

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA UMA REFINARIA DE PETRÓLEO SOB A
ÓTICA DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.
ESTUDO DE CASO: REFINARIA DUQUE DE CAXIAS - REDUC

Dener Rodrigues Lemes

DISSERTAÇÃO 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 MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

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

Prof. Jander Duarte Campos, D.Sc.

Prof. Otto Corrêa Rotunno Filho, Ph.D.

Prof. Rosa Maria Formiga Johnsson, Docteur

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

SETEMBRO DE 2007

LEMES, DENER RODRIGUES

Disponibilidade Hídrica para uma Refinaria de Petróleo sob a Ótica da Gestão dos Recursos Hídricos. Estudo de Caso: Refinaria Duque de Caxias – REDUC [Rio de Janeiro] 2007

XV. 151 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc. Engenharia Civil, 2007)

Dissertação – Universidade do Rio de Janeiro, COPPE

1. Disponibilidade Hídrica

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Aos meus pais Odésio e Zilma,
à minha querida esposa Raquel,
e à minha filha Giovanna.

AGRADECIMENTOS

Aos professores José Paulo Soares de Azevedo, pela orientação e ajuda na escolha do tema desta dissertação, e Jander Duarte Campos, pelas inúmeras sugestões e discussões sobre o tema, auxiliando e orientando o desenvolvimento deste estudo.

À REDUC, Refinaria Duque de Caxias – PETROBRAS S.A., que, por meio dos gerentes Antonio Carlos da Silva Lopez e Cândido Luis Queiroz da Silva, possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

À CEDAE, e em especial a Emy Guimarães De Lemos, pelas preciosas informações sobre adução, tratamento e distribuição de água para a região metropolitana do Rio de Janeiro.

Ao colega Antonio César Aragão Paiva, pelas idéias, discussões e informações relacionadas ao uso de água na REDUC.

Aos amigos e professores da Área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, pelos ensinamentos recebidos.

E, finalmente, um agradecimento especial à minha querida esposa Raquel, pelo constante incentivo e pela paciência com os dias que não pudemos desfrutar juntos por força desta dissertação.

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

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA UMA REFINARIA DE PETRÓLEO SOB A
ÓTICA DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.
ESTUDO DE CASO: REFINARIA DUQUE DE CAXIAS - REDUC

Dener Rodrigues Lemes

Setembro/2007

Orientador: José Paulo Soares de Azevedo

Programa: Engenharia Civil

No cenário mundial da iminente escassez de água, a gestão integrada dos recursos hídricos constitui quesito fundamental para o crescimento sustentável. Sob essa ótica, pretende-se levantar a disponibilidade hídrica para uma refinaria de petróleo instalada em uma região metropolitana.

Ocupando posição de destaque nos campos econômico e estratégico dentro do estado, a REDUC tem sua captação no mesmo manancial que abastece 80% da população da região metropolitana do Rio de Janeiro. Por este motivo, foi escolhida como estudo de caso.

Diante de um cenário de crescimento industrial, urbano e agrícola, que certamente será acompanhado pelo aumento na demanda de água, esta dissertação irá identificar alternativas ambientalmente viáveis, que garantam o suprimento das demandas futuras de água para a REDUC, e ao mesmo tempo, busquem a eliminação ou a redução dos riscos associados aos conflitos pelo uso da água, na região de interesse.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

WATER SUPPLY FOR A PETROLEUM REFINERY IN A FRAMEWORK OF
WATER RESOURCES MANAGEMENT
CASE STUDY: REDUC - DUQUE DE CAXIAS REFINERY

Dener Rodrigues Lemes

September/2007

Advisor: José Paulo Soares de Azevedo

Department: Civil Engineering

In the short term scenario of water supply scarceness, the integrated water resources management becomes a fundamental issue to sustainable growth. From this point of view, this work determined the water disposal for a petroleum refinery, based in a metropolitan region.

REDUC has been chosen as a case study because it has an outstanding role in economical and strategical terms in Rio de Janeiro State. Its water comes from the same river that supplies 80% of the population of Rio de Janeiro metropolitan region.

In a scenario of growing urban, agricultural and industrial water consumption, this dissertation will identify viable environmental alternatives that will guarantee the futures demands of water supply for REDUC and, at the same time, seek to reduce or eliminate the risks associated with conflicts for water use in the region of interest.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações Iniciais	1
1.2	A situação dos recursos hídricos no mundo	3
1.3	A situação dos recursos hídricos no Brasil	11
1.4	Motivação	20
1.5	Objetivos e abrangência do estudo	21
1.6	Metodologia	22
2	ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	24
2.1	Evolução histórica	24
2.2	Aspectos legais da gestão de recursos hídricos no estado do Rio de Janeiro	33
3	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE INTERESSE	41
3.1	Considerações iniciais	41
3.2	Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul	45
3.3	Bacia hidrográfica da baía de Guanabara	47
3.3.1	Bacia hidrográfica do rio Estrela	50
3.3.3.1	Municípios da bacia hidrográfica do rio Estrela	53
3.3.2	Bacia hidrográfica do rio Iguaçu	55
3.4	Bacia hidrográfica da baía de Sepetiba	57
3.4.1	Bacia hidrográfica do rio Guandu	59
3.4.1.1	Municípios da bacia hidrográfica do rio Guandu	64
4	CARACTERIZAÇÃO DA REFINARIA DUQUE DE CAXIAS - REDUC	74
4.1	Considerações iniciais	74
4.2	A captação de água para a REDUC	78
4.3	O uso de água na REDUC	82
5	ABASTECIMENTO PÚBLICO NOS BAIROS VIZINHOS À REDUC	86
5.1	Considerações iniciais	86
5.2	Descrição do sistema Acari ou “Linhas Pretas”	86
5.3	Disponibilidade do sistema Acari	93
5.4	Características do atendimento da CEDAE nos bairros vizinhos à REDUC	101
5.5	Demandas atuais e futuras dos bairros vizinhos à REDUC	105
6	AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS HÍDRICAS	111
6.1	Disponibilidade e demandas no rio Guandu	111

6.2	Disponibilidade e demandas na represa de Saracuruna	119
6.3	Outras disponibilidades na região da REDUC	125
6.3.1	Rio Iguaçu	125
6.3.2	Esgoto doméstico de comunidades vizinhas	127
6.3.3	Água subterrânea	129
6.3.4	Água salgada	131
6.3.5	Águas pluviais	133
6.3.6	Reúso interno na REDUC	137
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	140
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas.
ANEEL	Agência Nacional de energia Elétrica.
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgoto.
CEIVAP	Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul.
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos.
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CIDE	Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro.
CIRRA	Centro Internacional de Referência em Reúso de Água.
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
COMITÊ BAÍA DE GUANABARA	Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.
COMITÊ GUANDU	Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guadra e Guandu- Mirim.
CMPERJ	Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CT-HIDRO	Fundo Setorial de Recursos Hídricos.
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio.
DQO	Demanda Química de Oxigênio.
EIA	Estudo de Impacto Ambiental.
ETA	Estação de Tratamento de Água.
ETDI	Estação de Tratamento de Despejos Industriais.
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos Doméstico
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável.
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo.
HDT	Hidro-tratamento.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICA	Índice de Consumo de Água.
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Prestação de Serviço
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano.
ISS	Imposto Sobre Serviços.
LABHID/COPPE/	Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da

UFRJ	COPPE/UFRJ.
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S.A.
LUBNOR	Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste.
MBPD	Milhares de Barris de Petróleo por Dia.
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
pH	Potencial de Hidrogênio.
PIB	Produto Interno Bruto.
QAV	Querosene para Aviação.
RACE	Rede de Águas para Controle de Emergências.
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais.
RECAP	Refinaria de Capuava. (SP)
REDUC	Refinaria Duque de Caxias. (RJ)
REFAP	Refinaria Alberto Pasqualini. (RS)
REGAP	Refinaria Gabriel Passos. (MG)
REMAN	Refinaria de Manaus. (AM)
RENOR	Refinaria do Nordeste.
REPAR	Refinaria Presidente Getúlio Vargas. (SP)
REPLAN	Refinaria de Paulínia. (SP)
REVAP	Refinaria Henrique Lage. (SP)
RH	Região Hidrográfica.
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental.
RLAM	Refinaria Landulpho Alves. (BA)
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo.
RPBC	Refinaria Presidente Bernardes. (SP)
SAO	Sistema de Águas Oleosas.
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais.
SEMADS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
SERLA	Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagos.
TAC	Termo de Ajuste de Conduta.
UB	Unidade de Balanço.
UFF	Universidade Federal Fluminense.
UFRJ	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.
UHE	Usina Hidrelétrica.
U-SAO	Unidade Separadora de Água e óleo.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1** Evolução do volume de uso da água ao longo dos anos.
- Figura 1.2** Demanda de água no mundo em função de seu uso.
- Figura 1.3** Escala para relacionar a tendência de surgimento de estresse ambiental e geração de conflitos, em função da disponibilidade hídrica e o aumento da população.
- Figura 1.4** Divisão hidrográfica nacional.
- Figura 1.5** Vazões de retiradas para os diferentes usos nas regiões hidrográficas.
- Figura 1.6** Vazões de retiradas para os diferentes usos no país.
- Figura 2.1** Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.
- Figura 2.2** Arranjo institucional do sistema estadual de gestão de recursos hídricos.
- Figura 3.1** Regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, com a localização da ETA Guandu, represa de Saracuruna e REDUC.
- Figura 3.2** Parte do litoral sudeste do estado do Rio de Janeiro, onde se vê as baías de Guanabara e Sepetiba.
- Figura 3.3** Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.
- Figura 3.4** Bacia hidrográfica da baía de Guanabara.
- Figura 3.5** Bacia hidrográfica do rio Estrela.
- Figura 3.6** Perfil longitudinal do rio Estrela.
- Figura 3.7** Bacia hidrográfica do rio Iguaçu.
- Figura 3.8** Perfil longitudinal do rio Iguaçu.
- Figura 3.9** Área da bacia da baía de Sepetiba.
- Figura 3.10** Complexo hidrelétrico de Lajes.
- Figura 3.11** Esquema geral do complexo hidrelétrico de Lajes.
- Figura 3.12** População atendida por rede de abastecimento de água.

- Figura 3.13** População atendida por rede de esgotos.
- Figura 4.1** Vista aérea da REDUC.
- Figura 4.2** Vista aérea da REDUC com destaque para os locais de chegada da captação e de lançamento de efluentes.
- Figura 4.3** Esquema simplificado de uso de água na REDUC.
- Figura 5.1** Desenho de 1965, indicando os mananciais de abastecimento de água do Rio de Janeiro, na época, ainda estado da Guanabara.
- Figura 5.2** UB 12 - Canal da Tomada.
- Figura 5.3** UB 13 - Canal da Tomada / Estrela.
- Figura 5.4** UB 10.7 – Rio Iguaçu – Foz.
- Figura 5.5** UB 14.6 – Rio Estrela – Foz.
- Figura 5.6** Vazões captadas na adutora de Xerém, 1990/2000.
- Figura 5.7** Vazões captadas na adutora de Mantiquira, 1990/2000.
- Figura 5.8** Mapa de abastecimento público nos bairros vizinhos da REDUC
- Figura 6.1** Demandas e disponibilidades na bacia hidrográfica do rio Guandu.
- Figura 6.2** Uso consuntivo da REDUC.
- Figura 6.3** Curva Cota x Área x Volume da represa de Saracuruna.
- Figura 6.4** Mapa dos climas brasileiros.

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.1** Distribuição da água na Terra.
- Quadro 1.2** Distribuição do suprimento renovável de água por continente.
- Quadro 1.3** Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo.
- Quadro 1.4** Patamares específicos de estresse hídrico.
- Quadro 1.5** Vazões médias e de estiagem nas regiões hidrográficas e no país.
- Quadro 1.6** Disponibilidade hídrica por estado no Brasil.
- Quadro 1.7** Estados brasileiros em pior situação quanto à disponibilidade de recursos hídricos por habitante.
- Quadro 1.8** Áreas irrigadas e vazões de retirada e consumo para irrigação.
- Quadro 1.9** Eficiência da Irrigação.
- Quadro 1.10** As reservas de águas subterrâneas do Brasil.
- Quadro 2.1** Leis estaduais de recursos hídricos até 2000.
- Quadro 2.2** Legislação de competência federal com impacto sobre os recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro.
- Quadro 2.3** Legislação estadual de recursos hídricos no estado do Rio de Janeiro.
- Quadro 3.1** Regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro.
- Quadro 3.2** Variação mensal da precipitação total média (mm) no período 1961-90.
- Quadro 3.3** Distribuição de estabelecimentos industriais por classes no estado do Rio de Janeiro, baixada fluminense e municípios.
- Quadro 3.4** Cenários de oferta hídrica crítica para uso consuntivo no rio Guandu / Canal de São Francisco.
- Quadro 3.5** Uso atual do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Guandu - Área (ha) por município.
- Quadro 3.6** Evolução populacional e taxas de crescimento médio anual - Bacia dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim 1991-2000.

- Quadro 3.7** Número-índice da evolução do produto interno bruto real - Municípios da bacia do rio Guandu 1996-2002.
- Quadro 3.8** Evolução do emprego formal para setores específicos entre 2000-2004.
- Quadro 3.9** Excedente populacional entre 2005 e 2000 e criação de emprego formal entre 2000 e 2004.
- Quadro 4.1** Capacidade e utilização das refinarias da Petrobras.
- Quadro 4.2** Consumo de água nas refinarias da Petrobras em 2006.
- Quadro 4.3** Uso da água dentro da REDUC.
- Quadro 4.4** Geração de efluentes nas refinarias da Petrobras em 2004.
- Quadro 5.1** Vazões de captação do sistema Acari, 1990/2000.
- Quadro 5.2** Vazões estimadas para o sistema Acari.
- Quadro 5.3** Vazões disponíveis para abastecimento no sistema Acari.
- Quadro 5.4** Critérios para abastecimento.
- Quadro 5.5** Abastecimento público nos bairros vizinhos da REDUC.
- Quadro 5.6** Demanda atual de água nos bairros vizinhos da REDUC.
- Quadro 5.7** Disponibilidade atual de água para os bairros vizinhos da REDUC.
- Quadro 5.8** Projeção da população para 2005, 2010, 2015 e 2020.
- Quadro 5.9** Demanda futura de água nos bairros vizinhos da REDUC.
- Quadro 6.1** Permanência de vazões liberadas pela UHE Pereira Passos.
- Quadro 6.2** Alocação de água nas bacias hidrográficas.
- Quadro 6.3** Demandas e disponibilidades para a REDUC.
- Quadro 6.4** Qualidade da água em mananciais onde a REDUC realiza captação.
- Quadro 6.5** Vazões médias mensais captadas pela REDUC.
- Quadro 6.6** Níveis de água médios da represa de Saracuruna.
- Quadro 6.7** Cota x Área x Volume da represa de Saracuruna.
- Quadro 6.8** Variação mensal da precipitação total média entre 1961-90.
- Quadro 6.9** Potencial de aproveitamento de água de chuva para a REDUC.

LISTA DE FOTOS

- Foto 3.1** Represa de Saracuruna.
- Foto 3.2** Retificação do rio Iguaçu.
- Foto 3.3** UHE Pereira Passos.
- Foto 3.4** Barragem e estação elevatória de Santa Cecília.
- Foto 4.1** ETA Guandu.
- Foto 4.2** Represa de Saracuruna, no centro a torre de captação.
- Foto 5.1** Represa de João Pinto.
- Foto 5.2** Represa da Fazenda.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Água é vida e, por si só, é o elemento mais importante do planeta, pois através dela se confere a satisfação das necessidades básicas do ser humano, a produção de alimentos, a geração de energia e a manutenção dos ecossistemas.

Durante milênios a água foi considerada um elemento inesgotável e de qualidade satisfatória para suprir as necessidades da humanidade, uma percepção bastante razoável em um mundo que até então desenvolvia atividades basicamente agrícolas, permitindo ao próprio meio a assimilação e o tratamento da poluição causada pelo homem.

Porém, o processo de industrialização e urbanização desenvolvido em diversos países, a partir da revolução industrial no final do século XVIII com crescimento vertiginoso após a segunda guerra mundial, gerou um sério problema de qualidade nas águas de seus rios, aumentando os custos de tratamento, reduzindo a disponibilidade hídrica e gerando conflitos entre usuários.

Hoje, sabe-se que o desperdício e a poluição dos mananciais de água doce representam uma grave ameaça para a vida, o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente. Em função destes referenciais, a água é hoje considerada um recurso finito e dotado de valor econômico, essencial para a manutenção da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente, e a sua gestão deve ser realizada de maneira participativa, envolvendo os usuários, o governo e a sociedade civil.

Do volume total de água disponível no planeta, segundo SHIKLOMANOV (1997), 97,5% encontram-se sob a forma de água salgada, formando os mares e oceanos, e somente os 2,5% restantes são de água doce. Do volume total de água doce, apenas 0,27% encontram-se disponíveis sob a forma mais acessível ao homem, nos lagos e rios, enquanto que o restante está armazenado nas calotas polares, geleiras e no subsolo. O Quadro 1.1 exibe a distribuição da água no planeta em função de seu estado físico e características.

Quadro 1.1 – Distribuição da água na Terra.

RESERVATÓRIO	VOLUME (103 km ³)	% DO VOLUME TOTAL	% DO VOLUME DE ÁGUA DOCE
Oceanos	1.338.000,00	96,5379	
Subsolo - Água Doce	10.530,00	0,7597	30,0607
Subsolo - Água Salgada	12.870,00	0,9286	
Umidade do solo	16,50	0,0012	0,0471
Áreas congeladas	24.064,00	1,7362	68,6971
Solos congelados	300,00	0,0216	0,8564
Lagos - Água Doce	91,00	0,0066	0,2598
Lagos - Água Salgada	85,40	0,0062	
Pântanos	11,50	0,0008	0,0328
Rios	2,10	0,0002	0,0061
Biomassa	1,10	0,0001	0,0032
Vapor d' água na atmosfera	12,90	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1.350.955,40	97,4726	
Armazenamento total de água doce	35.029,10	2,5274	100,00
Armazenamento total de água	1.385.984,50	100,00	

Fonte: Adaptado de SHIKLOMANOV, *apud* SETTI (2000).

Na Figura 1.1, pode ser observada a evolução da utilização de volume de água pelo homem. Enquanto, no início do século XX, esse volume era de aproximadamente 580 km³/ano, ao final do mesmo século, esse valor chegou a cerca de 4.000 km³/ano, o que representou um aumento aproximado de sete vezes sobre o valor inicial. No mesmo período, a população aumentou de 2 bilhões para 6 bilhões de habitantes aproximadamente, ou seja, enquanto a população na Terra aumentou 3 vezes durante o século XX, o volume de água utilizado aumentou sete vezes.

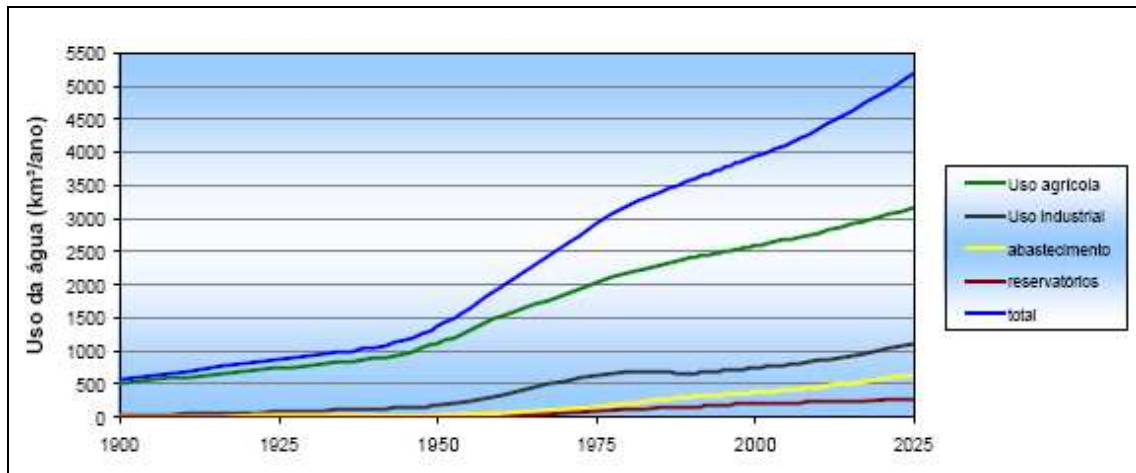


Figura 1.1 – Evolução do volume de uso da água ao longo dos anos.

Fonte: Adaptado de SHIKLOMANOV, *apud* SETTI (2000).

1.2 A situação dos recursos hídricos no mundo.

Além de imprescindível à manutenção da vida no planeta, a água é, também, fator de desenvolvimento econômico, estando sua disponibilidade diretamente relacionada às possibilidades de evolução social de uma região. Dentre os usos mais frequentes dos recursos hídricos, estão: o doméstico, o agrícola (irrigação) e o industrial. O uso da água para geração elétrica, em função de sua abundância, é restrito a poucos países como o Brasil. A Figura 1.2 mostra as demandas de utilização de água no planeta conforme seu uso principal.

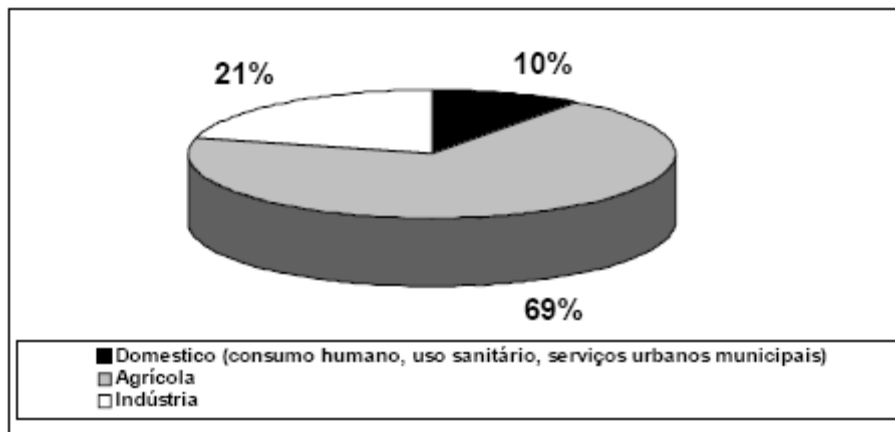


Figura 1.2 – Demanda de água no mundo em função de seu uso.

Fonte: DOWBOR (2001).

Atualmente, um terço da população mundial, algo próximo a 2,2 bilhões de pessoas, já enfrenta as consequências da escassez de água potável, e cerca de 250 milhões de pessoas distribuídas em 26 países, já enfrentam escassez crônica de água. Em apenas 25 anos (de 1970 a 1995), houve uma redução de 37% no volume de água disponível no planeta e estima-se que, nos próximos 20 anos, haverão 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com pouca ou nenhuma água (POPULATION REFERENCE BUREAU, 1997).

A previsão de que a população mundial se estabilize entre 10 e 12 bilhões de habitantes por volta do ano 2050 fará com que pelo menos uma em cada quatro pessoas viva em um país com escassez de água potável, o que representará uma restrição de disponibilidade para outras finalidades, principalmente a irrigação, que responde atualmente por aproximadamente 70% do uso total de água doce.

A água, além de escassa, encontra-se distribuída no planeta de forma bastante heterogênea. Os Quadros 1.2 e 1.3 ilustram como esse recurso está distribuído nos continentes e em alguns países e permitem que se constatem as diferenças entre as disponibilidades hídricas de alguns países como a Mauritânia, onde a disponibilidade hídrica por unidade de área é de 388,3 (m³/km²)/ano e o Panamá, onde este valor

chega a 1.800.000,0 (m³/km²)/ano. As mesmas variações ocorrem com relação à disponibilidade de recursos hídricos por habitante em cada região.

Quadro 1.2 - Distribuição do suprimento renovável de água por continente

CONTINENTE	MÉDIA ANUAL DE DRENAGEM (km³)	PORCENTAGEM DA DRENAGEM GLOBAL	PORCENTAGEM DA POPULAÇÃO GLOBAL
África	4.225	11	11
Ásia	14.215	37	64
Europa	2.129	5	10
América do Norte	5.960	15	8
América do Sul	10.380	27	6
Oceania	1.965	5	1
Mundo	38.874	100	100

Fonte: Adaptado de L'VOVICH, *apud* TUNDISI (2003).

Quadro 1.3 - Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo.

PAÍS	ÁREA (10 ³ km ²)	POPULAÇÃO (10 ³ hab)	VOLUME DISPONÍVEL (km ³ /ano)			DISPONIBILIDADE HÍDRICA	
			MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	POR ÁREA (m ³ /km ² /ano)	PER CAPITA (m ³ /hab)/ano)
Austrália	7.680	17.900	352	701	228	45.833,3	19.664,80
Albânia	30	3.410	18,6	42,9	13,1	620.000,0	5.454,55
Argélia	2.380	27.300	13,9	N/D	N/D	5.840,3	509,16
Argentina	2.780	34.200	270	610	150	97.122,3	7.894,74
Bolívia	1.100	7.240	361	487	279	328.181,8	49.861,88
Brasil	8.512	157.070	5.745	7.640	5.200	674.918,9	36.575,46
Burkina Faso	270	10.000	14,7	N/D	N/D	54.444,4	1.470,00
Canadá	9.980	29.100	3.290	3.760	2.910	329.659,3	113.058,42
Chile	760	14.000	354	N/D	N/D	465.789,5	25.285,71
China	9.600	1.209.000	2.700	3.930	1.970	281.250,0	2.233,25
Colômbia	1.140	34.300	1.200	N/D	N/D	1.052.631,6	34.985,42
Congo	2.340	42.600	987	1.328	786	421.794,9	23.169,01
Cuba	110	11.000	84,5	N/D	N/D	768.181,8	7.681,82
Equador	280	11.200	265	N/D	N/D	946.428,6	23.660,71
Espanha	510	39.600	108	253	27,2	211.764,7	2.727,27
Estados Unidos	9.360	261.000	2.810	3.680	1.960	300.213,7	10.766,28
França	550	57.800	168	263	90,3	305.454,5	2.906,57
Gâmbia	10	1.080	3,2	N/D	N/D	320.000,0	2.962,96
Guatemala	110	10.300	116	N/D	N/D	1.054.545,5	11.262,14
Honduras	110	5.490	102	N/D	N/D	927.272,7	18.579,23
Índia	3.270	919.000	1.456	1.794	1.065	445.259,9	1.584,33
Itália	300	57.200	185	N/D	N/D	616.666,7	3.234,27
Jordânia	100	5.200	0,96	N/D	N/D	9.600,0	184,62
Jamaica	10	2.430	8,3	N/D	N/D	830.000,0	3.415,64
Kasaquistão	2.720	17.000	70,2	111	39,3	25.808,8	4.129,41
Libano	10	3.060	2,8	N/D	N/D	280.000,0	915,03
Líbia	1.760	5.220	5,29	N/D	N/D	3.005,7	1.013,41
Madagascar	590	14.300	395	N/D	N/D	669.491,5	27.622,38
Mali	1.240	10.500	50	N/D	N/D	40.322,6	4.761,90
Mauritânia	1.030	2.220	0,4	N/D	N/D	388,3	180,18
México	1.970	91.900	347	645	229	176.142,1	3.775,84
Marrocos	447	26.500	30	N/D	N/D	67.114,1	1.132,08
Nicarágua	130	4.270	175	N/D	N/D	1.346.153,8	40.983,61
Nigéria	920	109.000	274	437	148	297.826,1	2.513,76
Nova Zelândia	270	3.500	313	405	246	1.159.259,3	89.428,57
Paquistão	810	137.000	85	104	48	104.938,3	620,44
Panamá	80	2.580	144	N/D	N/D	1.800.000,0	55.813,95
Peru	1.280	23.300	1.100	N/D	N/D	859.375,0	47.210,30
Polônia	310	38.300	49,5	N/D	N/D	159.677,4	1.292,43
Portugal	90	9.830	18,5	157	15,2	205.555,6	1.881,99
Rússia	17.080	148.000	4.059	4.541	3.533	237.646,4	27.425,68
Senegal	200	8.100	17,4	N/D	N/D	87.000,0	2.148,15
Sudão	2.510	27.400	22	N/D	N/D	8.764,9	802,92
Suriname	160	420	230	N/D	N/D	1.437.500,0	547.619,05
Suécia	450	8.740	164	N/D	N/D	364.444,4	18.764,30
Tailândia	510	58.200	199	N/D	N/D	390.196,1	3.419,24
Tunísia	160	8.730	3,52	N/D	N/D	22.000,0	403,21
Uruguai	180	3.170	68	N/D	N/D	377.777,8	21.451,10
Uzbequistão	450	20.300	9,52	19,7	N/D	21.155,6	468,97

Nota: N/D – Dado não disponível. Cores acompanhando as faixas do Quadro 1.4.

Fonte: Adaptado de SHIKLOMANOV, *apud* SETTI (2000).

A má distribuição espacial dos recursos hídricos e da população, somada a fatores como mau planejamento e falta de gestão dos recursos hídricos, fazem com que o problema da disponibilidade hídrica se agrave ainda mais, gerando situações onde pode ocorrer estresse hídrico.

O conceito de estresse hídrico baseia-se nas necessidades mínimas de água *per capita* para manter uma qualidade de vida adequada em regiões moderadamente desenvolvidas situadas em zonas áridas. A definição pressupõe que 100 litros diários (36,5 m³/ano), por habitante, representam o requisito mínimo para suprir as necessidades domésticas e a manutenção de um nível adequado de saúde (BEEKMAN, 1999).

Quadro 1.4 - Patamares específicos de estresse hídrico

VOLUME DISPONÍVEL PER CAPITA ((m ³ /hab)/ano)	SITUAÇÃO
> 1.700	Somente ocasionalmente tenderá a sofrer problemas de falta d'água.
1.000 - 1.700	O estresse hídrico é periódico e regular.
500 - 1.000	A região está sob o regime de crônica escassez de água; Nesses níveis, a limitação na disponibilidade começa a afetar o desenvolvimento econômico, o bem estar e a saúde.
< 500	Considera-se que a situação corresponde à escassez absoluta.

Fonte: Adaptado de BEEKMAN, *apud* SETTI (2000).

A diferença que se verifica entre o valor de 36,5 m³/ano citado no parágrafo anterior e o valor de 500 m³/ano, mostrado no Quadro 1.4, ocorre porque o primeiro valor leva em consideração unicamente o uso doméstico, enquanto o segundo considera os múltiplos usos dados à água. Observando-se os Quadros 1.3 e 1.4, verifica-se que muitos países já apresentam um quadro de escassez hídrica. Os países que se encontram com piores índices são Jordânia, Mauritània, Tunísia e Uzbequistão, pois

apresentam volumes abaixo de 500 (m³/hab)/ano, seguidos pela Argélia, Líbano, Paquistão e Sudão, com disponibilidade hídrica entre 500 e 1.000 (m³/hab)/ano.

Conforme já mencionado anteriormente, a água é um fator imprescindível ao desenvolvimento de uma região. Portanto, sua falta limita o desenvolvimento econômico de um país, podendo resultar em subdesenvolvimento quando escassa. Poucos países encontraram uma alternativa quando obrigados a conviver com quantidades baixíssimas de água; entre eles, Holanda e Israel são exemplos de que isso é possível.

“Um dos importantes problemas relativos aos impactos dos usos múltiplos e a sua quantificação está na distribuição compartilhada dos recursos hídricos nas bacias internacionais. Há 19 bacias hidrográficas internacionais cujos recursos hídricos são compartilhados por 5 ou mais países. A bacia do rio Danúbio, por exemplo, hoje é resultado dos usos por 17 países (eram 12 em 1978). Essas bacias internacionais geram grande número de problemas políticos complexos, resultantes da disputa pelos recursos hídricos e usos múltiplos por diferentes países. Conflitos internacionais com disputa pelos recursos hídricos são resultado de animosidades religiosas, disputas ideológicas, problemas fronteiriços e competição econômica. À medida que ocorre uma percepção cada vez mais acentuada sobre os recursos hídricos e seu valor econômico e social, mais acirrada se torna a disputa por recursos hídricos internacionais”. (TUNDISI, 2003)

“Israel e Jordânia, dependem amplamente das águas do rio Jordão, que nasce na área montanhosa, onde Israel, Síria e Líbano se encontram. Um terço da água consumida pelos israelenses provém do mar da Galiléia, alimentado pelo rio

Jordão, ao passo que a bacia do rio atende a cerca de 75% do consumo dos jordanianos. Outros países, como a Turquia, quando começou a encher o reservatório da represa Atatürk no rio Eufrates, em 1990, foram ameaçados de guerra pelo Iraque, caso suas necessidades hídricas não fossem atendidas. O Egito, que na Antigüidade o historiador grego Heródoto definiu como “dádiva do Nilo”, também já ameaçou seus vizinhos rio acima (Sudão e Etiópia) por disputas motivadas pela água”. (CAMPOS, 2001)

Embora figure ao lado dos continentes Africano e Europeu como um dos menos favorecidos quanto à disponibilidade de água para o consumo humano, a Ásia é o continente que mais consome água no mundo. Índia, China, Estados Unidos, Paquistão e Japão estão entre os países que mais consomem água no planeta. Atualmente (TUNDISI, 2003), existem cerca de 26 países que convivem com problemas de escassez de água, dentre os quais, quatro (Kuwait, Emirados Árabes Unidos, Ilhas Bahamas, Faixa de Gaza – território palestino) apresentam extrema escassez de água (entre 10 e 66 m³/habitante).

A América Latina, apesar de possuir a melhor condição quanto ao potencial de disponibilidade hídrica, enfrenta problemas de escassez decorrente da má distribuição provocada pela ausência de gerenciamento (GONÇALVES et al., *apud* TUNDISI, 2003).

Existem duas razões que podem determinar uma alteração na relação entre disponibilidade hídrica e demanda. A primeira deve-se a fenômenos naturais, associados às condições climáticas de cada região, e a segunda está diretamente associada ao crescimento populacional que acaba exercendo pressão cada vez maior sobre os recursos hídricos. Considerando essas duas razões, MIERZWA (2002) elaborou uma escala (Figura 1.3) demonstrando as tendências para o surgimento de conflitos relacionados aos recursos hídricos.

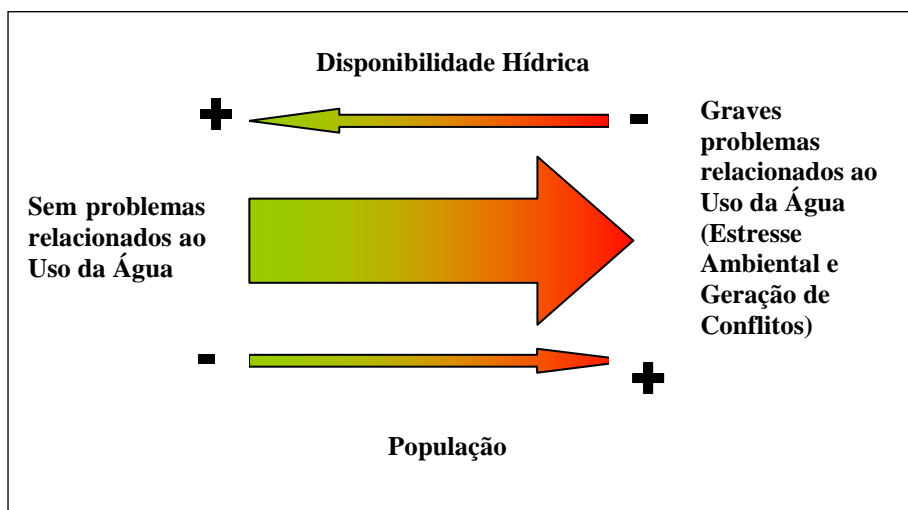


Figura 1.3 - Escala para relacionar a tendência de surgimento de estresse ambiental e geração de conflitos, em função da disponibilidade hídrica e o aumento da população.

Fonte: Adaptado de MIERZWA (2002)

À luz da escala da Figura 1.3, é possível se estabelecer uma tendência para o Oriente Médio, que, segundo LINO (1999), é uma região de contrastes, pois, apesar da riqueza gerada pela abundância de petróleo, conta com apenas 1% da água doce renovável do planeta para abastecer 5% da população mundial. Essa região provavelmente estará enfrentando uma grave crise de abastecimento de água nas próximas décadas, e considerando que mais de 85% da água disponível para cada país tem origem fora de suas fronteiras ou é proveniente de fontes compartilhadas, o potencial para causar conflitos armados é significativo.

Dentre os usos múltiplos dados à água, a irrigação é, sem dúvida, aquele que demanda o maior consumo. De acordo com MANCUSO (2003), 65% de toda água captada dos rios, lagos e aquíferos do mundo têm como principal uso a irrigação, 25% destinam-se ao sistema industrial, e os 10% restantes ao abastecimento público. Segundo TUNDISI (2003), na Ásia, essa proporção é de 85% para a irrigação, e, na África, essa demanda é ainda maior, chegando a 88%. Com isso, verifica-se que justamente nas regiões onde encontra-se a maioria dos países em situação de escassez hídrica é justamente onde o uso de água é mais voltado para agricultura, criando uma situação

onde o grande consumo demandado pela irrigação contribui ainda mais para a escassez.

É importante destacar que as terras irrigadas, que atualmente representam aproximadamente 16% das terras cultivadas no mundo, são responsáveis pela produção de cerca de 40% dos alimentos (ITURRI, 1999).

1.3 A situação dos recursos hídricos no Brasil.

Contando com dimensões continentais, área de 8.512.000 km² e 183.888.841 habitantes, conforme contagem da população pelo IBGE, em 2007, o Brasil é hoje o quinto país do mundo, tanto em extensão territorial, quanto em população.

