



GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA
SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE,
DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS
SEMARH
PROÁGUA – UEGP – PB

RTP
RELATÓRIO TÉCNICO PRELIMINAR
SISTEMA ADUTOR ARAÇAGÍ

RELATÓRIO FINAL

NÚCLEO ENGENHARIA LTDA S/C

OUTUBRO 2000

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS.....	4
LISTA DE FIGURAS	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. CARACTERÍSTICAS REGIONAIS E OBJETIVO DO PROJETO	10
2.1 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS	10
2.2 OBJETIVO DO PROJETO	13
3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	19
3.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS	19
3.2 BARRAGEM DE ARAÇAGÍ.....	20
4. POPULAÇÃO ALVO	23
4.1 CONDIÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS.....	23
4.2 ACESSO À ÁREA DO PROJETO.....	24
4.3 INDICADORES SÓCIO-ECONÔMICO	25
4.4 POPULAÇÃO BENEFICIADA	27
5. SISTEMAS EXISTENTES.....	29
5.1 SISTEMA SÃO SALVADOR.....	30
5.2 SISTEMA TAUÁ.....	30
5.3 SISTEMAS INDEPENDENTES	31
5.3.1 <i>Itapororoca</i>	31
5.3.2 <i>Mamanguape</i>	31
5.3.3 <i>Rio Tinto</i>	31
5.3.4 <i>Cuité de Mamanguape</i>	32
5.3.5 <i>Capim</i>	32
6. PROBLEMÁTICA DO ABASTECIMENTO.....	40
7. ESTUDO DA DEMANDA	42
7.1 PARÂMETROS DE PROJETO	42
7.2 PROJEÇÕES POPULACIONAIS.....	42
7.3 CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO	46
8. ESTUDOS HIDRÁULICOS PARA DEFINIÇÃO DA MELHOR ESTRATÉGIA DE CAPTAÇÃO	49
8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	49
8.2 TIPOS DE CAPTAÇÃO	50
8.2.1 <i>Captação diretamente da tomada d'água da Barragem</i>	50
8.2.2 <i>Torre de concreto</i>	50
8.2.3 <i>Colunas de ferro fundido com válvulas borboleta</i>	51
8.2.4 <i>Flutuantes com bombas submersíveis</i>	51
8.3 CONCLUSÃO	52
9. ESTUDO DA MELHOR ALTERNATIVA DE TRATAMENTO	54
9.1 ETA COMPACTA COM FILTRAÇÃO ASCENDENTE (FILTRO RUSSO)	54
9.2 ETA CONVENCIONAL	56
9.3 CONCLUSÃO.....	57
10. ESTUDO DA MELHOR ALTERNATIVA DE TRAÇADO COM BASE EM CRITÉRIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS	59
10.1 DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS	59

10.1.1	Alternativa 1	59
10.1.2	Alternativa 2	60
10.1.3	Alternativa 3	60
10.2	PRÉ DIMENSIONAMENTO DAS ALTERNATIVAS ESCOLHIDAS	61
10.2.1	Introdução	61
10.2.2	Descrição do método de dimensionamento	62
10.2.3	Os critérios hidráulicos para o dimensionamento das adutoras	63
10.2.4	Resultados obtidos	64
10.2.5	Considerações finais	65
10.3	DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO INICIAL	65
10.3.1	Tubulações	65
10.3.2	Estações elevatórias	66
10.4	DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE ENERGIA	66
10.5	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO	66
11.	COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA.....	71
11.1.	PREMISSAS BÁSICAS	71
11.1.1	Fatores de conversão	71
11.1.2	Custo de produtos químicos:	71
11.1.3	Custo de energia elétrica:	72
11.2.	CUSTOS UNITÁRIOS DAS DIVERSAS UNIDADES	73
11.2.1.	Captação	73
11.2.2.	ETA convencional	74
11.2.3.	Tubulações	75
11.2.4.	Estações Elevatórias	76
11.3	CUSTOS TOTAIS	78
11.3.1	Estações elevatórias e energia	78
11.3.2	Sistema adutor	79
11.3.3	Estação de tratamento	82
11.3.4	Sistema de proteção contra transientes hidráulicos	82
11.3.5	Seleção da alternativa	83
12.	ANÁLISE AMBIENTAL.....	86
12.1.	AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	86
12.2.	MEDIDAS MITIGADORAS	92
12.3.	ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS	95
12.3.1.	Estudos de Impacto Ambiental	95
12.3.2.	Qualidade das Águas	97
12.3.3.	Enquadramento dos Cursos de Água	98
13.	CONCLUSÕES FINAIS	101

LISTA DE QUADROS

- Quadro 3.1 – Característica da barragem de Araçagi.
- Quadro 4.1 – Famílias em domicílios particulares, por classes de rendimento nominal médio mensal familiar.
- Quadro 4.2 – Percentual de crianças residentes em domicílios segundo as rendas dos chefes de domicílios e a taxa de analfabetismo.
- Quadro 4.3 – População economicamente ativa.
- Quadro 4.4 – População das cidades beneficiadas-1991.
- Quadro 5.1 – Ligações domiciliares cadastradas. CAGEPA, 1994.
- Quadro 5.2 – Municípios excluídos do sistema Adutor Araçagi
- Quadro 7.1 – Adutora Araçagi - Cálculos do crescimento populacional.
- Quadro 7.2 – Cálculos da população - Projeções para 2030.
- Quadro 10.1 – Resultado do dimensionamento -Alternativa Nº 1
- Quadro 10.2 –Resultado do dimensionamento- Alternativa Nº 2
- Quadro 10.3 –Resultado do dimensionamento- Alternativa Nº 3
- Quadro 11.1 – Custo de energia
- Quadro 11.2 – Curva de Custos Globais de Tubulações
- Quadro 11.3 – Custo Médio Para Elevatórias Acima de 80 Kw
- Quadro 11.4 – Custo Médio Para Elevatórias Até 80 Kw
- Quadro 11.5 – Custo da Estações Elevatórias e energia
- Quadro 11.6 – Custo do Sistema Adutor – Alternativa Nº1
- Quadro 11.7 – Custo do Sistema Adutor – Alternativa Nº2
- Quadro 11.8 – Custo do Sistema Adutor – Alternativa Nº3
- Quadro 11.9 – Custo da ETA
- Quadro 11.10 – Custo do Sistema de Proteção
- Quadro 11.11 – Valores VPLE Obtidos Para as Três Alternativas
- Quadro 11.12 – Custos de investimento de energia para as alternativas estudadas
- Quadro 12.1 – Identificação dos impactos ambientais presumíveis mais Significativos e seu reatamento no Sistema Ambiental. Sistema adutor de abastecimento de água Araçagi.

Quadro 12.2 – Identificação dos impactos ambientais presumíveis mais significativos e seu reatamento no Sistema Ambiental.

Quadro 12.3 – Atributos dos Impactos Ambientais presumíveis mais significativos.

Quadro 12.4 - Atributos dos Impactos Ambientais presumíveis mais significativos.

Quadro 12.5 – Caracterização das medidas mitigadoras nas diversas fases do empreendimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Localização da área do projeto.

Figura 2.2 – Sistema Adutor Araçagi.

Figura 2.3 – Curva de garantia ($56.000.000 \text{ m}^3$) para uma redução de 30% na área de drenagem.

Figura 3.1 – Estudos Hidrológicos da Barragem Araçagi.

Figura 4.1 – Mapa Rodoviário.

Figura 5.1 – Sistema Tauá.

Figura 5.2 – Sistema Itapororoca.

Figura 5.3 – Sistema Mamanguape.

Figura 5.4 – Sistema Rio Tinto.

Figura 5.5 – Sistema Cuité de Mamanguape.

Figura 5.6 – Sistema Capim.

Figura 10.1 – Determinação das Vazões nos Trechos da Adutora

Figura 10.2 – Pré-Dimensionamento das Alternativas Cotejadas

Figura 11.1 – Custo Flutuante x Vazão

Figura 11.2 – Custo ETA Filtros Russos x Vazão

Figura 11.3 – Custo de Tubulação

Figura 11.4 – Custo das Elevatórias Acima de 80 KW

Figura 11.5– Custo Médio Elevatórias Menores Que 80 KW

1 – INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O presente Relatório Final refere-se às atividades desenvolvidas pela Núcleo Engenharia S/C com a finalidade de apresentar a SEMARH / PROÁGUA – UEGP-PB o Relatório Técnico Preliminar do Sistema Adutor de Araçagi.

A seguir, relatamos os resultados desta análise obedecendo o que preconiza os Termo de Referência do Contrato nº 012/00, assinado entre a Núcleo Engenharia S/C e a Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH.

Dentro das atividades previstas nos Termos de Referência, este Relatório Final contempla os seguintes itens:

- Objetivo do projeto e área de abrangência
- Estudos Hidrológicos de disponibilidade hídrica da bacia
- População alvo
- Descrição do sistema existente
- Problemática do abastecimento
- Estudo da demanda
- Estudos hidráulicos para definição da melhor estratégia da captação
- Alternativas estudadas e justificativa da alternativa escolhida, com base em critérios técnicos e econômicos
- Pré-dimensionamento do sistema selecionado, com base em critério de otimização econômica
- Análise ambiental
- Custos de investimento e de Operação da melhor alternativa apresentada
- Cronograma físico-financeiro
- Conclusões

2 – CARACTERÍSTICAS REGIONAIS E OBJETIVO DO PROJETO

2. CARACTERÍSTICAS REGIONAIS E OBJETIVO DO PROJETO

2.1 Características Regionais

O Estado da Paraíba localiza-se na porção oriental do Nordeste do Brasil entre os Meridianos 34° 45' 54" e 38° 45' 45" de longitude oeste e entre os paralelos 6° 2' 12" e 8° 19' 18" de latitude sul. Limita-se ao norte com o Estado do Rio Grande do Norte; a Leste com o Oceano Atlântico, a oeste com o Estado do Ceará e, ao sul com Pernambuco.

Relevo. O Estado da Paraíba possui um relevo modesto mas não muito baixo. A maior parte do território, seja, 66% de sua área, se encontra entre 300 e 900m de altitude, ficando os restantes 34% abaixo de 300m. Morfologicamente, a Paraíba se divide em três superfícies bem distintas, que se sucedem em faixas paralelas, da costa para o interior, e se continuam para o Norte e para o Sul, através dos Estados vizinhos: *Baixada Litorânea*, *Planalto da Borborema* e *Depressão do Alto Piranhas*. A *Baixada Litorânea* se estende ao longo da costa, com uma largura de 80 a 90km. No interior, isto é, a Oeste, alcança aproximadamente 150m de altitude, caindo suavemente para Leste, até o nível do mar. Constituem-na terrenos cristalinos ondulados, recobertos em grande parte pelos sedimentos terciários da *Série Barreiras*. Estes formam um relevo tabular (tabuleiros terciários), no qual os rios abriram amplos vales. Nos vales do Paraíba do Norte e do Mamanguape formam-se amplas superfícies de várzea. Na orla litorânea, os tabuleiros terciários dominam manguezais e restingas e praias arenosas. O *Planalto de Borborema* ergue-se a Oeste da baixada litorânea. É a mais elevada das unidades morfológicas da Paraíba. É uma vasta peneplanície cristalina com cerca de 120km de largura uma altitude geral de 500 a 600m. Sobre essa superfície ligeiramente ondulada erguem-se morros isolados (*monadnocks*) e alinhamentos de serra. Os mais importantes acidentes do relevo paraibano são constituídos pelas bordas oriental e ocidental do planalto de Borborema. A borda oriental não se apresenta uniforme. Ao Sul da cidade de Campina Grande, a descida do planalto para a baixada se faz por meio de degraus sucessivos pouco marcados. Ao Norte, o planalto cai bruscamente para a baixada, formando uma escarpa abrupta voltada para o mar. Nesse trecho, o Planalto da Borborema foi profundamente sulcado pelo rio Mamanguape e seus afluentes.

