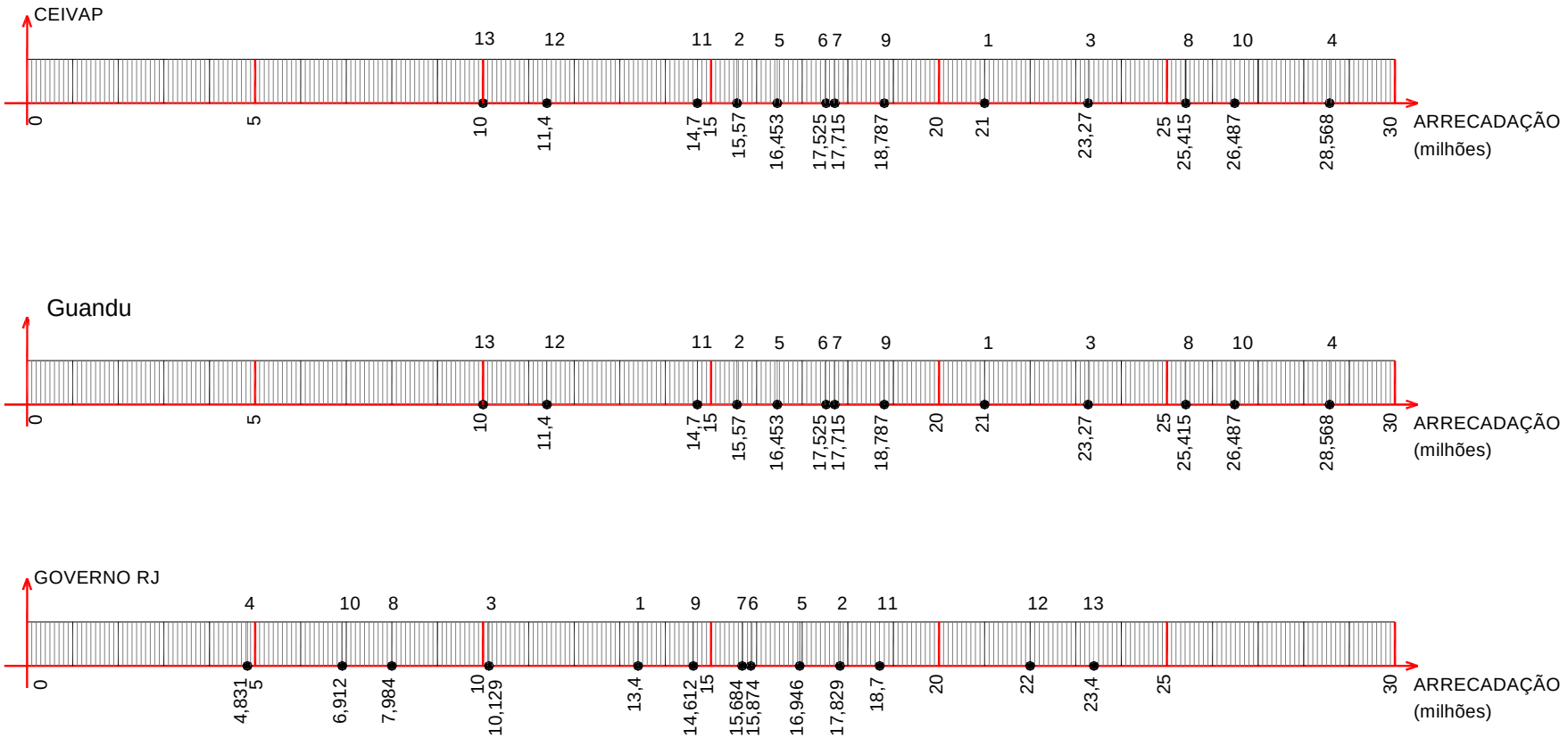


Figura 8.11 – Eixo das alternativas para o cenário 3.

EIXO DAS ALTERNATIVAS

CENÁRIO 4

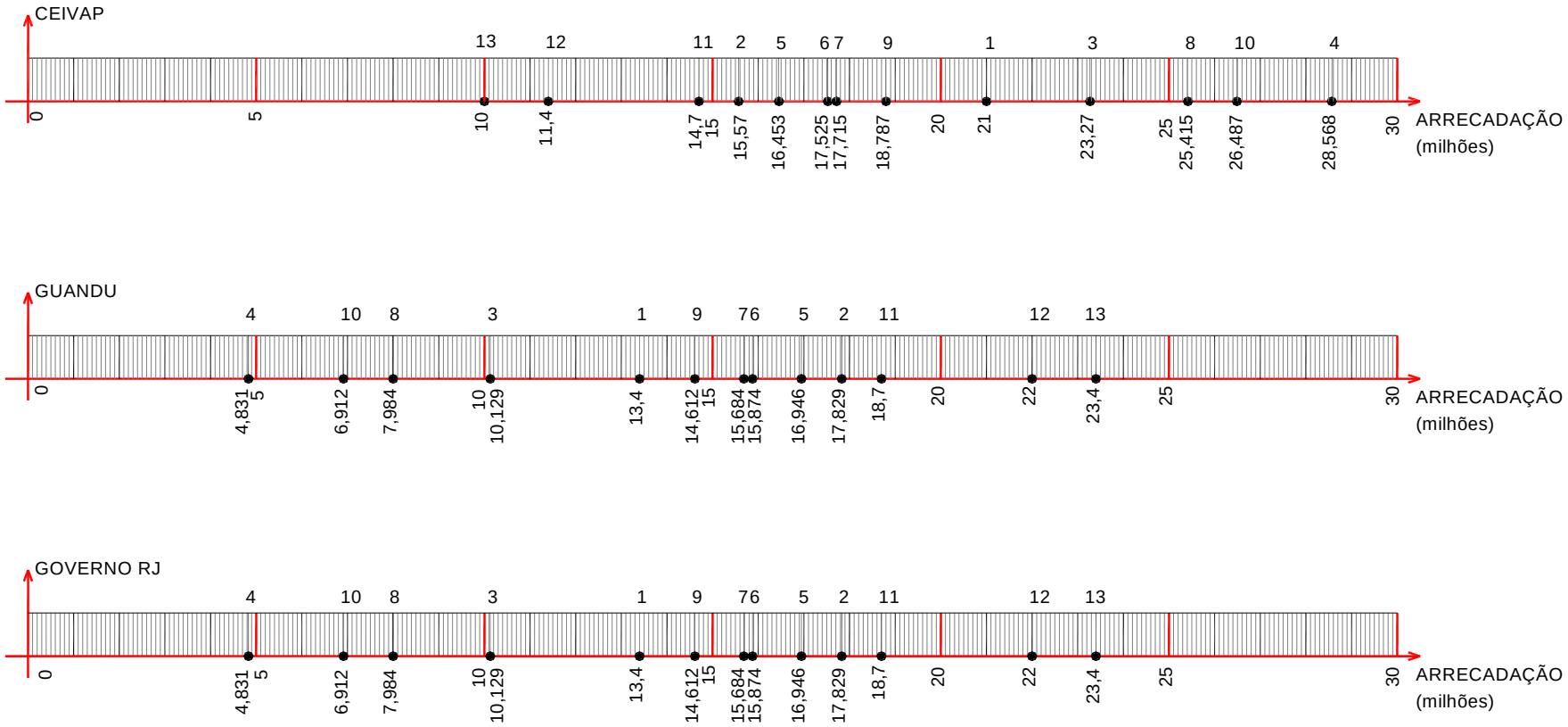


Figura 8.12 – Eixo das alternativas para o cenário 4.

Quadro 8.6 – Matriz *Payoff* ou de Avaliação do conflito.

Critérios	**Pesos**			**Valores das alternativas (varia de acordo com cada cenário)**												
	D1	**D2**	**D3**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
01 – Planejamento	0,150	0,120	0,030													
02 – Gerenciamento	0,025	0,050	0,030													
03 – Sistema de Monitoramento e inf.	0,070	0,110	0,050													
04 – Desenvolvimento Institucional	0,005	0,050	0,140													
05 – Educação Ambiental	0,150	0,120	0,020													
06 – Abastecimento de Água	0,005	0,110	0,080													
07 – Sistema de Coleta e Trat de Esgoto	0,150	0,080	0,040													
08 – Cont. de Poluição Industrial	0,070	0,030	0,040													
09 – Coleta e Dest. De Resíduos Sólidos	0,025	0,060	0,020													
10 – Controle de Enchente e Drenagem	0,005	0,110	0,020													
11 – Recuperação de Áreas degradadas	0,025	0,030	0,010													
12 – Proteção de Mananciais	0,070	0,025	0,010													
13 – Inundação em Santanésia	0,005	0,030	0,150													
14 – Desvio do Rio dos Poços	0,150	0,020	0,120													
15 – Contenção da Intrusão Salina	0,070	0,030	0,180													
16 – Recuperação do Res. De Funil	0,025	0,025	0,060													

8.2.6 Implementação

O quadro 8.6, acima, apresenta a matriz de avaliação ou matriz *payoff*, onde se encontram os pesos dos critérios para cada decisor.

As alternativas têm valores diferenciados para cada cenário, e serão calculadas a partir da função utilidade unicritério, no programa, por esse motivo não foram atribuídos valores para as alternativas na matriz acima. Portanto, cada decisor tem uma matriz *payoff.* O quadro 8.6 foi utilizado para a entrada de dados no programa MACPROL.

Os dados de entrada para o programa MACPROL para o conflito em questão são: número de critérios: 16; número de alternativas: 13; número de decisores: 2 para o cenário 1 e 3 para os cenários 2, 3 e 4; o valor de cada alternativa possível para cada decisor e o valor das alternativas de máximo e mínimo da função utilidade unicritério. Para definição da função utilidade unicritério o programa necessita também da entrada do número de pontos extremos da função, que neste caso adotou-se como sendo 3.

8.2.7 Resultados

Após os dados obtidos, decisores, critérios e alternativas, foi feita a alimentação do programa MACPROL para os 4 cenários simulados. Os resultados da função utilidade geral, calculados a partir da função abaixo, estão apresentados no quadro 8.7.

$$U_j(u_{ijk}; i=1,...,n; k=1,...,l) = 1-\left(\sum_i \sum_k \lambda_{ik}(1.-u_{ijk})^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

Quadro 8.7 – Os valores apresentados no quadro são os resultados da função utilidade geral para cada alternativa para os diversos cenários.

Nº da Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1	0,3900	-0,0733	-0,0905	0,5398
2	0,3863	0,5635	0,5533	0,5894
3	0,2640	-0,1574	-0,1663	0,3693
4	0,0339	-0,3107	-0,4825	-0,0107
5	0,4124	0,4974	0,4872	0,6024
6	0,4200	0,3254	0,3218	0,5981
7	0,4186	0,2846	0,2829	0,5954
8	0,1562	-0,2292	-0,2713	0,2186
9	0,3952	-0,0055	0,0076	0,5650
10	0,1121	-0,2586	-0,3355	0,1432
11	0,3427	0,5618	0,5562	0,5618
12	0,1127	0,4085	0,4098	0,4085
13	-0,0039	0,3307	0,3333	0,3307

Obs.: O arquivo de saída do programa MACPROL, para o cenário 2, se encontra no apêndice V desta tese.

A partir dos resultados obtidos no quadro 8.7 para os 4 cenários, o programa MACPROL hierarquizou as alternativas, a partir de uma ordem crescente do valor da função utilidade geral .

Quadro 8.8 - Resultado ordenado da implementação do modelo

Colocação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1ª	6	2	11	5
2ª	7	11	2	6
3ª	5	5	5	7
4ª	9	12	12	2
5ª	1	13	13	9
6ª	2	6	6	11
7ª	11	7	7	1
8ª	3	9	9	12
9ª	8	1	1	3
10ª	12	3	3	13
11ª	10	8	8	8
12ª	4	10	10	10
13ª	13	4	4	4

OBS.: Para o cenário 1, foi realizada uma simulação para verificação de uma restrição que é verificada em alguns modelos multicritério, ou seja, a retirada de um critério de baixa relevância para o problema, critério com menor peso para os dois decisores, pode sofrer uma alteração do resultado para um mesmo estudo de caso. Dessa simulação, foi obtido o seguinte resultado:

Quadro 8.9 – Comparação entre os resultado obtidos nas simulações 1 e 2 do cenário 1.

ORDEM da 1ª simulação	ORDEM da 2ª simulação	VALOR da 1ª simulação	VALOR da 2ª simulação
6	6	0,4200	0,6221
7	7	0,4186	0,6199
5	5	0,4124	0,6154
9	9	0,3952	0,5895
1	2	0,3900	0,5843
2	1	0,3863	0,5615
11	11	0,3427	0,5289
3	3	0,2640	0,4267
8	8	0,1562	0,3056
12	10	0,1127	0,2470
10	12	0,1121	0,1889
4	4	0,0339	0,1307
13	13	-0,0039	-0,0056

A conclusão com essa simulação é de que, com a retirada do critério de menor peso, a ordenação das alternativas pode alterar para o mesmo estudo de caso, mesmo esse critério sendo considerado irrelevante para o problema de tomada de decisão. Neste caso a ordenação sofreu uma pequena alteração, mudando de posição as alternativas 1 e 2 para os dois cenários.

8.2.8 Discussão dos resultados

O resultado para o cenário 1, em que participam do problema apenas dois decisores, o CBH Guandu e o CEIVAP, a melhor opção seria a 6, onde os dois comitês arrecadam aproximadamente o mesmo valor (R$17.525.824,00 para o CEIVAP e R$15.874.176,00 para o CBH Guandu), porém, nessa alternativa, como nas

alternativas 7 e 5 (2º e 3º lugares respectivamente, em que os valores são também aproximados), existe a transposição de água para o rio Tietê. Essas alternativas são a escolha pela divisão territorial existente hoje, com um comitê federal e outro estadual, porém com um fórum de discussão entre os dois. Essa idéia foi muito defendida pelos integrantes do CBH Guandu e do CEIVAP entrevistados. Essas opções foram as melhores segundo o modelo por apresentarem uma solução de compromisso entre os decisores.