O país apresenta disponibilidade hídrica de cerca de 179.000 m³/s (ANA, 2005), o equivalente a 12% do total da disponibilidade mundial, e cerca de 53% da América do Sul (REBOUÇAS apud TUNDISI, 2003).

Respeitando o princípio de que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implantação da política nacional de recursos hídricos, e a atuação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, o conselho nacional de recursos hídricos instituiu a divisão hidrográfica nacional (Figura 1.4) segundo a resolução n° 32, de 15 de outubro de 2003.

O Quadro 1.5 mostra as vazões em épocas de estiagens, utilizando a vazão com permanência de 95% dos rios das regiões hidrográficas como referência. As maiores vazões de estiagem estão na região Amazônica, Paraná e Tocantins/Araguaia, enquanto que as menores, nas bacias do Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba e Atlântico Leste.



Figura 1.4 – Divisão hidrográfica nacional

Fonte: ANA (2005).

Quadro 1.5 - Vazões médias e de estiagem nas regiões hidrográficas e no país.

REGIÃO HIDROGRÁFICA	ÁREA (km ²)	VAZÃO MÉDIA (m ³ /s)	VAZÃO DE ESTIAGEM ¹ (m ³ /s)
Amazônica ²	3.869.953	131.947	73.748
Tocantins/Araguaia	921.921	13.624	2.550
Atlântico Nordeste Ocidental	274.301	2.683	328
Parnaíba	333.056	763	294
Atlântico Nordeste Oriental	286.802	779	32
São Francisco	638.576	2.850	854
Atlântico Leste	388.160	1.492	253
Atlântico Sudeste	214.629	3.179	989
Atlântico Sul	187.522	4.174	624
Uruguai ³	174.533	4.121	391
Paraná	879.873	11.453	4.647
Paraguai ⁴	363.446	2.368	785
Brasil	8.532.772	179.433	85.495

1: Vazão com permanência de 95%.

2: A bacia amazônica ainda compreende uma área de 2,2 milhões de km em território estrangeiro, a qual contribui com adicionais 86.321 m³/s, em termos de vazão média.

3: A bacia do rio Uruguai ainda compreende adicionais 37 mil km² em território estrangeiro, a qual contribui com 878 m³/s.

4: A bacia do rio Paraguai compreende adicionais 118 mil km² em território estrangeiro e 595 m³/s.

Fonte: ANA (2005).

A distribuição irregular dos recursos hídricos no país, de acordo com o Quadro 1.6, faz com que estados como São Paulo, onde se encontra 21,7% da população do país responda por 1,6 % do potencial hídrico nacional, ou Rio de Janeiro, onde residem 8,5% da população, responda por 0,5% do potencial hídrico nacional. Enquanto isso, o estado do Amazonas, onde está 1,5% da população, tem potencial hídrico próximo de 33%, e o Pará, onde está 3,5% da população, conta com potencial hídrico de 20%.

Quadro 1.6 - Disponibilidade hídrica por estado no Brasil.

ESTADOS	POTENCIAL HÍDRICO (km³/ano)	POTENCIAL HÍDRICO (%)	DISPONIBILIDADE HÍDRICA ((m³/hab)/ano)	POPULAÇÃO (%)
Rondônia	150,2	2,7	115.538	0,8
Acre	154,0	2,7	351.123	0,3
Amazonas	1.848,3	32,9	773.000	1,5
Roraima	372,3	6,6	1.506.488	0,2
Pará	1.124,7	20,0	204.491	3,5
Amapá	196,0	3,5	516.525	0,2
Tocantins	122,8	2,2	116.952	0,7
Maranhão	84,7	1,5	16.226	3,3
Piauí	24,8	0,4	9.185	1,7
Ceará	15,5	0,3	2.279	4,3
Rio Grande do Norte	4,3	0,1	1.654	1,6
Paraíba	4,6	0,1	1.394	2,1
Pernambuco	9,4	0,2	1.270	4,7
Alagoas	4,4	0,1	1.692	1,7
Sergipe	2,6	<0,1	1.625	1,0
Bahia	35,9	0,6	2.872	8,0
Minas Gerais	193,9	3,5	11.611	10,6
Espírito Santo	18,8	0,3	6.714	1,8
Rio de Janeiro	29,6	0,5	2.189	8,5
São Paulo	91,9	1,6	2.209	21,7
Paraná	113,4	2,0	12.600	5,7
Santa Catarina	62,0	1,1	12.653	3,1
Rio Grande do Sul	190,0	3,4	19.792	6,1
Mato Grosso do Sul	69,7	1,2	36.684	1,3
Mato Grosso	522,3	9,3	237.409	1,4
Goiás	283,9	5,1	63.089	3,0
Distrito Federal	2,8	<0,1	1.555	1,2
Brasil	5.610,0	100,0	35.732	100,0

Fonte: Adaptado de TUNDISI, *apud* SCHOR (2006)

Destaque-se que esses números refletem apenas as características quantitativas da disponibilidade, não considerando as qualitativas, pois se assim o fosse, com certeza os valores seriam ainda menores, principalmente na região sudeste, onde a industrialização acentuada e o saneamento inadequado contribuem para a poluição das águas.

Analisando o Quadro 1.6, observa-se que em relação aos patamares específicos de escassez hídrica apresentados no Quadro 1.4, nenhum estado brasileiro está sob o regime de crônica escassez de água. Porém, seis estados se encontram com sua disponibilidade hídrica entre 1.000 (m³/hab)/ano e 1.700 (m³/hab)/ano, o que configura situação de estresse hídrico periódico e regular.

Quadro 1.7 – Estados brasileiros em pior situação quanto à disponibilidade de recursos hídricos por habitante.

ESTADO	DISPONIBILIDADE* PER CAPITA (m ³ /hab)/ano)	SITUAÇÃO**
Pernambuco	1.270	O estresse hídrico é periódico e regular.
Paraíba	1.394	
Distrito Federal	1.555	
Sergipe	1.625	
Rio Grande do Norte	1.654	
Alagoas	1.692	
Rio de Janeiro	2.189	Somente ocasionalmente tenderá a sofrer problemas de falta d'água.
São Paulo	2.209	
Ceará	2.279	
Bahia	2.872	

Fontes: * Quadro 1.6 e ** Quadro 1.4

É importante esclarecer que as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo não se encontram em situação de estresse hídrico, conforme visto no Quadro 1.7, graças às transposições das quais são beneficiadas. No caso da região metropolitana do Rio de Janeiro, fica evidente esta situação quando se avalia a

disponibilidade hídrica do rio Guandu, principal manancial utilizado para abastecimento na região. Segundo o plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, antes da implantação das estruturas hidráulicas da transposição, a vazão natural média diária e a vazão mínima de referência ($Q_{7,10}$) do rio Guandu, eram respectivamente, $24,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1,52 \text{ m}^3/\text{s}$; após a implantação de uma série de obras de transposição visando a geração de energia elétrica (CAMPOS, 2001), esses valores tiveram o acréscimo de uma vazão mínima, a jusante da UHE Pereira Passos, igual a $120 \text{ m}^3/\text{s}$ (atualmente garantida pelas Resoluções 211/2003 e 465/2004 da ANA).

Dentre as atividades consumidoras de água, a irrigação é a que retira as maiores vazões, com exceção nas regiões hidrográficas Amazônica, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste e Paraná, nas quais predomina o uso urbano, e na região hidrográfica do Paraguai, onde predomina o uso animal.

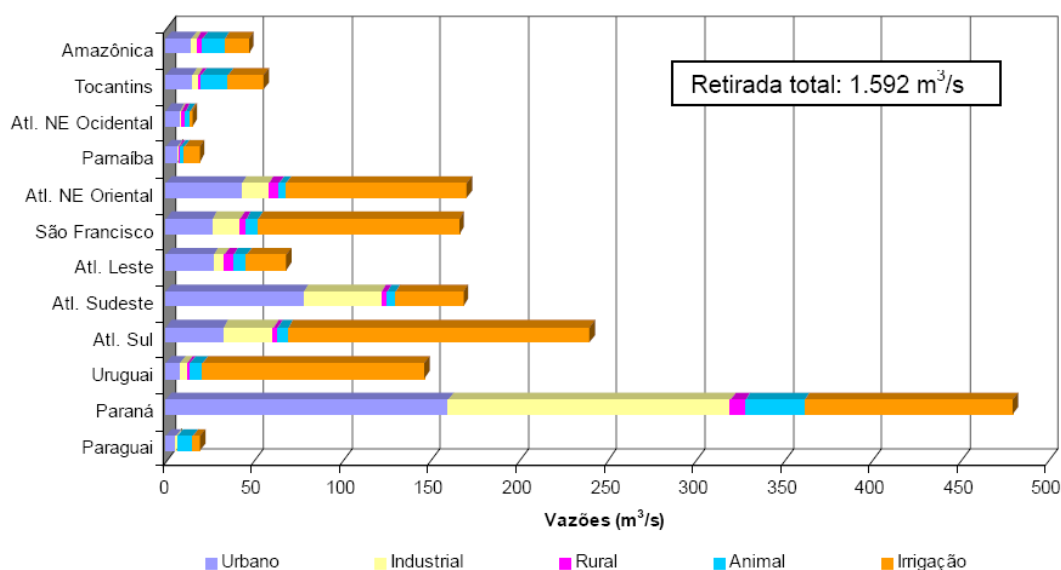


Figura 1.5 – Vazões de retiradas para os diferentes usos nas regiões hidrográficas.

Fonte: ANA (2005)

Aproximadamente 46% das vazões de retirada no país destinam-se à irrigação, 26% ao abastecimento urbano, 18% para a indústria, 7% para o consumo animal e apenas 3% para o abastecimento rural. (Figura 1.6)

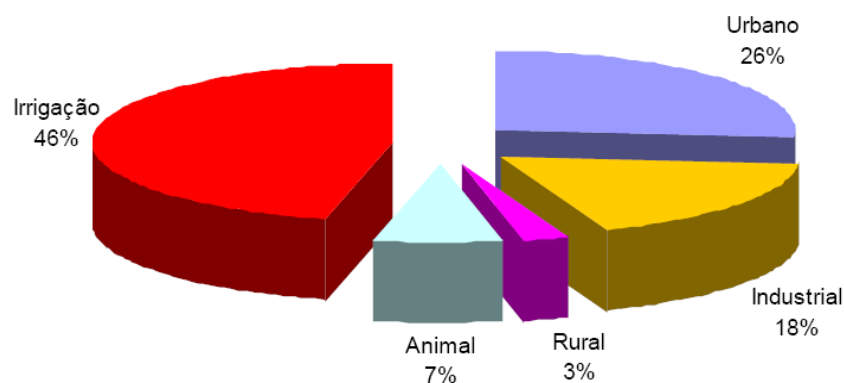


Figura 1.6 – Vazões de retiradas para os diferentes usos no país.

Fonte: ANA (2005)

Em 1996, o censo agropecuário mostrava que a área irrigada no país era pouco mais de 3,1 milhões de ha, menos de 6% de toda área plantada, que é de 55 milhões de ha. Em 2000, com base em projeções do ONS (2003), a área irrigada no país era cerca de 3,7 milhões de ha.

Quadro 1.8 – Áreas irrigadas e vazões de retirada e consumo para irrigação.

REGIÃO HIDROGRÁFICA	ÁREA IRRIGADA 1996 (ha)	ÁREA IRRIGADA 2000 (ha)
Amazônica	70.746	91.970
Tocantins/Araguaia	108.060	133.995
Atlântico Nordeste Ocidental	6.737	9.028
Parnaíba	30.881	41.380
Atlântico Nordeste Oriental	409.233	442.994
São Francisco	342.711	370.985
Atlântico Leste	111.635	123.915
Atlântico Sudeste	244.153	295.425
Atlântico Sul	614.011	681.552
Uruguai	435.543	566.205
Paraná	722.639	874.393
Paraguai	25.418	31.519
Brasil	3.121.767	3.663.361

Fonte: ANA (2005)

Confrontando o Quadro 1.9 com as informações contidas no Quadro 1.7, é possível verificar que uma melhora na eficiência da irrigação de alguns estados com certeza permitiria um acréscimo em sua disponibilidade hídrica.

Quadro 1.9 – Eficiência da Irrigação.

REGIÃO / ESTADO	EFICIÊNCIA DA IRRIGAÇÃO (%)
Brasil	62,3
Nordeste	65,8
Maranhão	61,5
Piauí	61,1
Ceará	64,7
Rio Grande do Norte	71,3
Paraíba	70,8
Pernambuco	64,6
Alagoas	66,1
Sergipe	68,5
Bahia	67,5

Fonte: CRISTOFIDIS, *apud* TUNDISI (2003)

Considerando os estados com disponibilidade hídrica abaixo de 1.700 (m³/hab)/ano, ou seja, Pernambuco, Paraíba, Distrito Federal, Rio Grande do Norte, Sergipe e Alagoas, e dentre eles, aqueles com índices de eficiência de irrigação inferiores a 70%, a saber, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, chega-se à conclusão de que esses estados teriam um acréscimo de sua disponibilidade hídrica caso a irrigação fosse mais eficiente.

As reservas de águas subterrâneas, vistas no Quadro 1.10, representam uma alternativa de captação que vem sendo utilizada com maior intensidade e de forma acelerada nas últimas décadas. A tendência do aumento de seu uso deverá continuar, conforme se verifica pelo número de empresas privadas e órgãos públicos que atuam na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos.

A exploração de água subterrânea está condicionada a diversos fatores, merecendo destaque: a) quantidade, ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos, à recarga e exploração de reservas permanentes e ao escoamento de base para os rios; b) qualidade, influenciada pela composição das rochas e condições climáticas, pela renovação das águas e pela poluição; c) econômico, de acordo com a profundidade do aquífero, com as condições de bombeamento e com as características da água.

Quadro 1.10 – As reservas de águas subterrâneas do Brasil.

DOMÍNIOS AQUÍFEROS	ÁREAS (km ²)	SISTEMAS AQUÍFEROS PRINCIPAIS	VOLUMES ESTOCADOS (km ³)
Embasamento Aflorante	600.000	Zonas fraturadas	80
Embasamento Alterado	4.000.000	Manto de intemperismo e/ou fraturas	10.000
Bacia sedimentar Amazonas	1.300.000	Depósitos clásticos	32.500
Bacia sedimentar do Maranhão (Parnaíba)	700.000	Corda-Grajaú, Motuca, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande	17.500
Bacia sedimentar Potiguar-Recife	23.000	Grupo Barreiras, Jandaíra, Açú e Beberibe	230
Bacia sedimentar Alagoas-Sergipe	10.000	Grupo Barreiras, Muribeca	100
Bacia Sedimentar Jatobá-Tucano-Recôncavo	56.000	Marizal, São Sebastião, Tacatu	840
Bacia Sedimentar Paraná (Brasil)	1.000.000	Bauru-Caiuá, Serra Geral, Botucatu- Pirambóia- Rio do Rastro, Aquidauana	50.400
Depósitos diversos	823.000	Aluviões, dunas (Q)	411
Total	8.512.000		112.000

Fonte: LEAL, *apud* SETTI (2000).

Embora 80% da população brasileira seja atendida pela rede de distribuição de água, menos de 20% do esgoto urbano recebe tratamento. Diante desse quadro, é importante ressaltar que a ausência de abastecimento de água potável e de coleta de esgotos sanitários são as principais causas das altas taxas de doenças intestinais, dentre outras relacionadas à água e à falta de saneamento. Tanto que, entre 1995 e 2000, foram registradas 700 mil internações provocadas por estas doenças. Somente a diarreia afeta 1 milhão e meio de pessoas por ano.(ANA, 2004)

Mesmo sendo a região com melhor saneamento básico no país, a região Sudeste ainda tem muito em que melhorar. Em 2000, 6,47% dessa região não eram abastecidas adequadamente por água, e 29,55% da mesma região não tinham seus esgotos coletados (HESPANHOL, *apud* TUNDISI, 2003).

Apesar de 21% da demanda de uso de água bruta no planeta ir para as indústrias, como mostrado na Figura 1.2, no Brasil este consumo corresponde a 18% de toda a água consumida no país, e na bacia do Atlântico Sudeste, este número passa para aproximadamente 25% (ANA, 2005). Estes números deixam evidente a responsabilidade das indústrias, na implementação de programas e ações, que busquem a otimização e a redução no uso da água. O reúso de água e o tratamento dos efluentes são exemplos de ações que proporcionam o aumento na disponibilidade hídrica.

Grande parte do parque industrial brasileiro ainda não se ajustou à realidade que hoje se apresenta com relação à gestão de recursos hídricos, seja otimizando ou reduzindo o seu consumo, mas focado na sua maior disponibilidade. A lei das Águas, como será visto no capítulo 2, busca estabelecer mecanismos de controle que garantam sua disponibilidade em qualidade e quantidade para os mais diversos usos de forma sustentável no tempo.

1.4 Motivação.

A vigência da lei nº 9.433, de 08.01.1997, denominada lei das Águas, assim como da lei nº 9.984, de 17.07.2000, criando a Agência Nacional de Águas (ANA), proporcionaram uma nova maneira de se conceber a gestão dos recursos hídricos, procurando garantir os múltiplos usos para as águas e priorizando o consumo humano, em situações de escassez. A água, considerada um bem de domínio público, foi dotada de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos tornou-se descentralizada, contando com a participação não somente do poder público, mas também dos usuários e da sociedade civil.

A refinaria Duque de Caxias – REDUC tem buscado participar ativamente dos debates envolvendo as questões relacionadas aos recursos hídricos dentro do estado do Rio de Janeiro. Atualmente, conta com dois representantes dentro do comitê Guandu, um na função de secretário executivo, e outro (o autor desta dissertação) na função de coordenador da câmara técnica de assuntos legais e institucionais. Durante a fase de conclusão desta dissertação, outro funcionário da refinaria assumiu a função de diretor no comitê da Baía de Guanabara.

Localizada junto ao pólo petroquímico de Duque de Caxias, a refinaria tem posição de destaque dentro da economia fluminense, ocupando a posição de maior arrecadadora de ICMS dentro do estado do Rio de Janeiro.

A expectativa de aumento na demanda por água, aliada à prioridade do uso para o consumo humano, remetem a um cenário futuro de menor disponibilidade para a indústria. Essa situação necessita ser muito bem analisada, pois a REDUC supre hoje a maior parte de suas necessidades hídricas através da captação no rio Guandu, rio responsável também pelo abastecimento de aproximadamente 8 milhões de pessoas na RMRJ, e ainda tem ao seu redor uma região mal atendida pelos serviços de abastecimento público.

1.5 Objetivos e abrangência do estudo.

A gestão integrada dos recursos hídricos constitui quesito fundamental para o crescimento sustentável de qualquer atividade produtiva. Sob essa ótica, e diante da expectativa de crescimento industrial, urbano e agrícola, nas regiões hidrográficas brasileiras, e em especial na região hidrográfica do Atlântico Sudeste, que certamente será acompanhada pelo aumento na demanda de água, esta dissertação irá identificar os riscos associados à disponibilidade hídrica para a REDUC.

Em virtude de significativa expansão em andamento no seu parque industrial, e do aumento esperado na sua demanda requerida de água, serão avaliadas as disponibilidades hídricas nos mananciais onde hoje a refinaria tem suas captações, rio Guandu e represa de Saracuruna.

Os planos diretores de recursos hídricos da bacia do rio Guandu e da baía de Guanabara, e o plano diretor de abastecimento de água da CEDAE, serão estudados com o foco na região vizinha da refinaria. Nela, serão analisadas as características do sistema de abastecimento existente, levando em consideração a rede de distribuição e a capacidade de reservação, de forma a se elaborar um mapa com as áreas de cobertura e a freqüência de atendimento.

Com o conhecimento das necessidades hídricas da REDUC, das disponibilidades nos mananciais hoje utilizados, e das deficiências do abastecimento da região de sua vizinhança, serão apresentados os riscos e as alternativas ambientalmente viáveis associados à disponibilidade hídrica para a REDUC, buscando assim, reduzir a possibilidade de se estabelecerem conflitos pelo uso da água nessa região.

Na análise das bacias hidrográficas de interesse, será depreendido maior grau de detalhamento apenas nas bacias dos rios Guandu e Estrela, por nelas se encontrarem os pontos de captação de água para a refinaria. Por motivo semelhante, a região localizada no entorno da refinaria será objeto de um maior detalhamento, com relação à sua população e aos serviços de abastecimento de água.

1.6 Metodologia.

Ao longo do desenvolvimento dos capítulos desta dissertação, será realizada uma análise das disponibilidades e demandas hídricas para a REDUC e sua vizinhança. Inicialmente serão apresentados os múltiplos usos da água no mundo e no Brasil, e, na seqüência, serão observados os aspectos legais relacionados com o tema. Posteriormente, serão descritas as bacias hidrográficas, a REDUC e sua vizinhança, com a apresentação das disponibilidades e demandas hídricas. Finalmente, após a realização desses levantamentos, serão apresentadas as conclusões e recomendações com foco na gestão dos recursos hídricos.

A abordagem metodológica aplicada compreende a verificação dos aspectos legais relacionados aos recursos hídricos no Brasil, com o levantamento da evolução histórica da legislação relacionada ao assunto, dando destaque às recentes lei das Águas e lei de criação da ANA. Em seguida, à caracterização das bacias hidrográficas relacionadas com o estudo, apresentando considerações com um maior nível de detalhes naquelas onde se dá a captação de água pela REDUC.

A caracterização da região vizinha à refinaria e do sistema de abastecimento nela existente será o resultado de entrevistas com técnicos da concessionária e pesquisas em trabalhos acadêmicos e institucionais, permitindo que se obtenha uma fotografia atual do abastecimento hoje existente nessa localidade. Essa informação será de grande utilidade ao ser confrontada com as disponibilidades e demandas na região de interesse, permitindo uma avaliação mais profunda da situação atual e da possibilidade de existência de conflitos no futuro.

Finalmente, ressalta-se um aspecto metodológico importante, a análise de entrevistas realizadas com técnicos da CEDAE, da REDUC, do laboratório de hidrologia da COPPE/UFRJ e com membros dos comitês de bacias. Onde se buscou a complementação das informações extraídas de diversos documentos, entre os quais merecem destaque a lei n° 9.433/97, os planos diretores de bacias hidrográficas, o

plano diretor de abastecimento de água da região metropolitana do Rio de Janeiro, o planejamento de ampliação da REDUC, periódicos e teses de mestrado e doutorado relacionadas com o tema.

Com base na análise crítica dos assuntos abordados, serão apresentadas propostas visando garantir a disponibilidade hídrica para a REDUC e a redução da possibilidade da existência de conflitos gerados pelo uso da água na região vizinha à refinaria.

2 ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

2.1 Evolução Histórica.

Num passado não muito distante, a água no Brasil era vista como um bem inesgotável e de direito privado. Porém, com o decorrer dos anos, a legislação pertinente passou por diversos ajustes, muitas das vezes em função de pressões exercidas pela sociedade e por órgãos ambientais. Essa evolução acompanhou cenários que se instalaram dentro e fora do Brasil, buscando adequar-se às demandas resultantes do desenvolvimento industrial e da expansão urbana.

O Código de Águas, instituído em 1934 pelo decreto nº 24.643, evidenciava uma visão oposta à que hoje é praticada no Brasil e em outros países considerados avançados na questão da água, uma vez que carecia de percepção com relação ao real valor e à disponibilidade da água. Em seu artigo 8º, previa claramente “são particulares as nascentes e todas as águas situadas em terrenos que também o sejam, quando as mesmas não estiverem classificadas entre as águas comuns de todos, as águas públicas ou as águas comuns”, assegurando ao proprietário o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente.

A Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil, promulgada em 16 de julho de 1934, definia em seu artigo 5º a competência exclusiva da união para legislar sobre a água, demonstrando uma preocupação maior naquele momento em regulamentar o aproveitamento hidráulico das quedas de água. Os artigos 20 e 21 disciplinavam o domínio dos recursos hídricos pela União, estados, municípios e particulares, em função de suas características de traçado e localização.

“Art 20 - São do domínio da União:

II - os lagos e quaisquer correntes em terrenos do seu domínio ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro;”

“Art 21 - São do domínio dos Estados:

II - as margens dos rios e lagos navegáveis, destinadas ao uso público, se por algum título não forem do domínio federal, municipal ou particular.”

A constituição de 1946 trazia um conceito mais atualizado para os rios de domínio estadual, pois em seu artigo 35 caracterizava com tal aqueles que tivessem nascentes e foz dentro do território estadual,

“Art 34 - incluem-se entre os bens da União:

I - os lagos e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limite com outros países ou se estendam a território estrangeiro, e bem assim as ilhas fluviais e lacustres nas zonas limítrofes com outros países;”

“Art 35 - incluem-se entre os bens do Estado os lagos e rios em terrenos do seu domínio e os que têm nascentes e foz no território estadual.”

Com a vigência da Constituição dos Estados Unidos do Brasil de 1946, já dotados de competência para legislar sobre os recursos hídricos sob seu domínio, vários estados aprovaram suas respectivas leis de organização administrativa para o setor de recursos hídricos. Até 2000, 19 estados já dispunham de leis próprias, conforme o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Leis estaduais de recursos hídricos (até 2000).

ESTADO	LEI SOBRE POLÍTICA E SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
Alagoas	Lei n o 5.965, de 10/11/1997 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de gerenciamento integrado de recursos hídricos e dá outras providências.
Bahia	Lei n o 6.855, de 12/05/1995 – Dispõe sobre a política, o gerenciamento e o plano estadual de recursos hídricos e dá outras providências.
Ceará	Lei n o 11.996, de 24/07/1992 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema integrado de gestão de recursos hídricos – SIGERH e dá outras providências.
Distrito Federal	Lei n o 512, de 28/07/1993 – Dispõe sobre a política de recursos hídricos no Distrito Federal, institui o sistema de gerenciamento integrado de recursos hídricos – SGIRH-DF, e dá outras providências. Lei n o 2.725, de 13 de junho de 2001 – Institui a política de recursos hídricos do Distrito Federal, cria o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Distrito Federal e dá outras providências.
Espírito Santo	Lei n o 5.818, de 30/12/1998 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema integrado de gerenciamento e monitoramento dos recursos hídricos, do estado do Espírito Santo – SIGERH/ES, e dá outras providências.
Goiás	Lei n o 13.123, de 16/07/1997 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e dá outras providências.
Maranhão	Lei n o 7.052, de 22/12/1997 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema de gerenciamento integrado de recursos hídricos e dá outras providências.
Mato Grosso	Lei n o 6.945, de 05/11/1997 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de recursos hídricos e dá outras providências.
Minas Gerais	Lei n o 13.199, de 29/01/1999 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e dá outras providências.
Paraíba	Lei n o 6.308, de 02/07/1996 – Institui a política estadual de recursos hídricos, suas diretrizes e dá outras providências.
Paraná	Lei n o 12.726, de 26/11/1999 – Institui a política estadual de recursos hídricos, cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências.
Pernambuco	Lei n o 11.426, de 17/01/1997 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e o plano estadual de recursos hídricos, institui e sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências.
Piauí	Lei n o 5.615, de 17/08/2000 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências.
Rio de Janeiro	Lei n o 3.239, de 02/08/1999 – Institui a política estadual de recursos hídricos, cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta a Constituição Estadual em seu artigo 261, § 1º, inciso VII, e dá outras providências.
Rio Grande do Norte	Lei n o 6.908, de 01/07/1996 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema integrado de gestão de recursos hídricos – SIGERH e dá outras providências.
Rio Grande do Sul	Lei n o 10.350, de 30/12/1994 – Institui o sistema estadual de recursos hídricos, regulamentando o artigo 171 da constituição do estado do Rio Grande do Sul.
Santa Catarina	Lei n o 9.748, de 30/11/1994 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e dá outras providências.
São Paulo	Lei n o 7.663, de 30/12/1991 – Estabelece normas de orientação à política estadual de recursos hídricos bem como ao sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos.
Sergipe	Lei n o 3.870, de 25/09/1997 – Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, e institui o sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências.

Fonte: SETTI (2000).

Prosseguindo com a evolução histórica da legislação, a lei federal nº 4.771/65 “Código Florestal”, em seu artigo 2º, concedeu status de área de preservação permanente para as matas ciliares, dada a sua importância na conservação e preservação dos recursos hídricos, por atuarem como filtros, prevenindo a erosão do solo e assoreamento dos corpos de água.

A década de 70 destacou-se pelos grandes investimentos em hidrelétricas e sistemas de abastecimento de água. Contudo, o crescimento vivenciado nesta década trouxe consigo consequências ao meio-ambiente, e a principal delas foi a deterioração das águas dos rios devido ao aumento da produção industrial e à expansão urbana. A deterioração dos recursos naturais desencadeou um processo de pressão ambiental que resultou na criação de três decretos lei: o nº 1.413/75, que dispunha sobre o controle da poluição ao meio ambiente; o nº 76.389/75, o qual estabelecia que o órgão controlador deveria definir critérios, normas e padrões ambientais; e o nº 79.367/77 que tratava de normas e padrões de potabilidade de água. Já no final da década de 70, surgiu a lei federal nº 6.662/79, que tratava da política nacional de irrigação, e tinha por objetivo principal o aproveitamento racional de recursos de água e solos para a implantação e o desenvolvimento da agricultura irrigada.

Durante os anos 80, enquanto ocorriam interações no ambiente global com países desenvolvidos, já demonstrando claramente a preocupação com os impactos climáticos e a preservação das florestas, no Brasil observava-se uma piora nas condições urbanas relacionadas com enchentes e com a qualidade da água. A região nordeste sofria fortes impactos em decorrência de grandes períodos de secas. Dentro desse contexto surgiu a lei federal nº 6.938/81 que instituiu a política nacional do meio ambiente, e criou o SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente, em que eram estabelecidas as competências administrativas e legislativas para as diferentes esferas de poder (União, Estados, Distrito Federal e municípios). Ao poluidor foi imposta a obrigação de recuperar ou indenizar os danos causados aos recursos ambientais, com a finalidade de estabelecer, no meio industrial, responsabilidades e penalidades para os casos de poluição ambiental.

Os princípios da gestão ambiental e dos recursos hídricos foram recepcionados pela Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 1988, estando definido o domínio exclusivo da união e dos estados sobre as águas. A lei maior dedicou um capítulo exclusivamente ao meio ambiente, conforme se verifica pelo artigo 225, no qual é assegurado o direito da população ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, e imposto ao poder público e à coletividade o dever de preservá-lo para a presente e as futuras gerações. Ainda na constituição, o inciso XIX do artigo 21 estabeleceu como competência exclusiva da união “instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso”.

A lei federal nº 9.433/97, conhecida como lei das Águas, foi um dos mais importantes instrumentos jurídicos relacionados à gestão dos recursos hídricos, uma vez que instituiu a política nacional de recursos hídricos, criou o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, e regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição da República Federativa do Brasil.

São fundamentos básicos da lei 9.433/97: a água é um recurso limitado de domínio público e com valor econômico; a gestão da água deve proporcionar usos múltiplos tendo como prioridade o consumo humano; a unidade de planejamento é a bacia hidrográfica; e a gestão deve ser descentralizada e participativa.

Buscando assegurar às futuras gerações o acesso à água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, o dispositivo legal estabelece a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, sem a dissociação entre quantidade e qualidade e enquadrando os diversos corpos hídricos em classes de uso. Nas situações envolvendo o gerenciamento de recursos hídricos de interesse comum, como no caso de corpos hídricos que cortam mais de um estado da federação, prevê a necessidade de articulação entre união e estados.

A lei 9.433/97, em seus artigos 5º a 27, trata dos instrumentos da política nacional dos recursos hídricos:

Planos de recursos hídricos - Documentos que orientam a implantação da política nacional dos recursos hídricos. O plano nacional de recursos hídricos atualiza e consolida os planos diretores de recursos hídricos elaborados pelos comitês de bacias hidrográficas.

Enquadramento dos corpos de águas em classes de usos - Assegura às águas qualidade compatível com o uso a que forem destinadas, diminuindo custos de combate à poluição mediante ações preventivas permanentes.

Outorga de direito de uso de recursos hídricos - É o instrumento pelo qual o poder público concede ao usuário a autorização para fazer uso da água, estando condicionada às prioridades estabelecidas nos planos de recursos hídricos e respeitando a classe de uso em que o corpo hídrico estiver enquadrado. Constitui o elemento central do controle para a utilização racional dos recursos hídricos.

Cobrança pelo uso de recursos hídricos - Reconhecendo o valor econômico da água incentiva a racionalização de uso e gera recursos para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Sistema de informações sobre recursos hídricos - Fornece subsídios para elaboração dos planos de recursos hídricos e informa gestores, usuários e sociedade civil. Esse sistema é responsável por reunir, atualizar e divulgar dados relativos à qualidade e quantidade dos recursos hídricos no Brasil.

Além de tratar das infrações e penalidades quanto às normas de utilização dos recursos hídricos, a referida legislação criou o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos que tem como principal objetivo a coordenação da gestão integrada

das águas. Esse sistema é integrado pelo conselho nacional de recursos hídricos, conselhos de recursos hídricos dos estados e distrito federal, comitês de bacias hidrográficas, órgãos dos poder público federal, estadual e municipal cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e as agências de água.

Conselho nacional de recursos hídricos - Órgão mais elevado dentro da hierarquia do sistema nacional, a quem compete arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre os conselhos estaduais. Analisa questões relacionadas à política nacional de recursos hídricos, e acompanha a execução do plano nacional de recursos hídricos.

Comitês de bacias hidrográficas - Compostos por representantes da união, estados, municípios, usuários e sociedade civil, são organizações que visam agir como fórum de decisão dentro de sua área de atuação que é a bacia hidrográfica. Compete aos comitês de bacias, entre outras atribuições, arbitrar em primeira instância os conflitos relacionados aos recursos hídricos, e aprovar e acompanhar a execução do plano de recursos hídricos da bacia. Um exemplo de comitê de bacia hidrográfica de rio federal no estado do Rio de Janeiro é o comitê para a integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul - CEIVAP, criado pelo decreto federal nº 1.842 de 22 de março de 1996.

Agências de água - Exercem a função de secretaria executiva do respectivo ou dos respectivos comitês de bacia hidrográfica, realizando a gestão dos recursos hídricos, inclusive efetuando a cobrança pelo uso desses recursos, mediante a delegação do outorgante. Atuam também como responsáveis pela gestão do sistema de informações de recursos hídricos, no âmbito de sua área de atuação, e elaboram os planos de recursos hídricos para apreciação dos respectivos comitês de bacia.

A Figura 2.1 apresenta um organograma onde se observam os órgãos componentes do sistema nacional de recursos hídricos no âmbito federal, estadual e de bacia.

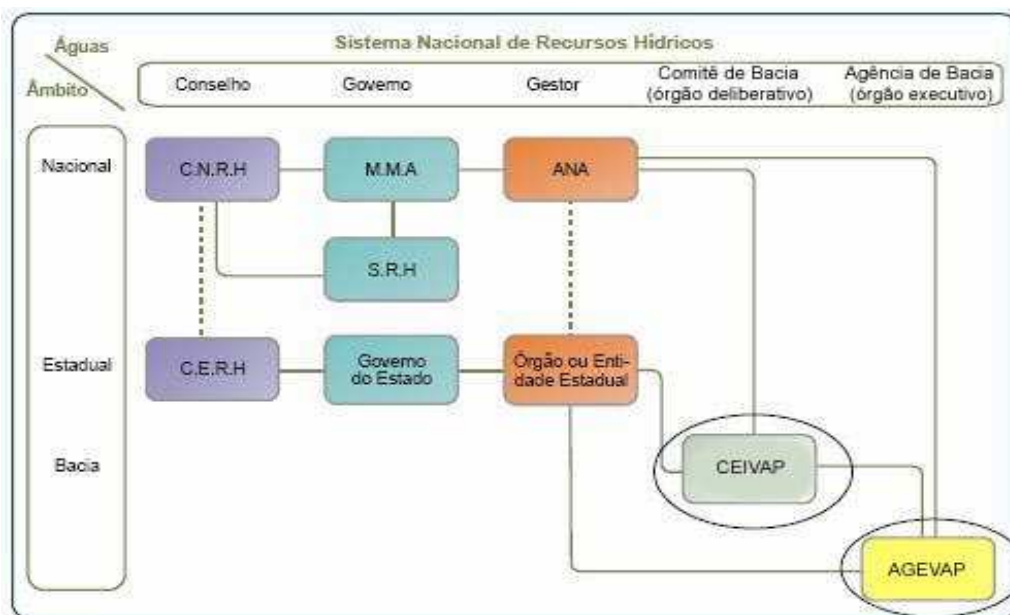


Figura 2.1 - Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

Fonte: CEIVAP - Comitê da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

No Quadro 2.2, encontram-se as principais leis, decretos, resoluções e deliberações que tratam do tema de recursos hídricos no âmbito federal.

Quadro 2.2 - Legislação de competência federal com impacto sobre os recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro.