Formaram-se vales encaixados de encostas íngremes. A escarpa ocidental, voltada para o interior, é, ao contrário, contínua, mas seu ressalto menos pronunciado.

A *Depressão do Alto Piranhas* estende-se a Oeste do Planalto da Borborema até os limites com o Ceará. Suas altitudes são sensivelmente mais reduzidas que as do Planalto da Borborema. Oscilam entre 150 e 300m. A *Depressão do Alto Piranhas* é, também, uma peneplanície cristalina, sobre a qual se erguem *monadnocks* e serrotes.

Clima. O elemento climático dominante na Paraíba é a pluviosidade, cuja variação espacial exerce profunda influência na ocupação humana do Estado. Os totais pluviométricos são bastante elevados no litoral, onde alcançam, cerca de 1.700mm anuais; em direção ao interior a pluviosidade diminui gradativamente. Assim, no sopé da escarpa de Borborema já não alcança senão 850mm. A borda de Borborema faz que a pluviosidade se eleve novamente em virtude das chuvas de relevo que provoca. Essas chuvas são menos abundantes (850mm) no trecho Sul da borda do planalto, que é aí menos pronunciada. No trecho Norte, mais íngreme, alcançam 1.000 e até mesmo 1.500mm anuais. Essa parte mais úmida constitui uma unidade regional bem distinta e recebe da população estadual o nome de *brejo*, consagrado na literatura geográfica. Vencida a borda do planalto, voltam a baixar os totais pluviométricos, que caem sucessivamente para 600 e 500mm. Em Cabeceiras, registra-se o menor total anual de chuva do país: 279mm. É a porção ocidental do planalto da Borborema a área mais seca do Estado. Dai para Oeste voltam a subir os índices pluviométricos, que alcançam, no planalto do alto Piranhas, 600 e 800mm. Entretanto, essa região do alto Piranhas, como a parte ocidental da Borborema, participa de uma característica pluviométrica típica do clima semi-árido que predomina no interior nordestino: a irregularidade da pluviosidade. Com frequência, a estação chuvosa, que corresponde nos anos normais aos meses de verão, não se produz, desencadeando o fenômeno das secas. Ao contrário da pluviosidade, as temperaturas variam muito pouco através do território paraibano. Dominam em quase todo o Estado temperaturas médias anuais superiores a 24 °C. Apenas nas áreas mais elevadas da Borborema caem as médias, abaixo de 23 e 22 °C. Dessa forma, a Paraíba apresenta três modalidades de clima, que se sucedem do litoral para o interior. A Leste, domina o clima tropical úmido, com estação seca no verão e chuvas no inverno (As); no centro, o clima semi-árido quente

(BSL), e no extremo ocidental, o clima tropical úmido com chuvas de verão e estação seca de inverno (Aw).

Vegetação. A distribuição dos tipos de cobertura vegetal apresenta, tal como o relevo e o clima, a mesma sucessão de faixas de Leste para Oeste. Entretanto, as faixas de vegetação não correspondem exatamente aos tipos climáticos, nem às unidades de relevo. A baixada litorânea e os trechos mais úmidos da borda do planalto (*brejo*) são recobertos pela floresta tropical perene. Essa formação é substituída, na parte menos úmida da borda do planalto, por uma floresta tropical decídua, o *agreste*, termo que passou a designar toda essa região da Paraíba e Estados vizinhos. Finalmente, todo o interior do planalto da Borborema e o planalto do alto Piranhas são domínio da caatinga. As condições naturais de relevo, clima e vegetação permitem, assim, distinguir na Paraíba quatro unidades naturais, que exercem, na ocupação humana e na vida econômica do Estado, influências muito distintas. São elas a *Zona da Mata*, o *Agreste*, o *Brejo* e o *Sertão*. A *Zona da Mata* corresponde à baixada litorânea úmida; o *Agreste* à borda da Borborema; o *Brejo*, como acima indicado, aos trechos mais úmidos do *Agreste*; e o *Sertão*, às áreas mais secas do interior. Este último engloba todo o território estadual situado a Oeste de Campina Grande e recoberto por vegetação de caatinga.

2.2 Objetivo do Projeto

Nos últimos três anos o problema tem-se agravado profundamente afetando a economia e causando prejuízos consideráveis ao Estado da Paraíba. A escassez de água para o abastecimento humano e animal, e para o setor agrícola e industrial, está provocando danos significativos à economia da região e a saúde da população atingida. Muitas cidades já se encontram com seus sistemas de abastecimentos paralisados – sendo abastecidas por Carros Pipa – e outras se encontram na eminência de um colapso total. A região do Brejo onde se sobressai o município de Guarabira – a maior cidade – o sistema Tauá que abastece Guarabira, Cuitegi, Pilãozinho e Araçagi atualmente está muito aquém da demanda exigida. Quase em estado de calamidade pública.

Face ao quadro descrito, o Governo do Estado da Paraíba decidiu pela construção da Barragem do Araçagi, que está sendo construída no rio Mamanguape, na bacia hidrográfica do mesmo nome. Paralelamente com a construção da barragem faz-se necessário a construção de um sistema adutor que conduzirá as águas desse manancial para as cidades anteriormente citadas.

O Projeto do Sistema Adutor Araçagi em questão, objetiva assegurar o abastecimento eficiente de água potável as populações das cidades de Guarabira, Cuitegi, Pilãozinho, Araçagi, Itapororoca, Mamanguape, Rio Tinto, Capim Cuité de Mamanguape localizadas nas regiões do Brejo e Agreste Paraibano, a uma distância de aproximadamente 100 km da Capital, João Pessoa.

O manancial escolhido foi a barragem de Araçagi, em fase de construção pelo Governo da Paraíba.

À seguir, nas Figuras 2.1 e 2.2 mostra-se a localização da área de projeto dentro do Estado da Paraíba, a localização das cidades a serem contempladas com o Sistema Adutor de Araçagi.

A Figura 2.3 mostra a Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, mostrando as comunidades abastecidas.

FIGURA 2.1

FIGURA 2.2

FIGURA 2.3

3 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.1 Estudos Hidrológicos Disponibilidades Hídricas

Com o objetivo de atender a demanda do Sistema Adutor de Araçagi, foi desenvolvido pela ATECEL – Associação Técnico-Científica Ernesto Luz de Oliveira Junior, o projeto para a construção de uma barragem de acumulação do Rio Mamanguape, que permitirá regularizar uma descarga de 2.005 l/s, suficiente para responder à demanda hídrica da região.

Segundo os estudos efetuados pela ATECEL:

“Foi feito o levantamento plani-altimétrico da bacia hidráulica do rio Mamanguape, seção Araçagi, cuja bacia hidrográfica abrange uma área de 2.322 km²; o estabelecimento da curva cota-área-volume; a definição da capacidade do reservatório e estudos hidrológicos visando a determinação da vazão regulável e vazão de enchente”.

Para um volume máximo do reservatório de 56.000.000 m³ e considerando uma redução de 30% na área da bacia hidrográfica da barragem, as vazões regularizáveis, para os níveis de garantia de 80 a 100%, que dão uma idéia da ordem de grandeza das descargas que poderiam ser retiradas continuamente do reservatório com as citadas garantias, são, respectivamente, 4,7 m³/s e 2,05 m³/s. os valores das vazões regularizáveis para outros níveis de garantia podem ser obtidos a partir da curva de garantia mensal do açude apresentada na figura a seguir: (Figura 03)

É importante ressaltar que os valores a serem extraídos das curvas de garantia indicam as vazões médias uniformes, regularizáveis, com certo nível de garantia, que podem ser do reservatório para determinados fins. A utilização destes dados, com vistas ao planejamento do uso da água, dependerá do emprego que se pretenda dar a este recurso.”

Vale salientar que a redução de 30% na área de drenagem para a determinação da vazão regularizada, é um fator de segurança utilizado nas simulações hidrológicas para levar em conta possíveis barramentos que poderão ser construídos na bacia hidrográfica.

No caso de grandes barramentos, eles são considerados nas simulações. No caso de pequenos barramento existentes e que venham a existir, não é possível o cadastramento de todos e é praxe utilizar-se desta redução (10% a 30%) na área de drenagem.

A Figura 03 mostra, esquematicamente, a bacia hidrográfica do rio Mamanguape.

O estudo hidrológico completo da Barragem de Araçagi se encontra no trabalho da ATECEL data de Dezembro/1998 denominado “ESTUDOS HIDROLÓGICOS E TOPOGRÁFICOS DA BARRAGEM ARAÇAGÍ – RELATÓRIO FINAL”.

3.2 Barragem de Araçagi

A Barragem de Araçagi, orçada em R\$ 12.890.960,57, terá as seguintes características principais.

Quadro 3.1 – Características da Barragem de Araçagi

Tipo de Barramento	Terra homogênea
Altura máxima	19,67 m
Capacidade	63.289.087 m ³
Volume de Terra	430.000 m ³
Área da Bacia Hidrográfica	1.310 km ²
Área da Bacia Hidráulica	890 há
Largura do Coroamento	6,50 m
Lagura Máxima da Base	122,80 m
Cota do Coroamento	74,00 m
Cota de entrada da galeria	58,55 m
Cota da soleira do sangradouro	69,00 m
Cota do leito do rio	54,33 m
Tipo de Vertedor	Soleira
Extensão do coroamento	460,0 m
Profundidade da galeria	10,45 m
Profundidade máxima	14,67 m
Largura do coroamento	6,50 m
Largura do Vertedor	150,00 m
Tomada D'água	Tubular de Ferro Fundido
Diâmetro	500 m
Comprimento	125,00 m
Descarga Regularizada	2.005 l/s

O prazo de execução da obra é Janeiro de 2001. A figura 04 a seguir ilustra a bacia hidrográfica da Barragem de Araçagi, bem como uma foto do local do eixo barrável.