Em quarto lugar está a opção 9. Nessa alternativa o CEIVAP apresenta uma arrecadação um pouco superior à do CBH Guandu (R$18.787.264,00) devido a transposição de 15m^3/s para o rio Tietê com um PPU de R$0,02, além de, receber 15% pela vazão estratégica nessa opção. A divisão territorial também é igual a das opções analisadas anteriormente.

As piores alternativas para este cenário foram a 10, a 4 e a 13 (11º 12º e13º lugares, respectivamente). A alternativa 4 é aquela em que o CBH Guandu mantém muito pouco do valor arrecadado (R$4.831.360) e o CEIVAP (R$28.568.640,00, o valor máximo para este decisor), para a alternativa 10 a análise é semelhante à 4. Estas alternativas são a escolha pela divisão existente hoje, um comitê federal e outro estadual, com a continuação do conflito. Para a alternativa 13, onde consideramos um comitê federal e outro estadual, porém, com a continuidade do conflito, pois esta alternativa é a situação atual do conflito e a pior alternativa para o CEIVAP e é o máximo para o CBH Guandu. Estas três alternativas não oferecem compromisso entre os decisores, e sim o máximo, seja para o decisor 1 ou 2. Portanto a alternativa 13 é a pior alternativa para o CEIVAP e nesse cenário, onde atuam apenas os 2 decisores, ela é a última opção na hierarquização.

A alternativa 1 (única que consideramos uma só unidade hidrográfica, com dois comitês e um fórum de discussão) ficou em 5º lugar, pois, apesar de ser uma solução onde os dois comitês possam discutir, foi considerado que, nesse caso, o mais correto seria o valor arrecadado no Guandu ser dividido igualmente entre os dois comitês e sendo assim a arrecadação do CEIVAP ficou bem superior à do Guandu, não estabelecendo compromisso.

As alternativas 2 e 11, que nos cenários 2 e 3 estão na 1ª e 2ª colocação respectivamente, no cenário 1 essas alternativas estão na 6ª e 7ª colocação respectivamente. A alternativa 2 corresponde a divisão territorial atual com dois comitês e um fórum de discussão entre eles, porém, como a arrecadação do CEIVAP

nessa alternativa não consegue satisfazer a maioria dos critérios (de acordo com a função utilidade unicritério), esta opção não é boa para o mesmo. A análise para a alternativa 11 segue o mesmo raciocínio e, além disso, pertence ao cenário de continuação do conflito.

Nas alternativas 3 e 8 (8ª e 9ª colocações respectivamente) o CEIVAP tem uma arrecadação bem superior à do CBH Guandu e pertence também ao cenário de continuação do conflito.

A alternativa 12 (10ª colocação) é uma opção onda a arrecadação do CEIVAP é muito pequena (não recebe nem os 15% referente à Lei 4.247) e, portanto, também pertence ao cenário de continuação do conflito.

Para os cenários 2 e 3, onde temos um 3º decisor, o governo do Estado do Rio de Janeiro, os resultados foram muito parecidos entre esses dois cenários, só invertendo a 1ª e 2ª colocações, as opções 2 e 11. Porém, com relação ao cenário 1, em que existiam apenas dois decisores, esta ordenação mudou muito, como era de se esperar, pois, foi introduzido um decisor que tem preferências bem próximas das do decisor 2. Portanto, as melhores opções para esses cenários são aquelas em que o decisor 2 consegue manter a maior parte do valor arrecadado na bacia, valor este bem próximo do seu ideal.

Na alternativa 2, foram consideradas 2 bacias, 2 comitês, com um fórum de discussão, no entanto, a alternativa 11 é considerada como a continuação do conflito, pois o CEIVAP não fica satisfeito com os 15%, não sendo esta, portanto, uma solução de compromisso para o problema. Porém a alternativa 11 foi a decisão da reunião do dia 16/09/2005 em Guaratinguetá, de acordo com a DN 53.

A alternativa 6, que fica em 1º lugar para o cenário 1 e em 2ª para o cenário 4, nos cenários 2 e 3 essa fica em 6º lugar, pois para os decisores 2 e 3 esta alternativa não é tão interessante quanto para o CEIVAP.

A alternativa 5 é uma opção que para todos os cenários ela se destaca. Nos cenários 1, 2 e 3 essa ficou em 3º lugar e para o cenário 4 em 1º lugar. Nessa alternativa os comitês recebem valores bem próximos um dos outro (em torno de R$17.000.000,00) e a divisão territorial é duas bacias, 2 comitês (os existente hoje) e com um fórum de discussão entre eles.

A alternativa 13 onde o decisor 2 tem o máximo ficou na 5ª colocação nesses cenários (contra a 12ª e 13ª colocação nos cenários 1 e 4 respectivamente). Nestes cenários (2 e 3), as alternativas 12 e 13 estão na 4ª e 5ª colocação respectivamente, porém, para o cenário 1 elas se apresentam na 10ª e 13ª colocação respectivamente, ou seja, a alternativa 13 que é a pior opção (13ª colocação) para o cenário 1 aparece na 5ª colocação quando o decisor 3 participa do processo de tomada de decisão, pois essa alternativa representa a máxima arrecadação para o decisor 2 – CBH Gaundu.

As piores alternativas para os cenários 2 e 3 são: 8, 10 e 4 (11ª, 12ª e 13ª colocações), ou seja, são as alternativas onde o decisor 1 (CEIVAP) mantém os maiores valores, acima de R$25.000.000,00, opção nem um pouco atrativa para os dois outros decisores, e, portanto, não é uma solução de compromisso para nenhum cenário.

No cenário 4, para o decisor 3, ele só se satisfaz com o valor da arrecadação do decisor 2 acima de R$18.700.000,00. As primeiras colocações (de 1ª a 3ª) são aproximadamente semelhantes ao cenário 1, se revezando entre as três 1ªs colocações, as alternativas 5, 6 e 7. Nas demais alternativas, existe uma grande diferença na ordenação entre os dois cenários (1 e 4). Também se comparado com os cenários 2 e 3, o cenário 4 apresenta grande diferença, só coincidindo o resultado ordenado das 3 últimas colocações.

Nas últimas colocações 11ª, 12ª e 13ª estão as alternativas 8, 10 e 4 respectivamente, ou seja, a mesma ordenação dos cenários 2 e 3, alternativas nas quais o CEIVAP tem arrecadação maior que R$25.000.000,00, e esta não seria uma solução de compromisso entre os decisores.

Porém, a função utilidade unicritério do decisor 3 utilizada para o cenário 4 demonstrou maior compromisso entre os 3 decisores do que nos cenários 2 e 3, pois os melhores resultados foram aproximadamente igual aos do cenário 1, com destaque para a alternativa 5, considerada aqui neste estudo como uma das melhores opções para a solução do conflito. No entanto, essa opção (como a 6 e a 7) contemplam a transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para o rio Tietê, sendo, portanto, estas opções não ideais do ponto de vista de gestão entre as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu, com diminuição da vazão para o rio Guandu e/ou para jusante de Santa Cecília.

A alternativa 4 é a pior para 3 cenários, 2, 3 e 4, onde há participação do decisor 3 (Governo do Estado do rio de Janeiro). Essa alternativa é aquela em que o CEIVAP

fica com a maior arrecadação (85% da arrecadação do CBH Guandu) e o CBH Guandu tem a menor arrecadação R$4.831.360,00. Portanto, esta não é uma solução de compromisso entre os decisores. As alternativas 8 e 10 também se encontram entre as três últimas colocações nos três cenários e a análise dessas alternativas são equivalentes à alternativa 4 para os decisores 2 e 3.

A 2ª simulação feita para o cenário 1 foi para verificação do modelo quanto à validade de seu uso. Retiramos o critério de menor peso, ou seja, aquele que consideramos irrelevante para o estudo de caso. Após a retirada do critério menos relevante a ordenação das alternativas alterou muito pouco, como podemos verificar no quadro 8.9, alterando de posição as alternativas 1 e 2 na 5ª e 6ª posições. As demais alternativas mantiveram suas posições, demonstrando, assim, uma certa consistência dos dados e do programa utilizados.

9 Conclusões e Recomendações

Falar sobre conflito em recursos hídricos, hoje, ainda é muito precoce, pois a definição de um conflito para a grande maioria é de luta, combate, e ainda não existe no Brasil guerras declaradas por causa da água, e, portanto os conflitos não são estabelecidos.

Mas existe um conflito silencioso pelo uso da água, a disputa pelo domínio da água, disputa pelos recursos da cobrança pelo uso da água, pela aplicação destes recursos, pelos critérios estabelecidos pela Lei 9.433 para os diversos instrumentos desta, ou seja, conflitos que o homem ignora ou finge ignorar para assim postergar a sua solução. Enquanto estes conflitos não se instalarem e forem reconhecidos, o problema se arrastará até que uma situação de escassez grave, que comprometa os vários usos da água se estabeleça.

Portanto uma das dificuldades de se elaborar este trabalho foi a interpretação equivocada de conflito pelos atores envolvidos no processo, pois em pesquisa, foram entrevistados alguns componentes dos comitês e órgãos responsáveis pela operação do Sistema LIGHT que ignoraram a existência de conflito entre as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu.

Um dos objetivos desta tese era a interação com os decisores do processo de tomada de decisão, com a distribuição de um questionário (enviado por e-mail, ou entregue pessoalmente) para que os decisores pudessem atribuir peso aos critérios, mas não houve o retorno esperado por parte destes decisores. Dos 40 questionários enviados, somente 3 retornaram. Portanto, não foi possível estabelecer os pesos aos critérios estatisticamente, o que seria ideal para a avaliação final dos resultados.

A dificuldade de se obter respostas ao questionário em um conflito em curso e complexo como o da cobrança pela transposição entre as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu, pode ser interpretado como um temor por parte dos decisores, da interferência de um estudo que possa alterar o rumo da discussão e conseqüentemente o resultado do conflito.

No entanto, para a elaboração do estudo de caso e aplicação do modelo, a participação nas reuniões do CEIVAP, com consulta posterior das atas, reuniões do CBH Guandu, das reuniões do Grupo de trabalho para elaboração de uma deliberação normativa sobre a cobrança pela transposição, e reuniões do Grupo de Monitoramento

dos Reservatórios do Sistema Hidráulico do Paraíba do Sul, permitiu assim seguir parte da metodologia da tese.

Portanto a consulta aos decisores pode ser um dos problemas a ser enfrentado pela metodologia proposta nesta tese, necessitando de uma abordagem mais precisa para solução desta questão.

Apesar do problema exposto anteriormente, a aplicação do modelo foi satisfatória quanto a um dos objetivos que foi proposto, a solução de compromisso alcançada pelos decisores em todos os cenários, mesmo nos cenários 2 e 3, pois com a existência de dois decisores com os mesmos propósitos, a tendência era de que a solução de compromisso tendesse a ambos.

Comparando com o resultado obtido na reunião em Guaratinguetá, onde a DN CEIVAP nº 53 foi aprovada com o repasse de 15% da arrecadação para o CEIVAP, obtivemos nos cenários 2 e 3 na alternativa 11 (2ª e 1ª colocação respectivamente), este resultado como uma solução de compromisso, porém este resultado, como ficou claro na reunião de Guaratinguetá não satisfez ao CEIVAP persistindo o conflito.

Portanto, só quando há participação do governo do estado do RJ na discussão e este comunga das mesmas idéias do CBH Guandu, o conflito continua, se a o processo de decisão levar em consideração apenas os dois comitês, como decisores, o resultado pode ser uma solução de compromisso entre estes dois e pode mitigar o conflito.

Porém, no conflito real houve a participação do Governo do Estado do RJ através da SERLA, e da criação da Lei Estadual 4.247, que obstruiu a discussão entre os comitês (grupo de trabalho), quando estabeleceu que seria repassado ao CEIVAP 15% do valor arrecadado pela cobrança na bacia do rio Guandu.

Na simulação realizada para verificação do comportamento do modelo, para o cenário 1, simulação 1 e 2, mostrou que o MACPROL responde bem ao problema quando são realizadas alterações no número de critérios adotados inicialmente, não alterando a ordenação significativamente, por exemplo, quando é retirado algum critério que é considerado irrelevante para o problema. Ainda assim, uma recomendação e proposta para um novo estudo é de aprofundar neste assunto, ou seja, a tentativa de solução deste problema através de um algoritmo capaz de responder com maior precisão a uma pequena alteração na entrada de dados do modelo.

Foi realizada também, uma análise de consistência dos resultados, alterando alguns dados de entrada (peso dos critérios) verificando o comportamento destes resultados. Nessa análise também, o MACPROL respondeu bem à verificação.

Outra recomendação é a de se utilizar a metodologia completa proposta nesta tese, em um conflito histórico de gerenciamento de recursos hídricos, para a verificação da eficácia desta metodologia e do modelo utilizado. Outra aplicação em um conflito em curso também é recomendável.

A elaboração de uma versão do programa MACPROL com interface gráfica com o Windows, também é uma proposta para um estudo futuro.

Concluímos que é possível a utilização dos modelos baseados na análise multicritério para a análise de conflito em recursos hídricos, com a responsabilidade de se buscar conhecer bem os decisores, o problema a modelar, estabelecendo os critérios com precisão quando quantitativos e com sensatez quando qualitativos, e elegendo as alternativas possíveis para a solução do conflito.

O Modelo MACPROL pode ser utilizado também para outros problemas, como a seleção de uma melhor alternativa em um problema de tomada de decisão.