ÂMBITO FEDERAL	DATA
Decreto nº. 24.643 - O Código de Águas.	10 de julho de 1934
Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil - Disciplinou o domínio dos recursos hídricos da União, Estados, municípios e particulares.	16 de julho de 1934
Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil - Alterou o domínio hídrico, delegando-o apenas à União e aos Estados.	18 de setembro de 1946
Lei Federal nº 4.771 - Código Florestal, em seu artigo 2º, ainda vigente, concedeu status de área de preservação permanente para as mata ciliares.	15 de setembro de 1965
Decreto Lei nº 1.413 - Dispunha sobre o controle da poluição ao meio ambiente.	14 de agosto de 1975
Decreto Lei nº 76.389 - Estabelecia que o órgão controlador deveria definir critérios, normas e padrões ambientais.	03 de outubro de 1975

Decreto Lei nº 79.367 - Tratava de normas e padrões de potabilidade de água.	09 de março de 1977
Lei Federal nº 6.662 - Tratava da política nacional de irrigação.	25 de junho de 1979
Lei Federal nº 6.938 - Instituiu a política nacional do meio ambiente, e criou o SISNAMA - sistema nacional do meio ambiente.	31 de agosto de 1981
Resolução CONAMA Nº. 004 - Define reservas ecológicas.	18 de setembro de 1985
Constituição da República Federativa do Brasil - Artigo 225 e o inciso XIX do artigo 21.	05 de outubro de 1988
Decreto Lei nº 1.842 - Cria o comitê para a integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul - CEIVAP.	22 de março de 1996
Lei Federal nº 9.433 - Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da constituição federal, e altera o art.1 da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei n. 7.990 de 28 de dezembro de 1989.	08 de janeiro de 1997
Lei Federal nº 9.605 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	13 de fevereiro de 1998
Lei Federal nº 9.966 - Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.	28 de abril de 2000
Lei nº 9.984 - Dispõe sobre a criação da agência nacional de águas - ANA, entidade federal de implementação da política nacional de recursos hídricos e de coordenação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.	17 de julho de 2000
Lei Federal nº 10.257 - Conhecido como o Estatuto da Cidade, garantiu aos municípios condições para realizar uma adequada gestão dos recursos hídricos, pois proporcionou aos mesmos a possibilidade, na implementação de suas políticas urbanas, de estabelecerem normas específicas de gestão urbana e uso do solo, de forma a protegerem as áreas de recarga e garantirem a qualidade e quantidade das águas subterrâneas.	10 de julho de 2001
Resolução CONAMA Nº 302 - Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.	18 de março de 2002
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 303 - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente.	18 de março de 2002
Lei Federal nº 10.881 - Dispõe sobre os contratos de gestão entre a agência nacional de águas e entidades delegatárias das funções de agências de águas para a gestão de recursos hídricos de domínio da União.	09 de junho de 2004
Resolução CONAMA nº. 357 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.	17 de março de 2005
Deliberação CEIVAP 53 - Institui grupo de trabalho permanente de acompanhamento da operação hidráulica na bacia do rio Paraíba do Sul, para atuação conjunta com o comitê de bacia do rio Guandu.	16 de setembro de 2005

Deliberação CEIVAP nº. 65 - Estabelece mecanismos e propõe valores para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, a partir de 2007.	28 de setembro de 2006
Deliberação CEIVAP nº. 70 - Estabelece mecanismo diferenciado de pagamento pelo uso de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul.	19 de outubro de 2006
Resolução CNRH nº. 64 - Aprova os valores e mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.	07 de dezembro de 2006

Fonte: SENADO FEDERAL DO BRASIL / CNRH.

2.2 Aspectos legais da gestão de recursos hídricos no estado do Rio de Janeiro

Conforme já mencionado anteriormente, após a promulgação da constituição de 1988, os corpos hídricos passaram a ser de domínio exclusivamente federal ou estadual. No estado do Rio de Janeiro, as principais leis, decretos, portarias e deliberações que tratam do tema dos recursos hídricos encontram-se no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Legislação estadual de recursos hídricos no estado do Rio de Janeiro.

ÂMBITO ESTADUAL	DATA
Decreto Lei nº. 134 - Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no estado do Rio de Janeiro e da outras providências	16 de junho de 1975
Decreto Estadual nº. 2.330 - Regulamenta, em parte, os decretos-lei nº. 39, de 21 de março de 1975, e nº. 134, de 16 de junho de 1975, e institui o sistema de proteção dos lagos e cursos d'água do estado do Rio de Janeiro.	08 de janeiro de 1979
Deliberação CECA nº. 48 - Aprova o regulamento de fiscalização da superintendência estadual de rios e lagoas - SERLA	08 de março de 1979
Deliberação CECA nº. 49 - Delega poderes e competência à SERLA para aplicação de multas previstas no decreto nº. 2.330, de 08.01.79.	17 de maio de 1979
Lei Estadual nº. 650 - Dispõe sobre a política estadual de defesa e proteção das bacias fluviais e lacustres do Rio de Janeiro	11 de janeiro de 1983
Constituição do estado do Rio de Janeiro - título VII, capítulo VIII, do meio ambiente.	05 de outubro de 1989
Lei Estadual nº. 3.239 - Institui a política estadual de recursos hídricos.	02 de agosto de 1999
Decreto Estadual nº. 31.178 - Cria o comitê da bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim - Comitê Guandu.	03 de abril de 2002

Portaria SERLA nº. 307 - Estabelece critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos, para emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências.	23 de dezembro de 2002
Decreto Estadual nº 34.243 - Institui o comitê da bacia hidrográfica do rio Macaé, que compreende a bacia do rio Jurubatiba, bacia do rio Imboassica e a bacia da lagoa de Imboassica.	04 de novembro de 2003
Lei Estadual nº. 4.247 - Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.	16 de dezembro de 2003
Decreto Estadual nº. 35.724 - Dispõe sobre a regulamentação do art. 47 da lei nº. 3.239, de 02 de agosto de 1999, que autoriza o poder executivo a instituir o fundo estadual de recursos hídricos - FUNDRHI, e dá outras providências.	12 de junho de 2004
Decreto Estadual nº. 36.733 - Institui o comitê das bacias hidrográficas das lagoas de Araruama, Saquarema e dos rios São João, Una e Ostras.	08 de dezembro de 2004
Resolução CERHI nº. 11 - Aprova critérios de cobrança pelo uso de recursos hídricos no âmbito da área de atuação do comitê da bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim.	08 de março de 2005
Decreto Estadual nº. 38.235 - Instituiu o comitê de bacia hidrográfica do rio Piabanha e sub-bacias hidrográficas dos rios Paquequer e Preto.	14 de setembro de 2005
Decreto Estadual nº 38.260 - Criou o comitê da região hidrográfica da Baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá.	16 de setembro de 2005
Portaria SERLA nº. 462 - Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para regularização dos usos de recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, na área de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda, e Guandu-mirim no estado do Rio de Janeiro.	10 de julho de 2006
Decreto Estadual nº. 40.156 - Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para a regularização dos usos de água superficial e subterrânea, bem como, para ação integrada de fiscalização com os prestadores de serviço de saneamento básico, e dá outras providências.	17 de outubro de 2006
Resolução Comitê Guandu nº. 13 - Dispõe sobre os planos das bacias hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim - PBH Guandu.	8 de dezembro de 2006

Fonte: ALERJ / GUANDU / SERLA.

No estado do Rio de Janeiro, a constituição estadual, promulgada em 05 de outubro de 1989, diz no artigo 261, em seu título VII, capítulo VIII, do meio ambiente:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à

qualidade de vida, impondo-se a todos, e em especial ao Poder Público, o dever de defendê-lo, zelar por sua recuperação e proteção em benefício das gerações atuais e futuras”.

“§1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

VII - promover, respeitada a competência da União, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, na forma da lei, com base nos seguintes princípios:

a) - adoção das áreas das bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de planejamento e execução de planos, programas e projetos;

b) - unidade na administração da quantidade e da qualidade das águas;

c) - compatibilização entre os usos múltiplos, efetivos e potenciais;

d) - participação dos usuários no gerenciamento e obrigatoriedade de contribuição para recuperação e manutenção da qualidade em função do tipo e da intensidade do uso;

e) - ênfase no desenvolvimento e no emprego de método e critérios biológicos de avaliação da qualidade das águas:

f) - proibição do despejo nas águas de caldas ou vinhotos, bem como de resíduos ou dejetos capazes de torná-las impróprias, ainda que temporariamente, para o consumo e a utilização normais ou para a sobrevivência das espécies;”

“§4º - A captação em cursos de água para fins industriais será feita a jusante do ponto de lançamento dos efluentes líquidos da própria indústria, na forma da lei.”

A restrição de que trata o §4º também se encontra presente na lei nº 3.239, em seu artigo 22 § 2º. Deve receber especial atenção, pois a REDUC tem uma captação no rio Guandu, e não retorna com seus efluentes para esse corpo hídrico. Isto acontece, segundo informações de técnicos da refinaria, porque o volume captado nesse rio é todo ele utilizado sob a forma consuntiva, de tal maneira, que a maior parte do volume captado é lançada na bacia atmosférica sob a forma de vapor de água originado de torres de refrigeração. A REDUC detém a outorga para captação de água no rio Guandu e lançamento de efluentes no rio Iguaçu, pelo prazo de 20 anos a contar da data de expedição da portaria, ocorrido em 31 de março de 2004.

A constituição estadual em seu artigo 262 prevê que a utilização dos recursos naturais com fins econômicos será objeto de taxas correspondentes aos custos necessários à fiscalização, à recuperação e à manutenção dos padrões de qualidade ambiental. Nesse artigo, é possível observar claramente a cobrança pelo direito de uso da água, já mencionada nas leis federais nº. 9.433/97 e nº 9.984/00. Por outro lado, a lei estadual nº 4.247, em seu artigo 9º, cria a possibilidade de se pagar pelo uso da água através de benfeitorias e equipamentos que busquem a redução do consumo, seja com o reúso das águas servidas, seja com o aproveitamento de águas de chuvas. Ainda, seguindo a linha de raciocínio que busca a maior disponibilidade em quantidade e qualidade da água, a deliberação CEIVAP nº 70/06 estabelece mecanismos diferenciados para pagamento dos valores de cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul. Buscando com isso incentivar ações de melhoria da qualidade, quantidade e do regime fluvial que resultem em sustentabilidade ambiental da bacia. Ainda na deliberação CEIVAP nº. 70/06, os custos com investimentos e ações que resultem na redução de lançamento de carga orgânica, e com isso resultem na melhora da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, poderão ser utilizados para pagamento da parcela referente ao lançamento de carga orgânica.

A lei estadual nº 3.239/99, instituiu a política estadual de recursos hídricos no estado do Rio de Janeiro, criou o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos e

regulamentou a constituição do estado do Rio de Janeiro em seu artigo 261, § 1º, inciso VII.

A lei nº 3.239/99, em seu artigo 2º, elenca os fundamentos da política estadual de recursos hídricos:

“II - da descentralização, com a participação do poder público, dos usuários, da comunidade e da sociedade civil;

III - do acesso à água como direito de todos, desde que não comprometa os ecossistemas aquáticos, os aquíferos e a disponibilidade e qualidade hídricas para abastecimento humano, de acordo com padrões estabelecidos; e

IV - de, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos será o consumo humano e a dessedentação de animais.”

O plano diretor de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía de Guanabara, em seu capítulo 8 - Modelo institucional e instrumentos legais para gestão dos recursos hídricos, diz com relação à lei estadual nº 3.239/99:

“Tal como a lei federal, a nova lei estadual das águas não modifica as competências inerentes ao órgão gestor e a agência ambiental, responsáveis, sobretudo, pela concessão da outorga e pelo controle das fontes poluidoras/licenciamento ambiental (SERLA e FEEMA, respectivamente). A inovação institucional ocorreu principalmente nos espaços vazios ante a criação de organismos de tomada de decisão, em nível estadual e de bacia (conselho e comitês), que passaram a incorporar

novos atores (municípios, usuários e organizações civis) ao processo de gestão. A descentralização do processo de planejamento e gestão deverá ser ainda mais fortalecida ao se criarem instituições executivas, ágeis e flexíveis (agências de água) para dar suportes, técnico e administrativo, aos comitês de bacia.

Em resumo, o centro de gravidade do novo sistema de gestão constitui os comitês de bacia - de composição tripartite com representantes do poder público (estado e municípios), dos usuários e da sociedade civil - que deverão instituir uma nova lógica de planejamento e gestão dos recursos hídricos”.

A política estadual e o gerenciamento de recursos hídricos são fundamentados e orientados pelo plano estadual de recursos hídricos, PERHI, que é uma diretriz geral de ação e organiza-se a partir dos planejamentos elaborados para as bacias hidrográficas, mediante compatibilizações e priorizações dos mesmos.

O sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos tem como principal objetivo coordenar a gestão integrada das águas e é composto pelo conselho estadual de recursos hídricos (CERHI), fundo estadual de recursos hídricos (FUNDRHI), comitês de bacia hidrográfica (CBH's), agências de água e os organismos dos poderes públicos federal, estadual e municipal, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.

Atualmente encontram-se instalados cinco comitês de bacias no estado do Rio de Janeiro, todos trabalhando na busca de uma gestão sustentável para os usos múltiplos dos recursos hídricos e o crescimento econômico de suas regiões:

- Comitê de bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu–Mirim - Comitê Guandu, instituído pelo decreto nº 31.178, de 03 de abril de 2002.

Vale destacar que decreto assinado em 22 de março de 2007, pelo governador do estado do Rio de Janeiro, Sergio Cabral, criou a área de proteção ambiental (APA) do rio Guandu.

- Comitê da bacia hidrográfica do Rio Macaé, que compreende a bacia do rio Jurubatiba, bacia do rio Imboassica e a bacia da lagoa de Imboassica, instituído pelo decreto nº 34.243, de 04 de novembro de 2003.
- Comitê das bacias hidrográficas das lagoas de Araruama, Saquarema e dos rios São João, Una e Ostras, instituído pelo decreto nº 36.733, de 08 de dezembro de 2004.
- Comitê de bacia hidrográfica do rio Piabanha e sub-bacias hidrográficas dos rios Paquequer e Preto, instituído pelo decreto nº 38.235, de 14 de setembro de 2005.
- Comitê de bacia hidrográfica da Baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá, instituído pelo decreto nº 38.260, de 16 de setembro de 2005.

A Figura 2.2 explicita as atribuições e inter-relações dos entes integrantes do sistema estadual de gestão de recursos hídricos, destacando o papel central da agência de bacia. No estado do Rio de Janeiro, cabe à SERLA desempenhar as funções das agências de bacias enquanto as mesmas não forem instituídas.

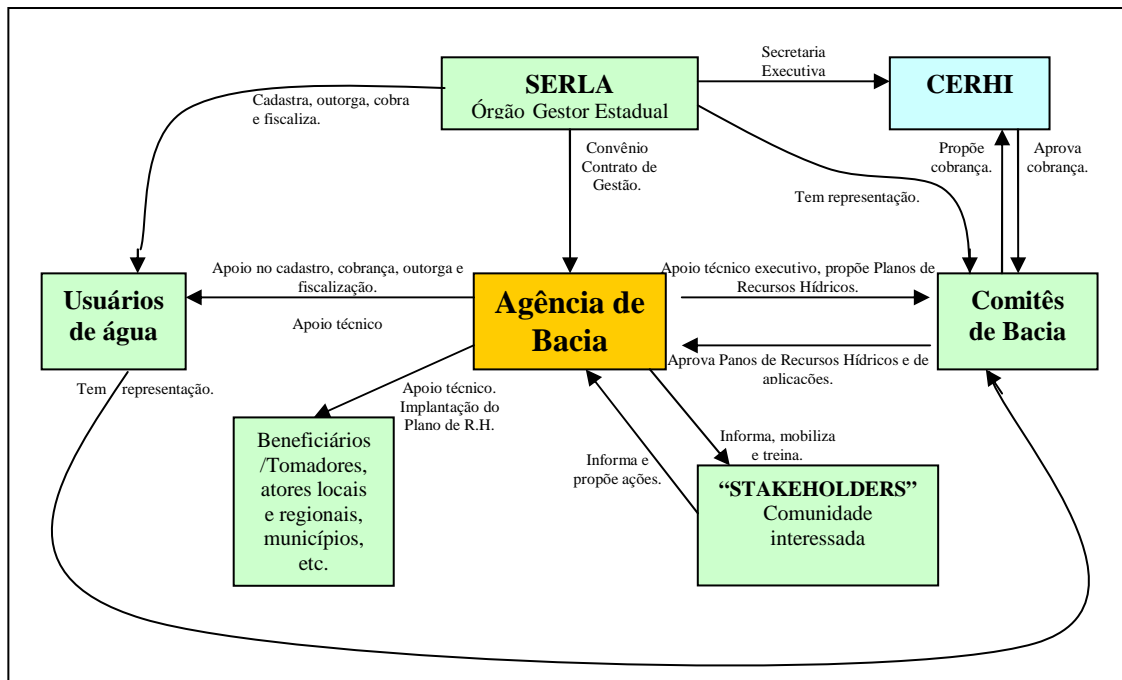


Figura 2.2 - Arranjo institucional do sistema estadual de gestão de recursos hídricos.

Fonte: FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS.

3 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

3.1 Considerações Iniciais

De acordo com a lei federal nº 9.433/97, lei da Águas, a bacia hidrográfica é a unidade territorial onde deve ser promovida a gestão dos recursos hídricos, gestão esta que deve ser descentralizada e participativa.

Baseado neste conceito e com o objetivo de regulamentar o artigo 10 da lei estadual nº 3.239/99, que diz “Para fins de gestão dos recursos hídricos, o território do estado do Rio de Janeiro fica dividido em regiões hidrográficas (RH’s), conforme regulamentação.”, em 08 de novembro de 2006, o conselho estadual de recursos hídricos emitiu a resolução nº 18, que aprova a definição das regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. De acordo com esta resolução, o território do Rio de Janeiro foi dividido em dez regiões hidrográficas (RH’s), e é dentro dessas regiões que se encontram as bacias de interesse desse estudo.

Na região hidrográfica da baía de Guanabara, compreendida pela RH-V, está instalada a REDUC, margeando o rio Iguaçu ao sul e fazendo divisa com a baía de Guanabara a sudeste. Também inserida na RH-V está localizada a represa de Saracuruna, manancial onde a REDUC capta água de ótima qualidade, próxima às barragens do sistema Acari de abastecimento público.

Na região hidrográfica do rio Guandu, RH-II, encontra-se a ETA Guandu, estação de tratamento de água responsável pelo abastecimento de aproximadamente 80% da RMRJ, e ao lado dela está instalada a captação de água da REDUC.

A Figura 3.1 mostra as RH’s e a localização da REDUC, ETA Guandu e Saracuruna.

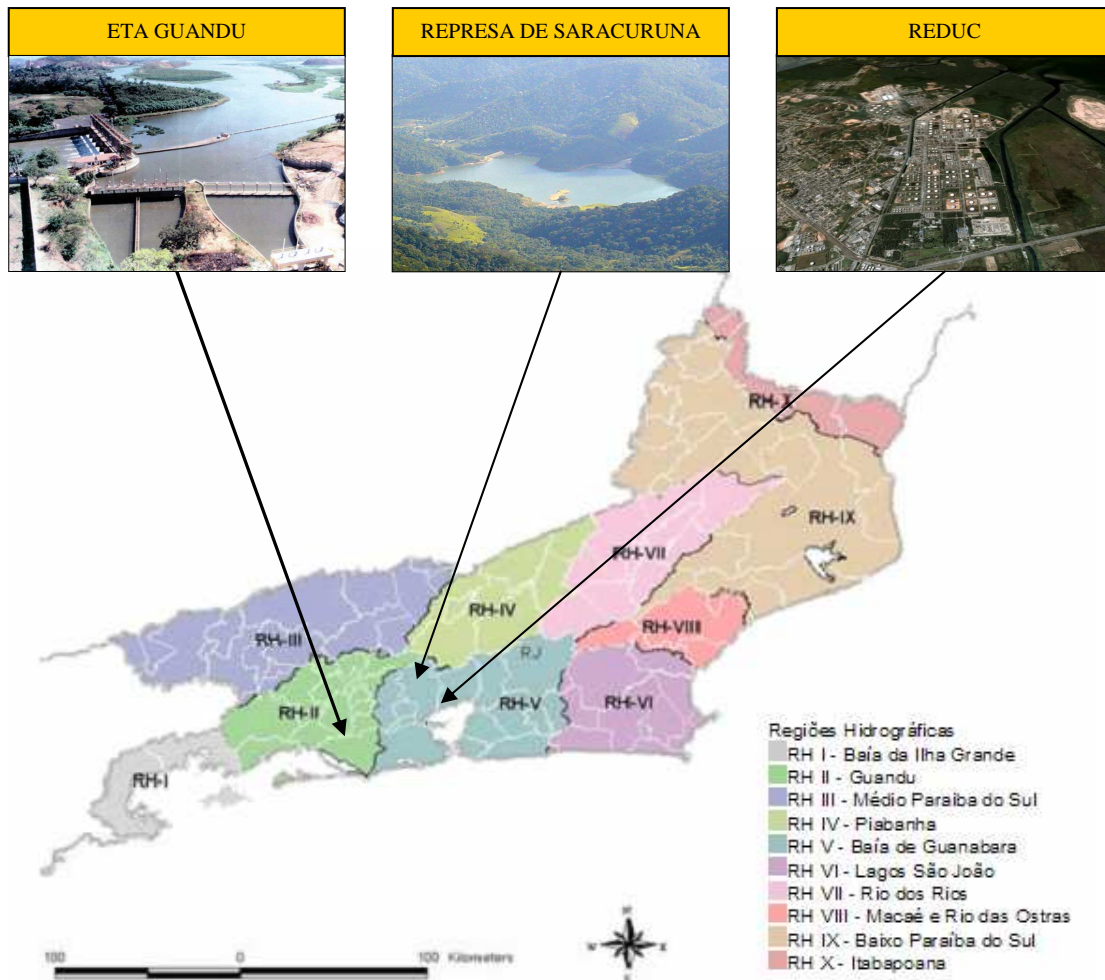


Figura 3.1 - Regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, com a localização da ETA Guandu, represa de Saracuruna e REDUC.

Fonte: SERLA.

A bacia do rio Guandu está inserida na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, ocupando quase todo seu território e tendo como principal corpo hídrico o rio Guandu, cuja vazão é regularizada pela operação do complexo hidrelétrico de Lajes, através da transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul. A bacia hidrografia do rio Estrela encontra-se dentro da bacia hidrográfica da baía de Guanabara, contando com uma área de drenagem de 349,9 km², o que corresponde a aproximadamente 9% do total da área continental de contribuição dessa bacia.

Dentro desse capítulo, todas estas bacias serão caracterizadas em seu meio físico, porém, apesar das diversas interações entre elas, apenas aquelas diretamente relacionadas com a captação da refinaria, ou seja, bacias dos rios Guandu e Estrela, estarão contempladas com a análise de seus municípios.

A região metropolitana do Rio de Janeiro tem 80% de seu abastecimento de água com origem no rio Guandu. Com isso, os municípios inseridos nesta região interagem diretamente com a disponibilidade de água deste rio. Contudo, devido à previsão de aumento na demanda para o abastecimento público da RMRJ já ter sido contemplada em CNEC (2005), documento este, muito utilizado nesta dissertação, a análise dos municípios se dará apenas nos municípios instalados nas bacias dos rios Guandu e Estrela. Caso do município de Duque de Caxias, local onde a refinaria está instalada e no qual ainda existe uma grande deficiência no abastecimento de água, principalmente na região ao norte da refinaria, onde o sistema de abastecimento não é o Guandu/Lajes, mas o sistema Acari, também conhecido como “Linhas Pretas”.

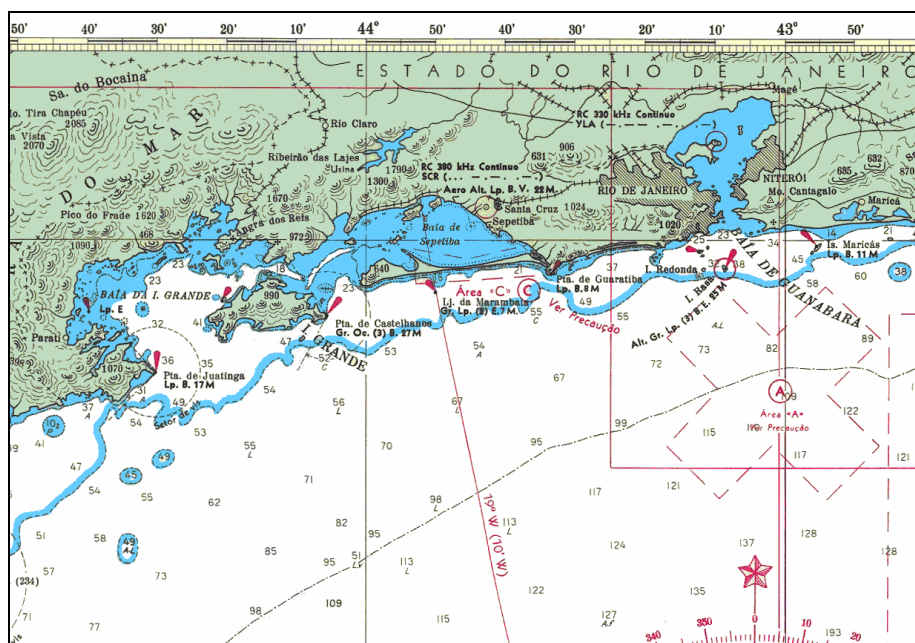


Figura 3.2 – Parte do litoral sudeste do estado do Rio de Janeiro, onde se vê as baías de Guanabara e Sepetiba.

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

Com relação à bacia do rio Paraíba do Sul, cabe ressaltar que, apesar de ser o maior responsável pela água disponibilizada no rio Guandu e, indiscutivelmente, ser fundamental dentro de qualquer estudo que se proponha a analisar a disponibilidade de água dentro da área de influência deste rio, esta bacia não será estudada nesta dissertação em função dos seguintes fatos:

- As resoluções 211/2003 e 465/2004 da agência nacional da água (ANA) garantem a disponibilidade hídrica mínima à jusante da UHE Pereira Passos igual a 120 m³/s (mesmo com 98% de ocorrências de valores iguais ou superiores observados na série histórica de vazões médias diárias de 1980 a 2005 do posto fluviométrico UHE Pereira Passos - código Light V-3-489).

- O decreto estadual nº. 31.178, de 03 de abril de 2002, criou o comitê da bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim - Comitê Guandu, que desde então vem trabalhando na gestão dos recursos hídricos, interagindo constantemente com a bacia do rio Paraíba do Sul. É importante lembrar que, em 2006, foram concluídos os planos diretores de recursos hídricos para estas duas bacias.

- A deliberação CEIVAP nº 53, de 16 de setembro de 2005, instituiu o grupo de trabalho permanente de acompanhamento da operação hidráulica na bacia do rio Paraíba do Sul, para atuação conjunta com o comitê de bacia do rio Guandu.

- Para maiores detalhes de gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul e suas relações com a disponibilidade hídrica no rio Guandu, recomenda-se a leitura da dissertação de mestrado “Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do rio Paraíba do Sul envolvendo o setor elétrico” (CAMPOS, 2001) e da tese de doutorado “Desafios do gerenciamento dos recursos hídricos nas transferências naturais e artificiais envolvendo mudança de domínio hídrico” (CAMPOS, 2005), ambos de autoria de Jander Duarte Campos.

As duas bacias nas quais se pretende realizar um detalhamento mais objetivo são: bacia do rio Estrela compreendendo parcialmente os municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis e bacia do rio Guandu, compreendendo os municípios de Queimados, Paracambi, Japerí, Seropédica, Eng. Paulo de Frontin, Itaguaí, Rio Claro, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Pirai, Vassouras, Rio de Janeiro.

Atualmente, encontra-se em andamento o processo de incorporação dos municípios de Mangaratiba, Mendes e Barra do Pirai na bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Considerando que este processo se conclua de maneira positiva, ele resultará em um acréscimo de aproximadamente 50% para a área da bacia e praticamente dobrará sua população.

3.2 Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (Figura 3.3) está localizada na região sudeste do Brasil com uma área correspondente a cerca de 55.500 km², estendendo-se pelos estados de São Paulo (13.900 km²), do Rio de Janeiro (20.900 km²) e Minas Gerais (20.700 km²). A bacia é limitada ao norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. A nordeste, o limite se dá com a bacia do rio Itabapoana, ao sul, o limite é formado pela serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da serra do Mar, e a oeste, pela bacia do rio Tietê.

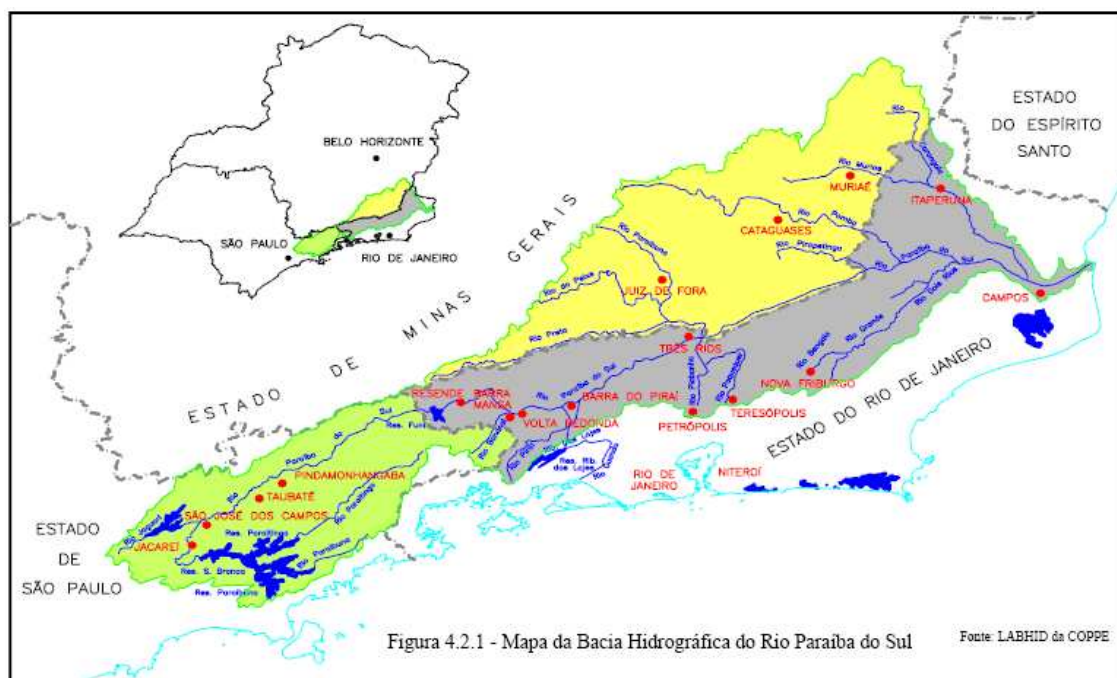


Figura 3.3 - Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Fonte: LABHID/COPPE.

O rio Paraíba do Sul nasce na serra da Bocaina, dentro do estado de São Paulo, numa altitude de 1.800 m e tem sua foz em São João da Barra, município do norte fluminense, desaguando no oceano Atlântico.

Essa bacia situa-se numa região de relevo bastante acidentado, de colinoso a montanhoso, com pontos de altitude superior a 2.000 m, com destaque para o Pico das Agulhas Negras, ponto culminante na bacia, com 2.787 m de altitude, situado no maciço do Itatiaia.

Das poucas áreas planas existentes, destacam-se 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.

O trecho fluminense da bacia é o que detém a maior extensão de remanescentes da mata atlântica, e o mineiro é o que se encontra mais desmatado, e com maior extensão e percentual de áreas de campo e pastagem.

A região é caracterizada por clima predominantemente tropical, quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos. Os maiores índices pluviométricos verificam-se 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 2.000 mm. Essas regiões de elevadas altitudes apresentam também as temperaturas mais baixas, com a média das mínimas chegando a menos de 10°C. As menores pluviosidades 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 1.000 mm e 1.250 mm. As mais altas temperaturas 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 32°C e 34°C (CAMPOS, 2001).

3.3 Bacia hidrográfica da baía da Guanabara.

Inserida na RH-V, a bacia hidrográfica da baía da Guanabara, Figura 3.4, encontra-se na parte centro-sul do estado do Rio de Janeiro e abrange, total ou parcialmente, os territórios de 16 municípios onde residem cerca de 10 milhões de habitantes, sua área continental é de 4.066 Km², e do espelho de água é aproximadamente 400 km². A região é delimitada ao norte pela serra do Mar, que se estende na direção sudoeste-nordeste com topos altimétricos alcançando alturas superiores a 2.000 m, e nas suas porções leste e oeste por maciços costeiros, onde as altitudes máximas raramente ultrapassam a cota de 1.000 m.

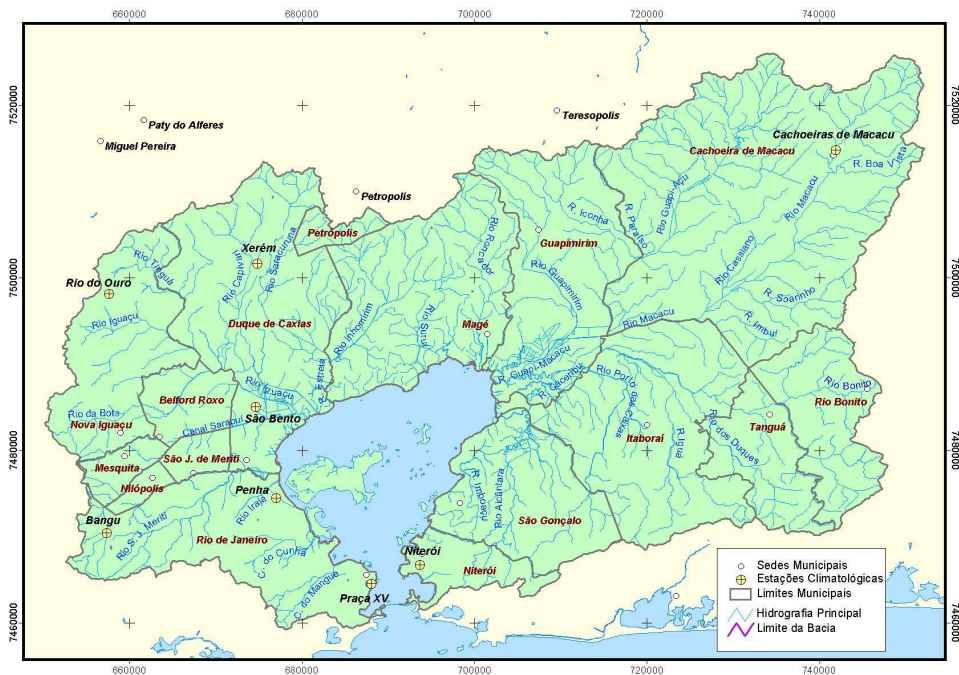


Figura 3.4 – Bacia hidrográfica da baía de Guanabara.

Fonte: CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

Devido à sua localização, entre os paralelos 22024` e 22057` de latitude sul e entre os meridianos 42033` e 43019`, imediatamente ao norte do trópico de Capricórnio, recebe um superávit energético de origem solar em praticamente todo o ano. Nas proximidades da latitude de 20 graus, há uma forte interação meridional entre o clima tropical e o subtropical. O clima é periodicamente afetado pelas oscilações dos fenômenos El Niño e La Niña, que ocorrem no oceano Pacífico. Em anos de La Niña, o clima é mais seco e frio, ao passo que, nos anos de El Niño, há mais chuvas (enchentes extraordinárias) e temperaturas bem mais elevadas do que o normal. Seu micro clima é típico de região litorânea tropical, influenciada por fatores como latitude e longitude, proximidade do mar, topografia, natureza da cobertura vegetal e, principalmente, as ações das circulações atmosféricas como frentes frias e brisas marítimas. (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005)

As precipitações pluviométricas que atingem a região estão associadas a diversos mecanismos atmosféricos, tais como: frentes frias, linhas de instabilidade e formações convectivas regionais originadas de sistemas provenientes do setor norte-noroeste.

Adotando-se os dados do Quadro 3.2, e tomando como referência meses representativos para cada estação do ano, a variação da precipitação pode ser caracterizada pelos seus valores médios: janeiro (verão): 166,4 mm; abril (outono): 113,4 mm; julho (inverno): 41,2 mm (período seco); outubro (primavera): 84 mm; total anual: 1.220,1 mm. O trimestre mais chuvoso compreende os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, enquanto o trimestre menos chuvoso abrange os meses de junho, julho e agosto.

Quadro 3.2- Variação mensal da precipitação total média (mm) no período 1961-90.

MÊS	ESTAÇÕES		
	ATERRO	BANGU	NOVA FRIBURGO
Janeiro	114,1	176,6	208,6
Fevereiro	105,3	160,9	167,2
Março	103,3	145,0	151,0
Abril	137,4	130,6	72,3
Mai	85,6	69,1	45,6
Junho	80,4	43,7	26,6
Julho	56,4	47,4	19,7
Agosto	50,5	45,0	22,9
Setembro	87,1	59,7	41,3
Outubro	88,2	80,3	83,4
Novembro	95,6	105,5	169,2
Dezembro	169,0	177,2	238,7
Total Anual	1.172,9	1.241,0	1.246,5

Fonte: CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

Em sua maior parte, a bacia registra índices pluviométricos médios anuais entre 1.000 mm a 2.000 mm, concentrando-se os maiores índices na porção norte, onde encontra-se a serra do mar e o relevo atua como barreira às penetrações de massas de ar úmidas provenientes do litoral, ocasionando chuvas orográficas. Por outro lado, nas áreas das baixadas mais distantes do mar, registram-se médias inferiores a 1.300 mm anuais.

A REDUC, a represa de Saracuruna e o rio Iguaçu encontram-se inseridos nessa bacia em sua porção oeste. A represa de Saracuruna, ponto de captação com água excelente

O clima da bacia é quente e úmido com estação chuvosa no verão. A temperatura média anual gira em torno dos 22° C e a precipitação média anual em torno de 1.700mm. Os rios descem as serras em regime torrencial, com forte poder erosivo alcançando a planície, onde perdem velocidade e extravasam de seus leitos em grandes alagados.