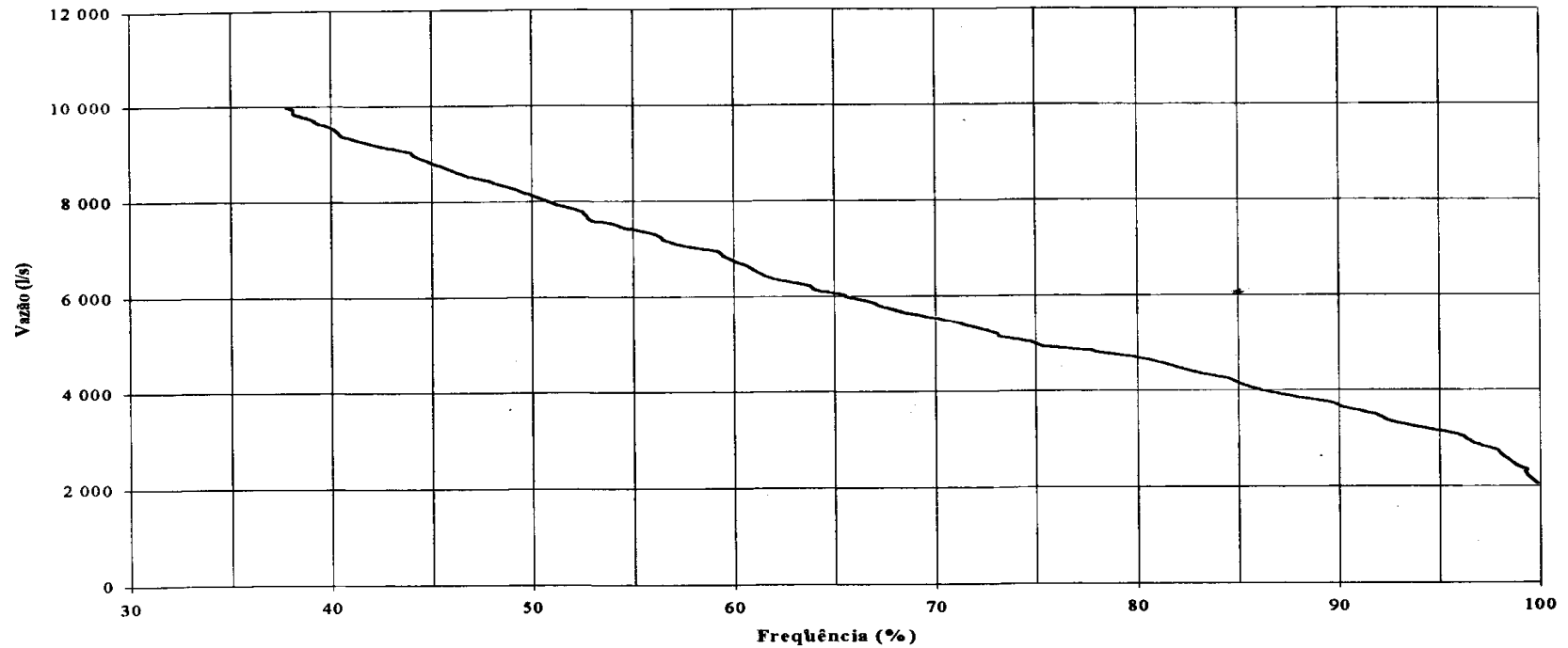


Figura 3.1 – curva de garantia (56.000.000 m³) para uma redução de 30% na área de drenagem

4 – POPULAÇÃO ALVO

4. POPULAÇÃO ALVO

4.1 Condições Sócio-Econômicas

A construção do Sistema de Captação juntamente com o Sistema Adutor que contemplará as cidades citadas anteriormente, atravessará uma região que pode ser dividida em duas partes para efeito de alguns aspectos da abordagem. Uma delas, o agreste de caatinga litorânea, onde estão as cidades de Mari, Mulungú, Guarabira e Sapé, e a outra, o Brejo (zona litoral da Mata), se encontram Mamanguape, Itapororoca e Rio Tinto. São as principais áreas agrícolas da Paraíba.

A economia rural do agreste repousava até 1930 na criação de bovinos e no cultivo do algodão, suplementados por lavoura de subsistência, como o feijão, o milho e a mandioca. A partir daquela data esta organização foi profundamente modificada por uma nova cultura comercial de exportação: A Agave. A nova lavoura expandiu-se rapidamente pelo agreste principalmente no município de Guarabira, modificando a paisagem anteriormente havida. A economia do Brejo foi também afetada, profundamente, pela Agave. Aqui, porém, a nova cultura aparece associada ao cultivo da cana-de-açúcar.

Na paisagem típica do Brejo, a cana-de-açúcar aparece sempre nos fundos dos vales e a agave estende-se pelas encostas. Manchas de lavoura de subsistência (mandioca, milho, feijão) modificam com frequência este quadro. Em Sapé a cultura do abacaxi está bastante desenvolvida e nota-se também o desenvolvimento da indústria açucareira. Em Rio Tinto surge a indústria Têxtil com algum desenvolvimento.

Em virtude do fraco desempenho da economia regional, com pequeno parque industrial ainda dando os primeiros passos, tal qual acontece em quase todo o interior do Nordeste, há um significativo nível de desemprego, havendo uma disponibilidade elevada de mão-de-obra, constituída principalmente por pessoas desqualificadas, uma vez que é baixo o nível de escolaridade da população.

4.2 Acesso à Área do Projeto

FIGURA-4.1 – Mapa Rodoviário



4.3 Indicadores Sócio-Econômico

Através de levantamentos realizados junto ao IBGE/IDEME e Anuário Estatístico 95 do Governo do Estado da Paraíba, relativo ao curso Demográfico de 1991, observou-se que na área sob influência direta do Projeto do Sistema Adutor de Araçagi, 85,37% das famílias percebem um salário médio mensal familiar de até 1 (um) salário mínimo. O QUIDRO 4.1 abaixo, mostra esta posição das classes de Rendimento Nominal para cada um dos municípios da área do projeto.

Quadro 4.1 – Famílias em Domicílios Particulares, por Classes de Rendimento Nominal Médio Mensal Familiar.

LOCALIDADE	ATÉ 1 SM
Rio Tinto	77,3%
Mamanguape	82,8%
Itapororoca	84,8%
Araçagi	91,7%
Guarabira	87,8%
Cuitegi	87,2%
Pilõesinho	86,0%
Capim	ND
Cuité de Mamanguape	ND
TOTAL DO PROJETO	85,37%

ND – Elementos não disponíveis

A seguir são apresentados alguns quadros com indicadores da condição de vida da população que será beneficiada pelo projeto.

Quadro 4.2 – Percentual de crianças residentes em domicílios segundo as rendas dos chefes de domicílio e a taxa de analfabetismo

	TOTAL DE CHEFES DE DOMICÍLIO PARTICULARES	% DE CHEFES DE DOMICÍLIO COM RENDA DE 1 SM	% DE CHEFES DE DOMICÍLIO COM RENDA DE 2 SM	% CRIANÇAS DE 0 A 6 ANOS EM DOMICÍLIO COM CHEFE COM RENDA ATÉ 1 SM	% CRIANÇAS DE 0 A 6 ANOS EM DOMICÍLIO COM CHEFE COM RENDA DE 2 SM	TAXA ANALFABETISMO DA POPULAÇÃO DE 11 A 14 ANOS	IDEM DE 15 ANOS OU MAIS DE IDADE
ARAÇAGI	4.209	87,5	96,4	78,8	89,2	54,0	63,1
CUITEGI	1.474	82,2	95,8	77,0	95,4	47,1	60,3
CUITE DE MAMANGUAPE	-	-	-	-	-	-	-
CAPIM	-	-	-	-	-	-	-
GUARABIRA	11.007	65,5	85,3	59,3	82,3	31,9	40,4
ITAPOROROCA	2.828	77,6	93,6	72,8	90,7	63,9	63,6
MAMANGUAPE	10.857	73,3	90,6	68,1	88,0	54,4	55,7
RIO TINTO	5.957	73,8	91,5	68,8	90,3	48,6	53,7
CUITÉ	5.207	82,6	94,0	78,8	91,7	47,6	55,1
PILÕESINHOS	1.097	84,3	96,6	77,8	95,7	54,4	60,3

Fonte: Anuário Estatístico da Paraíba – 1995
SM- Salário Mínimo

Quadro 4.3 – População economicamente ativa

MUNICÍPIOS	População Economicamente Ativa					
	1980			1991		
	População Total	%	População Economicamente Ativa	População Total	%	População Economicamente Ativa
Araçagi	18.808	61,9	11.638	18.369	65,4	12.015
Cuitegi	5.126	61,8	3.166	6.989	63,7	4.455
Cuite de Mamanguape						
Capim						
Guarabira	41.817	64,6	27.012	48.654	68,6	33.369
Itapororoca	12.499	62,2	7.774	13.435	65,7	8.829
Mamanguape	41.077	62,5	25.692	49.887	66,5	33.196
Rio Tinto	24.541	66,3	16.279	27.127	66,9	18.137
Cuite	22.304	65,4	14.584	23.153	66,0	15.270
Pilõesinhos	5.126	61,9	3.174	5.391	64,8	3.195

Fonte: Anuário Estatístico da Paraíba – 1995

4.4 População Beneficiada

A população total das localidades atendidas é de 180.023 hab. em 1991, segundo o anuário estatístico da Paraíba do ano 1995. Deste total, 110.484 hab., corresponde à população urbana. O QUADRO 4.4 abaixo mostra as populações rural e urbana das localidades atendidas pelo projeto.

Para efeito do cálculo população futura e demanda de água, será considerada apenas a população urbana.

Quadro 4.4 – População das Cidades Beneficiadas – 1991

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL	TOTAL
ITAPOROROCA	5.714	7.721	13.435
MAMANGUAPE	29.897	19.990	49.887
RIO TINTO	15.956	11.171	27.127
CAPIM (*)	1.703	1.109	2.812
CUITÉ DE MAMANGUAPE(*)	1.091	4.454	5.745
CUITEGÍ	5.469	1.520	6.989
GUARABIRA	41.025	7.629	48.654
PILÕEZINHO	2.034	3.357	5.391
ARAÇAGÍ	4.821	13.548	18.369
TOTAL	107.710	70.499	178.409

Fonte: Anuário Estatístico da Paraíba – 1995

(*) Fonte: IBGE/DIPEQ/PB – SDDI (1991)

5. SISTEMAS EXISTENTES

As localidades estudadas são atualmente atendidas por diversos sistemas de abastecimento d'água, sendo um coletivo os demais independentes, que, com o crescimento populacional da região, tornaram-se insuficientes para responder às novas demandas surgidas. Alguns deles foram construídos há mais de sessenta anos e, prejudicados pelos índices pluviométricos extraordinariamente baixos verificados nos últimos anos, encontram-se com seus açudes completamente exauridos.

A nível de domicílio, a CAGEPA possui um número razoável de ligações cadastradas e em funcionamento, conforme demonstrado no QUADRO 5.1, onde estão relacionada as ligações residenciais, comerciais, industriais e públicas em 1994, com ou sem hidrômetro.

Quadro 5.1 – Ligações domiciliares cadastradas. CAGEPA, 1994

ABASTECIMENTO D'ÁGUA												
CAGEPA - Ligações Cadastradas e em Funcionamento												
1994												
MUNICÍPIOS	LIGAÇÕES EM FUNCIONAMENTO										LIGAÇÕES CADASTRADOS	
	Total		Residencial		Comercial		Industrial		Público			
	C/H	S/H	C/H	S/H	C/H	S/H	C/H	S/H	C/H	S/H	C/H	S/H
Araçagi	534	913	501	877	7	27	-	-	26	9	548	994
Cuitegi	311	1.030	268	1.019	2	1	-	-	41	10	329	1.325
Cuité de Mamanguape	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guarabira	9.359	2.357	8.780	2.154	376	159	30	1	173	43	9.504	3.101
Itapororoca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mamanguape	2.116	1.824	1.974	1.705	83	102	5	3	54	14	2.286	1.973
Rio Tinto	2.602	630	2.463	554	91	68	2	-	46	8	2.647	750
Pilõezinhos	129	316	120	300	2	5	-	-	7	11	139	419
Totais	15.051	7.070	14.106	6.609	561	362	37	4	347	95	15.453	8.562

Fonte: Anuário Estatístico da Paraíba – 1995

5.1 Sistema São Salvador

As cidades que compõem este sistema, Sapé, Mari, Mulungu, Caldas Brandão, são citados nos Termos de Referências e deveriam fazer parte do Sistema Adutor Araçagi. Em visita a campo, contatou-se que não há necessidade da inclusão das referidas cidades no presente estudo, optando-se, pois, pela sua retirada do escopo do trabalho.