Este tipo de modelo será útil no futuro, quando o homem reconhecer os princípios do gerenciamento de recursos hídricos e buscar soluções que atendam a todos e não privilegie a ninguém ou nenhum grupo, e aceitar sentar à mesa para discutir todos os critérios relevantes ao problema estabelecendo assim uma solução de compromisso.

Em resumo, esta investigação acerca das potencialidades do uso de modelos de conflito em Gestão de Recursos Hídricos mostra que com o modelo MACPROL é possível identificar e generalizar características importantes de problemas de recursos hídricos no Brasil.

Referências Bibliográficas

AL-ZU'BI, Y. A. e AL-KHARABSHEH, A., 2003, "Multicriteria Analysis for Water Productivity in the Jordan Valley", *Water International,* V. 28, n. 4, Dec, pp 501– 511.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000, "Informações sobre o pagamento pelo uso dos recursos hídricos pelo setor elétrico na bacia do rio Paraíba do Sul: questões encaminhadas pelo CEIVAP". *Nota Técnica nº 133/2000*, SIH/ANEEL, Brasília.

BANA E COSTA, C. A. e PIRLOT, M., 1996, "Thougths on the Future of the Multicriteria Field: basic convictions and outline for a general methodology", LAB/MCDA/PPEP/UFSC, Florianópolis, 5 p.. (não publicado).

BANA E COSTA, C. A., 1992, Structuration, Construction et Exploitation d'un Modéle Multicritère d'Áide à la Décision, Dissertação apresentada no Curso "Ambiente: Fundamentalismos e Pragmatismos", Seminário Pedro Nunes, Convento da Arrábida.

BANA E COSTA, C. A., 1988, "Introdução Geral às Abordagens Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão", *Investigação Operacional*, v. 8(1), pp. 117-139.

BARBOSA, P. S. F., 2002, "Modelos de Programação Linear em Recursos Hídricos". In: Porto, R. L L. (eds), *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*. 2ª ed., Capítulo 3, Porto Alegre, RS, Brasil, Ed. UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

BARTH, F. T., 1996, "A recente experiência brasileira de gerenciamento de recursos hídricos" *Cadernos Fundap/Fundação do Desenvolvimento Administrativo: Política ambiental e gestão dos recursos naturais,* v. 20, pp 59-75.

BASTOS, M. L. L., 2000, "Auxílio Multicritério à Decisão da Teoria à Prática". In: *XXXII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Anais. Pp. 444 – 459, Viçosa.

BATISTA, J. J., 1998, "Impactos da extração de areia em rios do Estado do Rio de Janeiro", SEMA/GTZ. 3ª ed., pp. 10-15.

BRAGA Jr., B. P. F., GOBETTI, L., 1997, "Análise Multiobjetivo" In: Porto, R. L L. (eds), *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*. 2ª ed., Capítulo 7, Porto Alegre, RS, Brasil, Ed. UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

BRAGA Jr., B. P. F., 2002, "Redefinindo Prioridades no Uso da Água. A Crise

Energética e os Conflitos de Uso da Água no Brasil". *Gazeta Mercantil*, 5 fev, São Paulo.

BRAGA Jr., B. P. F., 1987, "Técnicas de Otimização e Simulação Aplicadas em Sistemas de Recursos Hídricos". In: Porto, R. L L., Sant'ana, R. F., Damázio, J. M. (eds), *Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos*, 1 ed., capítulo 5, São Paulo, SP, Brasil, Nobel/ABRH.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria dos Recursos Hídricos. "Lei 9.984, de 17 de julho de 2000". C*ria a Agência Nacional de Água*. Brasília. 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria dos Recursos Hídricos. "Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997". Institui a *Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o* Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília. 1997.

BRASIL. "Constituição da República Federativa do Brasil", 1988. São Paulo: Rideel, 1996, 283 p..

_____. Ministério do Planejamento e Orçamento. "Política Nacional de Saneamento 1995/1999". Brasília: Secretaria de Política Urbana. 1995a.

_____. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. "Lei 6.938 de 1981. Institui a Política Nacional de Meio Ambiente", Brasília. 1981.

_____. Ministério do Meio Ambiente. "Código Florestal", Brasília, 1965.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) – Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934, que institui o Código de Águas. 1934.

CAMPOS, J. D e AZEVEDO, J. P. S., 2005, "Subsídios para a Cobrança pelo Uso da Água dos Usuários na Bacia do Rio Guandu, Beneficiários das Transposições da Bacia do Rio Paraíba do Sul" - *Relatório FURNAS*.

CAMPOS, J. D., 2001, *Cobrança pelo Uso da Água nas Transposições da Bacia do Rio Paraíba do Sul Envolvendo o Setor Elétrico.* Dissertação, Instituto de Pós Graduação e Pesquisa em Engenharia da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CAVALCANTI, S. B., 1994, "Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente: medidas institucionais no Brasil no contexto da reforma do Estado". *Revista de Administração Pública*, v. 28, n.3, jul/set.

CEIVAP – Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **"**Programa de investimentos para a gestão integrada e recuperação ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul: relatório executivo", PQA/SEPURB/MPO, SRH/MMA, ANEEL, BIRD, SEMADS-RJ, SEMAD-MG, SRHSO-SP, SMA-SP, Resende: jul. 1999.

CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP. "Macroplano de gestão e saneamento da bacia da baía de Sepetiba". In: Relatório R-8, Estudos de Base, Rio de Janeiro: SEMA/PNMA. 1998.

_____. In: Relatório R-5, TOMO I, Volume 1, Caracterização e Diagnóstico dos Componentes Físicos da Bacia da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ, SEMA/PNMA. 1998.

CONSÓRCIO ICF KAISER-LOGOS. **"**Programa estadual de investimentos da bacia do rio Paraíba do Sul – SP; Projeto qualidade das águas e controle da poluição hídrica (PQA)". São Paulo: SRHSO-SEPURB/MPO-BIRD-PNUD. 1999.

COOPERAÇÃO França-Brasil – Relatório: "Implantação da Agência Técnica e Diagnóstico da Bacia", 1993.

CRESPO, S., 1997a, *Rio: cidade das águas (Guia do professor)*. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos da Religião (ISER).

CYNAMON, S. E. et al., 1992, "Saneamento e saúde ambiental no Brasil". In: LEAL, M. do C.; et al. (orgs). *Saúde, Ambiente e Desenvolvimento*, v. 2 pp. 153-170. São Paulo: HUCITEC; Rio de Janeiro: ABRASCO.

DAMÁZIO, J. M.; MARIËN, J. L.; COSTA, F. DA S., 1997, "Notas para construção do Modelo CONSENSUS".

DAMÁZIO, J. M.; MARIËN, J. L.; COSTA, F. DA S., 1997, "Obtenção de Soluções de Compromisso no Planejamento do Desenvolvimento do Potencial Hidroelétrico de Grandes Bacias". In: *XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. ABRH, Vitória, ES.

ELETROBRAS/GCPS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **"**Plano decenal de expansão 2000/2009". Rio de Janeiro: ELETROBRAS/GCPS**.** 1999.

ELETROBRAS/GCPS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **"**Plano Decenal de Expansão de 2015". Rio de Janeiro: ELETROBRAS/GCPS. 1993.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. e PENG X. J., "Conflict Analysis Group".

Disponível: http://www.systems.uwaterloo.ca/Research/CAG/gmcrII_lite/index.html acesso em 10/12/2005.

FANG, L., HIPEL, K. W. e KILGOUR, M., 1993, *Interactive Decision Making*. 10 ed., New York, USA, Copyright.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. (FURNAS) – "Informações sobre os Principais Usuários na Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco".

GASS, S. I., 1969, *Linear Programming - Methods and Applications.* 3ª edição, Tokyo, Mcgraw-Hill Book Company.

GERSHON, M. e DUCKSTEIN, L., 1983, "Multiobjective Approaches to River Basin Planning". *Journal of Water Planning and Management*, jan, v. 109, pp. 13-28.

GETIRANA A. C. V.; MALTA, V. F.; MAGALHÃES, P. C. de e AZEVEDO, J. P. S., 2005, "Processo Decisório em Conflitos pelo Uso da Água Através de Técnicas de Otimização e Teoria dos Jogos". In: *XVI Simpósio de Recursos Hídricos*. ABRH, João Pessoa, PB, Nov.

GODARD, O., 1997, "A gestão integrada dos recursos naturais e do meio ambiente: conceitos, instituições e desafios de legitimação". In: VIEIRA, P.F.; WEBER, J. *Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental.* pp. 201-266. São Paulo: Cortez.

GOMES, P. M. L.; THOMAS, F. R.; CALHMAN, O. K. B., 2002, "Alternativas para a Melhoria da Qualidade da Água junto à Captação da CEDAE no Rio Guandu". In: *Seminário da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu – Problemas e Soluções*. Seropédica, RJ. CD-room.

HOWARD, N., 1971, *Paradoxes of Rationality*. Cambridge, MA, MIT Press.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 1991: resultados preliminares.* Rio de Janeiro. 1992.

_____. *Anuário Estatístico de 1996*, Rio de Janeiro, RJ, 1998.

_____. *Anuário Estatístico de 2001*.

KARAMOUZ, M.; ZAHRAIE, B. and KERACHIAN, R., 2003, "Development of a Master Plan for Water Pollution Control Using MCDM Techniques: A Case Study". *Water International,* V. 28, n. 4, Dec, pp. 478 – 490,.

KEENEY, R.L., 1982, “Decision analysis: an overview”. *Operations Research*, Baltimore, v. 30, n. 5, p. 803-837.

KELMAN, J., 2003, “Informação: Água: mais Eficácia e mais Transparência”. *Eco 21*, Rio de Janeiro, ano XIII, edição 84.

KELMAN, J., 2001, “A quem pertence a água armazenada nos reservatórios?” *Gazeta Mercantil*, 19 fev, São Paulo.

KELMAN, J. et al., 1999, “Hidreletricidade”. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados/USP, Escrituras Editora e Distribuidora de Livros, p.371-418.

KELMAN, J., 1997, “Gerenciamento de recursos hídricos - parte I: outorga”. In: *XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. ABRH, Vitória, ES.

KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W.; XIAOYONG, J. P and FANG, L., 2001, “Coalition Analysis in Group Decision Support”. *Group Decision and Negotiation,* n.10, pp159-175.

KOOPMANS, T. C., 1951, “Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics”, Monografh nº 13, Wiley, New York.

KORHONEM, P.; MOSKOWITZ, H. E; WALLENIUS, J., 1992, “Multiple criteria decision support – A review”. *European Journal of Operational Research*, v. 63, pp.361-375.

LABHID/COPPE/UFRJ - Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002a, *Plano de recursos hídricos do Paraíba do Sul*, Rio de Janeiro, RJ.

LABHID/COPPE/UFRJ - Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000, *Projeto preparatório para o gerenciamento dos recursos hídricos do Paraíba do Sul: relatório final,* Rio de Janeiro: SRH/MMA-CEIVAP-BIRD/Governo do Japão, UNESCO.

_____. 1999, *Programa estadual de investimentos da bacia do rio Paraíba do Sul – RJ; Projeto qualidade das águas e controle da poluição hídrica (PQA).* Rio de Janeiro, SEMA-SEPURB/MPO-BIRD-PNUD.

_____. 1997, *Programa estadual de investimentos da bacia do rio Paraíba do Sul – RJ; Reservatório de Funil: (Relatório: PS-RE-24-R1),* Rio de Janeiro, SEMA-SEPURB/MPO-BIRD-PNUD.

_____.1997, *Programa estadual de investimentos da bacia do rio Paraíba do Sul – RJ; Operação dos Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul e Sistema Light: (Relatório PS-RE-22-R0),* Rio de Janeiro, SEMA-SEPURB/MPO-BIRD-PNUD.

_____. 1999, *Programa estadual de investimentos da bacia do rio Paraíba do Sul – RJ; Estudos Econômicos para Hierarquização das Intervenções Estruturais: (Relatório: PS-RE-68-R1),* Rio de Janeiro, SEMA-SEPURB/MPO-BIRD-PNUD.

LANNA, A. E. L., 1995, *Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos.* Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

LEIS, H. R.; D'AMATO, J. L., 1995, "O ambientalismo como movimento vital: análise de suas dimensões histórica, ética e vivencial". In: CAVALCANTI, C. (org.), *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.* São Paulo, Cortez; Recife, Fundação Joaquim Nabuco, pp.77-103.

LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A., 1996, *Controle de cheias no rio Piraí: aspectos operacionais e ambientais,* Rio de Janeiro: Diretoria Executiva de Geração/Superintendência de Usinas.

_____. 2001, *Disponibilidade de água no rio Guandu.* Reunião Técnica sobre Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco, Seropédica: SERLA/SEMADS- UFRRJ.

MADLENER, R.; e STAGL, S., 2005, "Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation". *Ecological Economics*, Amsterdam, Netherlands, v. 53 (2): pp.147-167.

MAGALHÃES Jr.; A. P., 1997, "Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: Os Riscos das "Manchas" Territoriais de Desinformação – O Caso de São Gonçalo do Sapucaí (Sul de Minas Gerais)", *A Água em Revista*, Rio de Janeiro, RJ. Ano V, nº 9, pág 14.

MAGALHÃES, P. C. e CAMPOS, J. D., 2003, "A Crise das Águas", *O Globo*, Rio de Janeiro, RJ, 29 jul.

MAGRINI, A., 1992, Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental. O caso das Usinas Hidrelétricas. D.Sc., tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPEAD, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MALTA, V. de F.; DAMAZIO, J. M. e MAGALHÃES, P. C., 2005, "Use of the Graph Model for Conflict Resolution in Water Resources Problems in Brazil". Ïn: *Third International Conference on Water Resources Management,* Organized by Wessex Institute of Technology, UK and University of Coimbra, PT, WITPRESS, Southampton, UK.