A bacia compreende parcialmente os municípios de Duque de Caxias, Magé e Petrópolis. Os rios Inhomirim e Saracuruna nascem na serra do Mar, respectivamente em Petrópolis e Duque de Caxias a uma altitude acima dos 1.000 m. O rio Inhomirim recebe as águas de alguns pequenos cursos como Vala da Olaria, Córrego Tibiriçá, rio Cachoeira e do canal Caioaba (construído para drenar as águas de enchentes, e hoje utilizado como receptor de águas servidas). O rio Saracuruna tem como afluentes o rio Roncador, o córrego da Taquara e os canais de Santo Antônio e Mato Alto. Na região de baixada o rio Inhomirim, após receber o seu afluente Saracuruna, passa a denominar-se rio Estrela e segue até desaguar na baía de Guanabara. Na Figura 3.6 pode ser visto o perfil longitudinal de seu curso de água desde a nascente até a foz.

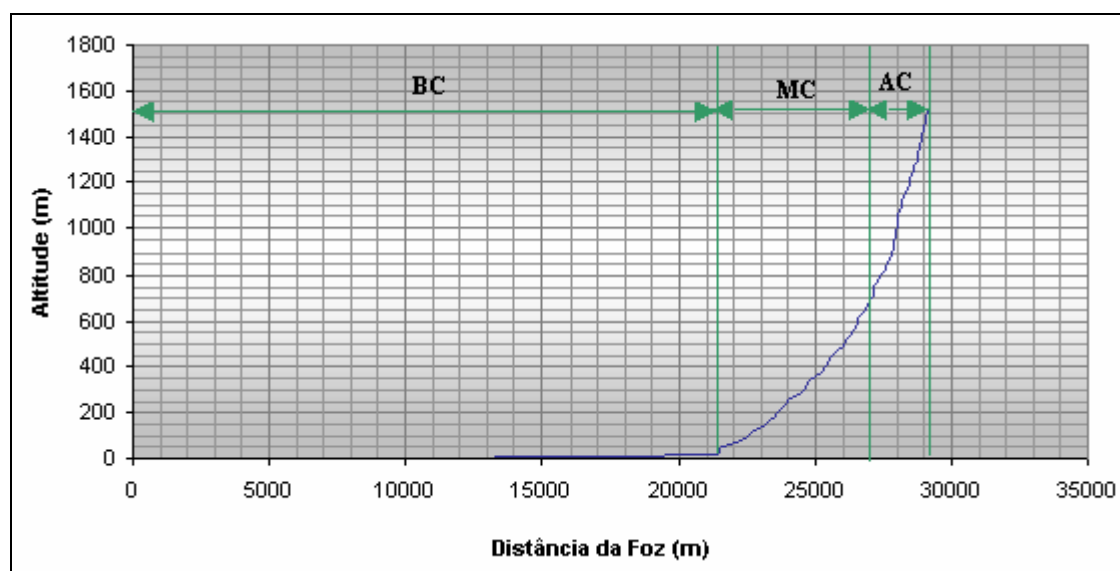


Figura 3.6 – Perfil longitudinal do rio Estrela.

BC - Baixo Curso / MC - Médio Curso / AC – Alto Curso

Fonte: Adaptado de CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

A represa de Saracuruna (Foto 3.1) esta localizada na região leste da reserva biológica do Tinguá (florestas protegidas de Tinguá, Xerém e Mantiqueira), e próxima a algumas das barragens que compõem o Sistema Acari. Atualmente as águas deste sistema são utilizadas para o abastecimento de boa parte da população da baixada fluminense.

Devido à qualidade de sua água, com menor turbidez, menores teores de sólidos em suspensão e dissolvidos e menores teores de ferro que as águas do rio Guandu, ela é a principal fonte de abastecimento de água para a REDUC. Utilizando um sistema de captação composto por uma torre de concreto com quatro comportas dispostas em diferentes alturas, a água é captada na represa de Saracuruna, de onde segue até a REDUC através de adutoras sob a ação da gravidade.

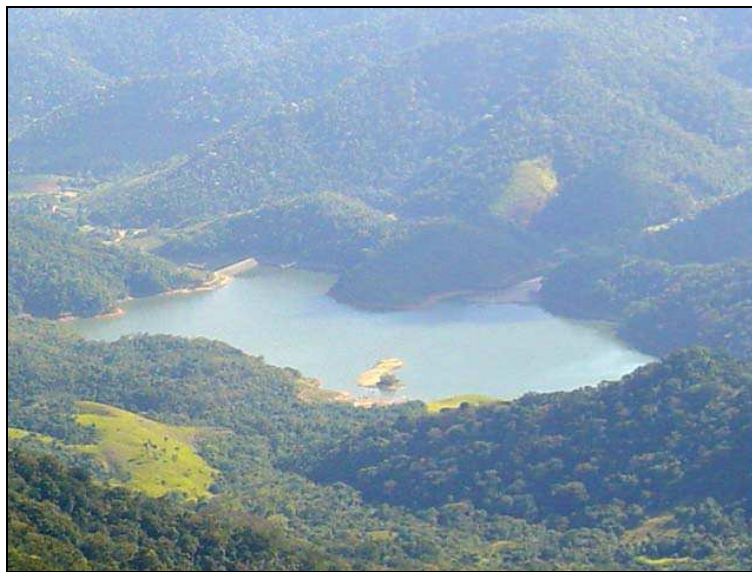


Foto 3.1 – Represa de Saracuruna.

Fonte: CANEDO DE MAGALHÃES *apud* SCHOR, 2006.

No período de estiagem, o reservatório de Saracuruna quase não recebe contribuição da parte superior da bacia (30,3 km²). Nestas épocas praticamente toda a água é utilizada pela 5ª adutora da CEDAE, com capacidade de 1.200 l/s. Entretanto, a bacia incremental, localizada a jusante da captação da CEDAE, com 12,7 km², alimenta continuamente o reservatório utilizado pela REDUC.

3.3.1.1 Municípios da bacia hidrográfica do rio Estrela.

De acordo com informações de CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), na bacia do rio Estrela se encontram 35,85% da área de Duque de Caxias, 4,92% da área de Petrópolis, e 36,97% da área de Magé.

A população total da bacia no ano de 2000 era de 304.779 habitantes (população urbana e rural), e com a previsão de atingir 563.134 habitantes em 2020, representando um crescimento de 85% na população em 20 anos. Segundo dados de CNEC (2005), Duque de Caxias apresentou entre os anos de 1991 e 2000 uma taxa média de crescimento de 1,7% a.a., valor superior àqueles apresentados pelo Estado (1,3%) e pela região metropolitana (1,2%) para o mesmo período. Duque de Caxias é o terceiro município em população dentro do estado, contando com 840.903 habitantes, o equivalente a 5,48% da população total. Petrópolis ocupa o nono lugar com 305.428 habitantes e 1,99% da população total. Finalmente, Magé ocupa a décima-primeira posição com 231.427 habitantes e 1,51% da população total.

Dos três municípios, Petrópolis é o que conta com a maior extensão territorial, 797,1 km², seguido por Duque de Caxias com 468,3 km² e por Magé com 386 km².

Magé tem 58.130 domicílios particulares permanentes, PIB *per capita* de R\$4.548 e suas principais atividades econômicas são a indústria, comércio, agricultura, pesca e pecuária (IBGE-2001). Enquanto Magé tem 36,3 % de sua área coberta por floresta, 13,4% utilizada como área urbana, e 10,1% destinados a pastagens, Petrópolis tem 33,5% de sua área coberta por florestas, 5,8% utilizada para área urbana e 17,8% para pastagens (Fundação CIDE).

Em 2003, apresentaram o seguinte Produto Interno Bruto (PIB): Duque de Caxias - R\$ 14.034.585 *10³; Petrópolis - R\$ 2.555.909 *10³; e Magé - R\$ 782.802 *10³ (Fundação CIDE, 2005).

Enquanto Duque de Caxias se estabelece como pólo industrial (Quadro 3.3), Petrópolis tem no turismo uma de suas principais atividades econômicas. Em 2003 encontravam-se registrados no banco de dados do ministério do trabalho e emprego, 66 estabelecimentos hoteleiros somente nesse município.

Quadro 3.3 – Distribuição de estabelecimentos industriais por classes no estado do Rio de Janeiro, baixada fluminense e municípios.

ESTADO E MUNICÍPIOS DA BAIXADA FLUMINENSE	ESTABELECEMENTOS INDUSTRIAIS, POR CLASSES											
	EXTRATIVA MINERAL			INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO			SERVIÇOS INDUSTRIAIS DE UTILIDADE PÚBLICA			CONSTRUÇÃO CIVIL		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Estado	588	556	522	14 986	15 031	14 684	321	345	373	6 578	6 611	6 208
Região da Baixada Fluminense	100	91	85	2 343	2 327	2 294	37	38	39	669	683	648
Duque de Caxias	3	4	5	892	884	881	12	14	11	201	201	216
Magé	8	7	4	134	126	125	1	1	1	34	34	36

Fonte: Fundação CIDE.

Em 2002, Duque de Caxias ocupava a segunda posição dentro do estado na arrecadação e na distribuição de ICMS, com participação de 16,9% e 7,1% respectivamente dentro do total do estado.

Com relação ao imposto predial e territorial urbano (IPTU) e o imposto sobre serviços (ISS) no ano de 2003, apenas o município de Magé não entrou na relação dos 10 maiores municípios arrecadadores do estado, quando Duque de Caxias ocupou o terceiro lugar e, Petrópolis o quinto lugar, arrecadando cada um o total de R\$68.698.002,63 e R\$46.240.702,04 respectivamente.

As nascentes de seus rios tributários localizam-se em cotas acima de 900 m, em áreas com declividades bastante acentuadas e solo pouco permeável, resultando em elevada percentagem de escoamento superficial e rápida concentração das vazões no período de chuvas intensas. A região central da bacia apresenta relevo menos acidentado, o que proporciona declividades pequenas e constantes e velocidades de escoamento reduzidas. Como conseqüência ocorre a sedimentação dos sólidos em suspensão e a elevação do nível inferior da calha de escoamento ao longo dos anos. As áreas críticas de inundação iniciam-se nas proximidades da confluência dos rios Iguaçú e Botas onde o gradiente de declividade é menor. Na Figura 3.8, pode ser visto o perfil longitudinal de seu curso de água desde a nascente até a foz.

Para uma melhor compreensão desta bacia, recomenda-se a leitura do plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Iguaçú-Sarapuí, estudos hidrológicos – volume I, SERLA – COPPE/UFRJ, 1994 / 1995. Realizado com ênfase no controle de inundações, este plano diretor foi elaborado em novembro de 1994 e revisado em julho de 1995, e teve como objetivo revisar e complementar estudos hidrológicos efetuados pela SERLA e utilizados como base de dados para o programa Reconstrução Rio.

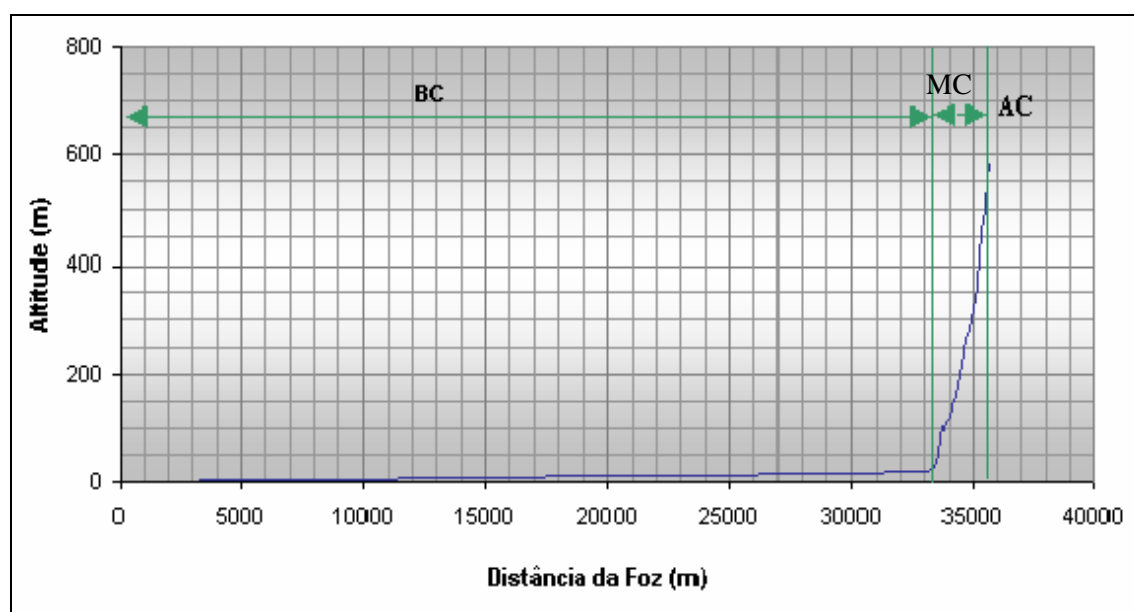


Figura 3.8 – Perfil longitudinal do rio Iguaçú.

BC - Baixo Curso / MC - Médio Curso / AC – Alto Curso

Fonte: Adaptado de CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

A Foto 3.2 mostra um trecho retificado do rio Iguaçu próximo à sua foz, onde pode ser vista a REDUC ao lado direito, e a confluência com o rio Sarapuí ao lado esquerdo.



Eduardo Sengès

Foto 3.2 – Retificação do rio Iguaçu.

Fonte: CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

3.4 Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba

A bacia hidrográfica da baía de Sepetiba compreende uma área de 2.711 km² (Figura 3.9). Nela encontram-se incluídas a restinga de Marambaia e as ilhas no interior da baía. Possui dois conjuntos fisiográficos distintos: o domínio serrano e o domínio da baixada, com a ocorrência de colinas residuais de transição entre os mesmos. O domínio serrano é representado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da serra do mar e pelos maciços costeiros Pedra Branca, Mendanha e Ilha da Marambaia. O domínio da baixada é representado por uma extensa planície flúvio-marinha. Os divisores de águas, partindo da Pedra de Guaratiba, passam pelas serras Preto do

Cabuçu, Madureira, Gericinó, Tinguá, do Couto, São Pedro, Catumbi, Araras, Caçador, Leandro, Itaguaçu e Lajes, terminando na Ponta de Gambelo, em Mangaratiba.



Figura 3.9 – Área da bacia da baía de Sepetiba (Área I).

Fonte: CNEC (2005).

Os principais rios da bacia são: Guandu, da Guarda, Guandu-Mirim, Canal Guandu, Mazomba, Piraquê, Piracão, Portinho, Ingaíba, São Bráz, do Saco e Saí, com destaque para o rio Guandu, que será detalhado no próximo capítulo. A maioria dos rios apresenta seus baixos cursos bastante modificados em relação ao que eram originalmente. Essas alterações ocorrem desde o século XVII, através de retificações, dragagens e canalizações, para reduzir as inundações que eram constantes nesta região em face de sua topografia plana.

A precipitação média anual na bacia situa-se entre 1.000 mm e mais de 2.230 mm, com as serras apresentando precipitações superiores às zonas de baixada. O período de precipitação pluviométrica máxima vai de dezembro a março (verão) e o de precipitação mínima, de junho a agosto (inverno). O mês mais seco é julho, com uma precipitação média mensal de 50 mm, e o mais chuvoso é janeiro, com média mensal de 300 mm (HORA, 2001).

3.4.1 Bacia hidrográfica do rio Guandu.

A bacia hidrográfica do rio Guandu possui extensão de 1.385 km², que somada às bacias dos rios da Guarda (346 km²) e de Guandu Mirim (190 km²) totalizam uma área de drenagem de 1.921 km², representando aproximadamente 70% da área total da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba, portanto, com as mesmas características desta bacia.

O rio Guandu é formado pela confluência do Ribeirão das Lajes com o rio Santana. Sua extensão desde o Ribeirão das Lajes até a foz na baía de Sepetiba, é de 48 km. As vazões mínimas de seus afluentes, localizados a jusante do reservatório de Lajes (Alto Guandu, Santana, São Pedro, Queimados/Poços, Cabuçu/Ipiranga, Médio Guandu e Canal de São Francisco), foram estimadas em 2,52 m³/s. (CAMPOS, 2001)

Com o evento da transposição das águas do rio Paraíba do Sul para a geração elétrica no complexo hidrelétrico de Lajes, o ribeirão das Lajes passou a ser o principal formador do rio Guandu. A partir da defluência da UHE Pereira Passos (Foto 3.3), uma vazão mínima de 120 m³/s (vazão em condições críticas de estiagem de acordo com a resolução ANA 211/2003) segue pelo ribeirão das Lajes até a confluência com o rio Santana, local onde tem início o rio Guandu.



Foto 3.3 - UHE Pereira Passos

Fonte: LIGHT, *apud* CAMPOS *et al*, 2003.



Foto 3.4 - Barragem e estação elevatória de Santa Cecília

Fonte: LIGHT, *apud* CAMPOS *et al*, 2003.

A UHE Pereira Passos corresponde ao último ponto de aproveitamento hidráulico para geração de energia elétrica no complexo hidrelétrico de Lajes (Figura 3.10), turbinando as águas transpostas do rio Paraíba do Sul através da barragem e elevatória de Santa Cecília (Foto 3.4). A UHE Pereira Passos opera com defluência média de $163 \text{ m}^3/\text{s}$. (SONDOTÉCNICA, 2006)

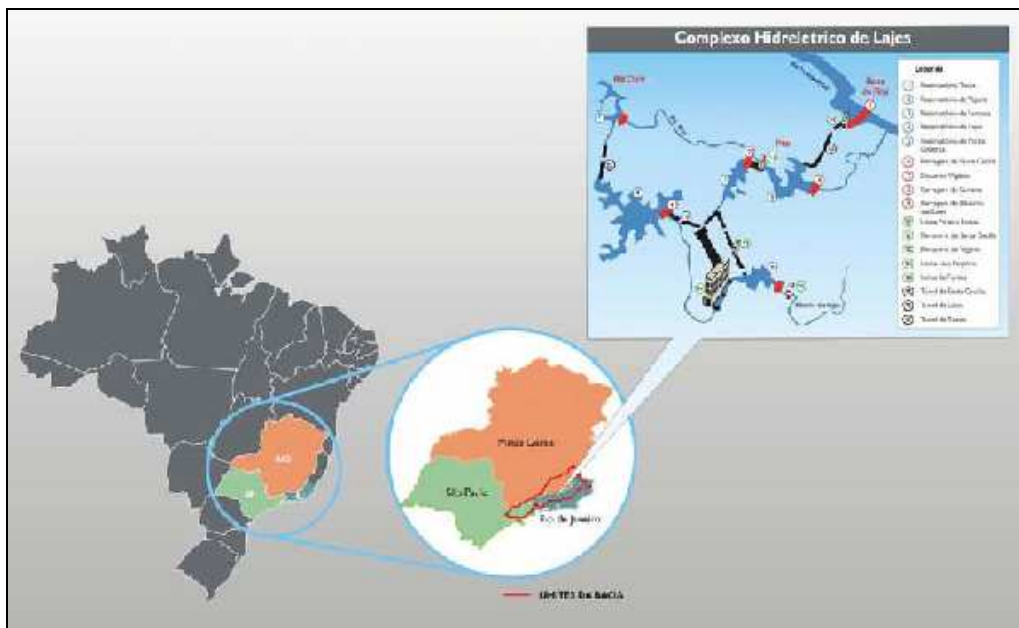


Figura 3.10 – Complexo hidrelétrico de Lajes.

Fonte: LABHID/COPPE.

A Figura 3.11 mostra o esquema geral do complexo hidrelétrico de Lajes, possibilitando uma visão global do sistema de transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu. Com início na barragem e elevatória de Santa Cecília, localizada no município fluminense de Piraí, aproximadamente 2/3 da vazão regularizada do rio Paraíba do Sul são direcionados para o reservatório de Santana. Do reservatório de Santana a água segue através da elevatória de Vigário para o reservatório de Vigário, e daí para o reservatório de Lajes. Deste ponto segue para as usinas de Fontes e Nilo Peçanha.

Após ser turbinada nas usinas de Fontes e Nilo Peçanha, a água segue para o reservatório de Ponte Coberta e, posteriormente, para a usina de Pereira Passos, última etapa de geração elétrica do complexo hidrelétrico de Lajes.

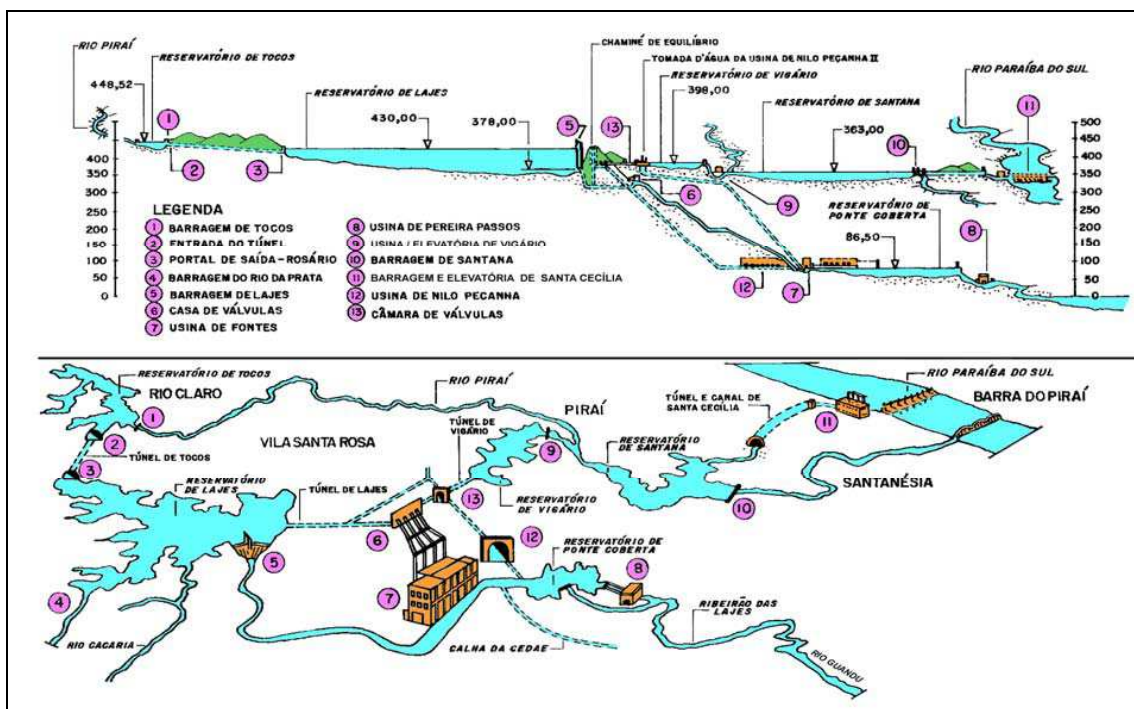


Figura 3.11 - Esquema geral do complexo hidrelétrico de Lajes.

Fonte: LABHID/COPPE.

Após a sua utilização no processo de geração de energia elétrica pela LIGHT, a água passa a ser consumida por diversos usuários dentro e fora da bacia (Quadro 3.4), entre eles a REDUC, a usina termelétrica de Santa Cruz, a Gerdau e a CEDAE (principal usuário e maior consumidor). Entretanto, nem toda a água disponível pode ser outorgada. Devido à influência da intrusão salina é necessário que se mantenha uma vazão mínima de $60\text{m}^3/\text{s}$ na foz do canal de São Francisco para evitar a formação da cunha salina, o que prejudicaria os últimos usuários do rio. Com isso, uma parte significativa da vazão do rio Guandu não pode ser outorgada a qualquer usuário, estabelecendo-se uma barreira no desenvolvimento econômico da região. Uma série de intervenções, estruturais e não estruturais são propostas por CAMPOS *et al* (2003), para se conter a intrusão salina, e assim aumentar a disponibilidade hídrica desse rio, porém, não serão objeto de análise desta dissertação.

Quadro 3.4 – Cenários de oferta hídrica crítica para uso consuntivo no rio Guandu / canal de São Francisco.

USUÁRIOS / AFLUENTES	DISPONIBILIDADE E USO CONSUNTIVO (m ³ /s)	
	SITUAÇÃO 2005 CENÁRIO CRÍTICO	SITUAÇÃO 2025 CENÁRIO CRÍTICO
UHE Pereira Passos – Vazão mínima	120	120
El Paso	-0,1	-0,1
UTE Paracambi	-0,3	-0,3
CEDAE – Eng. Paulo de Frontin ⁷	-0,005	-0,009
CEDAE – Miguel Pereira ⁸	-0,03	-0,05
CEDAE – Paracambi ⁹	0,074	0,256
CEDAE – Japeri ¹⁰	-0,07	-0,162
Alto Guandu ¹ – Q _{mín} (Q _{7,10})	0,675	0,3372
Rio Santana – Q _{mín} (Q _{7,10})	0,378	0,1892
Duke Energy Brasil	-0,171	-0,171
Rio São Pedro – Q _{mín} (Q _{7,10})	0,117	0,0592
UTE Eletrobr	-0,075	-0,075
Jolimode roupas	-0,001	-0,001
AMBEV ³	-0,725	-0,725
Petrobrás - REDUC	-0,739	-0,739
Petroflex	-0,26	-0,26
Rio Polímeros	-0,206	-0,206
UTE Termorio	-0,448	-0,448
Rio dos Poços/Queimados/Ipiranga – Q _{mín} (Q _{7,10})	0,241	0,1202
ETA Guandu ⁴	-45	-65
Disponibilidade hídrica para futuras outorgas	-	-16,09
Vazão escoando pelo canal de São Francisco	73,35	36,6011
Inepar Energia ⁵	-1,4	-1,4
CSN	-2	-2
FCC ⁵	-0,06	-0,06
CSA ⁶	-21	-21
Gerdau/COSIGUA ⁵	-3,472	-3,472
UTE de Santa Cruz ⁵	-3,45012	-3,45012

- 1 A vazão de Q_{7,10} do trecho do Alto Guandu correspondente ao somatório das vazões dos rios Cacaria, Ribeirão das Lajes, da Onça, Macacos, da Areia e córrego dos Macacos.
- 2 No cenário futuro considera-se que 50% do Q_{7,10} foi totalmente outorgado.
- 3 A vazão de 0,333 m³/s é restituída no rio Guandu Mirim.
- 4 O efluente da lavagem dos filtros, atualmente estimados em 3 m³/s, são encaminhados para o rio Guandu Mirim.
- 5 Os efluentes desses empreendimentos, perfazendo um total de 6,515 m³/s, são lançados no rio da Guarda, sendo 5,880 m³/s na foz do canal Santo Agostinho e 0,635 m³/s imediatamente a montante da antiga ponte ferroviária.
- 6 Os efluentes da siderúrgica e de sua UTE, totalizando cerca de 20,100 m³/s, são lançados no rio Guandu Mirim (18 m³/s da UTE+ 70% de 3 m³/s da Siderúrgica).
- 7 As vazões captadas, no cenário atual e futuro, correspondem respectivamente aos valores 24,26 l/s e 43,11 l/s, dos quais 20% são consumidos e 80% são lançados no rio Macaco.
- 8 As vazões captadas, no cenário atual e futuro, correspondem respectivamente aos valores 172,75 l/s e 297,32 l/s, dos quais 20% são consumidos e 4% são lançados no rio Santana e 76% são lançados na bacia do Paraiba do Sul.
- 9 A vazão captada no cenário atual correspondente ao somatório da captação na adutora de lajes (82,55 l/s), de poços artesianos (4,99l/s) e do rio Saudoso (4,99 l/s). A vazão captada prevista para o cenário futuro é de 323,19 l/s. A vazão consumida corresponde a 20% e a

- lançada no rio dos Macacos corresponde a 80% total captado.
- 10 As vazões captadas, no cenário atual e futuro, correspondem respectivamente aos valores 351,50 l/s e 809,38 l/s, dos quais 20% são consumidos e 80% são lançados no rio São Pedro.
 - 11 Esta vazão levando-se em conta os usos consuntivos no canal de São Francisco resultará no escoamento de cerca de 25 m³/s escoando na foz desse corpo hídrico. O valor de 25 m³/s corresponde à vazão natural média do rio Guandu.
 - 12 Esta vazão corresponde à operação da UTE em condições mínimas.

Fonte: Adaptado de SONDOTÉCNICA (2006).

Esta bacia possui outro complicador além da intrusão salina, a qualidade da água. Três dos afluentes do rio Guandu, Poços, Queimados e Ipiranga, contribuem de maneira bastante negativa para a qualidade da água no ponto de captação da ETA-Guandu. Dos três, Queimados é o mais poluído, pois atravessa as populosas áreas de Queimados e Austin recebendo os efluentes industriais desta região. Em 2001 o laboratório de hidrologia da COPPE/UFRJ estimou uma geração de esgoto sanitário da ordem de 33.500 m³/dia nos rios Poços, Queimados e Ipiranga, com a geração de uma carga orgânica de 10.000 kg por dia, medida através da demanda bioquímica de oxigênio – DBO_{5,20}.

A REDUC tem um ponto de captação, com capacidade instalada de 2 m³/s, localizado no rio Guandu junto à captação de água da CEDAE. Dessa forma, a refinaria encontra-se sujeita às mesmas dificuldades enfrentadas pela ETA-Guandu com relação à qualidade e disponibilidade da água.

3.4.1.1 Municípios da Bacia Hidrográfica do rio Guandu.

A bacia do rio Guandu tem cerca de 80% de sua área concentrada em 5 dos 12 municípios que dela fazem parte: Rio Claro (22%), Miguel Pereira (18%), Nova Iguaçu (15%), Paracambi (13%) e Pirai (8%). (SONDOTÉCNICA, 2006)

Embora as florestas ocupem 30% da área da bacia (percentual acima da média, uma vez que no estado do Rio de Janeiro este valor é de 17% e no país é de 7%), a distribuição dessas florestas não é uniforme. A maior parte dos mais de 40.000 ha de

florestas encontra-se nos municípios de Rio Claro (41%), Nova Iguaçu (23%) e Miguel Pereira (19%). Em nenhum município ocorreu perda significativa de florestas, e na área total da bacia essa perda não chegou a 0,5%. (HORA, 2001)

Nova Iguaçu é o município que apresenta o maior aumento de área urbana dentro da bacia do Guandu, com um acréscimo de quase 1.300 hectares, cerca de 2,5 vezes a área urbana registrada em 1997. Os demais municípios, com sede dentro ou próxima da bacia apresentaram crescimento em menor intensidade, entre eles Paracambi, onde a área urbana se expandiu 16,6% em relação à área mapeada. Em Queimados a área urbana se expandiu aproximadamente 11%, em Seropédica aproximadamente 6% e no Rio de Janeiro cerca de 5%. (HORA, 2001)

O Quadro 3.5 mostra os diversos usos aplicados ao solo e sua cobertura vegetal nos municípios dentro da bacia hidrográfica do rio Guandu.

Quadro 3.5 - Uso atual do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Guandu - Área (ha) por município.

VEGETAÇÃO/USO	PAULO DE FRONTIN	ITAGUAÍ	JAPERI	MIGUEL PEREIRA	NOVA IGUAÇU	PARACAMBI	PIRAÍ	QUEIMADOS	RIO CLARO	RIO DE JANEIRO	SEROPÉDICA	VASSOURAS
Floresta	1.243,13	383,28	267,13	8.005,90	9.554,99	3.686,34	1.422,05	23,71	17.062,05	26,71	47,96	-
Capoeira	1.721,96	2.516,41	755,59	5.957,00	1.871,03	3.906,67	2.472,85	892,89	2.391,98	31,57	793,17	536,72
Campo/Pastagem	2.059,82	2.453,82	3.618,75	10.645,33	4.999,71	9.146,61	6.621,11	3.882,86	8.088,37	413,68	3.483,64	464,63
Área agrícola	-	19,21	883,56	5,72	890,95	379,54	-	82,80	-	144,93	375,97	-
Reflorestamento	-	-	-	-	344,35	-	-	-	-	-	-	-
Área urbana	203,56	0,30	2.621,93	125,77	2.186,22	434,54	3,81	2.472,74	-	121,11	588,79	-
Aflor Rochoso	-	-	-	61,40	-	21,07	-	-	-	-	-	-
Rios/Reservatórios	9,10	8,90	-	10,18	15,53	-	168,48	3,14	3.276,95	-	0,56	-
Áreas inundáveis	-	-	-	57,14	401,12	10,08	-	7,35	-	189,02	0,21	-
Solo exposto	1,56	-	-	-	4,14	3,49	-	-	13,25	-	-	-
Mangue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,51	-	-
Extração Mineral	-	-	75,30	-	22,32	12,44	-	77,59	-	-	83,37	-
Área industrial	-	-	-	-	8,20	24,97	-	211,16	-	-	31,37	-
Total	5.239,13	5.381,92	8.222,26	24.868,44	20.298,56	17.625,75	10.688,30	7.654,24	30.832,60	969,53	5.405,04	1.001,35

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

Observando o Quadro 3.6, verifica-se que a população residente na bacia do rio Guandu, passou de 360.727 pessoas em 1991, para 407.315 pessoas em 2000, representando uma taxa de crescimento relativamente baixa, da ordem de 1,36% ao ano. Mesmo assim, encontra-se acima da média de crescimento da população total dos municípios sob influência da bacia, que foi de 0,7% ao ano.

Composta por municípios situados mais à periferia da região metropolitana, onde os custos de vida e das moradias são mais baixos que os praticados na capital, esta bacia deverá reunir no ano de 2025 um contingente de 512 mil pessoas. (SONDOTÉCNICA, 2006).

Quadro 3.6 - Evolução populacional e taxas de crescimento médio anual - Bacia dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim 1991-2000.

REGIÃO / MUNICÍPIO	POPULAÇÃO 1991*	POPULAÇÃO 2000*	TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL (%)
Municípios das bacias	6.660.159	7.105.385	0,72
Engenheiro Paulo de Frontin	12.061	12.154	0,09
Itaguaí	63.394	81.935	2,89
Japeri	65.783	83.209	2,65
Miguel Pereira	19.446	23.882	2,31
Nova Iguaçu	772.399	753.892	-0,27
Paracambi	36.427	40.441	1,17
Piraí	19.081	22.100	1,65
Queimados	98.823	121.892	2,36
Rio Claro	13.665	16.215	1,92
Rio de Janeiro	5.480.768	5.853.034	0,73
Seropédica	49.663	65.206	3,07
Vassouras	28.649	31.425	1,03
Total das Bacias	890.300	987.523	1,16
Bacia do Rio Guandu	360.727	407.315	1,36
Bacia do Rio Guandu Mirim	437.978	462.092	0,6
Bacia do Rio da Guarda	91.596	118.116	2,87

* Censos demográficos IBGE.

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

Os municípios da bacia têm apresentado comportamento diferenciado entre si quando se trata do desempenho no PIB. Porém, a maioria apresentou taxas de crescimento mais baixas que a média estadual entre 1996 e 2003. Entre os que apresentaram melhores resultados encontram-se os municípios de Paulo de Frontin, Itaguaí e Piraí. Os municípios que apresentaram piores desempenhos foram: Rio Claro, Nova Iguaçu e Queimados (Quadro 3.7). Naturalmente, dados de PIB municipal devem ser interpretados com cautela, e as tendências devem ser entendidas como indicativas.

Quadro 3.7 - Número-índice da evolução do produto interno bruto real - Municípios da bacia do rio Guandu 1996-2002.

MUNICÍPIO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Estado RJ	100,0	100,3	102,5	104,0	108,6	113,7	118,6	117,8
Região Metropolitana	100,0	99,2	103,3	100,1	97,6	101,2	100,8	97,2
Engenheiro Paulo de Frontin	100,0	376,1	194,9	119,4	98,1	121,4	102,6	136,0
Itaguaí	100,0	117,1	99,8	87,9	81,5	125,1	161,0	131,8
Japeri	100,0	161,1	113,8	118,4	106,9	110,9	117,0	93,4
Miguel Pereira	100,0	94,5	111,2	107,8	95,7	90,3	95,1	97,8
Nova Iguaçu	100,0	112,5	109,7	110,5	105,4	89,6	86,7	81,2
Paracambi	100,0	125,1	94,4	115,0	100,6	89,2	103,1	97,3
Piraí	100,0	89,1	84,3	85,0	91,1	103,4	129,4	126,9
Queimados	100,0	122,1	92,8	95,4	94,7	108,3	94,3	82,5
Rio Claro	100,0	117,7	91,3	93,3	96,2	77,1	88,4	64,3
Rio de Janeiro	100,0	95,4	99,5	96,7	95,7	98,8	97,6	92,7
Seropédica	-	100,0	81,9	112,1	104,3	123,4	111,2	101,8
Vassouras	100,0	100,3	106,6	107,6	99,2	97,7	97,4	85,1

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

O desempenho dos municípios com relação ao mercado de trabalho formal revela uma evolução global, onde até mesmo municípios com menor expansão do PIB, como é o caso de Japeri ou Seropédica apresentaram variações expressivas entre 2000 e 2004 no nível de empregos registrados na relação anual de informações sociais (RAIS). Apenas o município de Paracambi demonstrou retração na oferta de trabalho formal. (Quadro 3.8)

Quadro 3.8 - Evolução do emprego formal para setores específicos entre 2000-2004.