O Sistema São Salvador foi inaugurado pelo Governo do Estado (CAGEPA) em 1996, e se encontra em perfeito estado de funcionamento. O manancial deste sistema é o Açude São Salvador que, segundo o projeto do Engº Antônio Figueirêdo Lima (CAGEPA), regulariza 460 l/s com 100% de garantia. A demanda de água desta cidade é de apenas 181,3l/s para o ano de 2030, conforme apresentado no QUADRO 5.2 abaixo:

QUADRO 5.2 - MUNICÍPIOS EXCLUÍDOS DO SISTEMA ADUTOR ARAÇAGI

Município / Distrito	População urbana 1991 (*)	Taxa cresc.geom. (% a.a.)	População 2001	População 2030	Per capita (l/hab.dia)	K1	Q 2001 (l/s)	Q 2030 (l/s)
Sapé	34.231	1,11	38.226	52.649	150	1,20	79,6	109,7
Mari	17.178	1,11	19.183	26.421	150	1,20	40,0	55,0
Caldas Brandão	1.336	1,11	1.492	2.055	150	1,20	3,1	4,3
Mulungu	3.840	1,11	4.288	5.906	150	1,20	8,9	12,3
	56.585		63.189	87.031			131,6	181,3

(*) Fonte: Anuário Estatístico da Paraíba – 1995

Além do mais, estes municípios estão inclusos no PLANO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA para terem seu sistema reforçado a partir da Barragem Mamanguape a ser construída pelo Governo do Estado.

5.2 Sistema Tauá

Este é abastecido pela barragem TAUÁ localizada no município de Cuitegí e apresenta-se em precárias condições de tratamento e muito aquém da demanda exigida. Este sistema funciona desde 1954 (DNOCS), atende os municípios de *Guarabira*, *Cuitegí*,

Pilõezinho e Araçagi, atualmente encontra-se em racionamento e em algumas ocasiões sendo abastecidos mediante utilização de caminhões pipa.

5.3 Sistemas Independentes

5.3.1 Itapororoca

O sistema de abastecimento deste município (Água Bruta) é constituído por uma adutora por gravidade de Ø150 mm em fibrocimento com aproximadamente 2.000 m de comprimento que liga a localidade denominada PISCINA DA NASCENÇA à cidade de Itapororoca, as vertentes estão localizadas em região de mata nativa e são mantidas pela Prefeitura Municipal.

5.3.2 Mamanguape

O sistema para atendimento ao município de Mamanguape atualmente em funcionamento, é composto de 03 bombeamentos sendo dois do reservatório de Jangada e outro do Riacho da Pedra, todos destinam para ETA localizada na zona urbana, daí é bombeada para um reservatório elevado que se interliga com rede de abastecimento.

O sistema tem um bom índice de atendimento, mas na última seca houve a necessidade de reforço de abastecimento.

5.3.3 Rio Tinto

Este município é abastecido por dois sistemas, o primeiro que capta água do Rio Vermelho e eleva até uma ETA localizada na reserva florestal de Guaribas. A ETA é composta de dois filtros compactos e um reservatório apoiado de 600 m³, daí desce por gravidade atendendo maior parte do município. Um outro pequeno bombeamento recalca para uma vila da COHAB localizada em cota mais elevada.

O segundo sistema denominado de Jaraguá que abastece a Vila Regina é composto de dois poços que bombeiam para um reservatório apoiado, e daí, uma elevatória conduz a

vazão já tratada para uma caixa elevada no centro da vila interligando-o com a malha hidráulica.

5.3.4 Cuité de Mamanguape

Cuité de Mamanguape apresenta um dos sistemas mais precários envolvido neste relatório, o poço que atende ao município encontra-se obstruído. Segundo informações da CDRM, que já perfurou vários poços, não tem obtido sucesso devido às vazões serem muito baixas, inviabilizando assim, o abastecimento deste município.

Este sistema é composto de um reservatório localizado em um ponto elevado, de onde deriva uma adutora interligando-se com outro reservatório em um ponto mais abaixo. Esta adutora atravessa todo município e atende a maioria das residências. Atualmente esta localidade está sendo atendida mediante utilização de caminhões pipa do exército.

5.3.5 Capim

No município de Capim foi inaugurado em Janeiro de 2000 um novo sistema de abastecimento d'água elaborado pela SUPLAN e está funcionando em perfeito estado. O sistema concentra três vertentes originárias da BICA DA MATA, que foram canalizadas para um reservatório de 50m³, daí foi construída uma elevatória equipada com dois conjuntos eletro bombas sendo uma de reserva com vazão de 20 m³/h, altura manométrica de 38 m.c.a., e potência de 7,5 CV, conduz a vazão por uma adutora de PVC Vinilfer de 100 mm de diâmetro até um reservatório elevado localizado num ponto mais alto dentro do município e daí atende toda comunidade.

Embora funcionando em perfeito estado, este sistema não atende a 100% da população. Este quadro se agrava se considerarmos o crescimento populacional até 2030, portanto necessário sua complementação.

As páginas seguintes mostram os Croquis dos diversos sistemas existentes.

FIGURA 5.1

FIGURA 5.2

FIGURA 5.3

FIGURA 5.4

FIGURA 5.5

FIGURA 5.6

6 – PROBLEMÁTICA DO ABASTECIMENTO

6. PROBLEMÁTICA DO ABASTECIMENTO

A prolongada estiagem que vem ocorrendo nos últimos anos no Estado da Paraíba tem promovido o agravamento da situação de abastecimento de água em diversas regiões do estado.

Entre os sistemas mais atingidos pela carência dentro da área estudada destaca-se o SISTEMA TAUÁ que abastece uma população de 70.000 habitantes, Guarabira centro estratégico de desenvolvimento do brejo, que juntamente com as cidades de Cuitegí, Pilõezinho, Araçagi e outros pequenos distritos rurais, é abastecida pelo Açude Tauá.

O açude, localizado no município de Cuitegí, integra a bacia hidrográfica do Mamanguape, foi construído pelo DNOCS em 1954, e teve sua capacidade de acumulação diminuída em cerca de 30% nesses 45 anos. Além do processo de assoreamento, o número de reservatórios construídos na sua bacia de drenagem e a série de anos com chuvas escassas, entre outros, podem ser apontados como fatores responsáveis pelo atual comprometimento do potencial hídrico.

Com a estiagem prolongada, a capacidade do açude Tauá atingiu níveis extremos. Em dezembro de 1997, o volume acumulado no açude representava cerca de 15% da sua capacidade total.

Uma das opções constitui-se na barragem de Araçagi, em fase de construção no rio Mamanguape, que deverá possuir uma capacidade de regularização de 2,005 m³/s. As alternativas de adução, ainda em fase de elaboração, contemplam, entre outras, o reforço de atendimento à região.

7 – ESTUDO DA DEMANDA

7. ESTUDO DA DEMANDA

7.1 Parâmetros de Projeto

Para a definição das vazões de projeto necessárias ao atendimento das áreas em estudo foram utilizados os parâmetros recomendados pelo Programa PROÁGUA/Semi-árido.

- População de Projeto – P (hab)

- Consumo per capita

$$Q = 150 \text{ l/hab./dia (já considerado o índice de perda = 25\%)}$$

- Índice de abastecimento

$$i_{ab} = 100\%$$

- Índice de perdas

$$i_p = 25\%$$

- Coeficiente do dia de maior consumo

$$K_1 = 1,2$$

- Coeficiente da hora de maior consumo

$$K_2 = 1,5$$

7.2 Projeções Populacionais

Os estudos das variações quantitativas das populações das comunidades ao longo do tempo, são necessários, para avaliação dos efeitos produzidos pelo homem em seu ambiente, constituindo elementos básicos para projetos de Saneamento e Sistemas do Controle Ambiental. Estes estudos não conduzem a soluções exatas e, embora muitas vezes se façam através de equações matemáticas sofisticadas, apresentam unicamente soluções aproximadas que representam tendências de variações.

Estes métodos são empregados para a avaliação das populações futuras, tomando como ponto de partida análises que se baseiam em dados de censos populacionais realizados na comunidade em questão, ou relativos a Comunidade Semelhantes.

Existem vários métodos que são utilizados para este propósito. Todos eles procuram a matemática, com a ilusória intenção da certeza absoluta de suas observações. Todos baseiam-se na taxa instantânea de crescimento - $\frac{dp}{dt}$ - em que **p**, é a população em determinada época, e **t**, o tempo (normalmente em anos). Os métodos são caracterizados em função de como esta taxa, na concepção dos autores, deve variar.

Temos então os seguintes métodos:

- Método da progressão aritmética ou taxa de variação constante

$$\frac{dp}{dt} = K$$

- Método da taxa de crescimento percentual constante

$$\frac{dp}{dt} = Kp$$

- Método da taxa de crescimento decrescente

$$\frac{dp}{dt} = K (L - P)$$

Neste tipo de crescimento, a taxa é variável, sendo a sua variação decrescente. Existirá um limite – L – para o qual tenderá a população em crescimento.

Método Logístico

$$\frac{dp}{dt} = KP (L - P)$$

Neste método a taxa percentual de crescimento é proporcional à população residual que é a diferença entre a população de saturação variável existente.

Todas estas equações diferenciais quando integradas em intervalos P_1 e P_2 da população e t_1 e t_2 dos tempos correspondentes fornecem fórmulas através das quais pode-se avaliar as populações futuras.

Além destes métodos, existe ainda o método dos quadrados mínimos que consiste em ajustar uma função aos diversos pontos de uma tabela. O ajustamento deve ser feito de tal maneira que a soma dos quadrados dos desvios dos valores tabelados e das funções seja mínimo.

Existe ainda o método baseado na comparação de dados censitários existentes. Este método, aconselhado para a determinação da população futura das pequenas comunidades, foi o escolhido para a determinação das futuras populações da região do projeto que foram estimadas a partir da população atual aplicando-se as taxas de crescimento estabelecidas para o PROÁGUA/Semi-árido.

Os limites preconizados pelo PROÁGUA se encontra entre os valores de 0,5% a.a. como mínimo, e 2,1% a.a. como máximo. Tomou-se então uma taxa de 1,1% a.a., a que se chegou fazendo projeções entre os dados das populações existente entre os anos 1991 à 1996 para as diversas cidades de interesse do projeto (ver QUADRO 7.1). Chegou-se a uma taxa média de 1,1% a.a. valor este que se encontra entre os valores máximos e mínimos aconselhados pelo PROÁGUA.

Finalmente deve-se dizer que a escolha do método a ser empregado é fruto da sensibilidade do projetista e do conhecimento da conjuntura econômica da região.

As tabelas vistas a seguir nos QUADROS 7.1 e 7.2 nos mostram os cálculos do crescimento populacional levando em consideração os limites de crescimento preconizados pelo PROÁGUA.