MALTA, V. de F.; DAMAZIO, J. M. e AZEVEDO, J. P. S., 2004, "A Utilização de Métodos Multicriteriais para a Análise do Conflito do Sistema Lima Campos/Orós". In: *VII Simpósio do Nordeste sobre Recursos Hídricos,* Associação Brasileira de Recursos Hídricos, São Luiz, MA.

MALTA, V. F., 2000, *Aplicação do Modelo Grafo de Solução de Conflitos em Problemas de Recursos Hídricos no Brasil*, Dissertação, Instituto de Pós Graduação e Pesquisa em Engenharia da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

MATZENAUER, H. B., 2004, "Aplicação de um Modelo Multicritério Construtivista como Ferramenta de Auxílio para a Tomada de Decisão no Âmbito dos Comitês de Baica Hidrográfica". In: *VII Simpósio do Nordeste sobre Recursos Hídricos*, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, São Luiz, MA.

MOTTA, P. R., 1994, "Participação e Descentralização Administrativa: lições de experiências brasileiras". *Revista de Administração Pública*, v. 28, nº3, jul/set.

NASH, R. F., 1989, *The rightd of nature. A history of environmental ethics.* London, University of Wisconsin Press.

OMM/UNESCO. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA, 1997, *Hay suficiente agua en el mundo?* 22p.

OTTONI, A. B.; OTTONI NETTO, T. B., 2002, "O Desenvolvimento Sustentável da Bacia do Guandu". In: *SEMINÁRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU – PROBLEMAS E SOLUÇÕES*, Seropédica, RJ, CD-room.

PARDALOS, P. M., SISKOS, Y. E., ZOPOUNIDIS, C., 1995, "Advances in Multicriteria Analysis. (Nonconvex optimization and its Applications)", Vol. 5, Kluwer Academic Publishers.

POPULATION REFERENCE BUREAU, 1999, “La dinámica entre la población y el medio ambiente”, In: Demanboro, A.C. e Mariotoni, C.A., O conceito de escala e o desenvolvimento sustentável, implicações sobre os recursos hídricos e energéticos. *Revista Brasileira de Energia*, v. 7, nº 2, Rio de Janeiro.

PORTO, R. L. L.; AZEVEDO, L. G. T., 2002, “Sistema de Suporte a Decisões Aplicados a Problema de Recursos Hídricos” -In: Porto, R. L L. *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*. 2ª ed., Capítulo 1, Porto Alegre, RS, Brasil, Ed. UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

PROGRAMA ZEE do Estado do Rio de Janeiro – *Baía de Sepetiba*. Disponível em CD- room.

PROJETO MARCA D’ÁGUA, 2003, “Seguindo as Mudanças na Gestão das Bacias Hidrográficas do Brasil – Retrato 3x4 das Bacias Pesquisadas”, FINATEC, UNB, Brasília, DF.

RIO DE JANEIRO, Lei 4.247 de 16 de dezembro de 2003, *que dispõe sobre a Cobrança pela utilização dos Recursos Hídricos de Domínio de Estado do rio de Janeiro.*

ROY, B., 1993, “Decision science or decision-aid science?” *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 66, pp. 184-203.

ROY, B., 1985, Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Paris, Economica, 423 p.

SENA, L. B. R. de, 1997, “Proteção e recuperação de mananciais: uma nova política”. In: XII *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, *Bases Técnicas para a Implementação dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos*. Vitória, ES.

SHERALI, H. O. and SOYSTER, A. L., 1982, “Preemptiver and Nonpreemptive Multiobjective Programming: Relation Ships and Counter – Examples”, In: *Journal of Optimization Theory and Applications*.

SILVA, E. R., 1998, O Curso da Água na História: Simbologia, Moralidade e a Gestão de Recursos Hídricos. Tese, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ.

SINGER, P., 1994, *Ética prática.* São Paulo, Martins Fontes.

SOFFIATI, Aristides. Os Perigos das Transposições de Bacias, Disponível na página: http://www.estacaovida.org.br . Acesso em 11/12/2003.

STUDART, T. M. C. *et al*., 1997, "A alocação e o uso dos recursos hídricos no Ceará". In: *XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bases Técnicas para a Implementação dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos*, Vitória, ES.

SZIDAROVSKY , F., GERSHON, M. E., 1986, "Techniques for Multiobjective Decisison Making in Systems Management", v. 2, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, Ed. Elsevier.

THE DUBLÍN STATEMENT., 1992, *International Conferencia on Water and Environment,* Dublin, Ireland.

THOMAS, V., 2003, "O desafio da água"**,** *O Globo*, 24 de março .

TUCCI, C.E. M.; et al., 2000, *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*, São Paulo, Signus.

TUNDISI, J. G., 2003, *A Água no Século XXI – Enfrentando a Escassez.* São Carlos, SP, Ed. Rima, 248 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA. 2004 *Normas para elaboração, apresentação gráfica e defesa de teses de M.Sc. e D.Sc.***,** 3ª ed, Rio de Janeiro, UFRJ/ COPPE.

VEIGA DA CUNHA, L.; GONÇALVES, A. S.; FIGUEIREDO, V. A. e LINO, M., 1980, *A Gestão da Água: Princípios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal*, Lisboa, Fundação Gulbenkian.

VINCKE, P., 1989, *Decision Aid*, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, Ed. John Willey & Sons Ltd.

VINCKE, P., 1992, *Multicriteria Decision Aid*, Baffins Lane, John Willey & Sons Ltd.

VINZON, S. B., 2002, "Dinâmica da Intrusão Salina no Canal de São Francisco". In: *Seminário da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu – Problemas e Soluções*, Seropédica, RJ, CD-room.

VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, E O., 1944, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, NJ, Princeton University Press.

YOUNG, M. C. F., 1999, "Considerações sobre a Implementação da Nova Política de Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro". E*scola Nacional de Ciências*

Estatísticas, ENCE/IBGE.

ZELENY, M., 1982, *Multiple Criteria Decision Making*, New York, McGraw-Hill.

ZUFFO, A. C., 2002, *Notas de Aula: Disciplina Tópicos sobre Hidrologia I.* Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, SP.

ZUFFO, A. C., 2002, "Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Editora ABRH, RS.

ZUFFO, A. C., 1998, "Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos". Tese, EESC, USP, São Carlos, SP.

APÊNDICE I

Algoritmo do Programa MACPROL

```
      program MACPROL
c
c     ************************************************************
c     *                 Este programa hierarquiza as             *
c     *                                                          *
c     *            possíveis soluções para um problema de        *
c     *                                                          *
c     *                       tomada de decisão                  *
c     ************************************************************
c
c     Lista de variáveis
c
c     alt..........alternativa
c     nalt.........número de alternativas
c     ncrit........número de critérios
c     ndec.........número de decisores
c     w............peso atribuído aos critérios
c     p............parâmetro que varia de 1 a infinito
c     pinv.........inversa de p
c     U............Função utilidade geral
c     sum..........variável auxiliar
c     valalt.......valor da alternativa (ndec:nalt)
c     valape.......Valores de Alt (Valalt) nos pontos extremos
c     valupe.......Valores da função utilidade unicritério nos
c     pontos  extremos
c     npe..........número de pontos extremos
c     ntsp.........número de trechos até a satisfação plena
c     valuu........função utilidade unicritério
c
c
c     Declaração das variáveis
c
      implicit real(a-h,o-z)
c
      real*8 valuu [allocatable](:,:,:)
      real*8 valape[allocatable](:,:,:)
      real*8 valupe[allocatable](:,:,:)
      real*8 peso  [allocatable](:,:)
      real*8 valalt[allocatable](:,:)
      real*8 U     [allocatable](:)
c
c     Abertura de arquivos
c
      open(1,file = 'cenario1.txt')
      open(2,file = 'cenario1out.txt')
c
      write(2,5)
    5 format(2x, 'PROGRAM MACPROL',/)
c
c     Leitura de variáveis
c
      read(1,*)nalt,ncrit,ndec,npe
      write(2,6)nalt,ncrit,ndec,npe
    6 format(/,2X,'PARAMETROS DO PROBLEMA',//,
     *         2X,'NUMERO DE ALTERNATIVAS  ',2x,I2,/,
     *         2X,'NUMERO DE CRITERIOS     ',2x,I2,/,
```

```
     *         2X,'NUMERO DE DECISORES     ',2x,I2,/,
     *         2X,'NUMERO DE PTOS. EXTREMOS',2x,I2,/)
c
      ntsp=npe-1
      ntrecho=npe
c
      allocate(valuu(ndec,ncrit,nalt))
      allocate(valape(ndec,ncrit,ntsp))
      allocate(valupe(ndec,ncrit,ntsp))
      allocate(peso(ndec,ncrit))
      allocate(valalt(ndec,nalt))
      allocate(U(nalt))
c
c     Leitura dos dados de entrada
c
      call inp (ntrecho,nstp,nalt,ncrit,ndec,npe,valalt,peso,
     *valape,valupe)
c
c     Montagem da matriz função utilidade unicritério
c
      call matrix (ndec,nalt,ncrit,npe,valuu,valape,valupe,
     *valalt,ntsp)
c
c     Cálculo da função utilidade geral
c
      call calculo(nalt,ncrit,ndec,peso,valuu,U)
c
c     Ordenação das alternativas
c
      call rank (nalt,U)
c
      close(1)
      close(2)
c
      stop
      end
c
c     ************************************************************
c
c     Subrotina para leitura do arquivo de entrada
c
      Subroutine inp (ntrecho,ntsp,nalt,ncrit,ndec,npe,valalt,
     *peso,valape,valupe)
c
c     use dflib
c
      implicit real(a-h,o-z)
c
      integer nalt,ncrit,ndec
      real*8  peso(ndec,*),valalt(ndec,*),val1,val2,mult
      real*8  valape(ndec,ncrit,*),valupe(ndec,ncrit,*)
c
c     Leitura do vetor dos pesos associados aos critérios
c
      somat=0.
      do i=1,ndec
```

```
          sum=0.
          do k=1,ncrit
             read(1,*)peso(i,k)
             sum=sum + peso(i,k)
          end do
          somat=somat + sum
       end do
c
       write(2,7)
    7  format(/,2X,'PESOS DOS CRITERIOS EM FUNCAO DOS
     *DECISORES',//,2X,'DECISOR',15X,'PESOS DOS CRITERIOS ',/)
c
c     Para o caso do somatorio dos pesos relacionados aos
c     decisores for maior que 1, faz-se uma distribuicao linear
c     para todos os pesos
c
       if((somat.gt.1.).or.(somat.lt.1.))then
          mult=1./somat
         do i=1,ndec
             do k=1,ncrit
               peso(i,k)=peso(i,k)*mult
             end do
          end do
       end if
c
       do i=1,ndec
          write(2,2)i,(peso(i,k),k=1,ncrit)
    2     format(2X,I3,5X,//,5(5X,F10.4))
       end do
c
c     Leitura do valor das alternativas dos decisores
c
       write(2,9)
    9  format(//,2X,'VALOR DAS ALTERNATIVAS',/)
       do k=1,ndec
          write(2,10)k
   10     format(/,2x,'DECISOR',I2,/)
          read(1,*)(valalt(k,j),j=1,nalt)
          write(2,11)(valalt(k,j),j=1,nalt)
   11     format(2X,6E12.5)
       end do
c
c     Leitura dos pontos extremos
c
      val1=1.
       val2=-1.
       write(2,12)
   12  format(//,2x,'VALORES DOS PONTOS EXTREMOS',//,2X,
     *'VALOR MAX.',3X,'VALOR MIN.',3X,'FUU MAX.',2X,'FUU
     *MIN.',/)
       do k=1,ndec
          do i=1,ncrit
          Read(1,*)(Valape(k,i,l),l=1,ntsp),(Valupe(k,i,l),
     *l=1,ntsp)
          write(2,13)(Valape(k,i,l),l=1,ntsp),(Valupe(k,i,l),
     *l=1,ntsp)
```

```
  13    format(/,2x,E10.5,2X,E10.5,5x,F5.2,4x,F5.2)
        end do
      end do
c
      return
      end
c
c     ***********************************************************
c
c     Subrotina para o cálculo da matriz função utilidade
c                        unicritério
c
      subroutine matrix (ndec,nalt,ncrit,npe,valuu,valape,valupe,
     *valalt,ntsp)
c
      implicit real(a-h,o-z)
c
      integer ndec,nalt,ncrit,npe,ntsp
      real*8  valuu(ndec,ncrit,*),valape(ndec,ncrit,*)
      real*8  valupe(ndec,ncrit,*),valalt(ndec,*),deltau
c
      real*8  aux[allocatable](:,:)
c
      allocate(aux(ncrit,nalt))
c
c     Montagem da Matriz Utilidade
c
      write(2,5)
   5  format(//,2X,'MATRIZ FUNCAO UTILIDADE UNICRITERIO',/)
      do k=1,ndec
         write(2,6)k
   6     format(/,2x,'DECISOR:',I2,/)
         do i=1,ncrit
            ap=valape(k,i,ntsp-1)
            af=valape(k,i,ntsp)
            up=valupe(k,i,ntsp-1)
            uf=valupe(k,i,ntsp)
            do j=1,nalt
               tg=(uf - up)/(af - ap)
               deltau=(valalt(k,j) - ap)*tg
               valuu(k,i,j)= up + deltau
               aux(i,j)=valuu(k,i,j)
               valaux=valuu(k,i,j)
c
               if (valaux.gt.1.) then
                   valuu(k,i,j)=1.
                    aux(i,j)=valuu(k,i,j)
               else if (valaux.lt.-1.) then
                    valuu(k,i,j)=-1.
                    aux(i,j)=valuu(k,i,j)
               end if
c
            end do
         end do
         call impmat(ncrit,nalt,aux)
      end do
```

```
c
      deallocate(aux)
c
      return
      end
c
c     ************************************************************
c
c     Subrotina para cálculo da função utilidade geral
c
      subroutine calculo (nalt,ncrit,ndec,w,valuu,U)
c
      implicit real(a-h,o-z)
c
      integer nalt,ncrit,ndec,p
      real*8  valuu(ndec,ncrit,*),w(ndec,*),U(*)
c
c     Função utilidade geral
c
      p=2
      do j=1,nalt
         sum=0.
         do k=1,ncrit
            do i=1,ndec
                 sum=sum + w(i,k)*(1. - valuu(i,k,j))**p
             end do
         end do
         U(j)=1. - (sum)**1/2
      end do
c
      write(2,3)
    3 format(/,2x,'RESULTADO',//,2X,'NUMERO',5X,'VALOR',/)
      do j=1,nalt
        write(2,5)j,U(j)
    5   format(2x,i3,3x,f10.4)
      end do
c
      return
      end
c
c     ************************************************************
c
c     Subrotina para ordenação das alternativas
c
      subroutine rank (nalt,U)
c
      implicit real(a-h,o-z)
c
      integer nalt
      real*8  temp
      real*8  U(*)
c
      integer indi[allocatable](:)
c
      allocate(indi(nalt))
c
```

```
      do j=1,nalt
        indi(j)=j
       end do
c
      do j=1,nalt
         do i=1,nalt-1
            if (U(i).lt.U(i+1)) then
                temp=U(i+1)
                U(i+1)=U(i)
                U(i)=temp
                num=indi(i+1)
                indi(i+1)=indi(i)
                indi(i)=num
            end if
         end do
      end do
c
       write(2,3)
    3 format(/,2x,'RESULTADO ORDENADO',//,2X,'ORDEM
     *',5X,'VALOR',/)
       do j=1,nalt
         write(2,5)indi(j),U(j)
    5   format(2x,i3,3x,f10.4)
       end do
c
      deallocate(indi)
c
      return
      end
c
c     ****************************************************************
c
c     Subrotina para impressao de matrizes e vetores reais
c
      subroutine impmat(n,m,a[reference])
c
      integer i,j,m,n,jb,je
      real*8  a(n,m)
      logical fim
c
      fim =.false.
      je  = 0
   11 jb  = je+1
      je  = jb+6
c
      if (je.ge.m) then
         je = m
         fim = .true.
       end if
c
      write(2,33) (j,j=jb,je)
      do 22 i=1,n
   22    write(2,44) i,(a(i,j),j=jb,je)
      if (.not.fim) goto 11
   33 format(1X,i10,6i10)
   44 format(1X,i3,7f10.4)
```