MUNICÍPIO	INDÚSTRIA TRANSFORMAÇÃO		CONSTRUÇÃO CIVIL		COMÉRCIOS E SERVIÇOS		TOTAL		VARIÇÃO
	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	
Estado RJ	300.796	318.620	102.092	108.634	1.696.390	1.930.033	2.718.138	3.060.174	12,6
Total	168.903	161.897	60.588	57.180	1.168.188	1.268.504	1.844.722	1.947.404	5,6
Engenheiro Paulo de Frontin	439	536	5	6	316	605	1.371	1.689	23,2
Itaguaí	1.093	1.411	504	778	8.970	8.566	11.208	15.231	35,9
Japeri	93	140	31	398	687	893	1.606	2.787	73,5
Miguel Pereira	108	160	39	66	1.801	2.250	2.842	3.449	21,4
Nova Iguaçu	10.693	8.985	2.252	2.707	46.264	47.293	65.974	66.541	0,9
Paracambi	2.571	1.969	16	158	2.176	2.444	6.037	5.558	-7,9
Piraí	1.013	1.181	126	179	1.033	1.182	4.217	4.639	10,0
Queimados	2.129	2.343	195	149	3.005	3.993	7.365	8.721	18,4
Rio Claro	17	50	30	23	301	348	1.384	1.505	8,7
Rio de Janeiro	150.053	144.173	57.018	52.510	1.099.017	1.194.534	1.732.918	1.824.854	5,3
Seropédica	460	588	354	201	1.407	3.074	5.113	7.177	40,4
Vassouras	234	361	18	5	3.211	3.322	4.687	5.253	12,1

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

As taxas positivas de variação no emprego formal apresentadas no Quadro 3.8 não revelam a ocorrência de uma expansão na economia desta região. Comparadas ao incremento populacional (Quadro 3.9), é possível verificar que apenas em Nova Iguaçu ocorreu um aumento no emprego formal acima do aumento da população. Nova Iguaçu foi o único município no qual ocorreu a redução da população entre os anos de 2000 e 2005.

Quadro 3.9 - Excedente populacional entre 2005 e 2000 e criação de emprego formal entre 2000 e 2004.

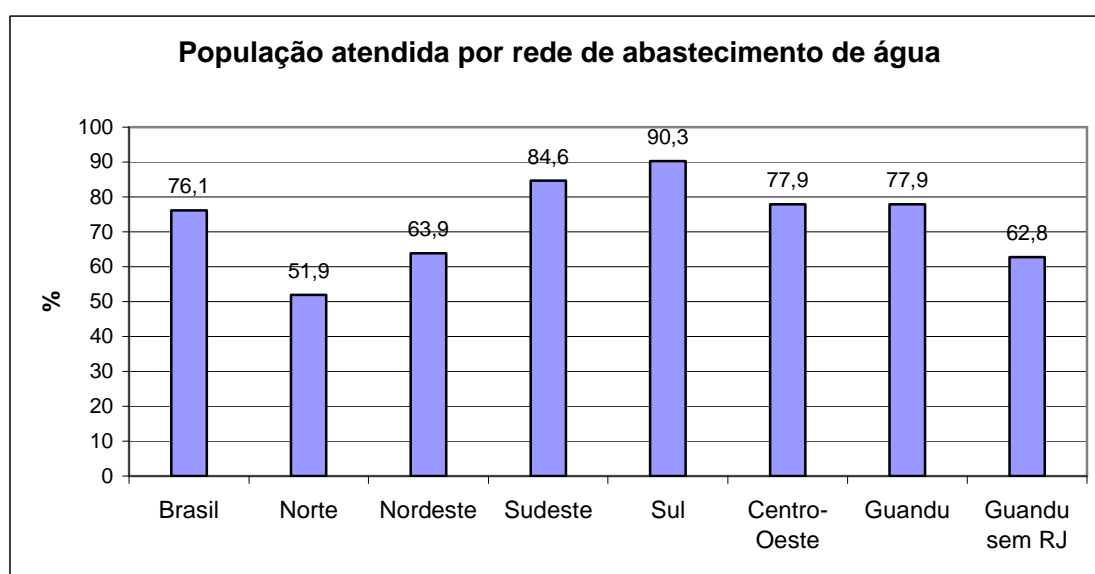
MUNICÍPIO	EXCEDENTE POPULACIONAL	EMPREGO FORMAL CRIADO
	POP. 2005 - POP. 2000	2004 - 2000
Engenheiro Paulo de Frontin	427	318
Itaguaí	12.461	4.023
Japeri	7.900	1.181
Miguel Pereira	2.327	607
Nova Iguaçu	-5.129	567
Paracambi	2.569	-479
Piraí	1.743	422
Queimados	10.505	1.356
Rio Claro	1.380	121
Rio de Janeiro	184.616	91.936
Seropédica	9.407	2.064
Vassouras	2.547	566

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

A análise dos dados apresentados pressupõe que na bacia hidrográfica do rio Guandu não deverá ocorrer um acréscimo significativo na atração de mão de obra para os municípios, com exceção para Itaguaí, onde os impactos econômicos e demográficos devem ser mais intensos.

Com relação ao abastecimento de água (Figura 3.12), os índices de atendimento situam-se em torno de 77,9%. Porém, quando se exclui a parcela correspondente ao município do Rio de Janeiro essa situação se altera, e o índice de atendimento passa a ser de 62,8%. Apesar do serviço de distribuição de água ser preponderantemente de responsabilidade da mesma concessionária, a CEDAE, esta desproporção ocorre devido ao “peso” da parcela da população do município do Rio de Janeiro no cômputo da população da bacia e ao superior índice de atendimento desse município em relação aos demais.

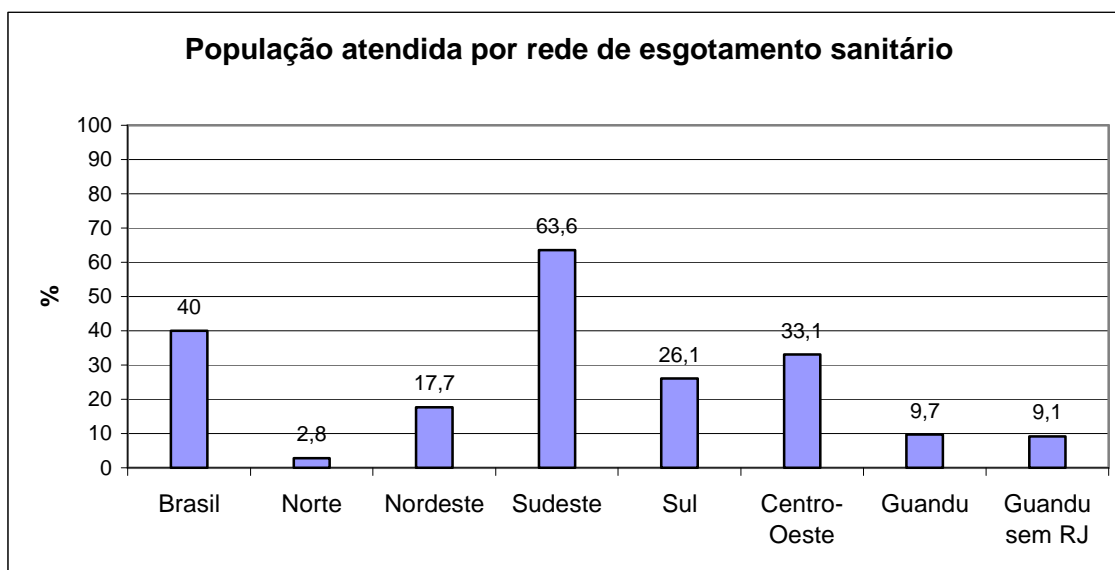
Com relação aos sistemas de esgotamento sanitários, os municípios apresentam índices muito baixos, com valores próximos aos verificados na região norte do Brasil. Conforme pode ser observado na Figura 3.13, menos de 10% da população urbana é atendida por rede de esgotos sanitários, apresentando em geral, lançamentos em galerias de águas pluviais, cursos de água, fossas ou diretamente no solo. Este índice praticamente não se altera quando deduzida a parcela correspondente ao município do Rio de Janeiro, demonstrando que a carência em infra-estrutura de esgotamento sanitário é generalizada.



Nota: Dados para Brasil e suas regiões correspondem ao ano de 2000 e dados para Guandu e Guandu sem RJ correspondem ao ano de 2006.

Figura 3.12 - População atendida por rede de abastecimento de água.

Fonte: Adaptado de SONDOTÉCNICA (2006).



Nota: Dados para Brasil e suas regiões correspondem ao ano de 2000 e dados para Guandu e Guandu sem RJ correspondem ao ano de 2006.

Figura 3.13 - População atendida por rede de esgotos.

Fonte: Adaptado de SONDOTÉCNICA (2006).

No tocante à coleta e disposição de resíduos, os serviços de varrição, capina, poda e coleta dos resíduos são oferecidos às populações urbanas de todos os municípios da bacia. Apesar de serem prestados em cada município com diferentes níveis de eficiência, podem ser considerados satisfatórios.

Em alguns municípios como Itaguaí, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro, é possível observar que em alguns bairros periféricos ainda ocorrem esporádicos lançamentos de lixo em terrenos baldios e valas. Este lixo é composto em sua maior parte por garrafas “pet” e sacos plásticos. Mesmo não ocorrendo em quantidade expressiva, a disposição inadequada do lixo evidencia a falta de consciência da população com o meio ambiente.

Dos 12 municípios que têm seu território total ou parcialmente situado na bacia, sete deles fazem a disposição de resíduos na bacia sob a forma de “lixões”, totalizando aproximadamente 145 toneladas diárias.

Em Paracambi, Seropédica e Japeri, as prefeituras já dispõem de área e projeto para a construção de aterro sanitário. Em Itaguaí, Miguel Pereira e Eng. Paulo de Frontin, atualmente não existe solução para a disposição de resíduos. Suas prefeituras têm procurado parcerias com municípios vizinhos, para juntos encontrarem uma solução boa para todos.

4 CARACTERIZAÇÃO DA REFINARIA DUQUE DE CAXIAS - REDUC

4.1 Considerações Iniciais

A refinaria Duque de Caxias encontra-se, na estrutura organizacional da Petrobras, inserida na diretoria de Abastecimento, e é uma das treze unidades de negócio (UN) do refino.

Localizada no estado do Rio de Janeiro, dentro do município de Duque de Caxias, a REDUC tem seus limites ao sul com o rio Iguaçu, ao norte com o bairro de Campos Elíseos, a oeste com a rodovia Washington Luis e a sudeste com a Baía de Guanabara (Figura 4.1). Seu terreno é de topografia plana próximo ao nível do mar, e originalmente era coberto por vegetação de manguezal.

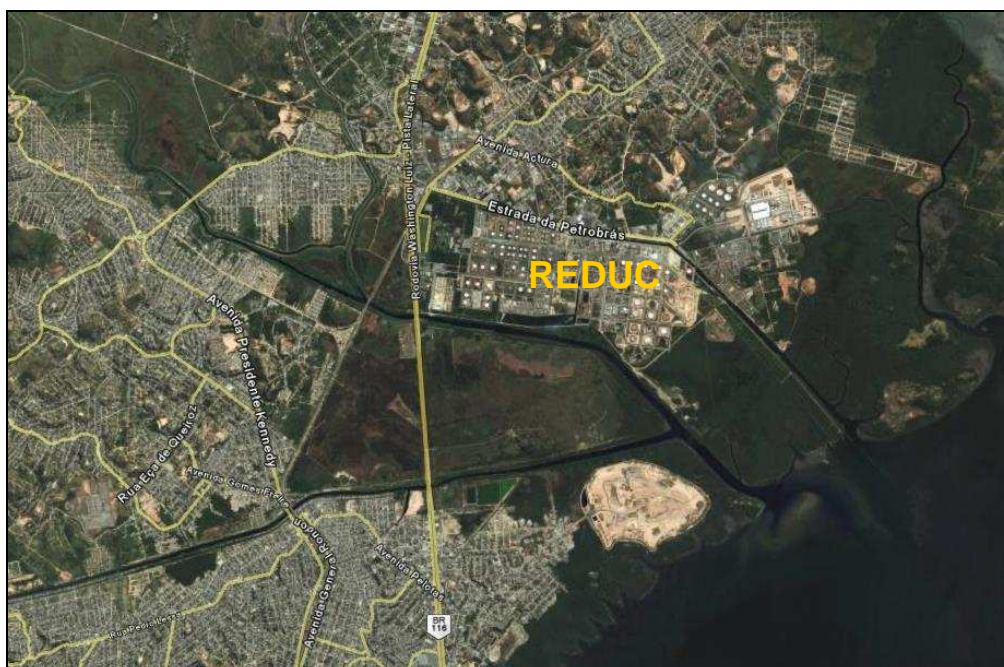


Figura 4.1 - Vista aérea da REDUC.

Fonte: GOOGLE EARTH.

Inaugurada em 20 de janeiro de 1961, contava com apenas seis unidades e a casa de força. A REDUC foi concebida com o objetivo de abastecer com combustíveis os estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e parte de Minas Gerais. No início da década de 70, recebeu a primeira planta de lubrificantes. Em 1979 já funcionava o segundo conjunto de lubrificantes e parafinas, acrescentando seis novas unidades. Na década de 80, recebeu grandes investimentos para a chegada do gás natural e nos anos 90 foram instaladas unidades com foco na qualidade e diversificação dos produtos e visando a proteção ao meio-ambiente (HDT de QAV e diesel, e recuperação de enxofre).

Atualmente a refinaria encontra-se em plena expansão de seu parque industrial. A instalação de novas plantas industriais, na busca de maior valor agregado para seus produtos, representará também um aumento na demanda de água, com acréscimo nas captações no rio Guandu. De tal forma, que a vazão atualmente captada neste corpo hídrico, que gira em torno de $0,350 \text{ m}^3/\text{s}$, deverá estar próxima a $0,700 \text{ m}^3/\text{s}$ em 2010 e a $0,950 \text{ m}^3/\text{s}$ a partir de 2013, permanecendo constante a partir daí.

Como resultado do processo de modernização contínua, a REDUC é atualmente a mais completa refinaria do sistema Petrobras, responsável pelo abastecimento de 80% do mercado brasileiro com lubrificantes e de 20% deste mercado com parafinas. Comercializa 54 produtos, entre eles lubrificantes, gasolinas, óleo diesel, QAV, GLP, bunker e nafta petroquímica.

A REDUC ocupa hoje a terceira posição dentro da Petrobras em volume de petróleo processado, com 242 mbpd e trabalhando com 100% de utilização de suas plantas (Quadro 4.1).

Com um faturamento anual próximo aos US\$ 3 bilhões, recolhe cerca de R\$ 1,2 bilhão/ano em impostos, ocupando papel de destaque na economia do estado do Rio de Janeiro.

Quadro 4.1 – Capacidade e utilização das refinarias da Petrobras.

REFINARIAS	CAPACIDADE INSTALADA (Mbpd)	VOLUME PROCESSADO (Mbpd)	UTILIZAÇÃO (%)
Paulínia - Replan (SP)	365	320	88%
Landulpho Alves – Rlam (BA)	323	249	77%
Duque de Caxias -Reduc (RJ)	242	242	100%
Henrique Lage – Revap (SP)	251	241	96%
Alberto Pasqualini - Refap (RS)	189	116	61%
Pres. Getúlio Vargas - Repar (PR)	189	186	98%
Pres. Bernardes – RPBC (SP)	170	157	92%
Gabriel Passos – Regap (MG)	151	131	87%
Manaus - Reman (AM)	46	44	96%
Capuava - Recap (SP)	53	35	66%
Fortaleza - Lubnor (CE)	6	5	83%
Gualberto Villarroel – Bolívia	40	24	60%
Ricardo Eliçabe – Argentina	31	26	84%
Guilherme Elder Bell – Bolívia	20	16	80%
San Lorenzo – Argentina	38	37	97%
(*)(**) Total	2.114	1.829	87%

(*) De acordo com a titularidade reconhecida pela ANP

(**) Inclui apenas as refinarias com participação acionária igual ou maior que 50%

Mbpd: Mil barris de petróleo por dia

Atualização: Abril de 2006.

Fonte: Site www.petrobras.com.br, acessado em 20/05/07.

A REDUC, como qualquer indústria petroquímica, demanda grande quantidade de água em seus processos, de tal forma, que seu índice de consumo de água (ICA) encontra-se em 1,24 (Quadro 4.2), representando que, para cada 1 m³ de petróleo processado ela consome 1,24 m³ de água.

Quadro 4.2 – Consumo de água nas refinarias da Petrobras em 2006.

UNIDADE	VAZÃO MÉDIA (m ³ /h)	ICA
REDUC	2.380	1,24
REPLAN	1.727	0,74
RPBC	1.206	1,10
RLAM	1.178	0,66
RAVAP	1.097	0,76
REGAP	984	1,06
REPAR	800	0,65
REFAP	625	1,04
SIX	446	1,53
RECAP	315	1,17
REMAN	182	0,74
LUBNOR	40	0,84

Fonte: PAIVA (2007).

Em 2004, o ICA da REDUC encontrava-se em 1,19 (SCHOR, 2006), portanto houve uma elevação neste índice, em apenas dois anos, da ordem de 4,2%. Este crescimento é um reflexo das ampliações em seu parque industrial.

Em 2004 o ICA de 1,19 já se encontrava acima do padrão adotado como referência pelas refinarias da Petrobras, de 0,9 (AMORIM, 2005). O aumento registrado entre 2004 e 2006 sinaliza que a REDUC deve adotar ações mais efetivas na otimização do uso desse recurso natural em seus processos.

A REDUC ocupa a terceira posição em volume de petróleo processado entre as refinarias da Petrobras (Quadro 4.1). Porém, quando se trata de consumo de água a REDUC assume a segunda colocação para o consumo relativo, com um ICA de 1,24 e a primeira para o consumo absoluto, com a vazão de 2.380m³/h.

Indústrias de grande complexidade como refinarias de petróleo, em regra, apresentam grandes diferenças entre si, seja pela complexidade e idade das instalações, seja pelo petróleo recebido e produtos processados. Estes fatores têm influência direta no ICA

de cada uma delas, de tal maneira, que é muito difícil se determinar um ICA único como padrão para todas elas. O valor adotado por Amorim (2005) como valor padrão deve ser entendido como uma referência, uma vez que seria mais apropriado que se elaborassem um ICA ótimo para cada uma das refinarias, levando em consideração todas suas características. Assim, não seria esperado que todas viessem a alcançar o índice apresentado pela REPAR, de 0,65, mas sim que trabalhassem de forma a otimizar processos, reduzir perdas e desenvolver projetos que buscassem a redução do consumo de água.

A REDUC e a REVAP são refinarias que apresentam volume de carga processada bastante próximo, 242 mil e 241 mil barris/dia respectivamente. Contudo, são detentoras de ICA's distintos, 1,24 e 0,76 respectivamente. A diferença apresentada entre seus índices é de 63%, enquanto a diferença entre os volumes processados é de 0,4%. Mesmo que a REDUC aperfeiçoe e racionalize o uso da água em suas instalações, dificilmente atingirá o índice apresentado pela REVAP, pois as diferentes tecnologias, processos produtivos e idades das instalações têm impacto direto no ICA. Para se ter uma idéia das diferenças existentes entre estas duas refinarias, basta observar as datas em que foram instaladas, a REDUC em 1961, e a REVAP após 19 anos, em 1980.

4.2 A captação de água para a REDUC.

Os diversos usos dados à água dentro dos processos de refino de petróleo conferem-lhe importância fundamental na operação de uma refinaria. Sua participação não se restringe aos processos de aquecimento e resfriamento de produtos, é também utilizada para o consumo humano e para a garantia da segurança de pessoas e instalações. Por ser imprescindível dentro de uma refinaria, com suas diversas aplicações, a água deve estar disponível em quantidade e qualidade, e seu sistema de captação e adução deve apresentar uma confiabilidade mínima para manter as instalações operando com qualidade e segurança.

Durante o projeto de construção da REDUC, foi definido que a refinaria iria utilizar as águas da barragem de Registro na serra de Tinguá. Nessa época, a região metropolitana do Rio de Janeiro passava por problemas de abastecimento, e a barragem de Registro contribuía para uma das adutoras do Sistema Acari, também conhecido como “Linhas Pretas”. Por este motivo, antes que a refinaria entrasse em operação foi necessária a substituição da barragem de Registro. A alternativa encontrada foi o represamento das águas dos rios Carqueja, Mantiqueira e Pedra Branca. Esta intervenção deu origem à represa de Saracuruna, que até os dias de hoje atende à REDUC com água de excelente qualidade.

Quando iniciou sua operação, a REDUC dispunha de dois mananciais para captação de água, a represa de Saracuruna e a baía de Guanabara, de onde captava a água salgada. Com o decorrer dos anos e a expansão de suas instalações, a REDUC necessitou de mais água para desenvolver suas atividades. Foi, então, que se optou por buscar água em um manancial que oferecesse as garantias necessárias às suas demandas atuais e futuras. Após um estudo de possibilidades, foi escolhido o rio Guandu, e ficou definido que a estrutura de captação seria construída ao lado da captação da estação de tratamento de água do Guandu (ETA-Guandu).

A captação das águas da baía de Guanabara se manteve por um longo tempo, mesmo após a construção da adutora do Guandu. Sua desativação ocorreu em 04 de outubro de 2006, quando a última unidade de processo que ainda a utilizava foi interligada com o sistema de refrigeração fechado com água doce. Atualmente a água salgada ainda é utilizada para o combate a emergências, sendo captada e bombeada para a RACE em caso de necessidade.

A Figura 4.2 mostra uma vista aérea da REDUC, com a indicação dos locais aonde chega a água captada do rio Guandu e da represa de Saracuruna, e aonde, até recentemente, era captada a água da baía de Guanabara. A figura mostra também o local onde eram lançados os efluentes do sistema de refrigeração com a água salgada no rio Iguaçu, após passarem pela adequação de sua temperatura na bacia de resfriamento.



Figura 4.2 – Vista aérea da REDUC com destaque para os locais de chegada da captação e de lançamento de efluentes.

Fonte: GOOGLE EARTH.

A captação de água no rio Guandu, como dito anteriormente, localiza-se ao lado da ETA-Guandu (Foto 4.1) e é conhecida na REDUC como Sistema Guandu. Esse sistema é composto por uma elevatória, com capacidade nominal de bombeio de até $7.200 \text{ m}^3/\text{h}$, e duas adutoras, cada uma delas com 32” de diâmetro e extensão de 48 km. Atravessam os municípios de Nova Iguaçu, Belford Roxo e Duque de Caxias até chegar à REDUC. Este sistema responde atualmente, com a TERMORIO em operação, pelo suprimento de 48% ($1.246 \text{ m}^3/\text{h}$) das necessidades da REDUC e 85% das necessidades das indústrias do pólo gás-químico ($850 \text{ m}^3/\text{h}$) totalizando uma vazão total de $2.096 \text{ m}^3/\text{h}$. (PAIVA, 2007)



Foto 4.1 – ETA Guandu.

Fonte: Site www.cedae.rj.gov.br

A represa de Saracuruna, formada pelos rios Carqueja, Mantiqueira e Pedra Branca esta localizada na região leste da reserva biológica do Tinguá e próxima aos pontos de captação do sistema Acari da CEDAE. Essa represa tem capacidade para acumular 6.000.000 m³ de água, e o sistema de captação nela existente é composto por uma torre de concreto, instalada dentro da represa, e com capacidade de captar até 1.800 m³/h (Foto 4.2). Após a captação, a água percorre 20 km, através de uma adutora de 32” de diâmetro, por ação da gravidade, até chegar na REDUC.



Foto 4.2 – Represa de Saracuruna, no centro a torre de captação.

Fonte: REDUC.

Durante levantamento realizado em abril de 2007, quando a TERMORIO encontrava-se em operação, esse sistema fornecia 52% do volume necessário à REDUC (1.350 m³/h) e 15% do necessário ao pólo gás-químico (150 m³/h) totalizando 1.500 m³/h. (PAIVA, 2007)

Considera-se consumo da REDUC, o consumo da refinaria somado ao consumo da termoeletrica Leonel de Moura Brizola. (TERMORIO)

Considera-se consumo do pólo gás-químico, o consumo da Rio Polímeros somado ao da Petroflex.

4.3 O uso de água na REDUC.

Na REDUC, a água bruta é utilizada em diversos processos e para o consumo humano, enquanto a água salgada é eventualmente utilizada apenas no combate a emergências. A REDUC também fornece água bruta e água tratada para empresas localizadas no seu entorno, como a Petroflex, usina termoeletrica Leonel de Moura Brizola (TERMORIO) e outras pertencentes ao pólo gás-químico. Embora não tenha responsabilidade legal para fornecer água potável para a comunidade, uma atribuição que cabe ao estado, existe a previsão de instalação de uma ETA, junto à segunda adutora do Guandu. Esta instalação seria construída e operada pela CEDAE e utilizaria parte da água captada pela REDUC no atendimento de uma parcela da população vizinha da refinaria.

Um esquema simplificado do uso da água na refinaria é mostrado na Figura 4.3. Nele também é possível se observar o uso anteriormente dado à água salgada, captada na baía de Guanabara, para a refrigeração de unidades de processo.

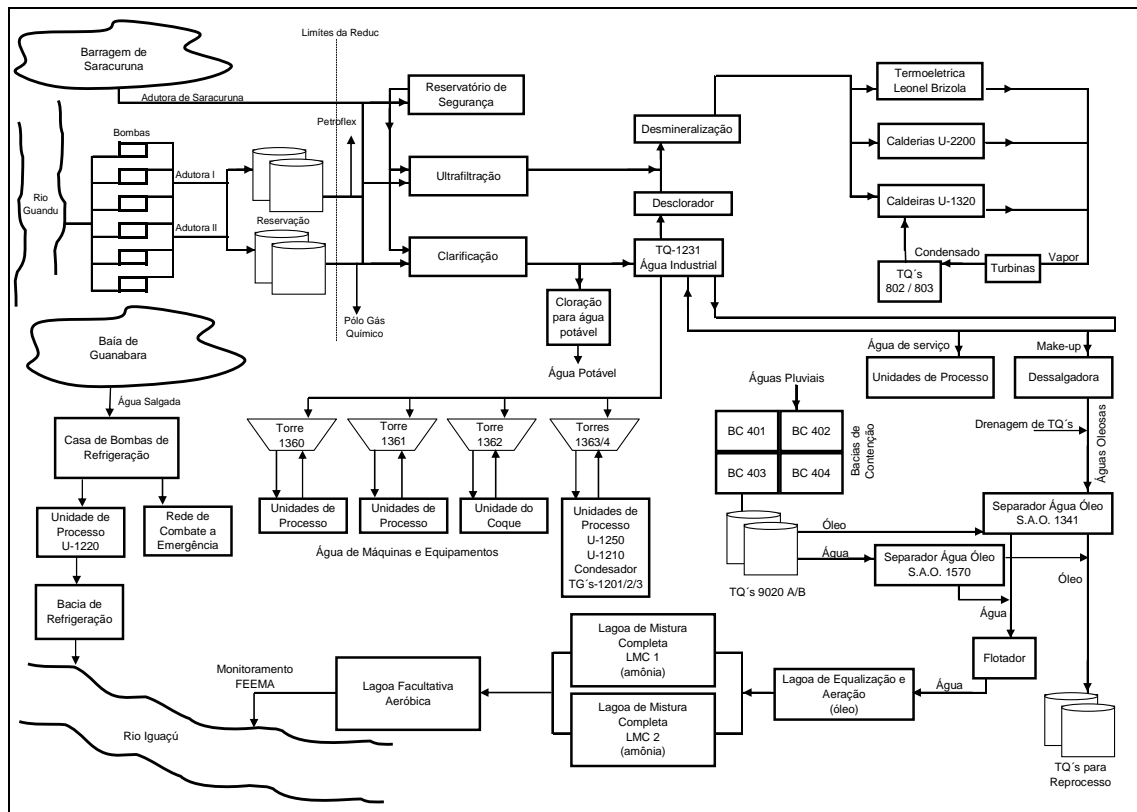


Figura 4.3 – Esquema simplificado de uso de água na REDUC.

A água salgada era utilizada, até outubro de 2006, na refrigeração de permutadores e condensadores. Após realizar as trocas térmicas, seguia para a bacia de resfriamento, onde estava sujeita a uma redução na temperatura para posteriormente ser lançada nas águas no rio Iguapé, seguindo, novamente, para a baía de Guanabara. Com a desativação do sistema de refrigeração com água salgada, seu uso atual ficou restrito ao combate a incêndio, que futuramente deverá ser substituído por água doce.

Assim que a água bruta chega à REDUC, uma pequena parcela é utilizada na pressurização da RACE (para o combate é utilizada a água da baía de Guanabara). A água bruta é submetida a diferentes tratamentos de acordo com a finalidade a que se destina. Para ser utilizada no processo, em sistemas de resfriamento e em serviços gerais, o tratamento consiste em clarificação e cloração.

Para atingir os padrões de potabilidade, uma pequena parcela da água é filtrada em filtros de areia e clorada. Para atender às finalidades mais exigentes, como a geração

de vapor, após os processos anteriores a água ainda é submetida a desmineralizadores. O Quadro 4.3 mostra as finalidades e os consumos de água dentro da refinaria.

Quadro 4.3 – Uso da água dentro da REDUC.

USO DA ÁGUA NA REDUC		
DESTINO	FINALIDADE	CONSUMO (m ³ /h)
Torres de Refrigeração	Reposição de perdas por evaporação e purgas	1150
Caldeiras	Reposição de condensado e perdas no sistema	550
Industrial	Uso em lavagem e refrigeração	400
Incêndio	Uso em prevenção	180
Potável	Consumo humano	100

Fonte: (PAIVA, 2007)

A situação da REDUC, com relação à geração de efluentes, não é muito diferente daquela apresentada com relação ao seu consumo de água. Na REDUC a relação entre efluente gerado para carga processada é de 0,73, ou seja, ela produz 1m³ de efluente para cada 1,37 m³ de petróleo processado. De acordo com o Quadro 4.4, em 2004 a REDUC foi a maior geradora de efluentes entre as refinarias da Petrobras, lançando 25.285 m³/d de efluentes no rio Iguaçu.

Quadro 4.4 – Geração de efluentes nas refinarias da Petrobras em 2004.

REFINARIA	INÍCIO DE ATIVIDADE	PROCESSADO (m ³)	PROCESSADO (m ³ /d)	EFLUENTES (m ³ /d)	EFLUENTE / ÓLEO
LUBNOR	1966	246.934	675	678	1,00
REMAN	1957	2.652.280	7.247	3.287	0,45
RECAP	1954	2.686.103	7.339	2.194	0,30
REPAR	1977	10.332.116	28.230	8.852	0,31
REFAP	1968	6.294.743	17.199	6.546	0,38
REVAP	1980	13.881.204	37.927	10.276	0,27
REGAP	1968	7.742.972	21.156	9.483	0,45
RLAM	1950	14.741.313	40.277	15.989	0,40
RPBC	1955	8.757.032	23.926	21.381	0,89
REDUC	1961	12.715.271	34.741	25.285	0,73
REPLAN	1972	22.543.884	55.799	13.745	0,25

Fonte: SCHOR, 2006.

O efluente gerado é direcionado para a ETDI, para receber o tratamento adequado, antes de seu lançamento no corpo hídrico receptor, o rio Iguaçu. A ETDI da REDUC é composta por separadores água-óleo do tipo API, flotador a ar induzido e lagoas aeradas.

O total de efluentes gerados na REDUC, em tempo seco, atualmente é da ordem de 1.100 m³/h, divididos em efluente oleoso com 420 m³/h, efluente contaminado em 680 m³/h. (PAIVA, 2007)

O efluente oleoso é originado em processos nos quais a água encontra-se em contato direto com produtos, caso de dessalgadoras de petróleo e de drenagens de tanques. Por se tratar de um efluente com contaminação intensa por hidrocarbonetos e produtos químicos, a drenagem deste efluente é realizada em manilhas enterradas e segue diretamente para a U-SAO 1341 (unidade separadora de água e óleo). Após receber o tratamento na U-SAO 1341, esse efluente se une à corrente de efluente contaminado (após sair da U-SAO 1570) e seguem juntos para o receber o mesmo tratamento.

O efluente contaminado compreende toda a água que escoar sobre os pisos de unidades, estando suscetível a contaminações, caso das águas de chuvas que caem sobre as unidades de processo, ou as águas utilizadas nas lavagens de áreas. Estas correntes são direcionadas por meio de canaletas de drenagem para a U-SAO 1570 (unidade separadora de água e óleo), onde recebem o primeiro tratamento para a separação do óleo. Na seqüência este efluente se une ao efluente oleoso e seguem juntos para o flotador e as lagoas de aeração, onde recebem o polimento antes de seu lançamento no corpo hídrico receptor.

O efluente pluvial corresponde à água de chuva que escoar sobre avenidas e outras áreas que não estejam passíveis de contaminação, caso de áreas administrativas. Este efluente tem destinação direta para o corpo hídrico receptor.

5 ABASTECIMENTO PÚBLICO NOS BAIRROS VIZINHOS À REDUC.

5.1 Considerações Iniciais

A REDUC está instalada na baixada fluminense, no bairro de Campos Elíseos, em Duque de Caxias, na porção oeste da baía de Guanabara. É de conhecimento público que a maior parte da baixada tem problemas com relação ao abastecimento de água, e nessa região, não é diferente, sendo comum a utilização de poços artesanais nas residências.

Parte da porção oeste da Baía de Guanabara é abastecida por sistemas isolados de abastecimento, compostos por mananciais e rede de distribuição. Nestes sistemas a adução se dá diretamente em pequenas barragens e o tratamento consiste na simples desinfecção por cloro.

5.2 Descrição do sistema Acari ou “Linhas Pretas”

O principal sistema isolado para abastecimento público nesta região é o sistema Acari, popularmente conhecido como “Linhas Pretas”. O nome “Linhas Pretas” surgiu devido à aparência de suas tubulações de ferro fundido, na cor preta. Este sistema é constituído por cinco adutoras, instaladas no início do século passado para conduzir a água ao reservatório do Pedregulho, em São Cristóvão, e tinha por objetivo abastecer a região metropolitana do Rio de Janeiro. A adução girava em torno de 240 milhões de litros por dia, sofrendo uma redução para 150 milhões de litros em estiagens normais e para 102 milhões de litros em períodos excepcionalmente secos (1914).

Com o decorrer dos anos e o aumento da demanda, tornou-se necessário o aumento da oferta de água para a população, com isso surgiu o sistema Guandu/Lages, permanecendo até hoje como o principal sistema de abastecimento para a região metropolitana do Rio de Janeiro.

Os mananciais que compõem o sistema Acari utilizam a água de duas bacias hidrográficas: a bacia da baía de Sepetiba, onde está localizada a barragem do rio São Pedro, e a bacia da baía de Guanabara, onde estão localizadas as barragens de rio D'Ouro, Tinguá, Xerém e Mantiquira, situadas nas vertentes das serras da Bandeira, do Couto e da Estrela, nos municípios de Nova Iguaçu e Duque de Caxias. Suas águas são de boa qualidade, necessitando além de pré-decantação, apenas a desinfecção por cloro (Figura 5.1).



Figura 5.1 - Desenho de 1965, indicando os mananciais de abastecimento de água do Rio de Janeiro, na época, ainda estado da Guanabara.

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006).

Segundo CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), a região vizinha à REDUC é atendida pelo sistema Acari da seguinte maneira:

Adutora de Tinguá:

Abastece duas unidades de balanço:

- UB-12 Canal da Tomada (Figura 5.2): Compreende a REDUC e parte dos bairros de Pilar, Campos Elíseos e Figueiras
- UB-13 Canal da Tomada / Estrela (Figura 5.3): Compreende uma pequena área banhada pela baía de Guanabara, localizada a leste da REDUC.

Entrevistas realizadas com técnicos da Petrobras/REDUC e do primeiro distrito da CEDAE evidenciaram que a REDUC é abastecida apenas pelo rio Guandu e pela represa de Saracuruna, e os bairros mencionados acima, são abastecidos pelas adutoras de Xerém e Mantiquira. Com relação à UB-13 Canal da Tomada / Estrela, foi constatado que esta é uma região de manguezal, sem habitações e sem acesso viário, onde não existe rede de abastecimento instalada.

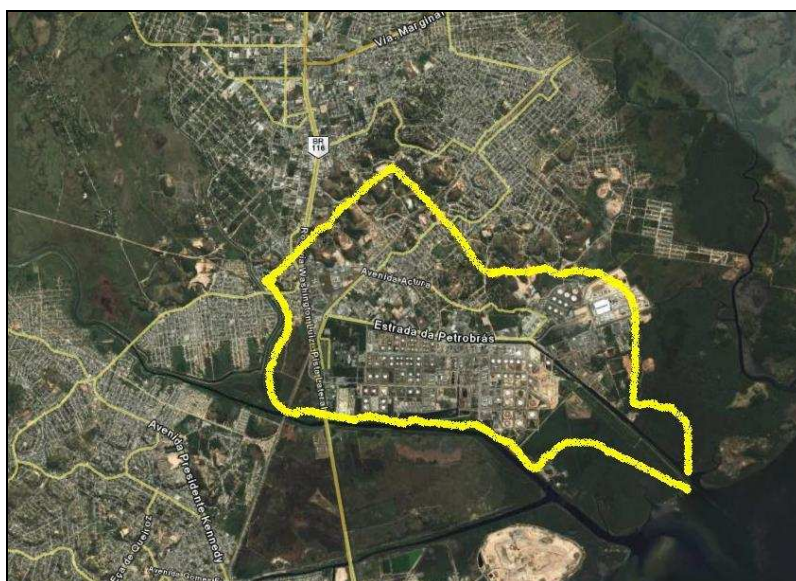


Figura 5.2 - UB 12 - Canal da Tomada.