QUADRO 7.1 - ADUTORA ARAÇAGÍ - CÁLCULOS DO CRESCIMENTO POPULACIONAL

ITEM	CIDADES ALVO	POPULAÇÕES E CRESCIMENTO						
		1970	1980	CRESCIMENTO 1980 / 1970	1991	CRESCIMENTO 1991 / 1970	1996	CRESCIMENTO 1996 / 1991
01	GUARABIRA	23.180	32.117	3,31	41.025	2,76	44.334	1,56
02	CUITEGÍ	2.173	3.625	5,25	5.469	4,49	5.614	0,52
03	PILÕEZINHO	597	1.305	8,13	2.034	6,01	2.292	2,42
04	ARAÇAGÍ	2.163	3.068	3,56	4.821	3,89	5.216	1,59
05	ITAPOROROCA	2.188	3.436	4,62	5.714	4,68	5.851	0,47
06	MAMANGUAPE	13.762	18.448	2,97	29.897	3,76	31.288	0,91
07	RIO TINTO	15.668	15.109	-0,36	15.956	0,09	14.422	0,31
08	CUITÉ DE MAMANGUAPE						1.091 (*)	
09	CAPIM						1.703 (*)	
	TOTAL/MÉDIAS	59.731	77.108	3,93	104.916	3,67	109.017	1,11

Limites de Crescimentos Preconizados pelo PROÁGUA (Mínimo 0,5%, Máximo 2,1% aa)

(*) As populações urbanas de Cuité de Mamanguape e Capim possuem como fonte IBGE/DIPEQ/PB – SDDI (1991), as demais o Anuário Estatístico da Paraíba 1995

7.3 Cálculo das Vazões de Projeto

Para o cálculo das vazões de projeto, utilizou-se das seguintes fórmulas:

– Vazão Média

$$Q_m = \frac{P \times Q \times I_{ab}}{86400}$$

Vazão Máxima Diária

$$Q_d = Q_m \times K_1$$

Vazão Máxima Horária

$$Q_h = Q_d \times K_2$$

Sendo as variáveis já definidas no item 7.1. O resultado dos cálculos, para as cidades atendida, pode ser visto no QUADRO 7.2, a seguir.

QUADRO 7.2 - CÁLCULOS DA POPULAÇÃO - PROJEÇÕES PARA 2030

SISTEMA TAUÁ

Município / Distrito		População urbana 1991	Taxa cresc.geom. (% a.a.)	População 2001	População 2010	População 2020	População 2030	Per capita (l/hab.dia)	K1	Q 2001 (l/s)	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
01	Guarabira	41.025	1,11	45.813	50.598	56.504	63.098	150	1,20	95,4	105,4	117,7	131,5
02	Cuitegí	5.469	1,11	6.107	6.745	7.532	8.412	150	1,20	12,7	14,1	15,7	17,5
03	Pilõeszinho	2.034	1,11	2.271	2.509	2.801	3.128	150	1,20	4,7	5,2	5,8	6,5
04	Araçagi	4.821	1,11	5.384	5.946	6.640	7.415	150	1,20	11,2	12,4	13,8	15,4
		53.349		59.575	65.798	73.478	82.053			124,1	137,1	153,1	170,9

SISTEMAS INDEPENDENTES

Município / Distrito		População Urbana 1991	Taxa cresc.geom. (% a.a.)	População 2001	População 2010	População 2020	População 2030	Per capita (l/hab.dia)	K1	Q 2001 (l/s)	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
05	Itaporaroa	5.714	1,11	6.381	7.047	7.870	8.788	150	1,20	13,3	14,7	16,4	18,3
06	Mamanguape	29.897	1,11	33.386	36.874	41.177	45.983	150	1,20	69,6	76,8	85,8	95,8
07	Rio Tinto	15.956	1,11	17.818	19.679	21.976	24.541	150	1,20	37,1	41,0	45,8	51,1
08	Cuité do Mamanguape	1.091	1,11	1.218	1.346	1.503	1.678	150	1,20	2,5	2,8	3,1	3,5
09	Capim	1.703	1,11	1.902	2.100	2.346	2.619	150	1,20	4,0	4,4	4,9	5,5
TOTAIS		54.361		60.706	67.046	74.872	83.610			126,5	139,7	156,0	174,2

TOTAL DOS SISTEMAS

TOTAIS GERAL	107.710		120.281	132.845	148.349	165.663				250,6	276,8	309,1	345,1
---------------------	----------------	--	----------------	----------------	----------------	----------------	--	--	--	--------------	--------------	--------------	--------------

Considerou-se um Índice de Abastecibilidade de 100%

(*) As populações urbanas de Cuité de Mamanguape e Capim possuem como fonte IBGE/DIPEQ/PB – SDDI (1991), as demais o Anuário Estatístico da Paraíba 1995

8 – ESTUDOS HIDRÁULICOS PARA DEFINIÇÃO DA MELHOR ESTRATÉGIA DE CAPTAÇÃO

8. ESTUDOS HIDRÁULICOS PARA DEFINIÇÃO DA MELHOR ESTRATÉGIA DE CAPTAÇÃO

Neste capítulo serão analisadas soluções de captação propostas para o Sistema Adutor Araçagi. Inicialmente são apresentadas as formas mais comuns de solução de Engenharia de captação para sistemas de abastecimento d'água, sendo entretanto duas das soluções possíveis analisadas mais profundamente.

8.1 Considerações Gerais

De forma genérica tomadas d'água em barragens podem ser implantadas de diversas maneiras. As mais frequentemente utilizadas são as seguintes:

- ◆ Captação diretamente no tubo de tomada d'água da Barragem.
- ◆ Torre de concreto armado, dotado de comportas planas em vários níveis.
- ◆ Colunas com tubos de Ferro Fundido ou aço carbono com vários níveis de captação de água, acionada pôr válvulas borboletas para o controle das vazões.
- ◆ Flutuantes diversos, em fibra de vidro, em aço carbono revestido com tinta epóxi, etc.

Todas as soluções acima são factíveis e possuem suas vantagens e desvantagens. Faremos a seguir uma análise um pouco mais detalhada de cada solução.

8.2 Tipos de captação

8.2.1 Captação diretamente da tomada d'água da Barragem

A tomada d'água diretamente no tubo de descarga na barragem é a forma mais barata e simples de se proceder a captação de água de uma barragem. A simples colocação um te de derivação no tubo de descarga é suficiente para se ter o sistema de captação operando.

Esta simplicidade esconde uma desvantagem qual seja: A captação feita na tomada d'água tem acesso à água de pior qualidade, já que a esta profundidade a água não recebe os efeitos benéficos dos raios solares. A esta profundidade, a proliferação de algas é elevada e o nível de oxigenação muito baixo. Além disso a esta profundidade da superfície a salinidade da água do reservatório é maior. Estes aspectos desfavoráveis, no entanto, podem ser minimizados, pela ação de tratamento via ETA convencional precedida de aeração.

8.2.2 Torre de concreto

Esta opção consta de uma torre de concreto armado, imediatamente a montante do corpo da barragem, com quatro níveis de tomada d'água dotados de comportas planas deslizantes acionados com pedestais de suspensão com engrenagem e haste. Os níveis das comportas são diferenciados de alguns metros de uma comporta deslizante a outra de forma que, dependendo do nível do reservatório, faz-se a manobra das comportas de tal forma que se capte água o mais próximo da superfície possível.

Quanto ao funcionamento da torre, notamos que as comportas ficam externas protegidas com grades de vergalhões de aço, que deverão Ter tratamento especial contra corrosão Vale salientar que estas comportas ficarão sujeitas a uma força da ordem de 10 toneladas para cada 35 metros de coluna d'água, aproximadamente. Com este esforço as hastes serão bem solicitadas, exigindo portanto procedimentos adequados que garantam o bom funcionamento da mesma.

O campo de velocidades que se estabelecerá em torno dos pontos de captação tenderá a promover o arrasto de material sólido, principalmente a carga em suspensão, bem como detritos flutuantes de uma forma geral, agregando-se portanto aos custos associados às providências de remoção e limpeza aos custos globais de manutenção.

A manutenção destas comportas é uma operação laboriosa devido ao difícil acesso. No caso da barragem cheia, é impossível o acesso. No caso dela vazia, haverá necessidade de andaimes que dificultam sobremaneira a operação, a qual não sendo executada acarretará no colapso do sistema. A tendência nestes caso é a retirada das comportas danificadas, impossibilitando neste ínterim a captação de água em níveis predeterminados.

Devido a estas desvantagens operacionais, descartou-se a utilização de torres para a tomada d'água do Sistema Adutor Araçagi.

8.2.3 Colunas de ferro fundido com válvulas borboleta

Este tipo de captação é praticamente o mesmo que as torres de concreto. É apenas uma tentativa de baratear a solução anterior e melhorar suas condições operacionais. A experiência tem mostrado que ao longo do tempo os problemas operacionais são os mesmos que na solução anterior, inviabilizando sua utilização.

Um exemplo do colapso deste tipo de tomada d'água pode ser encontrado na Barragem de Pedra em Jequié, onde este sistema foi total mente substituído por flutuantes

8.2.4 Flutuantes com bombas submersíveis

Devido às desvantagem dos sistemas analisados anteriormente, diversas concessionárias de água do Brasil, passaram adotar o flutuante como solução de captação, seja em rio ou em barragem.

Neste tipo de captação, a coleta da água se dá sempre próximo à superfície, sendo, portanto, de melhor qualidade em termos de oxigenação e salinidade.

O sistema consta de bombas submersíveis instaladas em plataformas flutuantes devidamente ancoradas e dotadas de acesso a partir da margem. Este acesso é importante para facilitar a operação e manutenção do sistema. Em caso de manutenções mais laboriosas, toda a plataforma poderá ser arrastada para a margem e as bombas retiradas por intermédio de monovias e talhas instalados no próprio flutuante.

Podemos citar como exemplo da utilização de flutuantes os seguintes sistemas:

- ✓ Barragem do França em Jacobina – BA
- ✓ Barragem do Aipim em Senhor do Bonfim – BA
- ✓ Barragem Jacurici em Cansanção – BA
- ✓ Barragem de nível em Buerarema – BA
- ✓ Sistema Adutor Mossoró –RN
- ✓ Sistema Adutor Trairi – RN
- ✓ Barragem de Pedra em Jequié - BA, onde o sistema de coluna em ferro fundido com válvulas borboleta entrou em colapso, sendo totalmente substituído.
- ✓ Sistema Pacoti-Gavião para abastecimento de Fortaleza - CE

8.3 Conclusão

Conclui-se, após a análise dos diversos tipos de captação, que o sistema de captação da tomada d'água da barragem é o mais viável sob o ponto de vista técnico econômico e será utilizado para o Sistema Adutor Araçagi.

9 – ESTUDO DA MELHOR ALTERNATIVA DE TRATAMENTO

9. ESTUDO DA MELHOR ALTERNATIVA DE TRATAMENTO

Neste capítulo serão analisadas as diversas soluções de tratamento utilizadas comumente bem como suas vantagens e desvantagens e finalmente se determinará a que tecnicamente será melhor para o Sistema Adutor Araçagi

9.1 ETA Compacta com filtração Ascendente (Filtro Russo)

A ETA compacta com filtração ascendente se encontra aplicada em vários sistemas de abastecimento em todo o país. É um sistema já consagrado e com vasta literatura no mercado.

Há inúmeras vantagens no emprego desta tecnologia, não só em relação aos custos de implantação, como também os relativos à operação e manutenção. Não há necessidade de floculação e decantação, além da coagulação ser realizada no mecanismo de neutralização de cargas com redução considerável de coagulante (e alcalinizante) em comparação ao tratamento convencional, para o qual o mecanismo de coagulação é predominantemente realizado no mecanismo da varredura.

Considerando as características variáveis das águas em estudo, especialmente em épocas de chuva, a filtração direta ascendente foi prevista para funcionar com três descargas de fundo intermediárias durante a carreira de filtração, e com aplicação simultânea de água na interface, pedregulho - areia para evitar ocorrência de subpressão quando da execução de uma descarga. Tal procedimento irá concorrer para extração de parte do material retido no início da camada de areia e de quase a totalidade das impurezas retidas na camada de pedregulho, aumentando com isso a duração das carreiras de filtração.