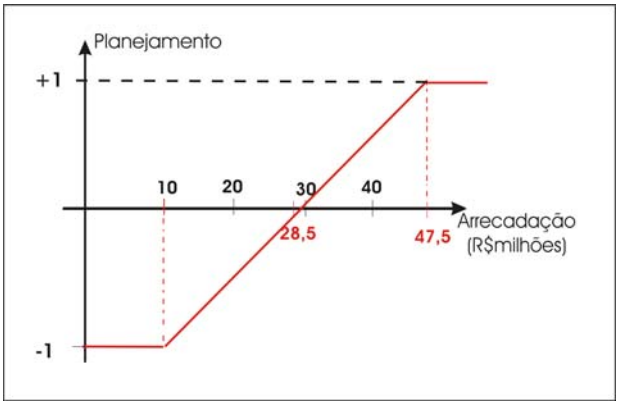
```
c
        return
        end
```

APÊNDICE II

Função Utilidade Unicritério – CEIVAP

Função Utilidade Unicritério – CEIVAP.

1 – Planejamento



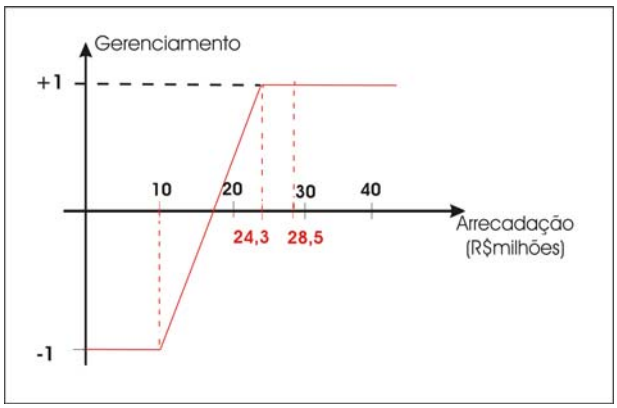
Como este programa segundo o PGRH (Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul) tem que ser executado nos primeiros anos do horizonte previsto estimou-se um prazo máximo para este de 5 anos. Porém o CEIVAP faz uma previsão de gastos com um percentual para cada ação. Valor máximo arrecadável pelo comitê CEIVAP - R$28.568.640,00.

Valor necessário para atendimento do critério: R$41.562.532,66, em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$8.312.506,53/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 17,5% da receita para o critério planejamento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$47.500.037,00 (R$8.312.506.53/17,5%), apresentado como (47,5) na figura acima.

Portanto, para o exercício de 2006, por exemplo, o percentual a ser gasto com ações de gestão, planejamento e obras é de 77,5% do total da receita, sendo que existe a prioridade de se investirem em obras para o aumento da disponibilidade e aumento da qualidade da água na bacia, tendo em vista diretrizes anteriores do CEIVAP de se aplicar de 60 a 70%, o percentual para obras pode chegar a 60% do total,.

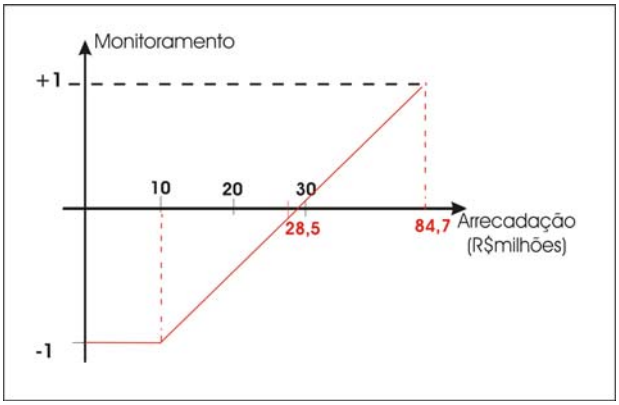
2 – Gerenciamento



De acordo com o PGRH (1998), para o item Gerenciamento o valor a ser aplicado na bacia é de R$42.472.915,60 em um horizonte de 10 anos, o que corresponde a R$4.247291,56/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 17,5% da receita para o critério gerenciamento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$24.270.291,50 (R$4.247291,56/17,5%), apresentado como (24,3) na figura acima.

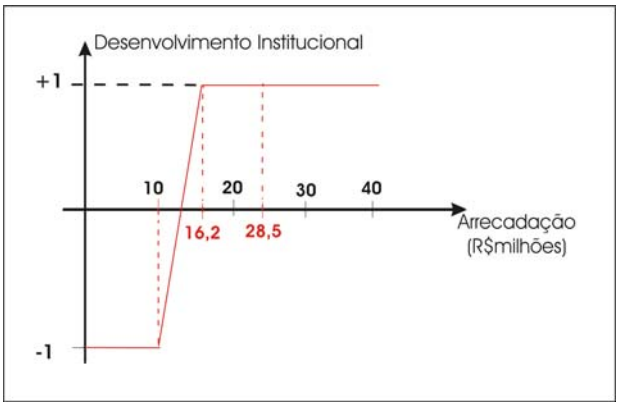
3 – Sistema de Monitoramento e Informação



De acordo com o PGRH (1998), para o item monitoramento o valor a ser aplicado na bacia é de R$127.086.802,90 em um horizonte de 10 anos, o que corresponde a R$12.708.680,30/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 15% da receita para o critério monitoramento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$84.724.535,33 (R$12.708.680,30/15%), apresentado como (84,7) na figura acima.

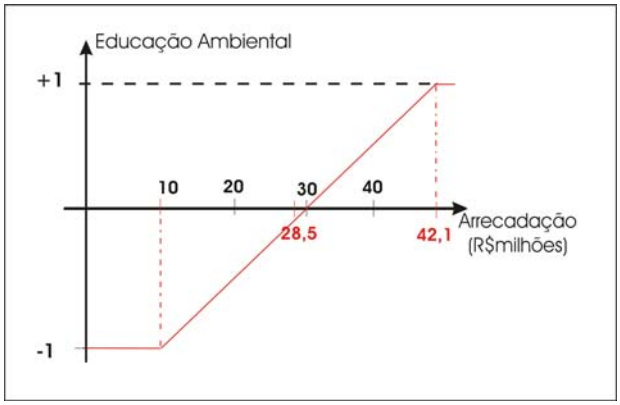
4 – Desenvolvimento Institucional



De acordo com o PGRH (1998), para o item desenvolvimento institucional o valor a ser aplicado na bacia é de R$18.252.034,66 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$3.650.406,93/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 22,5% (ações de Implantação e Operação e Ações Prioritárias do Contrato) da receita para o critério desenvolvimento institucional, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$16.224.030,80 (R$3.650.406,93/22,5%), apresentado como (16,2) na figura acima.

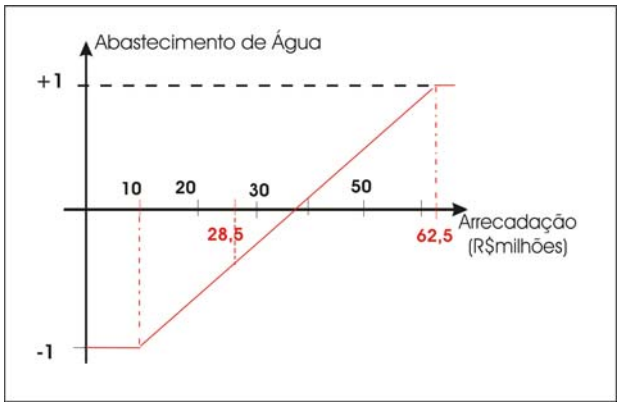
5 – Educação Ambiental



De acordo com o PGRH (1998), para o item educação ambiental o valor a ser aplicado na bacia é de R$36.842.778,44 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$7.368.555,69/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 17,5% da receita para o critério educação ambiental, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$42.106.032,50 (R$7.368.555,69/17,5%), apresentado como (42,1) na figura acima.

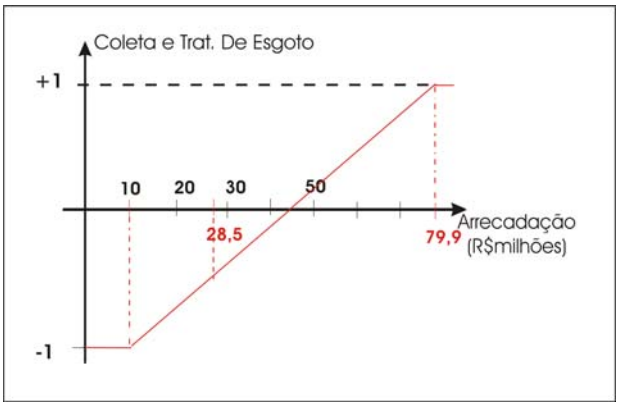
6 – Abastecimento de água



De acordo com o PGRH (1998), para o item abastecimento de água o valor a ser aplicado na bacia é de R$749.729.011,40 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$37.486.450,57/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério abastecimento de água, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$62.477.417,62 (R$37.486.450,57/60%), apresentado como (62,5) na figura cima.

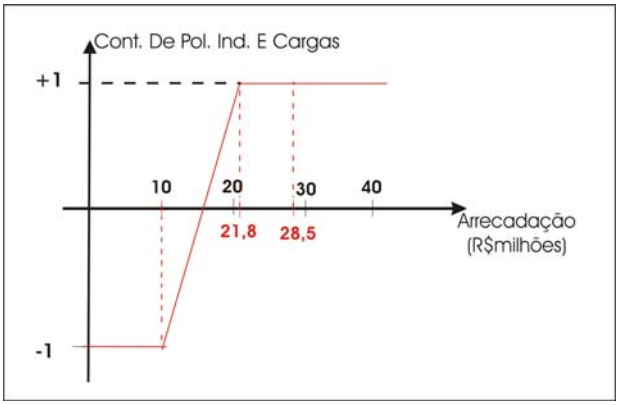
7 – Esgotamento sanitário



De acordo com o PGRH (1998), para o item esgotamento sanitário o valor a ser aplicado na bacia é de R$958.981.053,60 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$47.949.052,62/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério esgotamento sanitário, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$79.915.087,80 (R$47.949.052,62/60%), apresentado como (79,9) na figura cima.

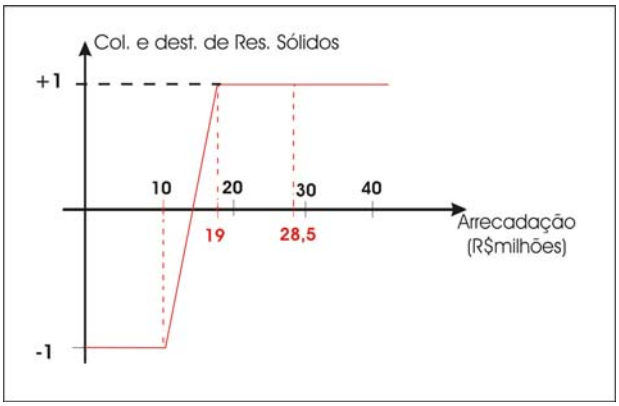
8 – Controle de poluição industrial



De acordo com o PGRH (1998), para o item controle da poluição industrial o valor a ser aplicado na bacia é de R$261.602.220,00 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$13.080.111,00/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério controle da poluição industrial, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$21.800.185,00 (R$13.080.111,00/60%), apresentado como (21,8) na figura cima.