Fonte: GOOGLE EARTH / CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

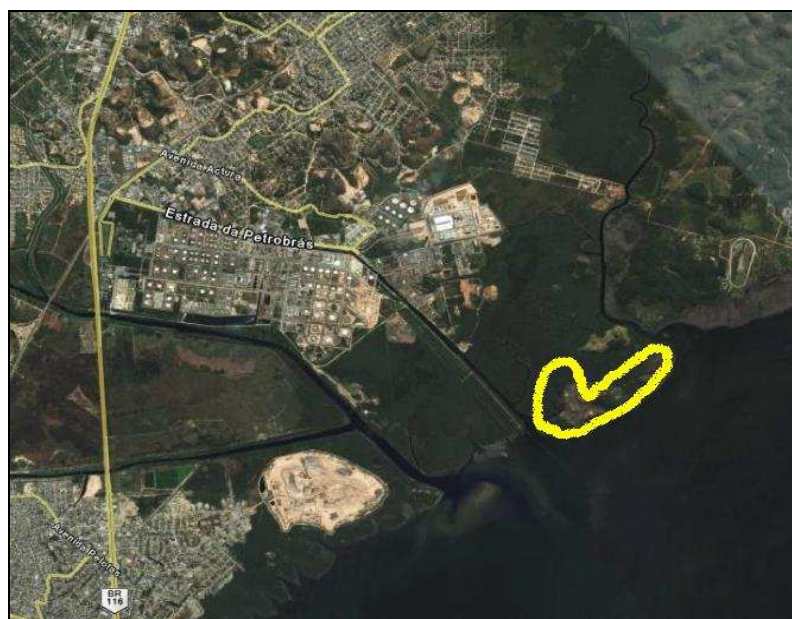


Figura 5.3 - UB 13 - Canal de Tomada / Estrela.

Fonte: GOOGLE EARTH / CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

Adutora de Xerém:

Abastece a região da UB-10.7 Rio Iguaçu / Foz (Figura 5.4). Nesta região encontram-se totalmente inseridos os bairros de São Bento, Cidade dos Meninos e Chácara Rio-Petrópolis, e parcialmente os bairros de Parque Fluminense, Vila São José, Amapá, Pilar e Figueiras.

Após entrevistas com técnicos da CEDAE e análise de suas plantas-chave, não é possível afirmar que os bairros de São Bento, Parque Fluminense e Vila São José são atendidos exclusivamente pela adutora de Xerém. Os principais reservatórios existentes nesta região (Bom Retiro, Lote VX e Parque Fluminense) encontram-se ligados à adutora principal da baixada fluminense, que disponibiliza a água do sistema Guandu/Lajes.



Figura 5.4 - UB 10.7 – Rio Iguaçu / Foz.

Fonte: GOOGLE EARTH / CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

Adutora de Mantiquira:

Abastece a região da UB-14.6 Rio Estrela – Foz (Figura 5.5). Nessa região encontram-se inseridos totalmente os bairros de Cângulo, Ana Clara e Saracuruna, e parcialmente os bairros de Figueiras, Campos Elíseos e Jardim Primavera, todos localizados ao norte da REDUC.

Após entrevistas com técnicos da CEDAE e análise de suas plantas-chave, chegou-se à conclusão de que esta região é abastecida pelas adutoras de Xerém e Mantiquira simultaneamente, uma vez que as duas adutoras encontram-se interligadas em diversos pontos.



Figura 5.5 - UB 14.6 – Rio Estrela / Foz.

Fonte: GOOGLE EARTH / CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

Como resultado da avaliação das áreas atendidas pelas adutoras de Tinguá, Xerém e Mantiquira, é possível afirmar que:

- A maioria dos bairros localizados ao norte do rio Iguaçu encontra-se em dificuldades quanto ao abastecimento público de água, seja por insuficiência no armazenamento ou devido à precária rede de distribuição. A alternativa encontrada por grande parte dos moradores para contornar esta deficiência foi a captação em poços artesianos. Porém, quando a captação se dá em poços artesianos, o tratamento dispensado a esta água não é o adequado, e a responsabilidade é do usuário. Por esse motivo, o sistema Acari será considerado o único sistema de produção de água potável ao norte do rio Iguaçu. Assim, esta dissertação estará adotando o mesmo conceito de sistema de abastecimento utilizado em CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), segundo o qual, um sistema de abastecimento deve receber o tratamento mínimo adequado para garantir a potabilidade da água.

- Os bairros localizados a norte do rio Iguaçu, atualmente, utilizam exclusivamente a água proveniente das adutoras de Xerém e Mantiquira, entretanto, existe a possibilidade através de manobras operacionais, da interligação deste sistema ao sistema Guandu/Lajes. De acordo com as informações da gerência responsável pela região, estas manobras não costumam ser realizadas devido ao risco de danos nas antigas tubulações de ferro fundido.
- Os bairros localizados ao sul do rio Iguaçu têm à sua disposição dois sistemas de abastecimento público, o sistema Acari através das adutoras de Xerém e Mantiquira, e o sistema Guandu/Lajes através da adutora principal da baixada fluminense.

Em função do abastecimento dos bairros localizados ao sul do rio Iguaçu ser realizado em grande parte pelo sistema Guandu/Lajes, através da adutora principal da baixada fluminense, essa dissertação restringirá sua análise nos bairros localizados ao norte do rio Iguaçu, abastecidos atualmente, apenas pelo sistema Acari, através das adutoras de Xerém e Mantiquira.

Do ponto de vista do tratamento para a potabilização, o processo executado no sistema Acari consiste em decantação e aplicação de flúor e cloro. Por serem mananciais de cabeceiras, apresentam reduzido teor de sólidos suspensos e baixa turbidez, alterados apenas em épocas de verão, devido à ocorrência de tempestades.

Conforme pode ser observado na Figura 5.1, a adutora de Xerém corresponde à 4ª linha e a adutora de Mantiquira à 5ª linha do sistema Acari.

A adutora de Xerém é resultante da união de dois tramos, o tramo oeste, que capta as águas das represas de Cová, Paraíso, Alfa e Perpétua, e após passar pelo clarificador de Registro, une-se ao tramo leste, que recebe as águas da represa João Pinto (Foto 5.1).

A adutora de Mantiquira capta as águas provenientes das barragens de Aniceto, Guerra, Mantiquira e do reservatório de Mantiquira, que, por sua vez, armazena as águas das barragens de Ribeira, Cachoeira do Meio, Fazenda (Foto 5.2) e Hamilton.

A água represada na barragem de Ribeira atualmente não está sendo utilizada devido à existência de uma favela acima de sua captação. Esta comunidade se estabeleceu no local onde anteriormente havia um lixão, removido pela prefeitura de Petrópolis, e que também era responsável pela contaminação das águas desta represa.



Foto 5.1 – Represa de João Pinto

Fonte: ECOLOGUS-AGRAR (2005)



Foto 5.2 – Represa da Fazenda

Fonte: ECOLOGUS-AGRAR (2005)

5.3 Disponibilidade do Sistema Acari.

De acordo com registros da CEDAE, o sistema Acari já atravessou períodos prolongados de estiagem, chegando a apresentar, no ano de 1914, valores da ordem de 1,18 m³/s para o somatório das vazões de captação nas cinco linhas. Esta vazão mínima foi utilizada na elaboração do plano diretor da CEDAE em 1985.

Em CNEC (2005) foram utilizados dados históricos mais recentes, de 1990 a 2000. As vazões relativas a este período, e captadas nas adutoras de Xerém e Mantiquira, são mostradas nas Figuras 5.6 e 5.7. Nessas figuras é possível verificar a grande

amplitude de vazões, evidenciando como esse sistema esta sujeito a grandes reduções em épocas de estiagem, comprometendo o abastecimento na região vizinha à REDUC.

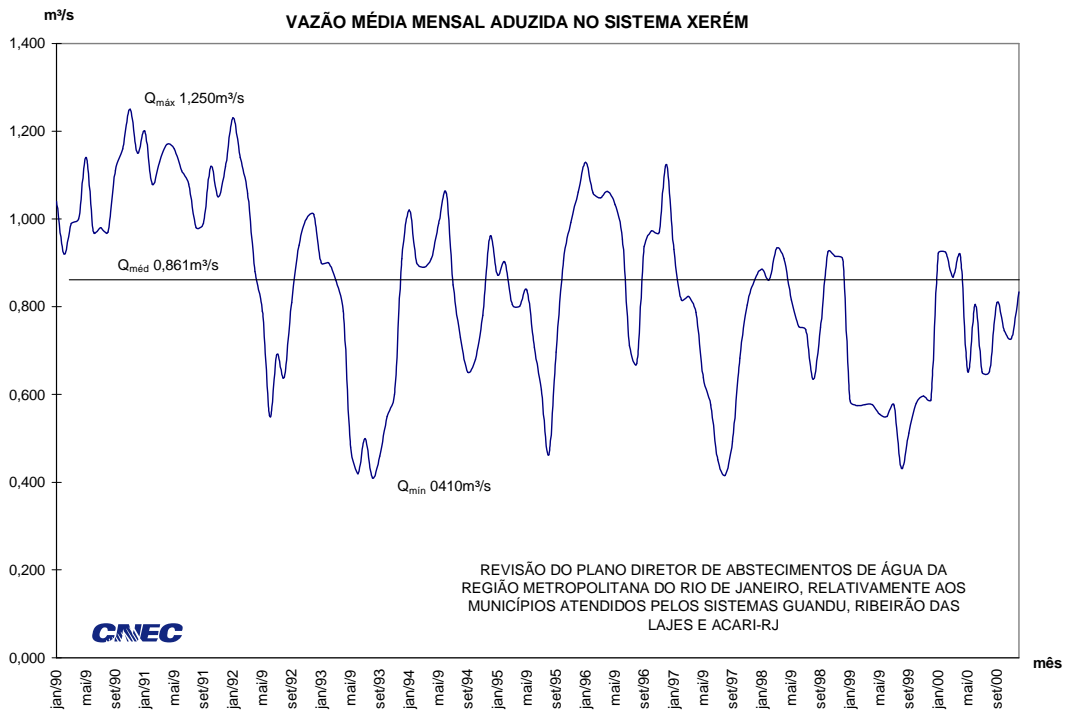


Figura 5.6 – Vazões captadas na adutora de Xerém, 1990/2000.

Fonte: CNEC (2005).

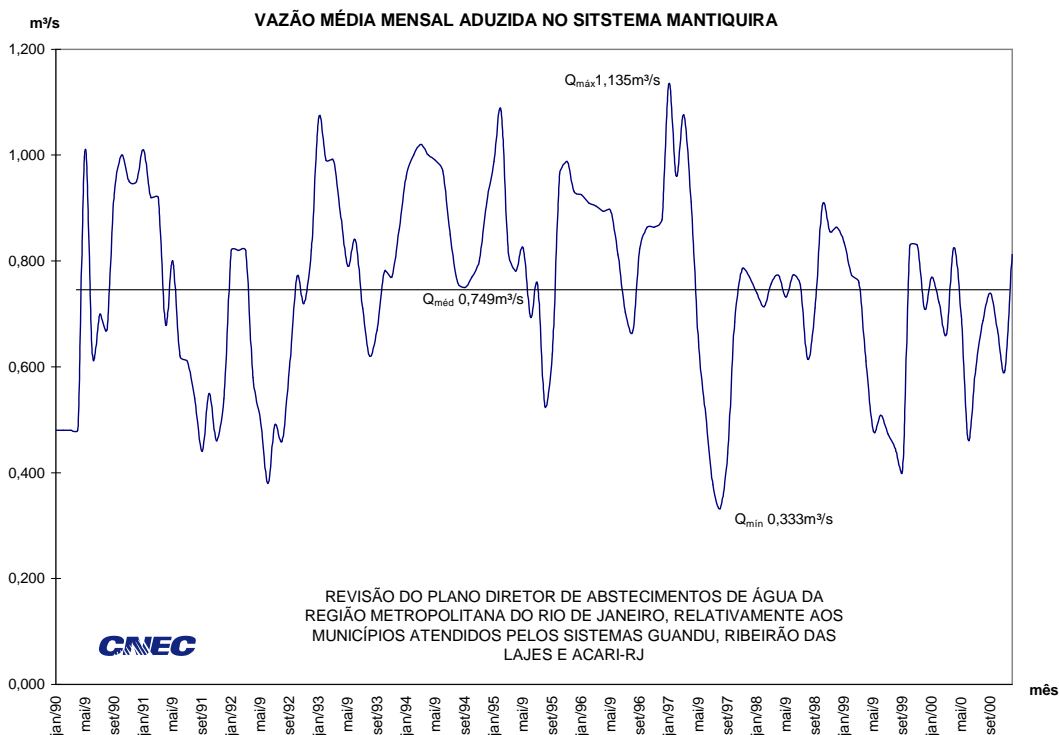


Figura 5.7 – Vazões captadas na adutora de Mantiqueira, 1990/2000.

Fonte: CNEC (2005).

A mesma série de vazões que deu origem às Figuras 5.6 e 5.7 foi utilizada para a elaboração do Quadro 5.1. Um quadro semelhante a esse, com valores ligeiramente superiores, também pode ser encontrado em CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), porém, como esse documento utilizou CNEC (2005) como uma de suas principais fontes de referência, esta dissertação adotará, de maneira conservativa, apenas os valores apresentados em CNEC (2005).

Quadro 5.1 - Vazões de captação do sistema Acari, 1990/2000.

MANANCIAL	VAZÃO (m³/s)		
	MÉDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
1ª linha - São Pedro	0,905	1,320	0,490
2ª linha - D'Ouro	0,516	0,850	0,100
3ª linha - Tinguá	0,544	0,851	0,270
4ª linha - Xerém	0,861	1,250	0,410
5ª linha - Mantiqueira	0,749	1,135	0,333
Total	3,575	5,406	1,603

Fonte: CNEC (2005).

O art.26, que trata da outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do estado do Rio de Janeiro, da portaria nº 307, emitida pela SERLA em 23 de dezembro de 2002 diz:

“ No caso de captação, exploração ou lançamento existente, ..., apresentar fotografias do local das captações, extrações e do lançamento de efluentes;

Parágrafo único - Quando as estruturas hidráulicas e barragens forem implantadas há mais de 10 anos os estudos hidrológicos existentes deverão ser revisados e deverão conter no mínimo:

- a) Condições de operação atual com discriminação das vazões derivadas pela captação;*
- b) As vazões médias de longo termo na bacia;*
- c) Vazão regularizada pelo reservatório;*
- d) Vazões mínimas com duração de 7 (sete) dias e período de retorno de 10 (dez) anos ($Q_{7,10}$) nas seções de aproveitamento;*
- e) Demandas hídricas atuais, a montante e jusante do aproveitamento considerado;*

f) Cálculo de cheias e dimensionamento de vertedouro e demarcação de FMP utilizando o hidrograma unitário sintético de cálculo. O tempo de recorrência para FMP é de 10 anos e os demais são estabelecidos pelo setor de hidráulica da SERLA;”

O sistema Acari teve seu projeto concebido e implantado em uma época na qual o consumo de recursos naturais não era motivo para maiores preocupações, além da capacidade de produção e dos custos associados. Como consequência desta falta de percepção, e da ausência de mecanismos legais que buscassem preservar estes recursos, o projeto foi concebido para captar quase toda a água disponibilizada nas bacias de contribuição. Esta prática ocorre até hoje, com a captação de quase toda a água disponível em alguns dos mananciais, principalmente em épocas de estiagem.

Em CNEC (2005), verifica-se a preocupação com o levantamento das vazões de referência para as captações do sistema Acari. A partir de dados históricos, séries de vazões, e com base na metodologia adotada em CONSÓRCIO ETEP / ECOLOGUS / SM GROUP (1998), foram calculadas a vazão média de longo termo (Q_{MLT}) e média das mínimas de sete dias de duração associada a 10 anos de retorno ($Q_{7,10}$) para o local de captação no rio São Pedro. Para os demais mananciais, essas vazões foram levantadas através da proporcionalidade entre as vazões mínimas aduzidas e registradas pela CEDAE. Segundo CNEC (2005), isto foi necessário por não existirem dados primários que pudessem embasar o efetivo cálculo dessas vazões. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 5.2, juntamente com o valor de 50% da $Q_{7,10}$, definida como vazão máxima sujeita à captação em corpos de água, conforme a Portaria n° 307, da fundação superintendência estadual de rios e lagos (SERLA).

Quadro 5.2 - Vazões estimadas para o sistema Acari.

VAZÃO (m ³ s)	MANANCIAIS					
	S. PEDRO	D'OURO	TINGUÁ	XERÉM	MANTIQUIRA	TOTAL
Q _{7,10}	0,060	0,012	0,033	0,050	0,041	0,196
50% Q _{7,10}	0,030	0,006	0,017	0,025	0,021	0,098
Q _{MLT}	0,972	0,198	0,536	0,813	0,661	3,180

Fonte: CNEC (2005).

Conforme já comentado anteriormente, CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), embora tenha como uma de suas fontes de referência CNEC (2005), apresenta algumas informações com valores bastante discrepantes dos encontrados em CNEC (2005). Um quadro semelhante ao Quadro 5.2, pode ser visto em CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), entretanto, apresentando a mesma vazão apenas para o manancial de São Pedro, uma vez que para os outros mananciais podem ser observadas diferenças de até 277% (Q_{MLT} para rio D'Ouro).

Da observação do Quadro 5.1 depreende-se que, para o conjunto das cinco adutoras, a vazão mínima aduzida no período compreendido entre 1990 e 2000 foi de 1,603 m³/s, valor superior ao adotado no plano diretor da CEDAE de 1985, que foi de 1,18 m³/s, e expressivamente superior à vazão de 0,098m³/s mostrada no Quadro 5.2 (correspondente a 50% da Q_{7,10} estimada para as cinco adutoras).

Do exposto, conclui-se que, caso a CEDAE venha a atender os critérios estabelecidos pela SERLA para a concessão de outorga, não mais será possível suprir as regiões usuárias do sistema Acari, com a vazão atualmente disponibilizada, resultando em prejuízos principalmente para os bairros do município de Duque de Caxias, localizados ao norte do rio Iguaçu.

O Quadro 5.3, apresenta as vazões existentes e regularizações propostas em CNEC (2005) para o aumento da disponibilidade hídrica nos mananciais do sistema Acari. CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005) também levantou algumas intervenções

estruturais, contudo, nenhuma delas representaria maior disponibilidade hídrica na região abastecida pelas adutoras de Xerém e Mantiquira.

Segundo LEMOS (2007), as obras necessárias para a implantação das barragens apresentariam relação custo x benefício pouco viável, além do que somente seriam possíveis as regularizações em cotas altas em épocas de chuvas, após se atingir o limite de reservação nas cotas baixas.

Quadro 5.3 - Vazões disponíveis para abastecimento no sistema Acari.

MANANCIAIS	VAZÃO (m³/s)				
	RAGULARIZADA	MÍNIMA	REMANESCENTE	DE ABASTECIMENTO	MIN. ADUZIDA (1)
São Pedro Local 8 A	0,90	0,33	0,09	0,81	-
São Pedro Local 9	0,40	0,28	0,04	0,36	-
D'Ouro / Sto Antônio Local 11	0,36	0,25	0,04	0,32	-
Tinguá Local 17	0,96	0,35	0,10	0,86	-
Tinguá Local 17 A	1,81	0,44	0,44	1,37	-
Pati Local 19	0,46	0,12	0,05	0,41	-
Registro Local 20	1,06	0,67	0,67	0,39	-
Mato Grosso Local 21 A	0,30	0,18	0,03	0,27	-
São Pedro Existente	-	-	-	-	0,28
D'Ouro / Sto Antônio Existente	-	-	-	-	0,21
Tinguá Existente	-	-	-	-	0,21
Xerém Existente	-	-	-	-	0,25
Mantiquira Existente	-	-	-	-	0,23
Total da Vazão Min. Aduzida				-	1,18
Total da Vazão c/ regularização em cotas baixas				3,58	-
Total da Vazão c/ regularização em cotas altas				2,63	-

(1) Registros da CEDAE em 1914

Fonte: CNEC (2005)

Em CNEC (2005), as projeções futuras de oferta de água não consideram as vazões resultantes destas regularizações, em função dos motivos expostos a seguir:

- O sistema está sujeito a grandes reduções em épocas de estiagem,
- A legislação define a vazão máxima a ser captada num manancial como 50% da $Q_{7,10}$ estimada, isto faz com que a vazão a ser disponibilizada após as intervenções encontre-se ainda abaixo da atualmente praticada, tornando inviável a relação custo x benefício deste empreendimento.

- Os investimentos para ampliação da capacidade destes mananciais serão objetos de análise, somente na impossibilidade de expansão das adutoras de Guandu/Lajes até os locais por eles abastecidos.

Nas projeções de disponibilidades hídricas elaboradas em CNEC (2005), os mananciais do sistema Acari apresentam a oferta de 3,5 m³/s (vazão média verificada nos mananciais entre 1990 e 2000) até o ano de 2010. A partir de 2010 estes mananciais estariam sujeitos a uma redução gradual em sua utilização, ao mesmo tempo em que estaria ocorrendo a expansão da nova adutora da CEDAE para esta região. No planejamento da CEDAE, a substituição do sistema Acari pelo sistema Guandu/Lajes estará concretizada até 2015.

Mesmo com a previsão de desativação do sistema Acari em 2015, a CEDAE pretende concluir as intervenções necessárias para que seja atendida a legislação, no que se refere ao tratamento para água potável. Desta forma, a empresa estará cumprindo o TAC assumido junto às instituições ambientais e governamentais, e ao mesmo tempo garantirá a qualidade da água disponibilizada aos consumidores deste sistema, até que o mesmo venha a ser definitivamente substituído.

Mesmo após o início da operação da nova adutora, acredita-se que pequenas comunidades, localizadas na vizinhança das barragens do sistema Acari, continuarão a utilizar suas águas. Primeiro, porque isso já ocorre através de ligações clandestinas conectadas a estes sistemas, e segundo, porque o novo sistema terá dificuldade em atender às cotas altas onde se encontram instaladas estas comunidades.

5.4 Características do atendimento da CEDAE na região vizinha à REDUC

Os bairros vizinhos à REDUC, localizadas ao norte do rio Iguaçu, encontram-se sob a responsabilidade do 1º distrito da companhia de água e esgoto do estado do Rio de Janeiro – CEDAE. Esses bairros atualmente são abastecidos somente pelo sistema Acari, e conforme já dito anteriormente, os demais bairros localizadas ao sul do rio Iguaçu, atendidas pelo 2º distrito, dispõem de dois sistemas para abastecimento, o sistema Acari e o sistema Guandu/Lajes, interligados através das adutoras e dos reservatórios.

Em função do exposto no parágrafo anterior, esta dissertação focará a avaliação do abastecimento, buscando verificar sua frequência, apenas nos bairros atendidos pelo 1º Distrito.

Dessa forma, foram selecionados dez bairros para uma avaliação mais detalhada: Amapá, Ana Clara, Campos Elíseos, Cângulo, Chácaras Rio-Petrópolis, Cidade dos Meninos, Figueira, Jardim Primavera, Pilar e Saracuruna.

Para possibilitar a classificação do abastecimento público nesses bairros, com relação à frequência de atendimento, foi previamente estabelecido um critério. O critério foi elaborado juntamente com técnicos do 1º distrito da CEDAE que vivenciam o dia a dia nesta região, e consiste em dividir a frequência de atendimento em diferentes níveis. Assim, tomando-se por base a melhor frequência de atendimento existente hoje nesta região, o abastecimento foi considerado bom quando efetuado ao menos três vezes na semana. Para a situação em que a frequência de abastecimento é baixa, ou seja, quando o abastecimento ocorre no máximo uma vez na semana, ou em intervalos de tempo ainda maior, o abastecimento foi considerado péssimo. Para concluir a escala de frequência, foi adotado o índice ótimo para a condição de abastecimento constante e médio quando o mesmo ocorrer entre duas e três vezes na semana. Dessa forma, buscou-se estabelecer critérios que contemplassem as diversas situações que viessem a ser apresentadas na análise dos bairros, contando com quatro níveis de

atendimento: ótimo, bom, médio e péssimo. O critério pode ser observado no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Critérios para abastecimento.

ABASTECIMENTO	ATENDIMENTO
Ótimo	Constante
Bom	3 vezes na semana
Médio	Entre 2 e 3 vezes na semana
Péssimo	No máximo 1 vez na semana

Definido o critério para a caracterização da frequência do abastecimento em cada um dos bairros selecionados, verificaram-se então os mapas detalhados da região, as plantas-chave do cadastro da CEDAE e foram realizadas consultas no instituto brasileiro de geografia e estatística - IBGE.

Dessa pesquisa resultaram o Quadro 5.5 e o mapa da Figura 5.8, onde são demonstradas a população e a condição do abastecimento público de água, em cada um dos bairros.

Quadro 5.5 – Abastecimento público nos bairros vizinhos da REDUC.

BAIRRO	RESPONSÁVEL PELO ATENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO EM RELAÇÃO À REDUC	POPULAÇÃO (hab) 1996 / IBGE	POPULAÇÃO (hab) 2000 / IBGE	QUALIDADE DE ATENDIMENTO	DIFICULDADES IDENTIFICADAS	
Pilar	CEDAE Departamento de Águas de Jd. Primavera DCAX-4 (1º Distrito)	Oeste	21.063	24.934	Bom	Deficiência de armazenamento.	
Amapá		Noroeste	3.564	4.586	Péssimo	Deficiência de armazenamento.	
Ana Clara ¹		Nordeste	2.850	3.227	Péssimo	Não existe rede implantada.	
Chácara Rio-Petrópolis		Norte	10.626	11.983	Péssimo	Área com pouca rede instalada.	
Figueira		Norte	13.250	14.436	Bom	Área com pouca rede instalada.	
Cidade dos Meninos		Noroeste	1.389	1.464	Péssimo	Área com pouca rede instalada.	
Campos Elíseos ²		Norte	17.954	18.558	Péssimo	Deficiência de armazenamento.	
Jardim Primavera ³		Norte	32.888	35.935	Médio	Deficiência de armazenamento.	
Cângulo		Norte	5.806	6.263	Péssimo	Não existe rede implantada.	
Sacaruna ²		Norte	30.986	38.523	Péssimo	Deficiência de armazenamento.	
Total				140.376	159.909		

- 1 População em 1996 fornecida pela CEDAE. Para se determinar a população em 2000, uma vez que não foi localizada no banco de dados do IBGE, aplicou-se a taxa média de crescimento, entre os anos de 1996 e 2000, dos demais bairros atendidos pelo Departamento de Águas de Jd. Primavera - DCAX-4 (1º distrito) da CEDAE, equivalente a 13%.
- 2 Bairro possui áreas isoladas com abastecimento 3 x por semana. Campos Elíseos tem previsão de ser atendida pela nova ETA junto à adutora da REDUC.
- 3 No bairro Jardim Primavera adotou-se o conceito de abastecimento médio por que enquanto em uma área o atendimento é bom, em outra equivalente o atendimento é péssimo.

Fonte: IBGE e SOUZA (2007).

Da avaliação do Quadro 5.5, depreende-se que, com a construção de reservatórios nos bairros atendidos pelo 1º distrito da CEDAE, seria possível melhorar a condição de atendimento para aproximadamente 122 mil habitantes, o que corresponderia a 76% da população residente nesta região.

Algumas das adequações necessárias mostradas no Quadro 5.5 encontram-se também descritas em CNEC (2005). Entre elas, a construção de reservatório de 2.500 m³ no bairro do Pilar para atender a deficiência de armazenamento, e a construção de reservatório de 10.000 m³, e de adutora com extensão de 7.500 m, no bairro de Campos Elíseos, para atender a deficiência de armazenamento e ampliação da rede.

5.5 Demandas atuais e futuras dos bairros vizinhos à REDUC

No levantamento do consumo *per capita* para a região de interesse, adotou-se a metodologia contemplada em CNEC (2005). Nela, foram consideradas perdas físicas na ordem de 30% e o acréscimo ao *per capita* (além da demanda para a indústria, comércio e pública) de um valor igual a 5% do total das demandas encontradas. Este acréscimo visa fazer frente às necessidades de clubes, terminais, hidrantes, entre outros.

Com o uso desta metodologia, CNEC (2005) obteve como resultado para o município de Duque de Caxias, o consumo de 224 (l/hab)/dia, e para os bairros analisados neste estudo, o consumo *per capita* de 235 (l/hab)/dia.

De posse desse índice de consumo *per capita*, e da população dos bairros, foi possível levantar as demandas atuais de cada um dos bairros de interesse, conforme mostra o Quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Demanda atual de água nos bairros vizinhos da REDUC.

BAIRRO	DISTRITO DA CEDAE RESPONSÁVEL PELO ATENDIMENTO	LOCALIZAÇÃO EM RELAÇÃO À REDUC	POPULAÇÃO 2000 / IBGE (habitantes)	DEMANDA (l/s)	
Pilar	1º Distrito	Oeste	24.934	68	
Amapá		Noroeste	4.586	12	
Ana Clara		Nordeste	3.227	9	
Chácara Rio-Petrópolis		Norte	11.983	33	
Figueira		Norte	14.436	39	
Cidade dos Meninos		Noroeste	1.464	4	
Campos Elíseos		Norte	18.558	50	
Jardim Primavera		Norte	35.935	98	
Cângulo		Norte	6.263	17	
Sacaruna		Norte	38.523	105	
Total				159.909	435

Nota: Utilizado o consumo *per capita* de 235 (l/hab)/dia em 2005, conforme CNEC (2005).

De acordo com o Quadro 5.6, a vazão necessária, atualmente, para abastecer os bairros vizinhos à REDUC seria de 435 l/s, valor significativamente superior à vazão outorgável para as adutoras de Xerém e Mantiquira, de 46 l/s mostrada no Quadro 5.2. Entretanto, a vazão de 435 l/s encontra-se abaixo da vazão média total de 1.610 l/s, verificada nestas duas adutoras entre os anos de 1990 e 2000 e mostradas no Quadro 5.1.

Conforme já relatado anteriormente, as projeções de uso para os mananciais do sistema Acari consideram o consumo de uma vazão média de 3.500 l/s até o ano de 2010, a partir de quando terão sua utilização gradativamente reduzida, até sua total desativação em 2015. Uma vez que não existem medidores instalados nas adutoras de Xerém e Mantiquira, e nem nas sub-adutoras que disponibilizam água para os bairros objetos deste estudo, não seria possível determinar a parcela desta vazão que se destina exclusivamente à região de interesse.

A alternativa encontrada para se chegar às vazões disponibilizadas para os referidos bairros foi o cruzamento de informações coletadas em entrevistas com os técnicos da CEDAE, dados relativos à população (IBGE), demanda dos bairros e a vazão *per capita* de 235 (l/hab)/dia CNEC(2005), resultando na elaboração do Quadro 5.7.

Quadro 5.7 –Disponibilidade atual de água para os bairros vizinhos da REDUC.

BAIRRO	POPULAÇÃO (hab)	QUALIDADE DE ATENDIMENTO ¹	DEMANDA (l/s)	VAZÃO TOTAL ² (litros)	VAZÃO ³ (l/s)
Pilar	24.934	Bom	68	17.625.600	29
Amapá	4.586	Péssimo	12	1.036.800	2
Ana Clara	3.227	Péssimo	9	777.600	1
Chácara Rio-Petrópolis	11.983	Péssimo	33	2.851.200	5
Figueira	14.436	Bom	39	10.108.800	17
Cidade dos Meninos	1.464	Péssimo	4	345.600	1
Campos Elíseos	18.558	Péssimo	50	4.320.000	7
Jardim Primavera	35.935	Médio	98	21.168.000	35
Cângulo	6.263	Péssimo	17	1.468.800	2
Sacaruna	38.523	Péssimo	105	9.072.000	15
Total	159.909		435	68.774.400	114

Nota: População levantada em 2000 no IBGE.

¹ Atendimento Bom equivale a 3 vezes na semana correspondendo a 72 horas.

Atendimento Médio equivale entre 2 e 3 vezes na semana correspondendo a 60 horas.

Atendimento Péssimo equivale a no máximo 1 vez na semana correspondendo a 24 horas.

² Vazão total disponibilizada nos sete dias da semana, considerando a qualidade de atendimento para cada um dos bairros.

³ Vazão total disponibilizada distribuída nos sete dias da semana.

Analisando-se o Quadro 5.7 é possível se observar a demanda reprimida de 321 l/s que provavelmente aumentará até o ano de 2011, uma vez que até lá não existe previsão de aumento da oferta, mas apenas alguns acréscimos na capacidade de armazenamento. A partir de 2011, segundo CNEC (2005), esta região começará a ser atendida pela expansão da rede de distribuição do sistema Guandu, portanto, este estudo adotará a premissa de que até esta data haverá a deficiência no atendimento.

Na elaboração das projeções de crescimento da população, foram admitidas as mesmas taxas de crescimento aplicadas em CNEC (2005), extrapolando a taxa utilizada na projeção das populações atendidas pelos reservatórios para os bairros atendidos pelos referidos reservatórios. Desta forma, foram obtidos os dados para os horizontes de planejamento de 2005, 2010, 2015 e 2020 contidos no Quadro 5.8.

De posse das projeções levantadas no Quadro 5.8, e utilizando o mesmo índice de consumo *per capita* adotado anteriormente de 235 (l/hab)/dia, foram levantadas as demandas futuras de cada um dos bairros de interesse, conforme mostra o Quadro 5.9.

Quadro 5.8 – Projeção da população para 2005, 2010, 2015 e 2020.

BAIRRO	SETOR DE ABASTECIMENTO RESERVAÇÃO	POPULAÇÃO 2000 / IBGE (habitantes)	TAXA DE CRESC. 2000/2005	POPULAÇÃO EM 2005 (habitantes)	TAXA DE CRESC. 2005/2010	POPULAÇÃO EM 2010 (habitantes)	TAXA DE CRESC. 2010/2015	POPULAÇÃO EM 2015 (habitantes)	TAXA DE CRESC. 2015/2020	POPULAÇÃO EM 2020 (habitantes)	LOCALIZAÇÃO EM RELAÇÃO À REDUC					
Pilar	Pilar	24.934	1,12917	28.155	1,12153	31.576	1,12455	35.509	1,10229	39.141	Ceste					
Cidade dos Meninos	Cidade dos Meninos	1.464	1,16713	1.709	1,15906	1.980	1,16236	2.302	1,18405	2.726	Noroeste					
Amapá		4.586		5.352		6.204		7.211		8.538	Noroeste					
Ana Clara		3.227		3.766		4.365		5.074		6.008	Nordeste					
Campos Elíseos		18.558		20.955		23.502		25.741		26.539	Norte					
Chácara Rio-Petrópolis	Campos Elíseos	11.983	1,12918	13.531	1,12152	15.175	1,09526	16.621	1,031	17.136	Norte					
Figueira		14.436		16.301		18.282		20.023		20.644	Norte					
Jardim Primavera		35.935		40.577		45.508		49.843		51.388	Norte					
Cângulo		6.263		7.072		7.931		8.687		8.956	Norte					
Sacaruna		38.523		43.499		48.785		53.433		55.089	Norte					
Total				159.909				180.918			203.310		224.444		236.166	

Nota: Adotadas as taxas de crescimento utilizadas em CNEC (2005) para a projeção da população atendida pelos reservatórios, extrapolando-a para os bairros atendidos pelos referidos reservatórios.

Quadro 5.9 – Demanda futura de água nos bairros vizinhos da REDUC.

BAIRRO	POPULAÇÃO 2000 / IBGE (habitantes)	DEMANDA 2000 (l/s)	POPULAÇÃO EM 2005 (habitantes)	DEMANDA 2005 (l/s)	POPULAÇÃO EM 2010 (habitantes)	DEMANDA 2010 (l/s)	POPULAÇÃO EM 2015 (habitantes)	DEMANDA 2015 (l/s)	POPULAÇÃO EM 2020 (habitantes)	DEMANDA 2020 (l/s)
Pilar	24.934	68	28.155	77	31.576	86	35.509	97	39.141	106
Cidade dos Meninos	1.464	4	1.709	5	1.980	5	2.302	6	2.726	7
Amapá	4.586	12	5.352	15	6.204	17	7.211	20	8.538	23
Ana Clara	3.227	9	3.766	10	4.365	12	5.074	14	6.008	16
Campos Elíseos	18.558	50	20.955	57	23.502	64	25.741	70	26.539	72
Chácara Rio-Petrópolis	11.983	33	13.531	37	15.175	41	16.621	45	17.136	47
Figueira	14.436	39	16.301	44	18.282	50	20.023	54	20.644	56
Jardim Primavera	35.935	98	40.577	110	45.508	124	49.843	136	51.388	140
Cângulo	6.263	17	7.072	19	7.931	22	8.687	24	8.956	24
Sacaruna	38.523	105	43.499	118	48.785	133	53.433	145	55.089	150
Total	159.909	435	180.918	492	203.310	553	224.444	610	236.166	642

Nota: Adotado o índice de consumo *per capita* 235 (l/hab)/dia.

A vazão disponível em 2000, para a região de interesse, já apresentava um déficit no atendimento de 321 l/s. Caso não se concretize nenhuma intervenção nesta localidade, com o objetivo de aumentar a oferta ou a capacidade de armazenamento, em 2010 ela apresentará um déficit de 439 l/s, correspondendo ao aumento de aproximadamente 27% na população.

As dificuldades encontradas pelo poder público, para dar o tratamento adequado a este tipo de questão, poderão remeter a um cenário onde se estabeleça um conflito pelo uso da água nesta região. Considerando-se as prioridades para o uso da água em condições de escassez, caso este cenário se concretize, certamente a REDUC estará sujeita a algum impacto em suas atividades.

6 AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS HÍDRICAS

6.1 Disponibilidade e Demandas no rio Guandu

Com extensão de 1.921 km², a bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim é a responsável pelo abastecimento de aproximadamente 85% da região metropolitana do Rio de Janeiro. Em função desta relevância, SONDOTÉCNICA (2006) levantou critérios para a alocação futura de água nesta bacia, buscando com isso garantir a sua sustentabilidade, em termos de qualidade e quantidade de água. Merecem destaque os seguintes pontos:

- Os empreendimentos instalados e previstos deverão estar em conformidade com a legislação ambiental e com o enquadramento previsto,
- A montante da tomada d'água da ETA Guandu, a outorga deverá priorizar empreendimentos que utilizem “tecnologias limpas”,
- As captações de água de empreendimentos futuros deverão se localizar a montante da tomada d'água da ETA Guandu,
- Os empreendimentos que utilizem, no âmbito da bacia, a disponibilidade hídrica remanescente terão prioridade para outorgas, resguardado o abastecimento da RMRJ,
- Deverá ser estabelecido trecho com restrição para outorga de direito de uso da água para captação no canal de São Francisco e nos rios da Guarda e Guandu Mirim, sujeitos à intrusão salina,

- É recomendável que os empreendimentos que usam água salobra ou salgada em processos de refrigeração instalem suas captações de água afogadas, desde o nível mínimo da maré de sizígia até o nível d'água máximo na calha fluvial,
- Deverá ser considerada, para efeito de planejamento estratégico, a disponibilidade hídrica mínima a jusante da UHE Pereira Passos igual a 120 m³/s, atualmente garantida pelas resoluções 211/2003 e 465/2004 da ANA,
- Deverá ser mantida uma vazão mínima na foz do canal de São Francisco igual a 25 m³/s, correspondente à vazão natural média do rio Guandu, visando atender às condições ambientais dessa região.