A adutora encaminhará a água bruta até a câmara de carga, onde, receberá o sulfato de alumínio como coagulante, o nível de água irá variar em função do grau de retenção de impurezas nos filtros. A câmara de carga dispõe de um medidor de nível com indicação para o qual será executada uma descarga de fundo intermediária. Em princípio, a filtração direta ascendente deverá funcionar com programação de três descargas de

fundo intermediárias, a partir da carga hidráulica disponível e da perda de carga na tubulação e nos meios granulares limpos.

Na entrada da câmara de contato, a água filtrada receberá cloro para desinfecção, e cal para correção final do pH. Da câmara de contato a água tratada será conduzida para o reservatório de água tratada.

Resumidamente a ETA compacta consta de:

- ✓ Tubulações de interligações;
- ✓ Medidor de vazão localizado na tubulação de água bruta;
- ✓ Misturador hidráulico (com grade de aço inox redondo para mistura do coagulante primário);
- ✓ Câmara de carga;
- ✓ Módulo de tratamento, constituído por unidades de filtração ascendente modulares;
- ✓ Câmara de contato para desinfecção e correção do PH;
- ✓ Casa de química com todos os equipamentos instalados;
- ✓ Reservatório de água filtrada e para lavagem dos filtros por meio de bombeamento direto ou por intermediário de reservatório elevado, aplicação de água na interface e para suprimento da caixa d'água da ETA.
- ✓ Sistema de automatização.

A grande desvantagem deste sistema é a impossibilidade de tratamento de água com turbidez elevada. A inexistência das fases de floculação e decantação dificulta a retirada de sólidos em suspensão na filtração. Em caso de águas agressivas e com alto teor de algas, o sistema tem que ser adaptado.

Para vazões elevadas (a partir de 200 l/s) o sistema fica caro devido à necessidade da utilização de inúmeros filtros em paralelo com um barrilete muito extenso.

9.2 ETA Convencional

A estação de tratamento dita convencional é de utilização genérica independente do grau de turbidez da água. Para grandes vazões (acima de 200 l/s) é de custo competitivo em relação às ETA's compactas. Para pequenas vazões se tornam excessivamente caras quando comparadas com aquelas.

Estações de Tratamento de Água convencional são estruturas em concreto armado constando basicamente das seguintes unidades:

Mistura rápida – Medidor do tipo Parshall, ou vertedor retangular localizado na entrada da ETA.

Floculação – Floculadores de chicanas de fluxo vertical com período de detenção de 8 minutos. Após floculação, a água é distribuída aos decantadores no canal de água floculada. A velocidade de escoamento no canal é admitida na faixa de $0,15 \text{ m/s} < V < 0,65 \text{ m/s}$ para evitar a quebra de flocos. O acesso aos decantadores é feito através de comportas quadradas com velocidade inferior a 0,65 m/s.

Decantação – Decantadores convencionais de fluxo horizontal. A entrada de água nos decantadores é feita através de cortinas distribuidoras com orifícios circulares. Os orifícios mais altos a $H/4$ a $H/5$ acima do fundo do decantador. O dimensionamento dos orifícios foi feito em função da velocidade de passagem pelos orifícios sendo admitidas velocidades na faixa de 0,15 m/s a 0,30 m/s. Os decantadores são dotados de calhas coletoras com vazão na faixa de 1,1 a 3,3 l/s.m de vertedor.

Filtração – Filtros rápidos de gravidade com leito filtrante compreendido de areia e pedregulho. A lavagem é feita por meio de calhas (uma para cada filtro). O fundo dos filtros foi feito com placa de bocais com furos de $\frac{1}{2}$.

Reservatório de lavagem - O reservatório de lavagem projetado para 10 minutos de lavagem e com capacidade para lavagem para $\frac{1}{3}$ dos filtros.

9.3 Conclusão

Analisando-se as alternativas apresentadas do ponto de vista técnico, vemos que ambas as soluções são viáveis já que o manancial é uma barragem de acumulação o que implica em águas de baixa turbidez mesmo em período chuvoso. No caso de captação direta em cursos d'água, a solução por ETA compacta estaria descartada.

A escolha então se baseará nos aspectos operacionais e econômicos.

Uma ETA compacta com a vazão da ordem de 350 l/s implicará em uma bateria de filtros muito grande e um barrilete muito extenso com uma quantidade muito grande de válvulas. A consequência imediata é o alto custo de manutenção do sistema e dificuldade de operação. Além disso o custo de uma estação compacta deste porte, conforme já mencionado anteriormente, se aproxima do custo de uma estação convencional de concreto.

Desta forma será utilizada uma estação convencional de concreto no sistema Adutor Araçagi, com pré-tratamento das águas captadas na tomada d'água da barragem através de aeração.

**10 – ESTUDO DA MELHOR ALTERNATIVA
DE TRAÇADO COM BASE EM CRITÉRIOS
TÉCNICOS E ECONÔMICOS**

10. ESTUDO DA MELHOR ALTERNATIVA DE TRAÇADO COM BASE EM CRITÉRIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

10.1 Descrição das Alternativas estudadas

Foram estudadas três alternativas de traçado para o Sistema Adutor Araçagi. A alternativa escolhida foi aquela que demonstrou melhores qualificações com base em critérios técnicos e econômicos.

O manancial considerado para o suprimento das vazões das 9 (nove) cidades alvo, quais sejam: Guarabira, Cuitegi, Pilõezinho, Araçagi, Itapororoca, Mamanguape, Rio Tinto, Cuité de Mamanguape e Capim, foi a Barragem de regularização de Araçagi no rio Mamanguape, cujas características encontram-se apresentados no item 3 deste relatório, no qual pode-se deduzir que possui disponibilidade hídrica suficiente, pois regulariza uma descarga de 2005 l/s bastante superior à demanda máxima do Sistema Adutor de Araçagi, qual seja, 345,1 l/s.

As três alternativas foram concebidas com estrutura de captação através da derivação da tomada d'água da barragem Araçagi, tratamento através de estação de tratamento convencional em concreto e adução por recalque de água tratada para suprimento dos reservatórios de distribuição das cidades.

As várias alternativas foram traçadas com base nas cartas 1:25.000 da SUDENE. A partir destas cartas foram traçados também os perfis topográficos que possibilitaram o estudo hidráulico das alternativas.

10.1.1 Alternativa 1

A Alternativa de traçado 1 capta água bruta na margem esquerda da Barragem de Araçagi. Depois de tratada próximo a Barragem, a água é bombeada pela EB1/1 e EB1/2 próxima à ETA, ambas em uma única obra civil. Daí seguem duas adutoras em paralelo na direção Norte até uma distância de 1,5 km onde tomam sentidos opostos com um ramal indo para Rio Tinto, atendendo no percurso as cidades de Itapororoca, Mamanguape, Capim e Cuité de Mamanguape, sendo o abastecimento destas duas

ultimas comunidades feito através de uma bifurcação próximo à cidade de Mamanguape. O outro ramal segue o sentido Oeste, atendendo Araçagi, Guarabira, Pilõezinhos e Cuitegi.

A planta baixa da Alternativa 1 se encontra no ANEXO I – DESENHOS

10.1.2 Alternativa 2

Na Alternativa de traçado 2, a água é captada em uma das margens e levada à estação de tratamento próximo à Barragem. Optou-se, nesta alternativa, pelo desmembramento da adutora logo após a estação de tratamento.

Um ramal segue a direção Norte bifurcando-se para Itapororoca a Leste e para Araçagi, Guarabira, Pilõezinhos e Cuitegi, a Oeste.

O outro ramal segue para o Sul seguindo a malha viária existente e próximo a Cuité de Mamanguape toma o sentido Leste, atendendo esta cidade. Mais adiante, no mesmo alinhamento, é atendida a cidade de Capim. Logo após Capim, a adutora toma o sentido Norte para logo após tomar a direção Leste atendendo Mamanguape e Rio Tinto.

A planta baixa da Alternativa 2 se encontra no ANEXO 1 – DESENHOS

10.1.3 Alternativa 3

Na Alternativa de traçado 3, a água é captada em uma das margens e levada à estação de tratamento próximo à Barragem. Assim como na Alternativa 2, o desmembramento da adutora ocorre logo após a estação de tratamento.

Um ramal segue a direção Norte bifurcando-se para Itapororoca, Mamanguape e Rio Tinto a Leste e para Araçagi, Guarabira, Pilõezinhos e Cuitegi, a Oeste.

O outro ramal segue para o Sul seguindo a malha viária existente e próximo a Cuité de Mamanguape toma o sentido Leste, atendendo esta cidade. Mais adiante, no mesmo alinhamento, é atendida a cidade de Capim.

A planta baixa da Alternativa 2 se encontra no ANEXO 1 – DESENHOS

10.2 Pré dimensionamento das alternativas escolhidas

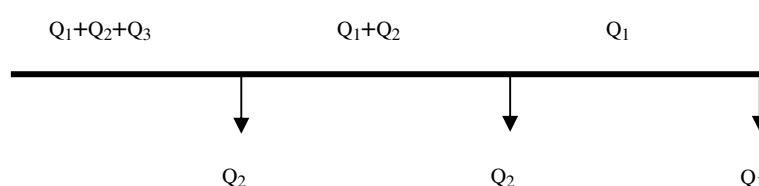
10.2.1 Introdução

Os dados básicos para o pré dimensionamento das alternativas de traçado escolhidas foi baseado nas vazões de demanda calculadas no QUADRO 7.2 (Capítulo 7) e nos perfis topográficos retirados das cartas da SUDENE e apresentados no ANEXO 1 – DESENHOS.

Para o pré-dimensionamento do sistema adutor, foi considerado que todas as cidades estivessem consumindo a vazão de projeto no final de plano. No início de plano o bombeamento se daria em menos tempo. A medida que o consumo da cidade vai aumentando, o tempo de bombeamento também, de forma que seja bombeado o VOLUME de água necessário para cada demanda.

Desta forma a vazão de cada trecho, a começar pelo último trecho, será a soma das vazões de todas as cidades a jusante, conforme esquematizado na FIGURA 10.1 abaixo:

FIGURA 10.1 - DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES NOS TRECHOS DA ADUTORA



Onde Q_i é a vazão da cidade .

Com as vazões de todos os trechos determinados com o procedimento acima ilustrado e os comprimentos e cotas determinados nas plantas e perfis apresentados no ANEXO I, passou-se à fase de dimensionamento.

10.2.2 Descrição do método de dimensionamento

O método utilizado para o dimensionamento hidráulico do sistema foi o método econômico que leva em consideração não só o custo de investimento inicial, mas o custo da energia capitalizada ao longo da vida útil do projeto bem como e o custo de investimento com estação de bombeamento que é crescente em função da potência dos motores.

Neste método, são feitas simulações em um sistema computacional, com vários diâmetros e computados os custos com investimento inicial com tubos e estação de bombeamento e custo atualizado de energia ao longo de 30 anos de vida útil de projeto e taxa de desconto de 12% aa.

O procedimento consiste no traçado de um gráfico onde as abscissas são o diâmetro e a altura manométrica e no eixo das ordenadas está o custo. Em um mesmo sistema de eixos três gráficos são traçados para cada setor:

- Altura manométrica x custo da tubulação;
- Altura manométrica x custo da energia + estação de bombeamento;
- Altura manométrica x custo total.

Este último gráfico apresenta sempre um ponto de mínimo que é exatamente a combinação econômica procurada. A partir da altura manométrica deste ponto de mínimo, determina-se o diâmetro correspondente que é o diâmetro econômico procurado. O gráfico pode ser ilustrado na FIGURA 10.2

Após a determinação da combinação de diâmetros que fornece o menor custo total, deve-se proceder a análise da altura manométrica resultante desta combinação. Algumas vezes, principalmente em adutoras longas, a altura manométrica é excessivamente alta, impossibilitando a escolha do material hidromecânico das estações de bombeamento e inclusive da própria tubulação. Desta forma, deve ser escolhida uma

combinação mais próxima da mais econômica que forneça altura manométrica do sistema compatível com os materiais hidromecânicos disponíveis no mercado.