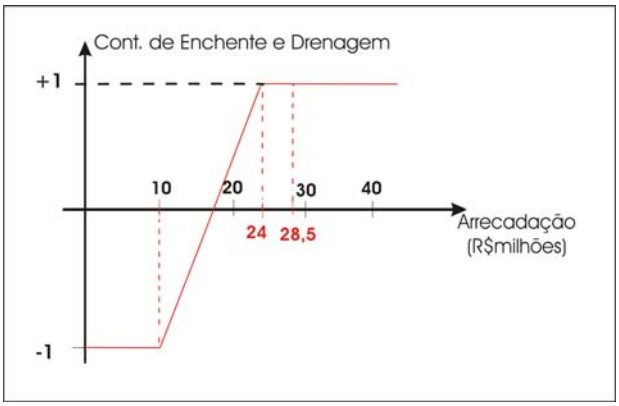
9 – Coleta e destinação de resíduos sólidos



De acordo com o PGRH (1998), para o item coleta e disposição de resíduos sólidos o valor a ser aplicado na bacia é de R$228.397.074,60 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$11.419.854,00/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério coleta e disposição de resíduos sólidos, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$19.033.090,00 (R$11.419.854,00/60%), apresentado como (19) na figura cima.

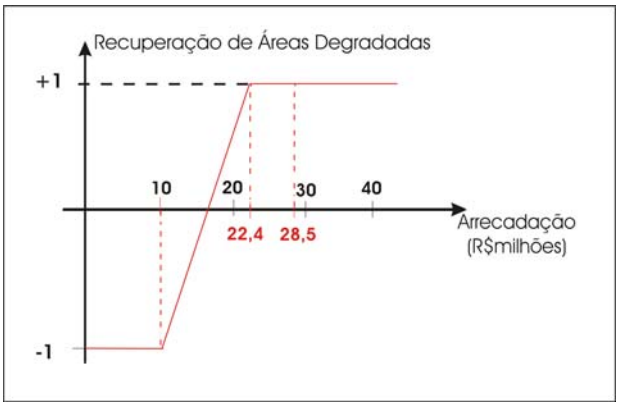
10 – Controle de enchentes e drenagem urbana



De acordo com o PGRH (1998), para o item controle de enchentes e drenagem urbana o valor a ser aplicado na bacia é de R$287.723.610,00 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$14.386.180,50/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério controle de enchentes e drenagem urbana, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$23.976.967,50 (R$14.386.180,50/60%), apresentado como (24) na figura cima.

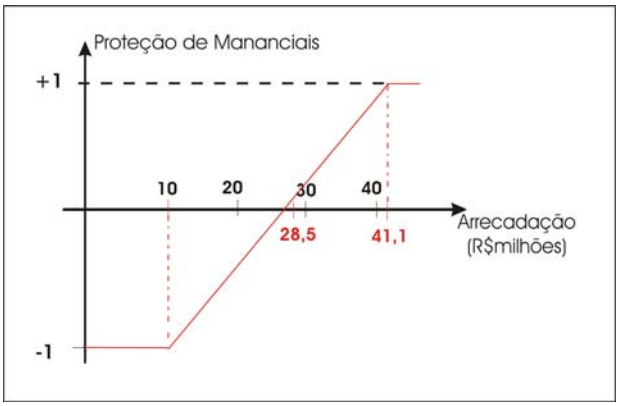
11 – Recuperação de áreas degradadas



De acordo com o PGRH (1998), para o item recuperação de áreas degradadas o valor a ser aplicado na bacia é de R$268.701.196,20 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$13.435.059,81/ano.

Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério recuperação de áreas degradadas, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$22.391.766,35 (R$13.435.059,81/60%), apresentado como (22,4) na figura cima.

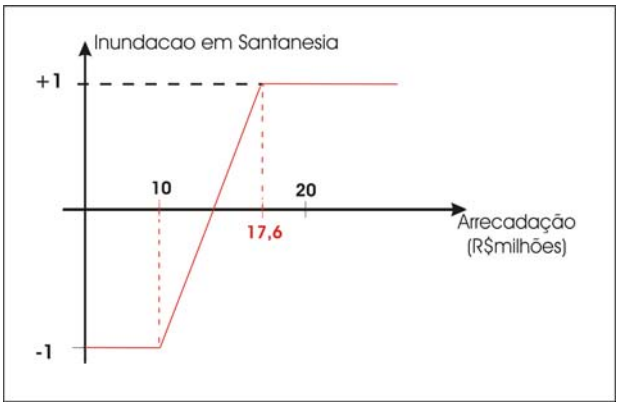
12 – Proteção de mananciais



De acordo com o PGRH (1998), para o item proteção de mananciais o valor a ser aplicado na bacia é de R$123.352.307,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$24.670.461,40/ano.

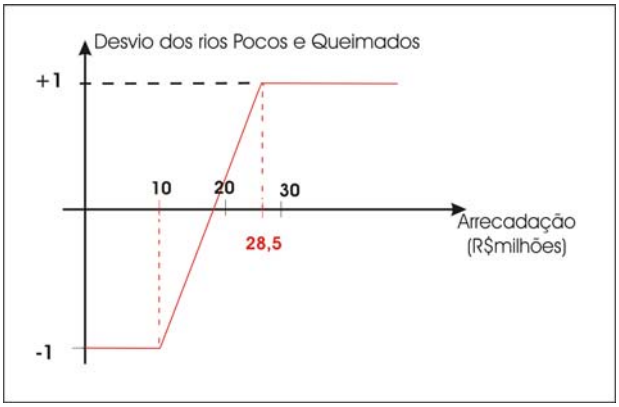
Por conta da DN 43 do CEIVAP, que determina um percentual de 60% da receita para o critério proteção de mananciais, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$41.117.435,67 (R$24.670.461,40/60%), apresentado como (41,1) na figura cima.

13 – Problemas de Inundação em Santanésia



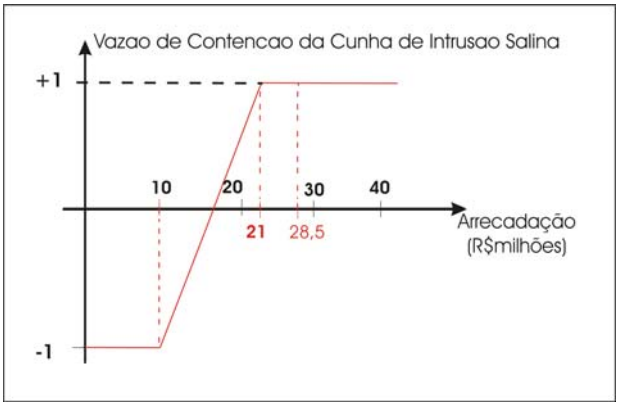
A partir do momento em que o CEIVAP recebe referente à vazão transposta do Rio Piraí para o rio Guandu, para a execução de obras na bacia, evitando assim ou minimizando os efeitos no período de seca e de chuva, ele fica plenamente satisfeito.
Valor a receber do CBH Guandu = R$7.568.640,00
Valor de satisfação máxima = R$10.000.000,00+ R$7.568.640,00 = R$17.568.640,00

14 – Desvio dos rios Poços e Queimados



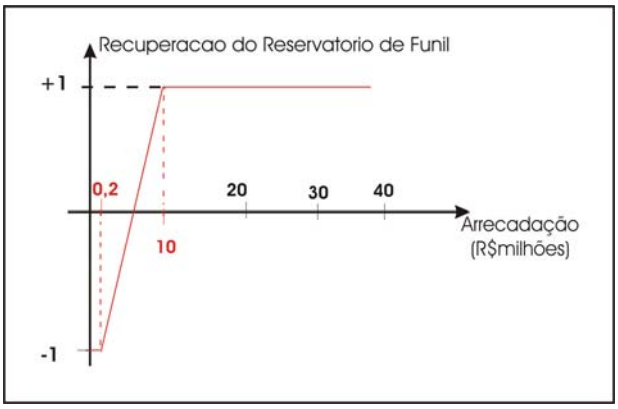
O CEIVAP neste critério só fica totalmente satisfeito a partir da arrecadação máxima.

15 – Vazão de Contenção da Intrusão Salina



O CEIVAP fica satisfeito a partir do momento que recebe do CBH Guandu pela transposição um valor próximo à vazão estratégica, ou seja, 50% do que ele arrecada (R$11.000.000,00).

16 – Recuperação do Reservatório de Funil



De acordo com o PGRH (1998), para o item Recuperação do Reservatório de Funil o valor a ser aplicado na bacia é de R$152.000,00.

Como este valor é muito pequeno, o CEIVAP fica plenamente satisfeito a partir do momento que recebe o valor relativo a arrecadação total na bacia.

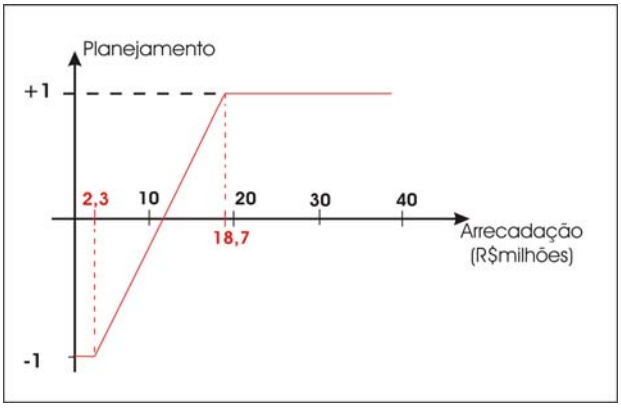
APÊNDICE III

Função Utilidade Unicritério – CBH Guandu

Função Utilidade Unicritério – CBH Guandu.

Para a construção da função utilidade unicritério do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Guandu utilizou-se o Macroplano (1998) e o Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (PGRH 1998) para previsão de investimentos na bacia. Foram utilizados também os mesmos valores percentuais utilizados pelo CEIVAP para cada ação a ser implementada na bacia, uma vez que o CBH Guandu ainda não definiu estes percentuais. Estimou-se que o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Guandu fica totalmente satisfeito com a manutenção de 85% do total arrecadado na bacia, ou seja, R$18.700.000,00. O nível de insatisfação do CBH Guandu é aquele abaixo do valor em que ele não consegue atender o critério em questão.

1 – Planejamento

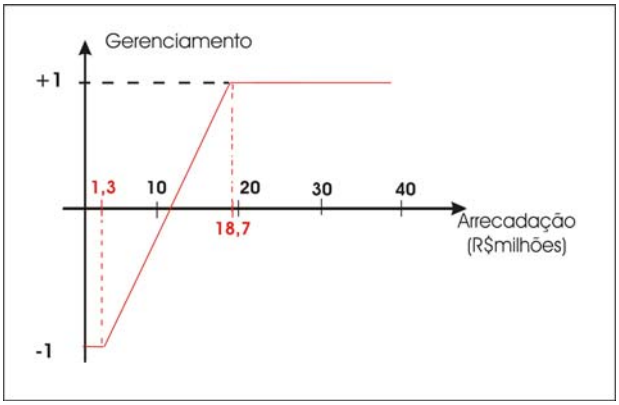


De acordo com o Macroplano (1998), para o critério planejamento deverá ser aplicado na bacia R$1.991.360,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$398.272,00/ano. Os valores em relação ao Macroplano (jan/98 para jan/2002) foram atualizados a uma taxa de 1,27, conforme o PGRH (maio/1998 para jan/2002),

Com o percentual de 17,5% da receita para o critério planejamento, chega-se a uma receita necessária aproximada de R$2.275.840,00 (R$398.272,00/17,5%), apresentado como (2,3) na figura acima.

O valor de R$18.700.000,00 representa a arrecadação potencial do CBH Guandu menos os 15% destinados ao pagamento pela transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul. Com uma arrecadação acima deste valor o CBH Guandu ficaria plenamente satisfeito.

2 – Gerenciamento

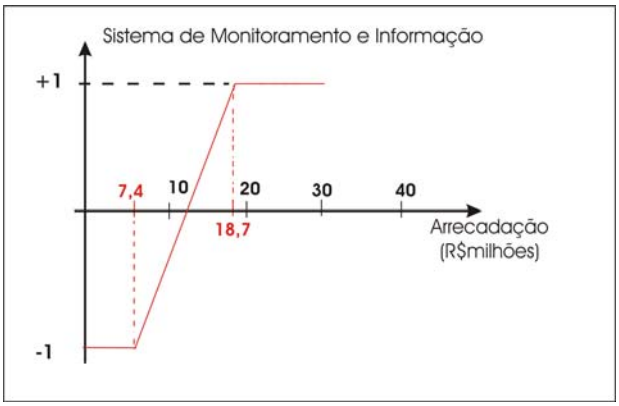


Neste item como não existe uma estimativa para a bacia do rio Guandu, foi feito neste trabalho uma estimativa com relação ao previsto na bacia do Paraíba do Sul, levando em consideração a área das duas bacias.

Considerou-se um investimento de R$1.170.631,60 para o item de gerenciamento, em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$234.126,32/ano.

Com o percentual de 17,5% da receita para o critério gerenciamento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$1.337.864,68 (R$234.126,32/17,5%), apresentado como (1,3) na figura acima.