Convém ressaltar que a vazão mínima de 25 m³/s na foz do canal de São Francisco está associada à oferta hídrica média diária de 120 m³/s liberada pela UHE Pereira Passos, cuja permanência de ocorrência de valores iguais ou superiores corresponde a 98 % do tempo.

No cenário futuro previsto dentro do plano diretor do rio Guandu, as vazões escoadas para a baía de Sepetiba serão sempre superiores a 25 m³/s. O Quadro 6.1 mostra as vazões liberadas pela UHE Pereira Passos, porém, a vazão total que irá escoar para a baía de Sepetiba equivale às descargas de Pereira Passos, somadas às vazões naturais do rio Guandu e de seus afluentes ao longo do ano. Segundo SONDOTÉCNICA (2006), a vazão natural média diária e a vazão mínima (Q_{7,10}) do rio Guandu, antes da implantação das estruturas hidráulicas da transposição, eram respectivamente 24,6 m³/s e 1,52 m³/s.

Quadro 6.1 - Permanência de vazões liberadas pela UHE Pereira Passos.

PERMANÊNCIA DE OCORRÊNCIA NO TEMPO DE VAZÕES IGUAIS OU SUPERIORES (%)	VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS (m³/s)		
	LIBERADAS PELA UHE PEREIRA PASSOS	ESCOADAS PARA A BAÍA DE SEPETIBA	
		2005	2025
98	120	63	25
80	145	88	50
60	160	103	65
50	167	110	72
40	172	115	77
20	181	124	86
10	188	131	93

Nota: Não considera, durante o ano, as vazões naturais do rio Guandu e afluentes.

Fonte: Adaptado de SONDOTÉCNICA (2006).

Semelhantemente a CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005) e a CNEC (2005), SONDOTÉCNICA (2006) elabora dois cenários distintos e prováveis para o futuro da bacia do rio Guandu, o cenário tendencial e o cenário dirigido.

Da mesma forma que em CNEC (2005) esta dissertação analisou o cenário tendencial, em SONDOTÉCNICA (2006) o mesmo cenário será avaliado. A opção pelo cenário tendencial se dá por ser este o cenário mais conservador, e aquele no qual se prevê o maior consumo de água.

O cenário tendencial de SONDOTÉCNICA (2006) adota as seguintes considerações até o ano de 2025:

Para o abastecimento público, serão mantidas condições atuais de produção e distribuição de água e a carência de reservação. O índice de perdas se manterá constante em 30% ao longo de todo horizonte de planejamento, porém, os índices de atendimento e consumos *per capita* serão variáveis.

Para a indústria, não ocorrerá intensa racionalização do uso da água, o que resultará em um crescimento médio da ordem de 4,00 % a.a.

Para a agropecuária, serão mantidos os níveis atuais de demanda, apesar da tendência de redução das áreas agrícolas.

Para a mineração haverá um acréscimo de 20 % no valor da produção média atual de areia na região, passando de 8.400 m³/dia para 10.080 m³/dia. Com relação à evolução da área dos espelhos, após 2006, haverá um crescimento de 24 ha/ano.

Destas considerações resultou a proposta de alocação de água para a bacia, mostrada no Quadro 6.2. Neste quadro encontram-se o cenário atual e o futuro, com as demandas por setor usuário, incluindo também a demanda para atender às condições ambientais, bem como as ofertas hídricas superficiais e subterrâneas.

Quadro 6.2 - Alocação de água nas bacias hidrográficas.

DEMANDAS, OFERTAS, E DISPONIBILIDADE HÍDRICA ¹	RIBEIRÃO DAS LAJES/ GUANDU/ GUARDA/ GUANDU-MIRIM (m ³ /s)	
	2005	2025
Demanda para Abastecimento Público	51,06	71,21 ²
Demanda Industrial	13,51	29,60 ³
Demanda para Agropecuária e Aqüicultura	0,39	0,39
Demanda para Mineração	0,20	0,40
Demanda Ambiental ⁴	25,44	25,44
Total da demanda hídrica	90,60	127,04
Oferta hídrica superficial mínima ⁵	127,95	127,95
Oferta hídrica subterrânea ⁶	3,68	3,68
Disponibilidade hídrica remanescente ⁷	41,02	4,58

Observações:

- 1 Valores correspondentes ao somatório nas bacias de Ribeirão da Lajes, rio Guandu, rio da Guarda e rio Guandu-Mirím.
- 2 Considerando a demanda futura da ETA Guandu (65m³/s) e o abastecimento dos municípios de Miguel Pereira e Eng. Paulo de Frontin (0,34m³/s).
- 3 Valor corresponde ao acréscimo de 16,09m³/s na demanda atual do setor industrial, admitindo uma taxa de crescimento para esta demanda da ordem de 4% a.a.
- 4 Demanda ambiental a ser reavaliada nas revisões quinquenais do Plano da Bacia.

- 5 Somatório da vazão mínima ($Q_{7,10}$) dos afluentes ($0,37\text{m}^3/\text{s}$) e da vazão média de Ribeirão das Lajes ($5,90\text{m}^3/\text{s}$), da vazão mínima ($Q_{7,10}$) dos afluentes do rio Guandu ($1,14\text{m}^3/\text{s}$) e da vazão defluente mínima da UHE Pereira Passos ($120\text{m}^3/\text{s}$), da vazão mínima ($Q_{7,10}$) do rio da Guarda ($0,37\text{m}^3/\text{s}$) e da vazão mínima ($Q_{7,10}$) do Rio Guandu-Mirim ($0,17\text{m}^3/\text{s}$).
- 6 Valor correspondente a vazão renovável total das reservas subterrâneas.
- 7 Os valores apresentados não consideram possíveis acréscimos da disponibilidade devido ao lançamento de efluentes.

Fonte: SONDOTÉCNICA (2006)

De acordo com o Quadro 6.2, não haverá estresse hídrico na bacia do rio Guandu até o ano de 2025, porém, esta projeção foi elaborada tomando-se por base as demandas esperadas, e as ofertas hídricas garantidas, principalmente aquela referente à vazão defluente da UHE de Pereira Passos.

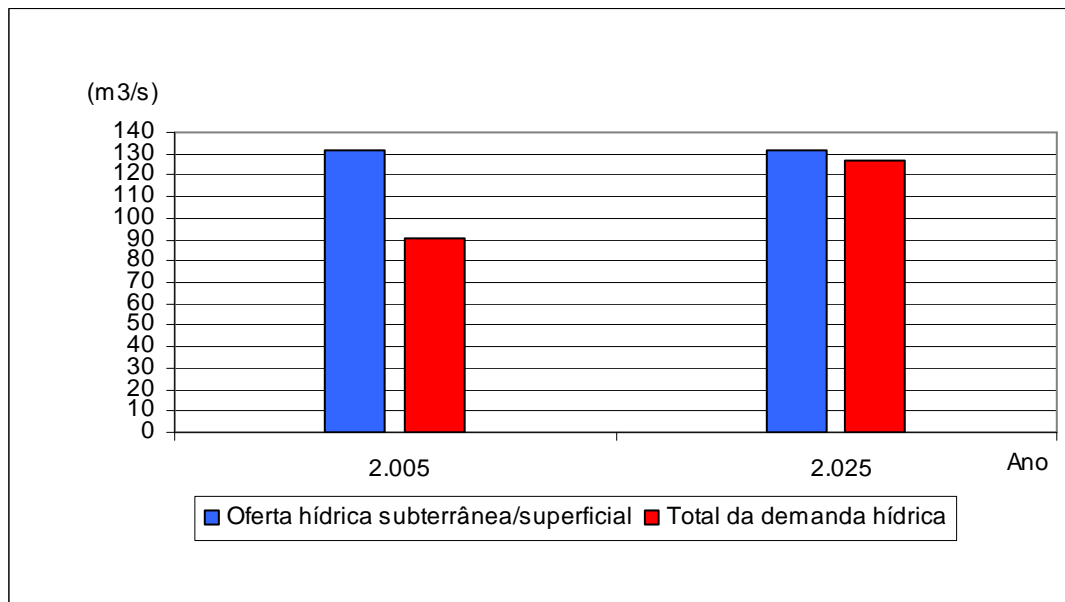


Figura 6.1 – Demandas e disponibilidades na bacia hidrográfica do rio Guandu.

Fonte: Quadro 6.2.

Em virtude da vazão do rio Guandu ser oriunda quase que exclusivamente da transposição do rio Paraíba do Sul, a garantia da manutenção desta vazão deverá ser a principal preocupação dos diversos atores envolvidos com a gestão da água dentro do estado do Rio de Janeiro.

Algumas possibilidades de geração de conflitos pelo uso da água, dentro da bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, foram levantadas em SONDOTÉCNICA (2006) e são relatadas a seguir:

- *“A hipótese de retirada de água da bacia do rio Paraíba do Sul para abastecer a Região Metropolitana de São Paulo, cujas alternativas em estudo no atual Plano Diretor de Abastecimento de Água indicam valores variando de 5 m³/s a 15 m³/s, se efetivadas poderão refletir na disponibilidade hídrica do rio Guandu (ARCE, 2004). Entretanto, conforme SABESP (2004), estas demandas só poderão ocorrer após 2025, depois de exploradas todas as disponibilidades hídricas da bacia do Alto Tietê.*
- *A questão da qualidade da água do rio Paraíba do Sul a jusante de Santa Cecília, citada por algumas prefeituras municipais não deve ser argumento para reduzir a vazão transposta para a bacia do rio Guandu, uma vez que este problema pode ser resolvido através da implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgoto doméstico nos municípios. Não faz sentido retirar água de um processo produtivo que gera emprego e renda para a população fluminense, para utilizá-la na diluição de esgotos domésticos, não tratados por falta de investimentos municipais em infra-estrutura.*
- *Ainda em relação à região a jusante de Santa Cecília, é importante esclarecer que o desenvolvimento socioeconômico dos principais municípios ali localizados não está sendo limitado pela disponibilidade hídrica do rio Paraíba do Sul. No entanto, respeitando os fundamentos e as diretrizes da política nacional de recursos hídricos, quando esta questão de fato se apresentar conflituosa será necessário o estabelecimento de um fórum de discussões e negociações, envolvendo os comitês de bacia, órgãos gestores e*

municípios bem como os representantes dos governos dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo.

- *O projeto porto-canal de Sepetiba, previsto para ser implantado ao longo do canal de São Francisco e do rio Guandu, também conhecido como a “hidrovia dos jesuítas”, encontra-se em fase de especulação, sem EIA e sem RIMA. Este projeto, se implantado, poderá interferir na intrusão salina proveniente da baía de Sepetiba, causando impacto direto nos usuários cujas tomadas d’água sejam no canal de São Francisco, portanto, antes de sua implantação será necessário se estabelecer um fórum de discussões com os diversos atores envolvidos na busca de alternativas e soluções.”*

Conforme pode ser observado no Quadro 3.4, no capítulo 3, atualmente a REDUC tem a previsão de uso consuntivo no rio Guandu de até 0,739 m³/s, mantendo-se este valor inalterado até o ano de 2025. Sua outorga atual permite a captação de até 0,500 m³/s neste corpo hídrico.

A refinaria encontra-se hoje em plena expansão de seu parque industrial, e como consequência deste desenvolvimento se faz necessária também uma maior disponibilidade de água. Com base nas expectativas de crescimento da refinaria, é esperado um aumento gradual de suas captações no rio Guandu, de tal forma, que a vazão atualmente captada neste corpo hídrico, que gira em torno de 0,350 m³/s, deverá estar próxima a 0,700 m³/s em 2010 e a 0,950 m³/s a partir de 2013, permanecendo constante a partir daí. Para que possa efetivamente contar com estas vazões dentro dos prazos necessários, a REDUC deverá o quanto antes, pleitear junto à SERLA novos valores de outorga, pois este processo demanda tempo para ser analisado e aprovado.

O Quadro 6.3 mostra a expectativa de aumento na demanda para a refinaria com a evolução gradual de vazões até o ano de 2013, quando o consumo atingiria seu valor

máximo, mostra também o consumo planejado para a refinaria dentro de SONDOTÉCNICA (2006).

Quadro 6.3 – Demandas e disponibilidades para a REDUC.

ANO	DEMANDA REDUC (m ³ /s) ¹	PLANO DIRETOR GUANDU (m ³ /s) ²
2007	0,500	0,739
2010	0,700	0,739
2013	0,950	0,739
2025	0,950	0,739

1 - Vazões esperadas em virtude das expansões previstas na REDUC.

2 - Vazões disponíveis no planejamento de SONDOTÉCNICA (2006).

Fonte: PAIVA (2007) e SONDOTÉCNICA (2006)

Admitindo-se que a outorga para as vazões previstas no Quadro 6.3 sejam solicitados e aprovados, até o ano de 2010 a vazão solicitada estará dentro do previsto em SONDOTÉCNICA (2006), pois até este ano a vazão necessária para a refinaria deverá estar próxima a 0,700 m³/s, enquanto a vazão prevista em SONDOTÉCNICA (2006) é de 0,739 m³/s. Entretanto, a partir de 2013, a previsão é de que a vazão necessária estará superando a prevista em aproximadamente 0,210 m³/s, permanecendo assim até o ano de 2025.

Adotando-se a taxa de 4% a.a. para a evolução da demanda nas indústrias, estabelecida para o cenário tendencial, em SONDOTÉCNICA (2006), somente a partir de 2023 a demanda necessária para a refinaria ficará abaixo da projeção de crescimento. A partir desse ano, a sua previsão de consumo no rio Guandu estará abaixo da vazão prevista com a aplicação desta taxa, conforme mostra a Figura 6.2.

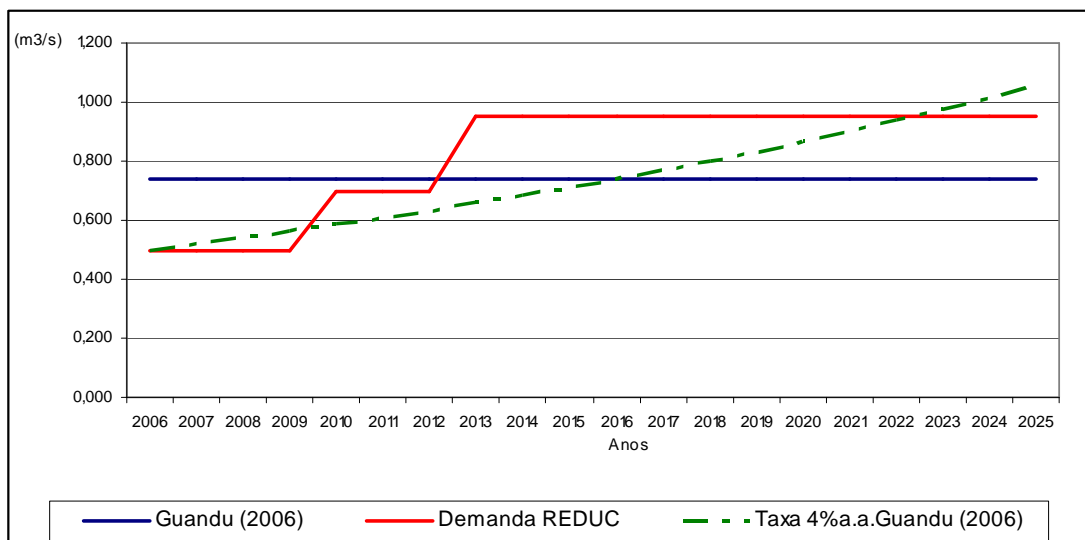


Figura 6.2 – Uso consuntivo da REDUC.

Fonte: PAIVA (2007) e SONDOTÉCNICA (2006).

Apenas a título de informação, além de transportar a água bruta para consumo próprio, a REDUC é também responsável pelo transporte da água bruta utilizada na Petroflex, Rio Polímeros e Termelétrica Leonel de Moura Brizola (TERMORIO). A vazão máxima prevista para estas indústrias (excluída a REDUC) em SONDOTÉCNICA (2006) é de 0,914 m³/s em 2005 permanecendo constante até 2025.

6.2 Disponibilidade e Demandas na Represa de Saracuruna

A represa de Saracuruna foi construída entre 1960 e 1962 com o objetivo de substituir a já existente barragem de Registro no fornecimento de água bruta para a REDUC. Atualmente a refinaria é a única usuária das águas desta represa.

Contando com um volume de 5,3 x 10⁶ m³ na cota 78,65 m, a represa de Saracuruna é detentora de uma bacia hidrográfica com área de 43 km², dividida em duas partes. A parte superior da bacia, conta com a área de 30,3 km² e é compartilhada com a CEDAE, que tem prioridade para as captações do sistema Acari. A porção inferior da

bacia, localizada à jusante do ponto de captação da CEDAE, é também chamada de bacia incremental e conta com uma área de 12,7 km², sendo a responsável pela alimentação contínua do reservatório.

Devido à sua localização, dentro da reserva biológica de Tinguá, tem seus mananciais preservados da ocupação e exploração irregular, o que garante às suas águas uma boa qualidade. A água da represa de Saracuruna tem baixa turbidez e baixos teores de sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e de ferro (Quadro 6.4). Em função destas características, a represa de Saracuruna é a principal fonte de fornecimento de água para a REDUC, sendo complementada pelas águas do rio Guandu.

Quadro 6.4 – Qualidade da água em mananciais onde a REDUC realiza captação.

PARÂMETROS	Rio Saracuruna	Rio Guandu
pH	5,4 – 7,2	6,5 – 6,8
O.D. (mg/L)	0,1 – 6,6	N.D.
DBO _{5,20} (mg/L)	2,0 – 110	N.D.
DQO (mg/L)	10 – 120	N.D.
Nitrato (mg N/L)	0,01 – 0,6	4 – 10
Nitrito (mg N/L)	0,001 – 0,05	N.D.
Amônia (mg N/L)	0,3 – 4,6	N.D.
Kjeldahl (mg N/L)	0,5 – 3,5	N.D.
Fósforo Total (mg P/L)	0,1 – 1,1	N.D.
R.F. (mg/L)	42 – 8690	75 – 128
R.N.F. (mg/L)	2 – 50	10 – 39
R.T (mg/L)	N.D.	N.D.
Turbidez (NTU)	5 – 20	8 – 69
Cloreto (mg Cl/L)	7 – 1000	1,9 – 5,2
Condutividade	60 – 1600	N.D.
Ferro (mg Fe/L)	1,1 – 20	0,27 – 1,59
Manganês (mg Mn/L)	0,08 – 0,3	N.D.
Fenóis (mg/L)	0,001 – 0,004	N.D.
Sílica (mg/L)	1,2 – 3,25	1,8 – 4,8
Q _{7,10} (m ³ /s)	0,481 *	130

N.D. – Não Disponível

* Q_{7,10} – Parâmetro quantitativo, mantido na tabela.

Fonte: COLLARES (2004) e SCHOR (2006).

De acordo com SCHOR (2006), a fundação COPPETEC foi contratada para dar assessoria à refinaria durante seu processo de solicitação de outorga na represa de Saracuruna. O estudo ocorreu entre 2003 e 2004, e após sua conclusão, a refinaria solicitou, e teve concedida, a outorga de 380 l/s neste manancial, valor que representava cerca de 52% das necessidades da refinaria em março de 2007.

A fundação COPPETEC levantou as medições diárias de captação na represa de Saracuruna entre julho de 2001 e julho de 2003. Os dados resultantes deste levantamento constam na Quadro 6.5, onde é possível observar que o registro da maior vazão média captada ocorreu em fevereiro de 2002, quando a vazão atingiu 0,450 m³/s. Nesta época ainda existia a captação de água salgada para refrigeração das unidades de processo da refinaria.

Quadro 6.5 - Vazões médias mensais captadas pela REDUC.

Data	Vazão (m ³ /s)	Data	Vazão (m ³ /s)
jul/01	0,369	ago/02	0,415
ago/01	0,304	set/02	0,415
set/01	0,362	out/02	0,389
out/01	0,388	nov/02	0,414
nov/01	0,44	dez/02	0,391
dez/01	0,428	jan/03	0,391
jan/02	0,403	fev/03	0,445
fev/02	0,45	mar/03	0,4
mar/02	0,405	abr/03	0,427
abr/02	0,427	mai/03	0,397
mai/02	0,42	jun/03	0,435
jun/02	0,44	jul/03	0,421
jul/02	0,426		

Fonte: CANEDO DE MAGALHÃES, 2004-A, *apud* SCHOR (2006).

Com as informações de nível d'água da represa, fornecidas pela REDUC (Quadro 6.6), a COPPETEC elaborou a curva Cota x Área x Volume, que pode ser observada na Quadro 6.7 e Figura 6.3.

Quadro 6.6 - Níveis de água médios da represa de Saracuruna.

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1995	78,6	77,35	76,69	76,05	76,06	76,49	74,99	74,4	75,05	75,7	76,35	77
1996	77,67	78,31	78,77	78,73	78,71	78,44	77,57	76,93	77,95	78,66	78,73	78,77
1997	78,78	78,68	78,69	78,43	77,46	76,27	74,63	73,21	72,69	72,95	75,26	78,3
1998	78,72	78,8	78,8	78,81	78,74	78,73	78,7	78,3	78,68	78,86	78,88	78,82
1999	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	78,79	78,78
2000	78,8	78,78	78,8	78,8	78,52	77,32	76,63	77,67	78,63	78,38	78,21	78,81
2001	78,78	78,74	78,55	78,63	78,29	77,59	76,27	76,18	74,32	72,52	73,47	75,52
2002	78,79	78,77	78,75	78,69	78,71	78,33	77,43	76,19	75,66	75,61	77,66	78,77
2003	78,81	78,79	78,76	78,76								

Fonte: CANEDO DE MAGALHÃES, 2003, *apud* SCHOR (2006).

Quadro 6.7 - Cota x Área x Volume da represa de Saracuruna.

Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
48	50	-
50	2.900	2.950
55	22.120	65.625
60	76.200	312.425
65	186.900	970.175
70	342.930	2.294.750
75	451.970	4.282.000
80	533.630	6.746.000
85	631.940	9.659.925

Fonte: CANEDO DE MAGALHÃES, 2003, *apud* SCHOR (2006).

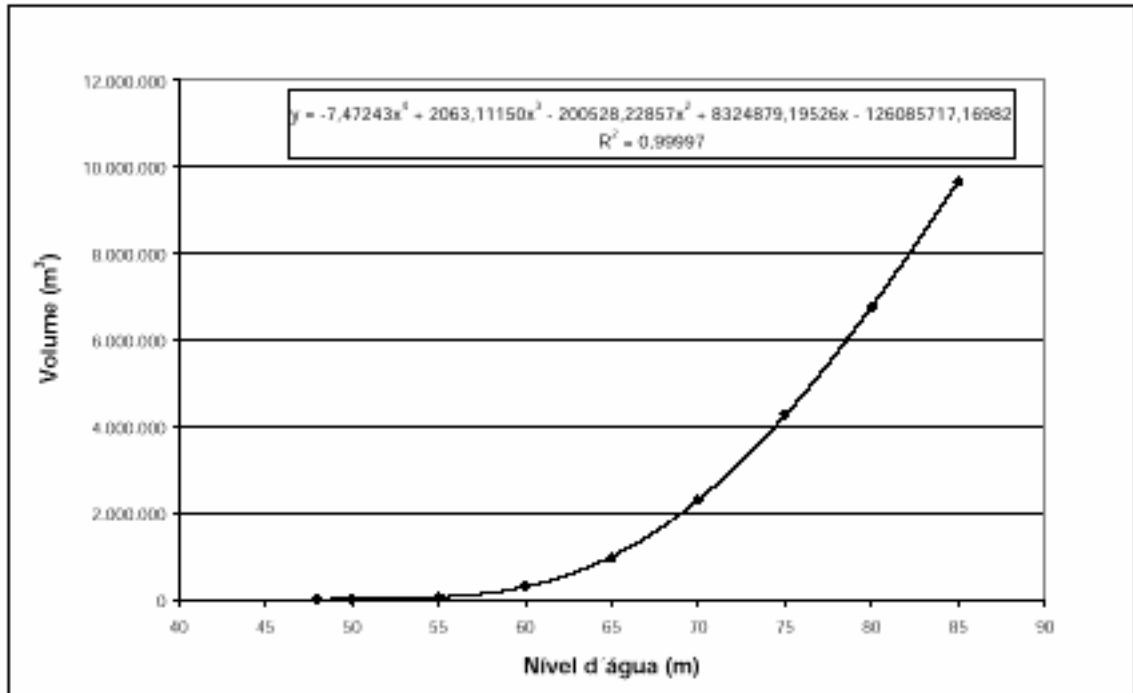


Figura 6.3 - Curva cota x área x volume da represa de Saracuruna.

Fonte: CANEDO DE MAGALHÃES, 2003, *apud* SCHOR (2006).

O estudo calculou as vazões $Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$ afluentes à barragem da CEDAE, e na represa de Saracuruna, e encontrou a vazão ecológica de 42 l/s para o rio Saracuruna, considerando 50% do $Q_{7,10}$ calculado para área incremental, conforme critérios da SERLA.

Como resultado de simulações de operação em diferentes condições, foram encontradas três diferentes possibilidades para a captação neste manancial:

- A manutenção de uma cota mínima de 64,22m no reservatório, permitiria a regularização no reservatório e a vazão mínima de 459 l/s, que descontada a vazão ecológica de 42 l/s permitiria a captação de 417 l/s,
- Num segundo momento foi analisada a sua máxima vazão outorgável, e para isso admitiu-se que o nível atingiria a cota mínima operacional de 56,30m. Nesta condição a vazão de captação no reservatório seria de 439 l/s, que somada à vazão ecológica resultaria na vazão total de 481 l/s,

- Para concluir as simulações, optou-se pela hipótese de rebaixamento da tomada de água, entretanto os resultados mostraram um incremento máximo de 3 l/s sobre os anteriores 481 l/s, o que tornaria inviável a realização das obras em função dos custos necessários.

Em sua avaliação final, o estudo considerou viável a concessão de outorga de direito de uso de 417 l/s pela REDUC, restando ainda ao rio uma vazão ecológica de 42 l/s e a possibilidade de acréscimo de 22 l/s à vazão outorgada, mantendo-se a cota mínima operacional no reservatório de 56,30m.

Com base nos estudos da fundação COPPETEC, citados em SCHOR (2006), existe a possibilidade de aumento da vazão hoje outorgada à REDUC (380 l/s), pois os possíveis impactos à biota, possivelmente já se encontram consolidados nestes 40 anos de operação. Assim, a REDUC poderia contar com a captação de até 439 l/s, trabalhando na cota mínima operacional do reservatório, de 56,30m, e mantendo ainda a vazão ecológica de 42 l/s.

O acréscimo de 59 l/s na captação junto à represa de Saracuruna representaria uma menor dependência nas captações do rio Guandu, possibilitando reduzir a diferença entre o planejado em SONDOTÉCNICA (2006) e a previsão de necessidade da REDUC. A partir de 2013, a previsão de consumo da REDUC (950 l/s) estará superando o previsto dentro do plano de bacia do Guandu (739 l/s) em 28,5%. Com a possibilidade de reduzir a captação no rio Guandu em 59 l/s, passando a captar 891 l/s, esta diferença poderia ser reduzida a 20,5%.

Além de representar uma otimização na captação na represa de Saracuruna, haveria também a redução de custos no tratamento da água bruta, uma vez que a água de Saracuruna é de melhor qualidade que a água do rio Guandu.

6.3 Outras disponibilidades na região da REDUC.

A ocorrência de conflitos pelo uso da água na região vizinha à REDUC é uma possibilidade real, em um futuro não muito distante, na visão de alguns técnicos da CEDAE envolvidos com a gestão da água.

À luz da lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a política nacional de recursos hídricos, o uso prioritário dos recursos hídricos, em situações de escassez, é o consumo humano e a dessedentação de animais. Assim, a REDUC estaria seriamente comprometida em sua operação, caso um cenário de escassez se apresentasse.

Um indicativo de sua dependência por água é o ICA (Índice de Consumo de Água). Este índice em 2006 se encontrava em 1,24, o que significa que, para cada metro cúbico de petróleo processado ela consome 1,24 metro cúbico de água.

A melhor estratégia para enfrentar uma situação de escassez é preparando-se antecipadamente. Para isso é fundamental adquirir o conhecimento sobre toda fonte alternativa de água, com potencial de produção, custos, vantagens e desvantagens. Neste sentido, a REDUC deve desenvolver ao máximo o conhecimento sobre as possibilidades que se apresentam como fontes de oferta hídrica.

6.3.1 Rio Iguaçu.

Este rio acompanha toda a margem sul da REDUC e é também o local de lançamento dos seus efluentes. Com relação ao uso das águas do rio Iguaçu, COLLARES (2004) cita:

“Além de todas essas condições geradoras de poluição no rio Iguaçu ... , a influência da maré elevando consideravelmente a salinidade da água no trecho próximo à REDUC, potencializa a dificuldade de sua utilização como fonte de suprimento de água. Por outro lado, a utilização do Canal do Cunha para a ETA da PROSINT (empresa do ramo petroquímico localizada no Rio de Janeiro) e do rio Tamanduateí para a ETA da RECAP (Refinaria de Capuava), corpos hídricos considerados extremamente poluídos por esgotos domésticos e industriais, apontam para a possibilidade de seu aproveitamento. São necessários, portanto, estudos específicos atualizados sobre o rio que apontem todas as suas condições ambientais, como qualidade da água em todo o seu curso, perfil de vazões mínimas e máximas, principais usuários dos recursos, disponibilidades futuras e outras informações que possam estabelecer suas condições para atender à necessidade da refinaria.”

De acordo com COLLARES (2004), um levantamento realizado pela FEEMA ente os anos de 1999 e 2001 avaliou a qualidade das águas deste rio. O resultado deste levantamento evidenciou o efeito da maré nos valores de cloreto e condutividade, apresentando concentrações crescentes, variando de 2.740 mg/L a 3.420 mg/L para cloretos e 8.850 µmho/cm a 14.000 µmho/cm para condutividade em dois locais específicos, na ponte da rodovia Washington Luiz a montante dos lançamentos de efluentes da REDUC, e a jusante da confluência com rio Sarapuí, próximo à foz.

Apesar de o rio Iguaçu apresentar algumas vantagens para a REDUC, como a proximidade do ponto de captação e a possibilidade de se reduzir a importação de água do rio Guandu, existem pontos em relação a este corpo hídrico que pesam de forma bastante negativa. Uma das desvantagens apresentadas pelo rio Iguaçu é a necessidade de alteração do regime de captação em consequência das alterações de maré que repercutem na penetração da cunha salina. O fato de ser um rio extremamente poluído e a grande presença de matéria orgânica em períodos de

chuvas, também impactam de maneira negativa na avaliação desta opção para fornecimento de água.

Assim, recomenda-se que estudos mais detalhados sejam realizados neste rio, inclusive contemplando diferentes pontos de captação, para melhor se avaliar seu potencial no fornecimento de água para a REDUC.

6.3.2 Esgoto doméstico de comunidades vizinhas.

De uma maneira geral, a prática do reúso implica na identificação das demandas potenciais para o efluente disponível. Posteriormente, os requisitos de qualidade exigidos pela aplicação que se deseja devem ser levantados, e confrontados com as características do efluente disponível.

A identificação das possíveis aplicações para o efluente pode ser feita por meio da comparação entre parâmetros genéricos de qualidade, exigidos pela aplicação na qual se pretende fazer o reúso, assim como os parâmetros do próprio efluente. Dentre os diversos parâmetros de qualidade que podem ser utilizados para a identificação de aplicações potenciais para o reúso, a concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) pode ser o mais adequado. Isto se justifica em razão da concentração de SDT ser utilizada como um parâmetro restritivo para o uso da água nas diversas aplicações industriais, além da limitação que os processos de tratamento de efluentes apresentam para remover este tipo de contaminante. (MIERZWA, 2002)

Além das características físico-químicas, outros fatores devem ser considerados, como a distância da comunidade ou da ETE, a existência de sistema de coleta e tratamento e a vazão disponível de esgoto.

A utilização de esgotos municipais tratados é uma opção viável e extremamente interessante sob o ponto de vista ecológico, legal e da gestão dos recursos hídricos, pois disponibiliza mais água nos mananciais e ainda trata da delicada questão do saneamento básico, com reflexos na melhora da qualidade de corpos hídricos e na saúde pública. Outro ponto importante que não pode ser esquecido, é que seu uso dispensa a necessidade de outorga de captação e constitui um exemplo para empresas socialmente responsáveis. Entretanto, os custos para este tipo de projeto ainda necessitam ser adequadamente avaliados.

A opção pelo reúso de esgoto doméstico, para fins não potáveis, pela REDUC vai além da complementação de suas necessidades hídricas. Esta opção representa uma melhora da qualidade de vida de sua vizinhança, pois esta associada à instalação da rede de saneamento básico nos bairros contemplados.

A vizinhança da REDUC é extremamente precária com relação à rede de coleta de esgoto sanitário, e um exemplo disso é o bairro de Cângulo, onde não existe sequer a rede de abastecimento de água.

Contudo, existem algumas alternativas para se instalar a rede coletora de esgotos em toda esta região, uma delas seria a parceria entre a REDUC e a prefeitura ou a concessionária para a construção da rede coletora. Neste caso, após a coleta e o transporte destes efluentes para dentro da REDUC, a refinaria realizaria seu tratamento.

Outra possibilidade seria a parceria na construção de uma ETE para atender os bairros vizinhos da refinaria. Neste caso a refinaria receberia o efluente já tratado, restando apenas um polimento em função da aplicação desejada.

Em ambos os casos haveria a possibilidade negociação junto ao Município e à concessionária, para se definir formas de compensação a serem aplicadas, inclusive isenção de impostos ou participação nos custos. Porém, qualquer que fosse o resultado

destas negociações, se um projeto de reúso de esgoto viesse a ser desenvolvido, todos sairiam ganhando, a população, a indústria e os recursos naturais.

A aplicação mais adequada para esta água de reúso seria em usos menos nobres, onde não houvesse a necessidade de padrão de potabilização. Usualmente esta água é utilizada em sistemas de resfriamento, o que a torna ainda mais interessante quando verificamos que este uso responde por mais de 50% do consumo em uma refinaria de petróleo, conforme pode ser verificado no capítulo 4.

Segundo JORDÃO (1995) a geração média de esgoto em uma residência gira entre 120 e 150 litros por pessoa por dia. Considerando esta produção, e adotando-se a população da região vizinha à REDUC em 2005, levantada no Quadro 5.8, a geração média de esgoto desta região seria de 21.710 m³ a 27.137 m³ por dia. Comparando esta produção com o consumo médio de água da REDUC, de 62.304 m³ dia, verifica-se que este suprimento de água poderia representar até 43% do consumo de água da refinaria. Contudo, sua viabilidade está diretamente relacionada com os custos para a implantação da rede coletora, da construção e manutenção da estação de tratamento e com as possibilidades de compensação financeira.

6.3.3 Água Subterrânea

Os aquíferos formados no território brasileiro possuem características hidrogeológicas que favorecem a infiltração e o armazenamento de água subterrânea, podem ter dimensões de até milhões de quilômetros quadrados com espessuras de até centenas de metros, e localizarem-se próximos à superfície ou a grandes profundidades.

Em função de diversas características dos aquíferos e das camadas entre as quais se encontrem encerrados, podem fornecer água de excelente qualidade ou relativamente salinizadas. O ministério de meio ambiente estima que as reservas brasileiras de água subterrânea podem atingir valores de até 112 mil km³ (AMORIM, 2005).

A qualidade e a quantidade das águas subterrâneas estão diretamente ligadas à formação geológica, porém, a ação do homem pode comprometer seriamente estas características. Poços perfurados sem os devidos cuidados técnicos ou o desequilíbrio entre a vazão de captação e a vazão de recarga do aquífero podem resultar em contaminação da água subterrânea, comprometendo seu uso sustentável.

De acordo com CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), a área da bacia da Baía de Guanabara é, em sua maioria, composta por terrenos cristalinos recobertos por diversos tipos de coberturas inconsolidadas, onde o tipo predominante de aquífero é o cristalino fraturado com potencialidade hidrogeológica variável, estando condicionado pela geologia, grau de fraturamento local, tipo e espessura da cobertura. A região onde se localiza a REDUC é predominantemente composta por sedimentos flúvio-marinhos com água salgada, correspondendo às planícies de inundação de rios e pequenos cursos que drenam para a baía. Tem como característica a composição mais argilosa das areias, a presença de camadas e lentes argilosas/siltosas intercaladas, e sedimentos de origem marinha e de ambiente lagunar.