Ao se proceder a análise da altura manométrica descrita acima, aparentemente estaríamos deturpando a análise econômica tão embasada teoricamente. Na realidade isto não ocorre, pois, se tivéssemos condições de levar em conta, na análise econômica, o custo de equipamentos hidromecânicos e tubulação para pressão tão elevadas, fora inclusive das oferecidas no mercado, a solução indicada pelo estudo econômica, com absoluta certeza, deixaria de ser a mais econômica.

Quando a escolha de uma nova combinação que forneça uma altura manométrica compatível está muito distante da combinação econômica indicada pelo estudo, é um indicador que é necessário a introdução de uma estação de bombeamento intermediária.

Para os trechos de derivação, o dimensionamento econômico só leva em consideração o custo do investimento inicial com tubulação. Toda a carga excedente na derivação poderá ser dissipada. Para evitar desgastes excessivos e elevadas pressões transitória nas manobras, manteve-se a velocidade entre 1 e 1,5 m/s. Todo o eventual excesso de carga nas cidades deverão ser dissipadas com válvulas redutoras de pressão.

10.2.3 Os critérios hidráulicos para o dimensionamento das adutoras

Os critério utilizados no dimensionamento foram:

1. Fórmula de Colebrook-White em conjunto com a fórmula universal de perda de carga de Darcy-Weisbach

Fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{R\sqrt{f}} \right)$$

Fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Onde: f - fator de atrito

k - Rugosidade do tubo (mm) = 0,1

R - Número de Reynolds

L - Comprimento (m)

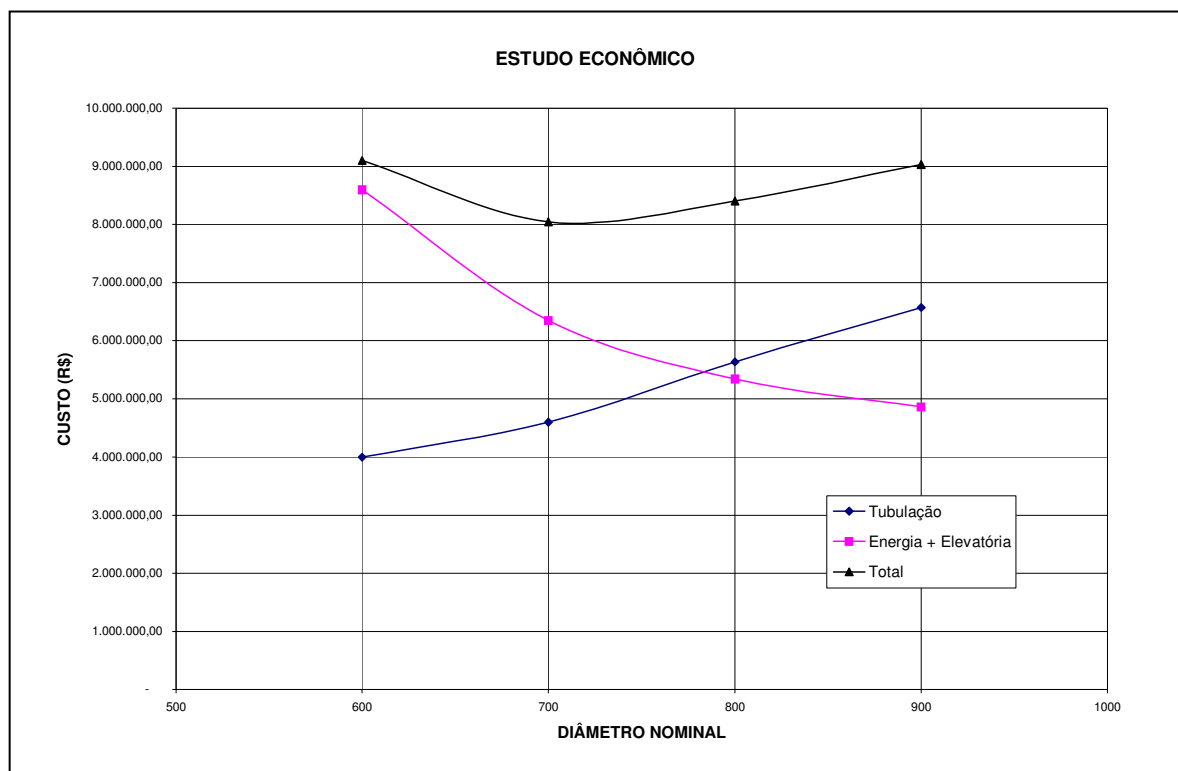
V - Velocidade de escoamento (m/s)

D - Diâmetro (m)

g - Aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

2. Acréscimo de 5% nas perdas de carga distribuídas relativo às perdas de carga localizada ao longo da tubulação. Perdas estas caracterizadas por: (a) derivação para as cidades, (b) tê de derivação para descargas e ventosas, (c) curvas, (d) reduções e (e) derivação para adutoras secundárias.

FIGURA 10.2 - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO



10.2.4 Resultados obtidos

Os resultados finais do dimensionamento das várias alternativas se encontra nos QUADROS 10.1, 10.2 e 10.3.

Nos ANEXO II, encontra-se o resultado da simulação hidráulica e os gráficos do dimensionamento econômico.

10.2.5 Considerações finais

A análise econômica de sistemas de recalque é um estudo teórico que deve ser analisado à luz do bom senso do projetista. Deve-se ter em mente que os resultados advindos do computador não devem ser seguidos religiosamente sem antes proceder-se uma exaustiva análise dos mesmos.

Por exemplo, deve-se levar em conta que estamos projetando em uma região interiorana às vezes desabitada e que a introdução de uma estação de bombeamento adicional para satisfazer o estudo econômico poderá gerar problemas de ordem operacional durante o restante da vida útil do sistema. Muitas vezes é preciso modificar o resultado, a critério do projetista, para que esta elevatória seja eliminada e que tenhamos as estações elevatórias localizadas nas cidades, de fácil acesso e livre de vandalismo.

Para finalizar, frisamos o fato que a análise econômica é uma arma poderosa que antes de ser utilizada, deverá ser bem entendida e interpretada. Vale salientar que estamos fazendo previsões para um horizonte de 30 anos, utilizando dados empíricos (taxas de crescimento populacional) e dados médios (consumo per capita) que, como todos nós sabemos, não serão seguidos à risca.

10.3 Determinação dos custos de investimento inicial

10.3.1 Tubulações

Para a determinação do investimento inicial (custo de tubulações), foram coletados preços de mercado para aquisição de tubos e incorporados os custos de transporte, armazenamento e assentamento, inclusive aterro e reaterro de valas.

Os custos unitários foram obtidos de curva ajustada aos custos utilizados em estudo de sistemas adutores similar e está mostrado no Capítulo 11, item 11.2.3 e representados no QUADRO 11.2 e FIGURA 11.3.

10.3.2 Estações elevatórias

Os custos foram obtidos de estudo de sistemas adutores similares e encontram-se apresentados no capítulo 11, item 11.2.4, e representados nos QUADROS 11.3 e 11.4.

10.4 Determinação dos Custos de Energia

Os custos de energia foram determinados com base nas tarifas horo-sazonais oficiais obtidas na concessionária local. Estes custos estão no capítulo 11, item 11.1 (QUADRO 11.1).

10.5 Apresentação dos resultado do dimensionamento

Os resultados do dimensionamento de todas as alternativas estão resumidas nos Quadros 10.1, 10.2 e 10.3 abaixo

QUADRO 10.1 - RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO – ALTERNATIVA Nº 1

EB/Trecho	L (m)	Q (l/s)	D (mm)	V (m/s)	J (m/km)	Classe de Pressão (Mpa)
EB 1/1						
Barragem - Entroncamento 1	1.100	170,90	400	1,35	4,14	1,8
Entroncamento 1 - Araçagi	13.100	170,90	400	1,35	4,14	1,8
Araçagi – Gurabira	12.600	155,50	400	1,23	3,45	1,8/1,0
GRAVITÁRIO						
Gurabira – Cuitegi	7.000	17,50	200	0,56	1,72	1,0
EB-2						
Guarabira – Pilõezinhos	3.000	6,50	100	0,82	9,30	1,0
EB-1/2						
Barragem - Entroncamento 1	1.100	174,20	400	1,38	4,30	1,0
Entroncamento 1 - Itapororoca	2.700	174,20	400	1,38	4,30	1,0
Itapororoca – Entroncamento 2	12.400	155,90	400	1,24	3,46	1,0
Entroncamento 2 – Mamanguape	1.600	146,90	400	1,16	3,08	1,0
Mamanguape - Rio Tinto	8.240	51,10	250	1,04	4,39	1,0
EB-3						
Entroncamento 2 – Capim	10.200	9,00	150	0,50	2,10	1,8
Capim - Cuité de Mamanguape	9.200	3,50	75	0,79	11,76	1,0
TOTAL	82.240					

Estação Elevatória	Altura Manométrica (m)	Vazão (l/s)
EB 1/1	183,29	170,90
EB 1/2	94,76	174,20
EB 2	51,61	6,50
EB 3	169,99	9,00

QUADRO 10.2 - RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO - ALTERNATIVA Nº 2

EB/Trecho	L (m)	Q (l/s)	D (mm)	V (m/s)	J (m/km)	Classe de Pressão (Mpa)
EB 1/1						
Barragem – Entroncamento 1	1.100	170,90	400	1,35	4,14	1,8
Entroncamento 1- Araçagi	13.100	170,90	400	1,35	4,14	1,8
Araçagi – Gurabira	12.600	155,50	400	1,23	3,45	1,8/1,0
GRAVITÁRIO						
Gurabira – Cuitegi	7.000	17,50	200	0,56	1,72	1,0
EB-2						
Guarabira – Pilõezinhos	3.000	6,50	100	0,82	9,30	1,0
EB-1/2						
Barragem – Entroncamento 1	1.100	18,30	150	1,03	8,21	1,0
Entroncamento 1 – Itapororoca	2.700	18,30	150	1,03	8,21	1,0
EB-1/3						
Barragem –Cuité de Mamanguape	11.040	155,90	400	1,24	3,46	1,8
Cuité de Mamanguape – Capim	9.200	152,40	400	1,21	3,31	1,8/1,0
Capim – Stand Pipe	7.960	146,90	400	1,17	3,08	1,0
GRAVITÁRIO (STAND PIPE)						
Stand pipe - Mamanguape	3.840	146,90	350	1,52	6,12	1,0
Mamanguape – Rio Tinto	8.240	51,10	250	1,04	4,39	1,0
TOTAL	80.880					

Estação Elevatória	Altura Manométrica (m)	Vazões (l/s)
EE 1/1	183,29	170,90
EE1/2	67,21	18,30
EE 1/3	171,30	155,90
EE 2	51,61	6,50

QUADRO 10.3 - RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO – ALTERNATIVA Nº 3

EB/Trecho	L (m)	Q (l/s)	D (mm)	V (m/s)	J (m/km)	Classe de Pressão (Mpa)
EB 1/1						
Barragem – Entroncamento 1	1.100	170,90	400	1,35	4,14	1,8
Entroncamento 1- Araçagi	13.100	170,90	400	1,35	4,14	1,8
Araçagi – Gurabira	12.600	155,50	400	1,23	3,45	1,8/1,0
GRAVITÁRIO						
Gurabira – Cuitegi	7.000	17,50	200	0,56	1,72	1,0
EB-2						
Guarabira – Pilõezinhos	3.000	6,50	100	0,82	9,30	1,0
EB-1/2						
Barragem – Entroncamento 1	1.100	165,20	400	1,31	3,87	1,0
Entroncamento 1 - Itapororoca	2.700	165,20	400	1,31	3,87	1,0
Itapororoca – Mamanguape	14.000	146,90	400	1,16	3,08	1,0
Mamanguape - Rio Tinto	8.240	51,10	250	1,04	4,39	1,0
EB-1/3						
Barragem – Cuité de Mamanguape	11.040	9,00	150	0,50	2,10	1,8
Cuité de Mamanguape – Capim	9.200	5,50	100	0,70	6,43	1,8/1,0
TOTAL	83.080					

Estação Elevatória	Altura Manométrica (m)	Vazão (l/s)
EB 1/1	183,29	170,90
EB 1/2	68,13	165,20
EB 2	51,61	6,50
EB 3	148,30	9,00

11 – COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA MAIS ECONÔMICA

11. COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA

11.1. Premissas Básicas

Após o pré dimensionamento das diversas unidades do sistema, de cada alternativa estudada foi elaborado um orçamento geral com todas as unidades e um estudo econômico, onde foram considerados, a valor presente, os custos dos investimentos das obras, e os custos de Operação e manutenção a taxa de desconto de 12% a.a., ao longo dos 30 anos do horizonte de projeto.