3 – Sistema de Monitoramento e Informação

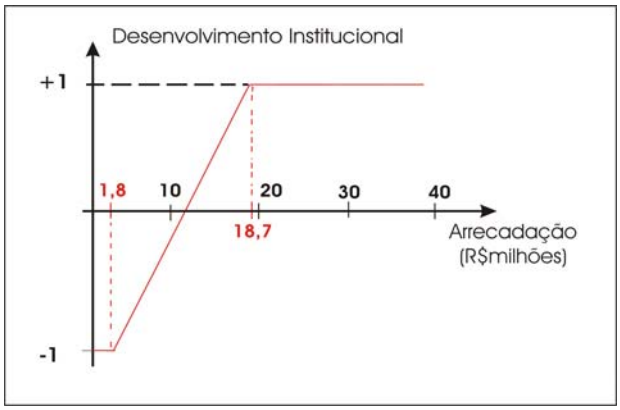


Este item foi estimado através do PGRH (1998), que propõe um sistema para as duas bacias. Foi somado a este item também o programa de monitoramento das águas do Macroplano (1998).

Considerou-se para o item programa de monitoramento um investimento de R$11.074.069,80 em um horizonte de 10 anos, o que corresponde a R$1.107.406,98/ano.

Com o percentual de 15% da receita para o critério planejamento, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$7.382.713,20 (R$1.107.406,98/15%), apresentado como (7,4) na figura acima.

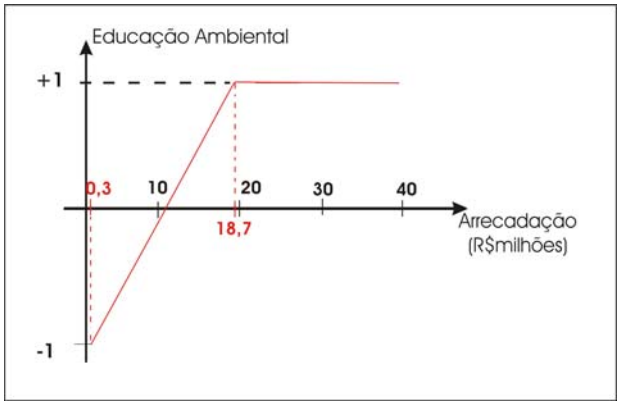
4 – Desenvolvimento Institucional



De acordo com o Macroplano (1998), para o item desenvolvimento institucional deverá ser aplicado na bacia R$2.032.000,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$406.400,00/ano.

Com o percentual de 22,5% da receita para o critério desenvolvimento institucional, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$1.806.222,22 (R$406.400,00/22,5%) apresentado como (1,8) na figura acima.

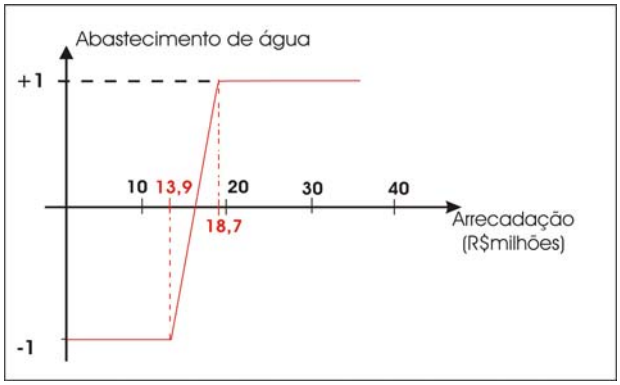
5 – Educação Ambiental



De acordo com o Macroplano (1998), para o item educação ambiental deverá ser aplicado na bacia R$191.135,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$38.227,00/ano.

Com o percentual de 15% da receita para o critério educação ambiental, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$254.846,67 (R$38.227,00/15%), apresentado como (0,3) na figura acima.

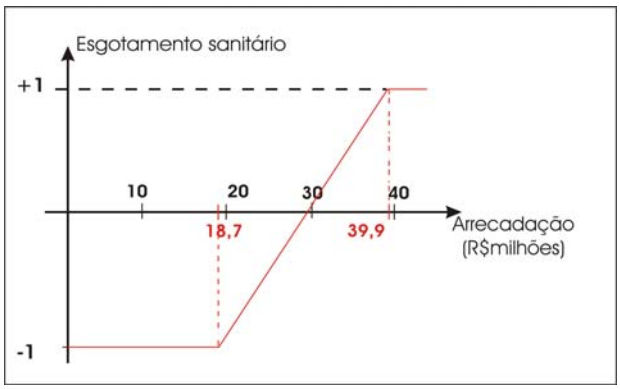
6 – Abastecimento de água



De acordo com o Macroplano (1998), para o item abastecimento de água deverá ser aplicado na bacia R$166.241.069,00 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$8.312.053,45/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério abastecimento de água, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$13.853.422,42 (R$8.312.053,45/60%), apresentado como (13,9) na figura acima.

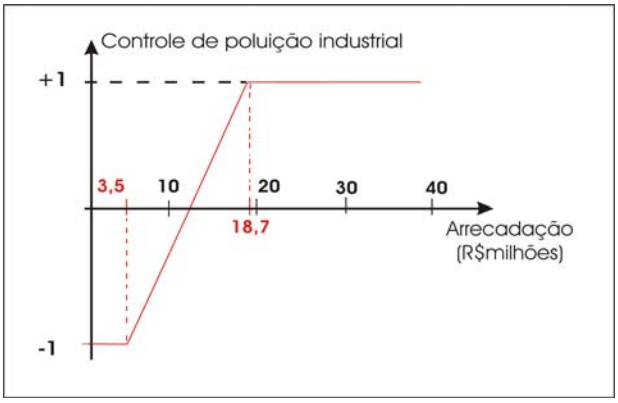
7 – Esgotamento sanitário



De acordo com o Macroplano (1998), para o item esgotamento sanitário deverá ser aplicado na bacia R$478.489.700,00 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$23.924.485,00/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério esgotamento sanitário, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$39.874.141,67 (R$23.924.485,00/60%), apresentado como (39,9) na figura acima.

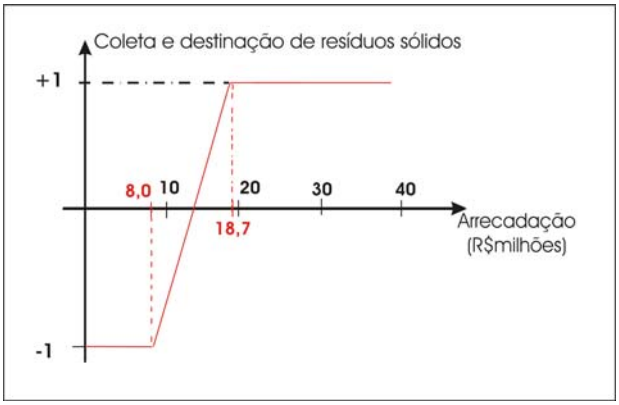
8 – Controle de poluição industrial



De acordo com o Macroplano (1998), para o item controle de poluição industrial deverá ser aplicado na bacia R$10.449.000,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$2.089.800,00/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério controle de poluição industrial, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$3.483.000,00 (R$2.089.800,00/60%), apresentado como (3,5) na figura acima.

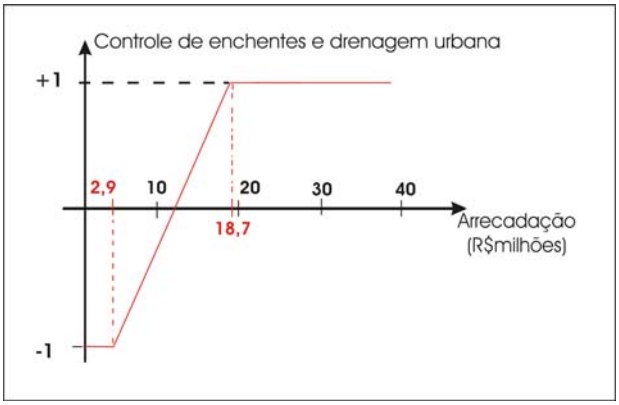
9 – Coleta e destinação de resíduos sólidos



De acordo com o Macroplano (1998), para o item coleta e destinação de resíduos sólidos deverá ser aplicado na bacia R$96.088.200,00 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$4.804.410,00/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério coleta e destinação de resíduos sólidos, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$8.007.350,00 (R$4.804.410,00/60%), apresentado como (8,0) na figura acima.

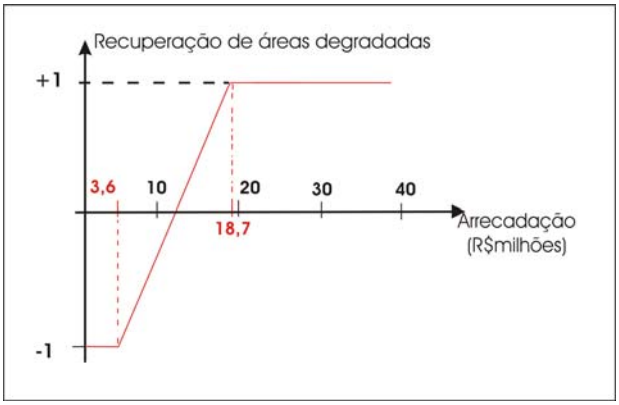
10 – Controle de enchentes e drenagem urbana



De acordo com o Macroplano (1998), para o item controle de enchentes e drenagem urbana deverá ser aplicado na bacia R$35.023.116,39 em um horizonte de 20 anos, o que corresponde a R$1.751.155,82/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério controle de enchentes e drenagem urbana, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$2.918.593,03 (R$1.751.155,82/60%), apresentado como (2,9) na figura acima.

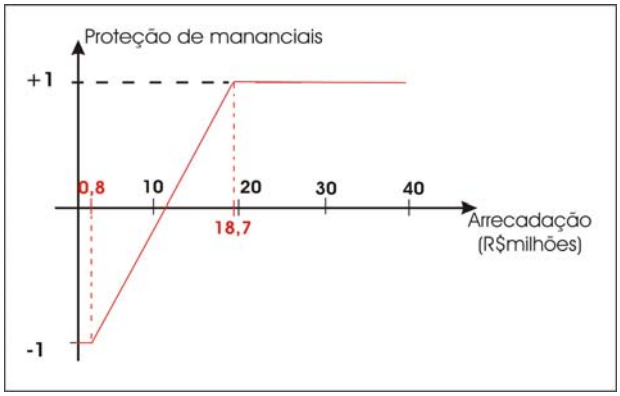
11 – Recuperação de áreas degradadas



De acordo com o Macroplano (1998), para o item recuperação de áreas degradadas deverá ser aplicado na bacia R$10.892.536,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$2.178.507,20/ano.

Com o percentual de 60% da receita para o critério recuperação de áreas degradadas, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$3.630.845,33 (R$2.178.507,20/60%), apresentado como (3,6) na figura acima.

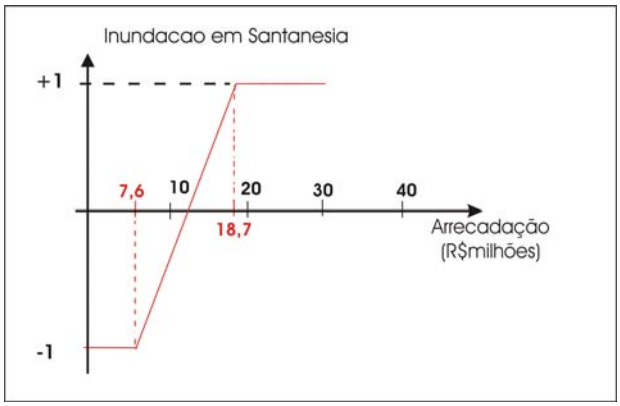
12 – Proteção de mananciais



De acordo com o Macroplano (1998), para o item proteção de mananciais deverá ser aplicado na bacia R$2.409.698,00 em um horizonte de 5 anos, o que corresponde a R$481.939,60/ano.

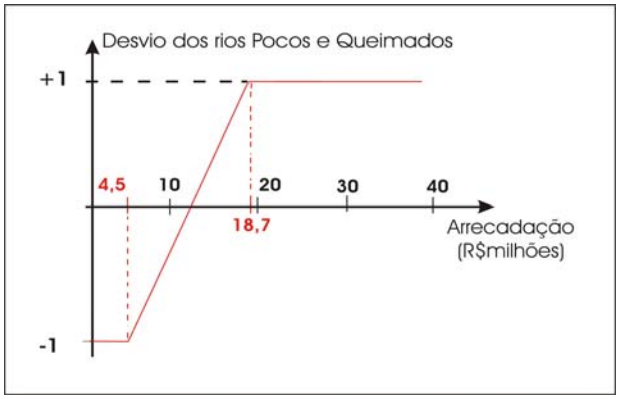
Com o percentual de 60% da receita para o critério proteção de mananciais, chega-se a uma receita necessária de cerca de R$803.232,67 (R$481.939,60/17,5%), apresentado como (0,8) na figura acima.

13 – Problemas de Inundação em Santanésia



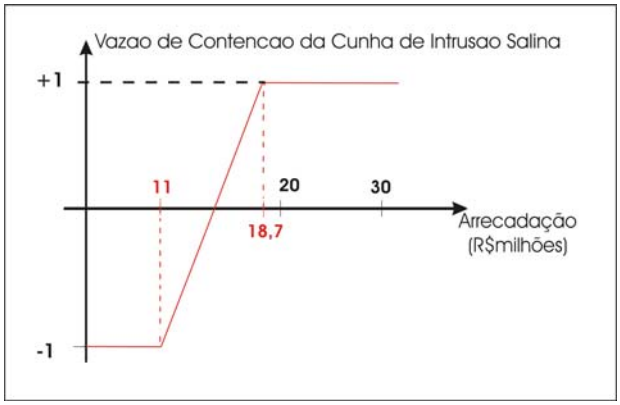
O CBH Guandu fica totalmente insatisfeito até uma arrecadação equivalente ao valor a ser pago para a vazão de transposição do rio Piraí e plenamente satisfeito a partir do valor de R$18.700.000,00 referente à arrecadação total na bacia (descontados os 15% da Lei 4.247).