Adotando-se como critério para definir uma área explorável, que ela deve possuir extensão superior a 20 km^2 , e deter reservas renováveis anuais superiores a $6,3 \text{ hm}^3$, apenas uma região na vizinhança da REDUC pode ser considerada com maior potencial hídrico subterrâneo, a UB 10.7 – Rio Iguçu / Foz. Esta área pode ser vista na Figura 5.4, nesta região os aluviões ocupam área de quase 25 km^2 , contendo reservas renováveis de água subterrânea da ordem de $8,8 \text{ hm}^3/\text{ano}$ ou $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

Esta é uma região sujeita a contaminações provenientes da ocupação urbana e onde já existe grande quantidade de poços instalados para captação doméstica, por isso recomenda-se que estudos sejam realizados com o objetivo de se avaliar a qualidade e sustentabilidade dos aquíferos e a viabilidade econômica deste tipo de captação para complementar a demanda da REDUC.

Devido à proximidade da REDUC com diversos mananciais de superfície, a captação de água subterrânea ao lado de um rio, de um lago ou do mar pode ser considerada como a captação de água dos próprios corpos de água superficiais a um custo maior (SCHOR, 2006). O fato de a REDUC dispor de água superficial relativamente próxima, faz com que o custo de bombeio da água subterrânea, possivelmente seja superior ao custo da adução da água do reservatório de Saracuruna, cuja qualidade é excelente. Entretanto, se os mananciais hoje disponíveis ficarem limitados em sua disponibilidade hídrica, provavelmente a captação subterrânea será uma das alternativas a serem consideradas para a refinaria.

6.3.4 Água Salgada

Uma das últimas alternativas encontradas em diversas regiões ao redor do mundo para evitar a escassez hídrica tem sido a dessalinização da água do mar. Devido ao alto custo envolvido neste processo de tratamento, sua aplicação para fins de potabilização ou para o uso industrial ainda se mostra bastante restrito, porém, estudos mostram que os custos vêm baixando ano a ano, resultando em uma taxa de crescimento de aplicação desta tecnologia próxima a 11% a.a. (SCHOR, 2006).

Mesmo mostrando-se como uma alternativa economicamente inviável, a dessalinização da água do mar não pode deixar de ser considerada ao avaliarmos as disponibilidades hídricas para a REDUC, pois o principal manancial onde a refinaria realiza sua captação responde também pelo abastecimento de 85% da RMRJ. Além disso, ao mesmo tempo em que os custos para a dessalinização vêm sofrendo redução lenta e gradual, os índices de poluição hídrica aumentam ano a ano, e com isso, é possível que em um médio espaço de tempo os custos para a dessalinização se aproximem dos custos para a despoluição de mananciais de água doce.

Contudo, a utilização da água salgada na REDUC poderia ocorrer em processos nos quais não fosse necessária sua dessalinização. Um exemplo desta aplicação vigorou até o ano de 2006, quando em atendimento ao TAC originado do vazamento de óleo para a Baía de Guanabara em 2000, foi encerrado seu uso na refinaria. Esta água era utilizada em um sistema de refrigeração aberto, sua captação ocorria no canal de Tomada de Água, e, de lá seguia para permutadores de calor nas unidades de processo, e em condensadores de turbinas a vapor, daí era conduzida para a bacia de resfriamento onde era abaixada a sua temperatura e depois lançada no rio Iguaçu.

Atualmente, a única utilização dada à água salgada dentro da refinaria é para o combate às emergências, sendo captada diretamente da baía de Guanabara e direcionada para a RACE. Esta é uma situação na qual se tem necessidade de uma grande quantidade de água disponível, contudo, estão sendo desenvolvidos projetos para que, no médio prazo este sistema também seja substituído por água doce.

A possibilidade de contaminação de um sistema aberto de água de refrigeração por hidrocarbonetos, dentro de uma refinaria de petróleo, é um fato concreto. E no caso da REDUC este efluente contaminado seguiria para o rio Iguaçu e daí diretamente para a baía de Guanabara, um dos cartões postais mais conhecidos no país.

Todavia, considerando-se a gestão dos recursos hídricos, todas as alternativas que possibilitem uma redução no consumo e/ou uma maior disponibilidade de água nos mananciais devem ser consideradas. Em função disso, a aplicação de um sistema aberto de água salgada na refrigeração de câmaras de condensação de turbinas a vapor deveria ser melhor avaliada, pois além de não existir a possibilidade de contaminação da água salgada por hidrocarbonetos, ainda haveria a redução no consumo de água bruta e nos produtos para o seu tratamento.

6.3.5 Águas Pluviais

Semelhantemente ao Brasil, que recebe uma quantidade de chuva anual entre 1.000 mm e 3.000 mm em 90% de seu território (AMORIM, 2005), a maior parte da região hidrográfica da bacia da baía de Guanabara registra índices pluviométricos médios anuais entre 1.000 mm a 2.000 mm, concentrando-se os maiores índices na porção norte, junto à serra do Mar e onde o relevo atua como barreira às penetrações de massas de ar úmidas provenientes do litoral.

O aproveitamento das águas de chuva já ocorre há cerca de 5000 anos. Na península de Iucatã no México, encontram-se reservatórios que datam de antes do descobrimento da América e que ainda se encontram em uso. No palácio de Knossos, na ilha de Creta, a água de chuva já era utilizada no saneamento básico desde 2000 A.C.

Para que estas águas possam ser utilizadas é necessário um sistema de coleta, condução e armazenamento, e a maior parte destas estruturas já se encontram instaladas numa refinaria de petróleo. Na REDUC o sistema de drenagens é dividido em três sub-sistemas: águas oleosas, águas contaminadas e águas pluviais.

A diferença básica entre eles consiste na maior ou menor possibilidade de contaminação por hidrocarbonetos. As águas oleosas são aquelas originadas em processos nos quais estão em contato direto com produtos, como por exemplo, a água proveniente de dessalgadoras de petróleo ou de drenagens de tanques. Já as águas contaminadas são aquelas com grandes possibilidades de contaminação que escoam sobre pisos de unidades de processos ou são utilizadas em lavagens de áreas. Finalmente as águas pluviais são as águas de chuva que escoam sobre avenidas e outras áreas não sujeitas à contaminação, estas águas têm destinação direta para o corpo hídrico receptor.

Para se levantar o potencial de aproveitamento das águas de chuvas na REDUC é primordial o conhecimento do clima. O estado do Rio de Janeiro está localizado entre o trópico de Capricórnio e o Equador, portanto, em uma zona tropical. Conforme pode ser observado na Figura 6.4, o clima na região onde se encontra a refinaria é quente e úmido com média de 1 a 2 meses secos no ano.

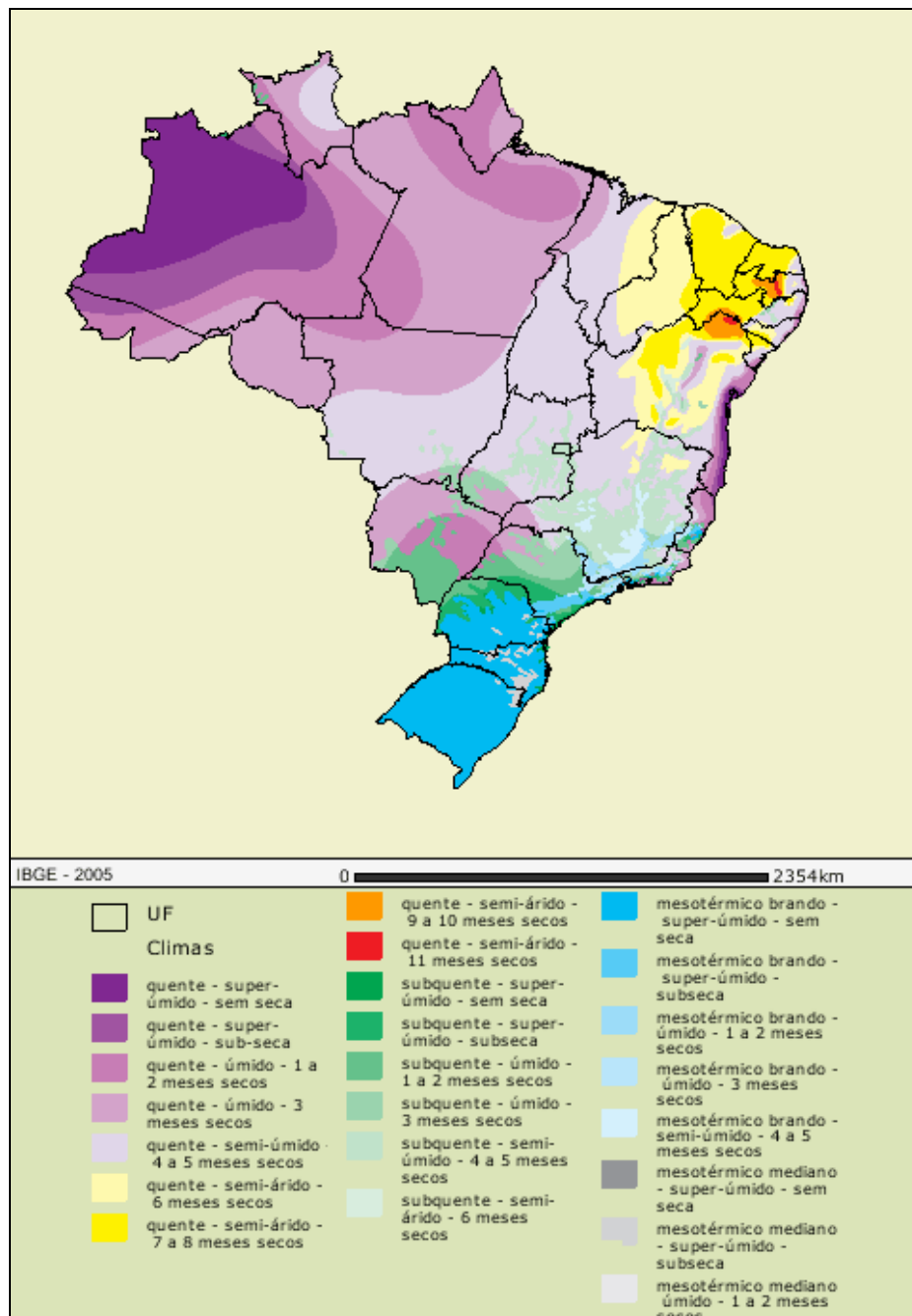


Figura 6.4 – Mapa dos climas brasileiros.

Fonte: IBGE.

A variação da precipitação pode ser caracterizada sazonalmente para os meses representativos de cada estação do ano, pelos seus valores médios, desta forma, adotando-se os dados levantados em CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005), os índices podem ser caracterizados da seguinte maneira: janeiro (verão): 168,6 mm; abril (outono): 104,4 mm; julho (inverno): 43,6 mm; outubro (primavera): 90 mm; total anual: 1.220,1 mm.

O Quadro 6.8 mostra os meses de dezembro, janeiro e fevereiro correspondendo ao trimestre mais chuvoso, enquanto os meses de junho, julho e agosto ao trimestre com menor intensidade de chuvas.

Quadro 6.8 – Variação mensal da precipitação total média entre 1961-90.

MÊS	ESTAÇÕES			PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)
	ATERRO (mm)	BANGU (mm)	NOVA FRIBURGO (mm)	
Janeiro	114,1	176,6	208,6	166,4
Fevereiro	105,3	160,9	167,2	144,5
Março	103,3	145,0	151,0	133,1
Abril	137,4	130,6	72,3	113,4
Mai	85,6	69,1	45,6	66,8
Junho	80,4	43,7	26,6	50,2
Julho	56,4	47,4	19,7	41,2
Agosto	50,5	45,0	22,9	39,5
Setembro	87,1	59,7	41,3	62,7
Outubro	88,2	80,3	83,4	84,0
Novembro	95,6	105,5	169,2	123,4
Dezembro	169,0	177,2	238,7	195,0
Total Anual	1172,9	1241,0	1246,5	1220,1

Fonte: Adaptado de CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005).

As considerações sobre o potencial de aproveitamento de águas de chuvas na REDUC terão por base o valor da precipitação média anual de 1.220,1 mm demonstrada no Quadro 6.8. Adotando para a REDUC a área total “AT” de aproximadamente 14 km², a área pavimentada “AP” de 5,6 km² e um coeficiente de escoamento médio “c” igual a 0,8 (SCHOR, 2006), foi elaborado o Quadro 6.9, apresentando o potencial de aproveitamento de água de chuva para a refinaria.

Quadro 6.9 - Potencial de aproveitamento de água de chuva para a REDUC.

MÊS	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ¹ (mm)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (m²)	VOLUME CAPTADO ² (m³)
Janeiro	166,4	5.600.000	745.621
Fevereiro	144,5	5.600.000	647.211
Março	133,1	5.600.000	596.288
Abril	113,4	5.600.000	508.181
Mai	66,8	5.600.000	299.115
Junho	50,2	5.600.000	225.045
Julho	41,2	5.600.000	184.427
Agosto	39,5	5.600.000	176.811
Setembro	62,7	5.600.000	280.896
Outubro	84,0	5.600.000	376.171
Novembro	123,4	5.600.000	552.981
Dezembro	195,0	5.600.000	873.451
Total Anual	1220,1	5.600.000	5.466.197

1 – Retirada do Quadro 9.8.

2 – Adotando-se o coeficiente de escoamento médio “c” = 0,8

Observando-se o Quadro 6.9, é possível se perceber o potencial de aproveitamento da água de chuva dentro da REDUC, com a possibilidade de acumular 5.466.197 m³/ano. Mesmo levando-se em consideração a recomendação de alguns estudos, que dizem ser adequado o descarte da primeira quantidade de água a cair no solo, seja ela representada pelo primeiro milímetro de chuva, ou os pelos primeiros 20 minutos de chuva, ainda seria grande a quantidade a ser armazenada para uso interno.

A possibilidade de captação do maior volume de água de chuva ocorreria no mês de dezembro, com o acúmulo de 873.451 m³. Considerando a captação média da REDUC no rio Guandu e na represa de Saracuruna, levantada no capítulo 4, de 20.850.000 m³/ano fica claro que esta opção não seria suficiente para abastecer a refinaria, principalmente em meses de baixas precipitações. Entretanto, as características desta água antes de chegar ao solo, fazem com que ela tenha custos de tratamento bem inferiores àqueles praticados na água do rio Guandu. Considerando-se ainda os custos com a adução e com a outorga no rio Guandu, as águas pluviais passam a assumir um papel de destaque dentro da gestão dos recursos hídricos, pois

além de aumentar a disponibilidade do rio Guandu, também proporcionam a redução de custos para a refinaria.

As características da água de chuva variam de acordo com a região, condições meteorológicas, presença de vegetação e poluição, proximidade com oceanos, etc. Chuvas próximas ao oceano podem conter partículas características, tais como sódio, potássio, magnésio e cálcio. Próximas a centros urbanos podem conter partículas de dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ou ainda chumbo e zinco. Estas situações podem vir a conferir-lhe acidez diferente daquela normalmente apresentada, com o pH próximo de 5,0. Quando existe grande quantidade de poluentes presentes na atmosfera, o pH da chuva pode chegar a valores de pH próximos de 3,5, resultando no fenômeno conhecido por “chuva ácida”. O conhecimento de todas as alterações que podem existir na água das chuvas é fundamental para a elaboração de qualquer projeto que pretenda seu reúso, portanto é imprescindível que a fase de diagnósticos e análises laboratoriais seja muito bem conduzida para possibilitar seu tratamento, transporte e armazenamento adequados.

6.3.6 Reúso interno de efluentes na REDUC.

Sob a ótica do meio ambiente, implantar um programa de reúso de água contribui para a preservação dos recursos hídricos, favorecendo o desenvolvimento sustentável. Na questão social, provoca um aumento da disponibilidade hídrica à população por meio da redução das captações de água dos mananciais. E, ainda, no aspecto econômico, reduz os custos com insumos em geral, como água, energia e produtos químicos, além de racionalizar custos operacionais e de manutenção.

A busca pela excelência ambiental na Petrobras, e a necessidade de minimização do uso da água promoveram, dentro da empresa, diversas iniciativas para a gestão efetiva dos recursos hídricos. O projeto de pesquisa “reúso de efluentes de refinarias” é resultado destas iniciativas, e reflete a preocupação, por parte da Petrobras, com o seu

crescimento sustentável. Contando com a participação de especialistas de diferentes órgãos da companhia, entre eles o CENPES, o abastecimento, a engenharia, e o SMS, o projeto piloto foi implantado na Refinaria Gabriel Passos – REGAP. Com tecnologia norte-americana de eletrodialise reversa, e um custo de R\$ 10 milhões, o protótipo vai tratar e reaproveitar 525 milhões de litros por ano do efluente, na torre de resfriamento da unidade de coque, e deve entrar em funcionamento em março de 2008.

Na REVAP, em São José dos Campos, 2,6 bilhões de litros por ano, serão reaproveitados do efluente industrial, após a conclusão das obras, prevista para daqui a 18 meses. Já na RECAP, em São Paulo, ocorrerá o reúso de 700 milhões de litros de efluentes por ano. Utilizando tecnologia francesa para a remoção de sólidos do efluente tratado pelo processo convencional, a água tratada será disponibilizada para as companhias do Pólo Petroquímico de São Paulo.

Novos empreendimentos da companhia também farão o reúso de água: a termoeletrica Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, vai irrigar 270 mil metros quadrados de área reflorestada com esgoto sanitário tratado pela tecnologia de biorreator a membranas, no COMPERJ é esperado o reúso de 15 bilhões de litros por ano, e na RENOR, o reúso de 5,3 bilhões de litros por ano.

Conforme já mencionado anteriormente, na avaliação do reúso de esgoto de comunidades vizinhas, a prática do reúso, para fins não potáveis, implica na identificação das demandas potenciais para o efluente disponível. Entretanto, na reciclagem ocorre a concentração de contaminantes não removidos pelo sistema de tratamento. Assim, é primordial que se calcule a concentração máxima de cada poluente para que os equipamentos e processos industriais não sejam impactados.

O reúso já é uma prática adotada na REDUC há muito tempo. O vapor d'água, utilizado no acionamento de turbinas, e nos processos de troca térmica em permutadores, após sua condensação, é coletado e bombeado para uma estação de tratamento de condensado. Nesta estação o condensado é filtrado, e posteriormente

direcionado para os tanques de água polida, seguindo daí para as caldeiras, onde será novamente convertido em vapor. Esta recuperação representa uma economia de aproximadamente 250 m³/h de água, e em virtude da especificação desta água, representa uma grande economia em produtos químicos.

A REDUC descartada atualmente para o rio Iguaçu, aproximadamente 1.100 m³/h, e utiliza na reposição das torres de refrigeração, em torno de 1.150 m³/h. Portanto, se a REDUC aprimorar sua estação de tratamento, de modo a permitir que o efluente tratado possa ser totalmente reaproveitado nas torres de refrigeração, ela terá à sua disposição, uma fonte com potencial para suprir 100% da demanda das torres de refrigeração, e o equivalente a 46% de sua atual demanda total.

Nesse sentido, a REDUC já vem desenvolvendo alguns projetos para o reúso de seus efluentes, entre eles a utilização de centrífugas de lodo em clarificadores, com um reaproveitamento esperado de 100 m³/h de água, e a reutilização de águas contaminadas após o polimento em flotadores, onde se espera um reaproveitamento de cerca de 200 m³/h de água para a reposição em torres de refrigeração.

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A gestão integrada dos recursos hídricos constitui quesito fundamental para o crescimento sustentável de qualquer atividade produtiva. Sob essa ótica, essa dissertação procurou avaliar e discutir os aspectos relacionados com a disponibilidade hídrica para a refinaria Duque de Caxias - REDUC, propondo alternativas que possibilitassem o aumento desta disponibilidade ou reduzissem o estabelecimento de conflitos pelo uso da água na região de interesse.

A região onde se encontra a REDUC é caracterizada pela precariedade do serviço de abastecimento público, utilizando-se de uma estrutura instalada há aproximadamente 100 anos. Este sistema, conhecido como sistema Acari, foi concebido para abastecer a capital do estado e depende fundamentalmente do regime de chuvas.

A REDUC tem seu principal ponto de captação instalado no rio Guandu, rio responsável pelo abastecimento de aproximadamente 85% da população da RMRJ. Por este motivo, deve manter em seu planejamento estratégico a visão clara de que em casos de escassez, a prioridade do uso da água é o abastecimento humano em detrimento de todos os outros. Com essa percepção, a refinaria deve manter sua participação nos diversos debates envolvendo questões relacionadas aos recursos hídricos.

A expectativa pelo aumento na demanda de água num futuro próximo remete a um cenário de menor disponibilidade, em que a prioridade será o abastecimento público. Neste cenário, os bairros vizinhos à REDUC terão prioridade no suprimento de água e nesta região poderá se instalar um conflito pelo uso da água.

Ações visando a racionalização de uso e reúso devem ser adotadas, buscando sempre garantir a sustentabilidade ambiental do processo de refino. A racionalização do uso contribui para a redução do consumo de água e da geração de efluentes. É importante

que a REDUC tenha a clareza de que a outorga do direito de uso é não é eterna, mas sim temporária.

A REDUC dispõe hoje de água superficial relativamente próxima. Em função disso, a adoção de outra fonte de suprimento provavelmente representaria um custo superior ao praticado na adução do reservatório de Saracuruna, ou do rio Guandu. Entretanto, existe a possibilidade de que os mananciais nos quais a REDUC realiza a sua captação venham a apresentar uma redução na sua capacidade de fornecimento de água, seja por questões legais, ambientais ou políticas. Caso isso ocorra, outras fontes de água poderão se tornar mais atrativas, como a água salgada, a água subterrânea, as águas pluviais, o rio Iguaçu ou o reúso de esgotos domésticos das comunidades vizinhas.

O maior problema relacionado à dificuldade de abastecimento público encontrado hoje na região vizinha à REDUC é a ausência de capacidade de armazenamento. Esta deficiência impossibilita o atendimento da demanda em horários de maior consumo. Uma parceria da REDUC na construção de reservatórios nesta região certamente colaboraria na regularização de seu abastecimento. Assim, estaria investindo na melhoria da qualidade de vida da população de sua vizinhança até que fossem concluídas as obras da construção da ETA, junto à segunda adutora Guandu-REDUC. O município de Duque de Caxias e a CEDAE poderiam negociar compensações financeiras de forma a tornar atrativo este empreendimento para REDUC.

A substituição do sistema Acari pela expansão do sistema Guandu/Lajes, que segundo CNEC (2005), terá início em 2011, fará com que os mananciais hoje responsáveis pelo abastecimento de boa parte da baixada fluminense fiquem sem utilização, ou apenas atendendo a pequenas comunidades localizadas no seu entorno. Analisando esta situação com o foco na gestão dos recursos hídricos, sua desativação representará uma menor disponibilidade hídrica para a população. Não sendo mais necessária para o abastecimento da região vizinha à REDUC, essa água poderia ser destinada a alguma outra região ou atividade, impactando inclusive numa maior disponibilidade no rio Guandu. A própria REDUC, com a desativação da adutora de Mantiquira, seria beneficiada com o direcionamento de boa parte da vazão antes destinada às “Linhas

Pretas” para a represa de Saracuruna, e com isso, poderia solicitar a transferência de parte da outorga do rio Guandu para esta represa.

Com a substituição e desativação do sistema Acari, prevista em CNEC (2005), CEDAE e SERLA deveriam avaliar outras possibilidades de exploração deste sistema para o atendimento a uma região ou a determinadas atividades, uma vez que:

- Apesar de sua localização dentro de uma APA, os danos à biota, resultantes da não manutenção da vazão ecológica, possivelmente já se encontram consolidados, nestes mais de 40 anos de operação,
- O sistema teoricamente já estará contemplado com um tratamento adequado para atender à portaria nº 518/GM do ministério da saúde de 26/03/2004,
- A manutenção de sua utilização permitiria o aumento da disponibilidade em outros mananciais importantes para a RMRJ. Assim, seria uma contribuição na busca de soluções para futuros conflitos pelo uso da água,
- Os investimentos necessários para alguma adequação no sistema Acari poderiam ser compensados na cobrança pelo uso da água.

A REDUC deveria buscar junto à prefeitura de Duque de Caxias, ou à CEDAE, uma parceria para a ampliação da rede de abastecimento de água e de esgoto na região de sua vizinhança. Dessa maneira, ao mesmo tempo em que estaria vinculando sua imagem a ações de sustentabilidade ambiental e com a busca de melhores condições sanitárias e de saúde, para as comunidades vizinhas, estaria também implantando uma rede de coleta de esgotos que futuramente poderia abastecer um sistema de reúso de esgoto doméstico, que poderia receber tratamento dentro ou fora da refinaria.

A REDUC deve estar preparada para uma possível disputa pelo acesso à água na região de seu entorno. Esse cenário terá grande possibilidade de acontecer, caso a CEDAE não concretize as obras e intervenções necessárias para o aumento da disponibilidade e/ou da capacidade de reservação nos bairros estudados. O déficit no abastecimento de água, que em 2000 encontrava-se em 321 l/s, deverá estar próximo a

440 l/s no ano de 2010. Esse quadro poderá assumir uma configuração ainda mais complicada se vier a ser explorado com fins políticos. Diante dessa possibilidade, a REDUC deveria elaborar um plano de ação que contemplasse algumas alternativas para o fornecimento de água tratada para a região de sua vizinhança. Assim, mesmo não sendo sua responsabilidade legal, ela estaria agindo de maneira pró-ativa na busca de soluções, antecipando-se a um potencial conflito, e paralelamente negociando possíveis compensações financeiras por seu investimento. Dessa forma, trabalharia na manutenção de sua disponibilidade e na busca de alternativas para a vizinhança.

A adoção de indicadores para os índices de atendimento do abastecimento público na sua vizinhança, possibilitaria à REDUC a cobrança de ações junto à CEDAE, de modo a aprimorar o atendimento à população, antes da total desativação do Sistema Acari.

A postura adotada pela REDUC, através da participação ativa na gestão dos recursos hídricos dentro das bacias de seu interesse, é uma ação estratégica fundamental para garantir a disponibilidade hídrica futura. Provavelmente a refinaria dará continuidade a esta prática que hoje lhe assegura dois representantes dentro do comitê do rio Guandu, um na função de secretário-executivo e outro na de coordenador da câmara técnica de assuntos legais e institucionais (o autor), além de um diretor no comitê da Baía de Guanabara.

A gestão dos recursos hídricos está diretamente relacionada com o uso do solo, portanto é importante que a REDUC acompanhe a elaboração e a implantação dos planos diretores dos municípios de Duque de Caxias e de Magé. Assim a refinaria estará constantemente atualizada quanto às demandas e aos usuários que poderão vir a comprometer suas outorgas, preparando-se para possíveis conflitos no futuro.

Com base nos estudos realizados pela COPPETEC, e que constam de SCHOR (2006), a REDUC tem a possibilidade de solicitar o aumento da outorga na represa de Saracuruna, dos atuais 380 l/s para 439 l/s, trabalhando na cota mínima operacional do

reservatório de 56,30m, e mantendo ainda a vazão ecológica de 42 l/s. O acréscimo de 59 l/s na captação junto à represa de Saracuruna representaria uma menor dependência nas captações do rio Guandu, possibilitando reduzir a diferença entre o planejado em SONDOTÉCNICA (2006): 0,739 m³/s, e a expectativa de consumo da REDUC a partir de 2013: 0,950 m³/s. Este acréscimo na captação da represa de Saracuruna representaria também a redução dos custos no tratamento de água bruta, uma vez que sua água é de melhor qualidade que a água do rio Guandu.

Os aspectos negativos no uso de um sistema aberto de refrigeração em plantas de processamento de petróleo estão relacionados principalmente às contaminações por hidrocarbonetos. Estas contaminações são direcionadas diretamente para o corpo hídrico receptor, pois o efluente é sujeito apenas à adequação de sua temperatura antes do lançamento. Especificamente no caso da REDUC, o efluente segue também para a Baía de Guanabara, um dos principais cartões postais de Rio de Janeiro. Todavia, a aplicação de sistemas abertos de refrigeração em atividades específicas, como câmaras de condensação de turbinas a vapor, deveriam ser melhor avaliadas, pois nestes casos, além de não existir a possibilidade de contaminação da água salgada por hidrocarbonetos, ainda tornaria possível a redução no consumo de água bruta, aumentando a disponibilidade nos mananciais.

É importante que a PETROBRAS mantenha uma fiscalização adequada sobre a faixa do oleoduto que atravessa a bacia do Tinguá, e a CEDAE, sobre os mananciais passíveis de contaminação na ocorrência de acidente neste oleoduto. As conseqüências de uma contaminação nestes mananciais podem se estender para todas as regiões abastecidas e interligadas às suas adutoras.

As projeções de cenários futuros em SONDOTÉCNICA (2006), CNEC (2005) e CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR (2005) foram concebidas utilizando-se diversas informações, entre elas dados históricos. Contudo, alterações climáticas que vêm sendo observadas no planeta, conseqüências do popularmente conhecido “efeito estufa”, têm se apresentado cada vez mais intensas, principalmente com relação aos índices pluviométricos e as alterações nas temperaturas. Estas alterações podem ser

observadas diariamente nos noticiários (O GLOBO, 2007) e ainda são objeto de estudo da comunidade científica. A REDUC deveria planejar uma forma de monitorar as alterações climáticas nas bacias de seu interesse, assim, teria informações atualizadas demonstrando a tendência de escassez na oferta de água em regiões estratégicas. A REDUC poderia ainda, através deste monitoramento, somar esforços com o comitê de bacia do rio Guandu, na implantação do observatório da bacia e na gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALERJ – ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Leis estaduais. Disponível em www.alerj.rj.gov.br/. Acesso em 13/03/2007.

AMORIM, R. S. **Abastecimento de Água de uma Refinaria de Petróleo – Caso REPLAN**. Dissertação de Mestrado em Sistema de Gestão – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2005.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidades e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Cadernos de recursos hídricos. Brasília, maio de 2005.

ATHAYDE, P. “Água a Conta Gotas”, Revista CartaCapital. pp. 40, 30/08/2006.

ARCE, M.G.J. **O Caso da Região Metropolitana de São Paulo**. In: Escassez hídrica em grandes regiões metropolitanas, Seminário de Recursos Hídricos – 15 e 16/07/2004, BNDES, Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n° 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Senado Federal do Brasil.

BRASIL. **Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.

BRASIL. **Lei n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRASIL. **Lei n° 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Água – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

CAMPOS, J.D. **Cobrança pelo Uso da Água nas Transposições da Bacia do Rio Paraíba do Sul envolvendo o Setor Elétrico**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

CAMPOS, J.D. **Desafios do Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

CAPUCCI, E, MANSUR, K. et al., **Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas**. Projeto PLANÁGUA, 1ª. ed., Rio de Janeiro, SEMADS/GTZ, 2001.

CEDAE - COMPANHIA ESTADUAL DE AGUAS E ESGOTO. **Plantas do Cadastro do Sistema de Produção, Adução e Reservação da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro**. CEDAE, Rio de Janeiro.

CEIVAP - **COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL**. Disponível em www.ceivap.org.br. Acesso em 06/05/2007.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Gestão da Água subterrânea**. Disponível em www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em 17/04/2007.

CIRRA – CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA EM REÚSO DE ÁGUA. **Manual de Conservação e Reúso de Água Para a Indústria**. FIESP/CIESP

CNEC ENGENHARIA S.A. **Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 1ª. ed., CEDAE, Rio de Janeiro, 2005.

CNRH – **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**. Legislação. Disponível em www.cnrh-srh.gov.br/. Acesso em 15/05/2007.

CNRH – **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**. Deliberações. Disponível em www.cnrh-srh.gov.br/. Acesso em 21/05/2007.

COLLARES, S. **Avaliação do Uso de Recursos Hídricos em Refinarias de Petróleo: Um Estudo de Caso na Petrobras**. Dissertação de Mestrado em Sistema de Gestão – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara**. 1ª. ed., Rio de Janeiro, 2005.

CONSÓRCIO ETEP / ECOLOGUS / SM GROUP. **Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba**. SEMA. Rio de Janeiro, 1998.

COPPE/UFRJ. **Norma para a Elaboração Gráfica de Teses/Dissertações**, Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

DOWBOR, L., TAGNIN, R. A. **Administrando a água como se fosse importante**. Editora Senac, São Paulo, 2005.

DOWBOR, L., **A reprodução social**. Volumes 1, 2 e 3. São Paulo, 2001.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas**. Disponível em www.ebape.fgv.br. Acesso em 10/07/2007.

FUNDAÇÃO CIDE – CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. **Caderno Dados de Referência**, 02/2005.

FUNDAÇÃO COPPETEC. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu. Ênfase: Controle de Inundações**. SEMADS. Rio de Janeiro, 1994.

FURLAN, L.T., JÚNIOR, B.C., **Redução do Consumo de Água e da Vazão de Efluentes Através do Gerenciamento das Fontes e Reutilização de Águas – A Experiência da Refinaria de Paulínia**, pp. 72-77, Petro & Química, 08/2006.

GUANDU – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS GUANDU, DA GUARDA E GUANDU-MIRIM. Disponível em www.comiteguandu.org.br/. Acesso em 17/05/2007.

HORA, A., TEUBER, W., et al., **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses - Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental**. – Projeto PLANÁGUA, Vol. 3, 1ª. ed., Rio de Janeiro, SEMADS/GTZ, 2001.

HORA, A., TEUBER, W., et al., **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião 2 – Bacia da Baía de Sepetiba**. – Projeto PLANÁGUA, 1.ed., Rio de Janeiro, SEMADS/GTZ, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em Síntese. Habitação/Esgotamento por região**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 12/03/2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas interativos**. Disponível em www.mapas.ibge.gov.br. Acesso em 26/07/2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Comunicação Social. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 27/03/2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de população**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 18/03/2007.

JORDÃO, E. P., PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3ª. ed., ABES, Rio de Janeiro, 1995.

LEMOS, E. G. – Informações coletadas através de entrevista realizada com o Engenheiro **Emy Guimarães De Lemos**, Assessor Técnico-Operacional da CEDAE, em 02/04/2007.

LNEC – LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. **Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água**. Ministério do Ambiente e do Ordenamento de Território – Instituto da Água, Lisboa, 09/2001.

MANCUSO, P.C.S., dos SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. Editora Manole, 2002.

MIERZWA, J. C. **O Uso Racional e o Reúso como Ferramentas para o Gerenciamento de Águas e Efluentes na Indústria – Estudo de Caso da Kodak Brasileira**. Tese de Doutorado em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

MIERZWA, J. C., Hespanhol I. **Água na Indústria - Uso racional e reúso**. Editora Manole, 2005

OBSERVATÓRIO DAS ÁGUAS, **A Água e o Poder Público no Brasil, Programa Água para a Vida**, WWF - Brasil, Brasília, 2004.

O GLOBO, “**A Conta da Natureza**”, pp. 33, Jornal O Globo, Rio de Janeiro, 16/09/2007.

PAIVA, A. C. A. - Informações coletadas através de entrevista realizada com o Engenheiro **Antonio Cezar Aragão Paiva**, funcionário da PETROBRAS/REDUC em 13/06/2007.

PARENTE, M. – Informações coletadas através de entrevista realizada com o Engenheiro **Marcelo Parente Henriques**, funcionário da CEDAE em 09/04/2007.

PETROBRAS – **PETRÓLEO BRASILEIRO S. A.** Disponível em www.petrobras.com.br. Acesso em 20/05/2007.

PINHATTI, A. L. **Aspectos conceituais da gestão de recursos hídricos e sua aplicação no caso das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. SP** – Tese de Mestrado. Instituto de Geociências – UNICAMP. Campinas, 1998.

POPULATION REFERENCE BUREAU. Disponível em www.prb.org. Acesso em 23/04/2007.

PREFEITURA DA CIDADE DE BELFORD ROXO. Disponível em www.belfordroxo.rj.gov.br. Acesso em 26/04/2007.

PREFEITURA DA CIDADE DE DUQUE DE CAXIAS. Disponível em www.duquedecaxias.rj.gov.br. Acesso em 24/01/2007.

PREFEITURA DA CIDADE DE MAGÉ. Disponível em www.mage.rj.gov.br. Acesso em 23/03/2007.

PREFEITURA DA CIDADE DE NOVA IGUAÇU. Disponível em www.novaiguacu.rj.gov.br. Acesso em 27/03/2007.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Disponível em www.rio.rj.gov.br. Acesso em 25/02/2007.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da Água**. Editora Escrituras. 2004.

SAMPAIO, A.R. “**Reúso da Água**”. BIO – Revista Brasileira de Saneamento e Meio ambiente, ABES, pp.16, Abril/junho de 2006.

SAMPAIO, A.R. “**Operadores precisam investir mais – Empresa paulista é pioneira na utilização de água de reúso**”. BIO – Revista Brasileira de Saneamento e Meio ambiente, ABES, pp.21, Abril/junho de 2006.

SCHOR, A. R. **Riscos e alternativas para o abastecimento de água em uma refinaria de petróleo. Estudo de caso: Refinaria Duque de Caxias – REDUC.** – Tese de Mestrado. COPPE/UFRJ. 2006.

SENADO FEDERAL DO BRASIL. Disponível em www.senado.gov.br/sf/legislacao/ Acesso em 21/04/2007.

SERLA – **FUNDAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOS.** Disponível em www.serla.rj.gov.br/leis/leis.asp. Acesso em 03/03/2007.

SETTI, A. A., LIMA, J. E., et al., **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**, 2ª ed., ANEEL, Brasília, 2000.

SONDOTÉCNICA ENGENHARIA DE SOLOS S.A., **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim**, 1ª. ed., Rio de Janeiro. 2006.

SOUZA, E. A. – Entrevista realizada com o **Ederaldo Alves de Souza**, chefe de Coordenação do Departamento de Águas de Jd. Primavera – DCAX-4 - CEDAE, em 18/04/2007.

TUCCI, C.E.M., HESPANHOL, I., NETO, O.M.C, “**Cenários da Gestão da Água no Brasil: uma contribuição para a Visão Mundial da Água**”, Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 357-370, 2003

TUNDISE, J.C., “**Recursos Hídricos**”, MultiCiência - Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da UNICAMP, Campinas, Outubro de 2003.