14 – Desvio dos rios Poços e Queimados



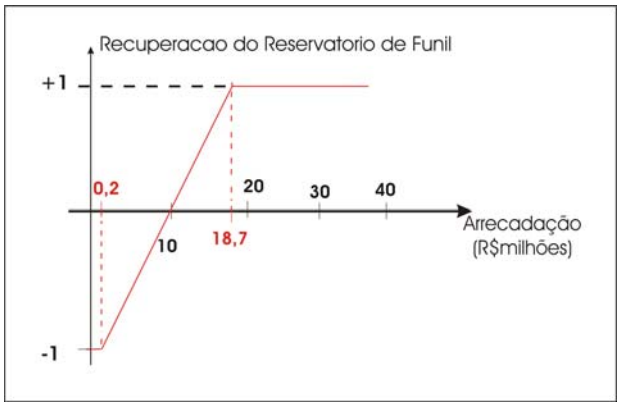
O CBH Guandu fica totalmente insatisfeito até o valor em que ele não consegue atender ao critério.

15 – Vazão de Contenção da Cunha de Intrusão Salina



Neste critério o CBH Guandu fica totalmente insatisfeito se for necessário pagar ao CEIVAP o valor referente à vazão estratégica.

16 – Recuperação do Reservatório de Funil



Neste critério o CBH Guandu fica totalmente insatisfeito até atingir o critério em tema.

APÊNDICE IV

Entrada de dados do Programa MACPROL

Cenário 2

13 16 3 3 !!!!! nº de alternativas, nº de critérios, nº de decisores, nº de pontos extremos
0.150 !!!!! peso do critério 1 para o decisor 1
0.025
0.070
0.005
0.150
0.005
0.150
0.070
0.025
0.005
0.025
0.070
0.005
0.150
0.070
0.025
0.120 !!!!! peso do critério 1 para o decisor 2
0.050
0.110
0.050
0.120
0.110
0.080
0.030
0.060
0.110
0.030
0.025
0.030
0.020
0.030
0.025
0.030 !!!!! peso do critério 1 para o decisor 3
0.030
0.050
0.140
0.020
0.080
0.040
0.040
0.020
0.020
0.010
0.010
0.150
0.120
0.180
0.060
21000000. 15570592. 23270592. 28568640. 16453600. 17525824. 17715040. 25415040. 18787264. 26487264. 14700000. 11400000. 10000000. !!!!! valor das alternativas decisor 1

13400000. 17829408. 10129408. 4831360. 16946400. 15874176. 15684960.
7984960. 14612736. 6912736. 18700000. 22000000. 23400000. !!!!! valor das alternativas decisor 2
13400000. 17829408. 10129408. 4831360. 16946400. 15874176. 15684960.
7984960. 14612736. 6912736. 18700000. 22000000. 23400000. !!!!! valor das alternativas decisor 3
47500037.00 10000000.00 1. -1. !!!!! valor da alternativa de máxima e mínima
24270291.50 10000000.00 1. -1. satisfação para o decisor 1
84724535.33 10000000.00 1. -1.
16224030.80 10000000.00 1. -1.
42106032.50 10000000.00 1. -1.
62477417.62 10000000.00 1. -1.
79915087.80 10000000.00 1. -1.
21800185.00 10000000.00 1. -1.
19033090.00 10000000.00 1. -1.
23976967.50 10000000.00 1. -1.
22391766.35 10000000.00 1. -1.
41117435.67 10000000.00 1. -1.
17568640.00 10000000.00 1. -1.
28500000.00 10000000.00 1. -1.
21000000.00 10000000.00 1. -1.
152400.00 10000000.00 1. -1.
18700000.00 2275840.00 1. -1. !!!!! valor da alternativa de máxima e mínima
18700000.00 1337864.68 1. -1. satisfação para o decisor 2
18700000.00 7382713.20 1. -1.
18700000.00 1806222.22 1. -1.
18700000.00 254846.67 1. -1.
18700000.00 13853422.42 1. -1.
18700000.00 39874141.67 1. -1.
18700000.00 3483000.00 1. -1.
18700000.00 8007350.00 1. -1.
18700000.00 2918593.03 1. -1.
18700000.00 3630845.33 1. -1.
18700000.00 803232.67 1. -1.
18700000.00 7568000.00 1. -1.
18700000.00 4470000.00 1. -1.
18700000.00 11000000.00 1. -1.
18700000.00 152400.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1. !!!!! valor da alternativa de máxima e mínima
18700000.00 14400000.00 1. -1. satisfação para o decisor 3
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.
18700000.00 14400000.00 1. -1.

APÊNDICE V

Saída de dados do Programa MACPROL

Cenário 2

PROGRAM MACPROL

PARAMETROS DO PROBLEMA

NUMERO DE ALTERNATIVAS 13
NUMERO DE CRITERIOS 16
NUMERO DE DECISORES 3
NUMERO DE PTOS. EXTREMOS 3

PESOS DOS CRITERIOS EM FUNCAO DOS DECISORES

DECISOR PESOS DOS CRITERIOS

1

0.0500 0.0083 0.0233 0.0017 0.0500
0.0017 0.0500 0.0233 0.0083 0.0017
0.0083 0.0233 0.0017 0.0500 0.0233
0.0083

2

0.0400 0.0167 0.0367 0.0167 0.0400
0.0367 0.0267 0.0100 0.0200 0.0367
0.0100 0.0083 0.0100 0.0067 0.0100
0.0083

3

0.0100 0.0100 0.0167 0.0467 0.0067
0.0267 0.0133 0.0133 0.0067 0.0067
0.0033 0.0033 0.0500 0.0400 0.0600
0.0200

VALOR DAS ALTERNATIVAS

DECISOR 1

0.21000E+08 0.15571E+08 0.23271E+08 0.28569E+08 0.16454E+08 0.17526E+08
0.17715E+08 0.25415E+08 0.18787E+08 0.26487E+08 0.14700E+08 0.11400E+08
0.10000E+08

DECISOR 2

0.13400E+08 0.17829E+08 0.10129E+08 0.48314E+07 0.16946E+08 0.15874E+08
0.15685E+08 0.79850E+07 0.14613E+08 0.69127E+07 0.18700E+08 0.22000E+08
0.23400E+08

DECISOR 3

0.13400E+08 0.17829E+08 0.10129E+08 0.48314E+07 0.16946E+08 0.15874E+08
0.15685E+08 0.79850E+07 0.14613E+08 0.69127E+07 0.18700E+08 0.22000E+08
0.23400E+08

VALORES DOS PONTOS EXTREMOS

VALOR MAX.	VALOR MIN.	FUU MAX.	FUU MIN.
.47500E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.24270E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.84725E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.16224E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.42106E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.62477E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.79915E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.21800E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.19033E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.23977E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.22392E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.41117E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.17569E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.28500E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.21000E+08	.10000E+08	1.00	-1.00
.15240E+06	.10000E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.22758E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.13379E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.73827E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.18062E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.25485E+06	1.00	-1.00
.18700E+08	.13853E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.39874E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.34830E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.80074E+07	1.00	-1.00

.18700E+08	.29186E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.36308E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.80323E+06	1.00	-1.00
.18700E+08	.75680E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.44700E+07	1.00	-1.00
.18700E+08	.11000E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.15240E+06	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00
.18700E+08	.14400E+08	1.00	-1.00

MATRIZ FUNCAO UTILIDADE UNICRITERIO

DECISOR: 1

	1	2	3	4	5	6	7
1	-0.4133	-0.7029	-0.2922	-0.0097	-0.6558	-0.5986	-0.5885
2	0.5417	-0.2193	0.8599	1.0000	-0.0955	0.0548	0.0813
3	-0.7056	-0.8509	-0.6448	-0.5030	-0.8273	-0.7986	-0.7935
4	1.0000	0.7900	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5	-0.3148	-0.6530	-0.1733	0.1567	-0.5980	-0.5312	-0.5194
6	-0.5808	-0.7877	-0.4942	-0.2923	-0.7540	-0.7132	-0.7060
7	-0.6853	-0.8406	-0.6204	-0.4688	-0.8154	-0.7847	-0.7793
8	0.8644	-0.0558	1.0000	1.0000	0.0938	0.2755	0.3076
9	1.0000	0.2334	1.0000	1.0000	0.4289	0.6663	0.7082
10	0.5740	-0.2029	0.8989	1.0000	-0.0765	0.0769	0.1040
11	0.7754	-0.1009	1.0000	1.0000	0.0416	0.2146	0.2452
12	-0.2930	-0.6420	-0.1471	0.1935	-0.5852	-0.5163	-0.5041
13	1.0000	0.4720	1.0000	1.0000	0.7054	0.9887	1.0000
14	0.1892	-0.3978	0.4347	1.0000	-0.3023	-0.1864	-0.1659
15	1.0000	0.0128	1.0000	1.0000	0.1734	0.3683	0.4027
16	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000

	8	9	10	11	12	13
1	-0.1779	-0.5313	-0.1207	-0.7493	-0.9253	-1.0000
2	1.0000	0.2315	1.0000	-0.3413	-0.8038	-1.0000
3	-0.5874	-0.7648	-0.5587	-0.8742	-0.9625	-1.0000
4	1.0000	1.0000	1.0000	0.5103	-0.5501	-1.0000
5	-0.0397	-0.4526	0.0271	-0.7072	-0.9128	-1.0000
6	-0.4125	-0.6651	-0.3716	-0.8209	-0.9466	-1.0000
7	-0.5590	-0.7486	-0.5284	-0.8656	-0.9600	-1.0000
8	1.0000	0.4893	1.0000	-0.2034	-0.7627	-1.0000
9	1.0000	0.9456	1.0000	0.0406	-0.6900	-1.0000
10	1.0000	0.2574	1.0000	-0.3275	-0.7997	-1.0000
11	1.0000	0.4182	1.0000	-0.2414	-0.7740	-1.0000
12	-0.0092	-0.4352	0.0597	-0.6979	-0.9100	-1.0000
13	1.0000	1.0000	1.0000	0.2420	-0.6301	-1.0000
14	0.6665	-0.0500	0.7824	-0.4919	-0.8486	-1.0000
15	1.0000	0.5977	1.0000	-0.1455	-0.7455	-1.0000
16	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000

DECISOR: 2

	1	2	3	4	5	6	7
1	0.3546	0.8940	-0.0437	-0.6888	0.7865	0.6559	0.6329
2	0.3895	0.8997	0.0127	-0.5976	0.7980	0.6745	0.6527
3	0.0634	0.8461	-0.5146	-1.0000	0.6901	0.5006	0.4672
4	0.3726	0.8969	-0.0146	-0.6419	0.7924	0.6655	0.6431
5	0.4253	0.9056	0.0707	-0.5038	0.8099	0.6936	0.6731
6	-1.0000	0.6407	-1.0000	-1.0000	0.2764	-0.1661	-0.2442
7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
8	0.3034	0.8856	-0.1264	-0.8228	0.7695	0.6286	0.6037
9	0.0087	0.8372	-0.6031	-1.0000	0.6720	0.4714	0.4361
10	0.3283	0.8897	-0.0862	-0.7576	0.7778	0.6419	0.6179
11	0.2966	0.8845	-0.1375	-0.8407	0.7673	0.6250	0.5998
12	0.4077	0.9027	0.0422	-0.5498	0.8040	0.6842	0.6631
13	0.0478	0.8436	-0.5398	-1.0000	0.6849	0.4923	0.4583
14	0.2551	0.8776	-0.2046	-0.9492	0.7535	0.6028	0.5762
15	-0.3766	0.7739	-1.0000	-1.0000	0.5445	0.2660	0.2169

16	0.4285	0.9061	0.0758	-0.4955	0.8109	0.6953	0.6749

	8	9	10	11	12	13
1	-0.3048	0.5023	-0.4354	1.0000	1.0000	1.0000
2	-0.2343	0.5292	-0.3578	1.0000	1.0000	1.0000
3	-0.8936	0.2777	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	-0.2685	0.5161	-0.3955	1.0000	1.0000	1.0000
5	-0.1618	0.5568	-0.2781	1.0000	1.0000	1.0000
6	-1.0000	-0.6867	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6883	0.5561
8	-0.4083	0.4628	-0.5492	1.0000	1.0000	1.0000
9	-1.0000	0.2355	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
10	-0.3579	0.4820	-0.4938	1.0000	1.0000	1.0000
11	-0.4221	0.4575	-0.5644	1.0000	1.0000	1.0000
12	-0.1974	0.5432	-0.3173	1.0000	1.0000	1.0000
13	-0.9251	0.2657	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
14	-0.5060	0.4255	-0.6567	1.0000	1.0000	1.0000
15	-1.0000	-0.0616	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16	-0.1554	0.5593	-0.2710	1.0000	1.0000	1.0000

DECISOR: 3

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
2	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
3	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
4	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
5	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
6	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
7	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
8	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
9	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
10	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
11	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
12	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
13	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
14	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
15	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023
16	-1.0000	0.5951	-1.0000	-1.0000	0.1844	-0.3143	-0.4023

	8	9	10	11	12	13
1	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
7	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
8	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
9	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
10	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
11	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
12	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
13	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
14	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
15	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16	-1.0000	-0.9011	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

RESULTADO

NUMERO	VALOR
1	-0.0733
2	0.5635
3	-0.1574
4	-0.3107
5	0.4974
6	0.3254
7	0.2846
8	-0.2292
9	-0.0055
10	-0.2586
11	0.5618
12	0.4085
13	0.3307

RESULTADO ORDENADO

ORDEM	VALOR
2	0.5635
11	0.5618
5	0.4974
12	0.4085
13	0.3307
6	0.3254
7	0.2846
9	-0.0055
1	-0.0733
3	-0.1574
8	-0.2292
10	-0.2586
4	-0.3107