Para efeito de comparação das alternativas e da análise custo/benefício, foram considerados as seguintes diretrizes, custos e parâmetros.

11.1.1 Fatores de conversão

Para a avaliação econômica das alternativas cotejadas, foram considerados os seguintes fatores de conversão:

Mão de obra não qualificada:	0,48
Mão de obra qualificada:	0,79
Máquinas e equipamentos:	0,94
Materiais Importados:	1,00
Energia elétrica:	1,18
Outros:	0,94

11.1.2 Custo de produtos químicos:

Cloro gasoso:	R\$ 1,81/kg
Sulfato de alumínio	R\$ 0,15/kg
Cal	R\$ 0,11/kg

Estimativa de consumo de Produtos Químicos da ETA em R\$/m³ produzido

Cloro: 0,004

Sulfato: 0,026

Cal: 0,011

11.1.3 Custo de energia elétrica:

QUADRO 11.1 - CUSTO DE ENERGIA - BOMBEAMENTO O ANO TODO

1) CONSUMO (R\$/kWh)

Período Seco (Maio a Novembro)

Normal 0,05281

Com desconto 0,005281

Período úmido (Dezembro a Abril)

Normal 0,04675

Com desconto 0,004675

Mês	No.de Dias	Total de Horas de Bombeamento			Preço de Energia (US\$/KwH)		Custo Diário (R\$/kW)	Custo Mensal (R\$/kW)
		Diárias	Normais	c/ Desconto	Normal	c/Desconto		
Jan	31	20,00	20,00	0,00	0,04675	0,004675	0,9350	28,9850
Fev	28	20,00	20,00	0,00	0,04675	0,004675	0,9350	26,1800
Mar	31	20,00	20,00	0,00	0,04675	0,004675	0,9350	28,9850
Abr	30	20,00	20,00	0,00	0,04675	0,004675	0,9350	28,0500
Mai	31	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	32,7422
Jun	30	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	31,6860
Jul	31	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	32,7422
Ago	31	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	32,7422
Set	30	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	31,6860
Out	31	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	32,7422
Nov	30	20,00	20,00	0,00	0,05281	0,005281	1,0562	31,6860
Dez	31	20,00	20,00	0,00	0,04675	0,004675	0,9350	28,9850
CUSTO TOTAL ANUAL DE CONSUMO (R\$/Kw)								367,2118

2) DEMANDA (R\$/kW/mês) (Fora da ponta): 3,74

CUSTO TOTAL ANUAL DE DEMANDA (R\$/kW) 44,88

3) CUSTO TOTAL (R\$/kW)

CUSTO TOTAL ANUAL DE ENERGIA (R\$/kW) 412,09

CUSTO TOTAL DE ENERGIA ATUALIZADO (R\$/kW) 3.319,48

Período de atualização (anos) 30

Taxa de atualização ao ano (%) 12

11.2. Custos Unitários das diversas unidades

Foram adotados os seguintes custos unitários para avaliação dos custos das obras integrantes dos sistemas adutoras cotejadas.

11.2.1. Captação

No estudo econômico comparativo, não foram considerados estimativas de custos dessa obra uma vez que ela será aplicada às três alternativas com as mesmas características dimensionais, pois a concepção das alternativas prevê para cada sistema adutor estudado uma única captação dirigindo às águas para o poço(s) de sucção da EB(s).

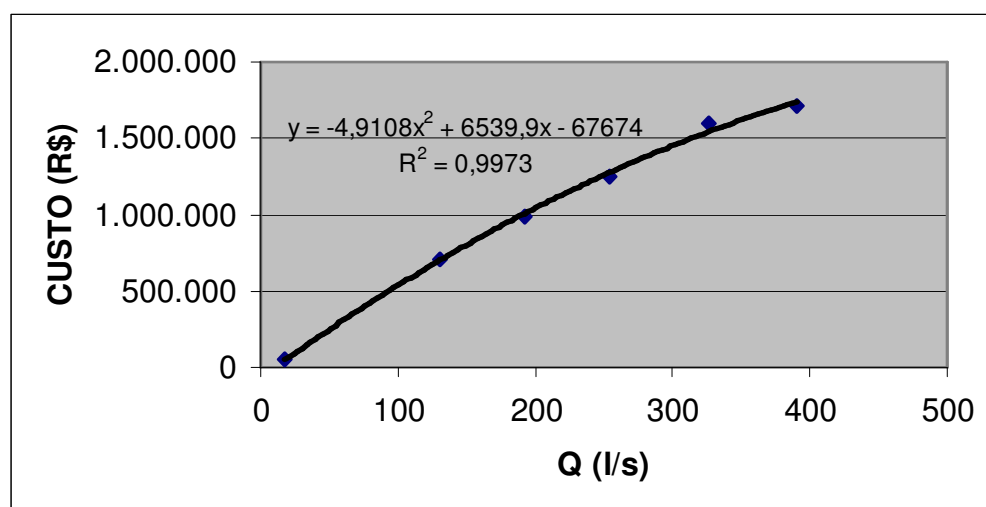
Para efeito do cálculo do VPLE, foi considerado o custo de R\$ 55.000,00, para a captação derivada da tomada d'água da barragem, considerando-se uma tubulação de 400mm de diâmetro de ferro fundido e extensão de 200m. Este custo estimado inclui os serviços de escavação, reaterro e a válvula controladora e redutora de pressão e respectivas válvulas de guarda.

11.2.2. ETA convencional

Os custos desse tipo de ETA incluindo a Casa de Química foram obtidos de curva ajustada a custos de sistemas adutores similares construídos em diversas regiões do país. (ver figura 11.2)

FIGURA 11.2 – CUSTO ETA CONVENCIONAL X VAZÃO

Q (l/s)	CUSTO R\$
18	50.000
130	710.000
192	990.000
254	1.250.000
326	1.600.000
390	1.710.000



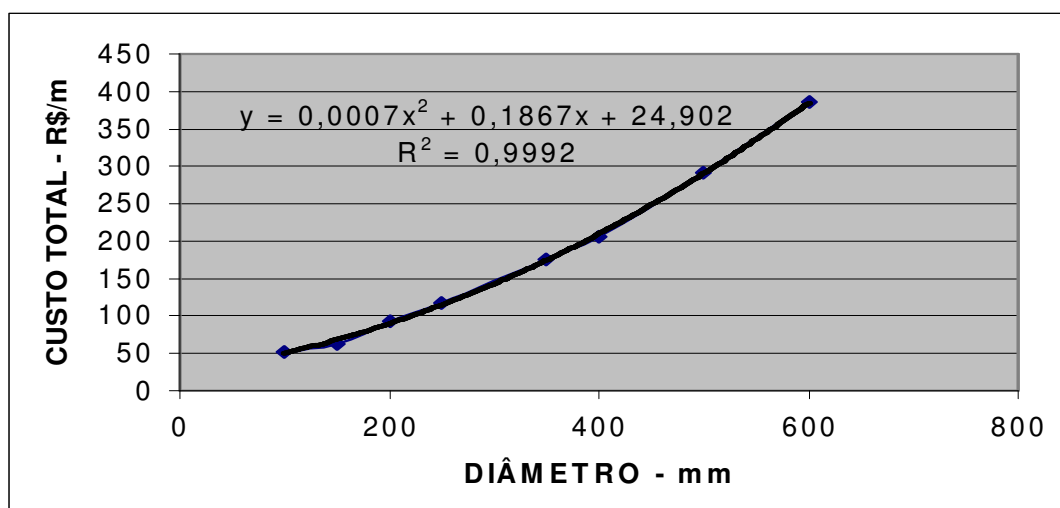
11.2.3. Tubulações

Os custos unitários foram obtidos de curva ajustada aos custos utilizados em estudo de sistemas adutores similares que apresentamos abaixo QUADRO 11.2 e FIGURA 11.3.

QUADRO 11.2 – CURVA DE CUSTOS GLOBAIS DE TUBULAÇÕES

DN	VOL/m m ³ /m	ESCAV R\$/m	REATERRO R\$/m	COLCHÃO R\$/m	REATERRO R\$/m	TUBO R\$/m	RECEBIMENTO ARMAZENAMENTO CARGA E TRANSPORTE R\$/m	PREÇO DO TUBO COMPOSTO R\$/m	PREÇO AJUSTADO PELA CURVA TOTAL R\$/m
100	0,50	3,75	3,11	2,06	8,93	32,49	1,64	52,48	50,57
150	0,58	4,33	3,59	2,27	10,19	38,90	2,33	62,19	68,66
200	0,66	4,95	4,11	2,48	11,53	65,80	3,05	92,58	90,24
250	0,75	5,61	4,65	2,68	12,94	86,15	4,95	117,73	115,33
350	0,94	7,03	5,84	3,09	15,96	136,36	6,84	176,06	176,00
400	1,04	7,80	6,47	3,30	17,57	161,92	8,07	206,17	211,58
500	1,26	9,45	7,84	3,71	21,01	237,84	9,60	290,71	293,25
600	1,50	11,25	9,34	4,13	24,71	320,26	14,48	385,67	388,92

FIGURA 11.3 – CUSTO DE TUBULAÇÃO



11.2.4. Estações Elevatórias

Os custos foram obtidos de estudo de sistemas adutores similares e encontram-se apresentados nos QUADROS 11.3 e 11.4.

QUADRO 11.3 – Custo Médio Para Elevatórias Acima de 80 Kw.

OBRAS CIVIS	
DISCRIMINAÇÃO	CUSTO ATUALIZADO R\$
SERVIÇOS PRELIMINARES	7.843,89
MOVIMENTOS DE TERRA	31.275,57
SERVIÇOS CIVIS	653.870,28
SERVIÇOS COMPLEMENTARES	142.846,86
INSTALAÇÃO ELÉTRICA A.T.	1.944.846,86
TOTAL DE 09 EES ESTUDADAS	2.780.683,46

CUSTO MÉDIO POR EB	380.964,83 (*)
--------------------	----------------

(*) – Valor médio de 09 Estações Elevatórias estudadas.

HIDROMECAÂNICO

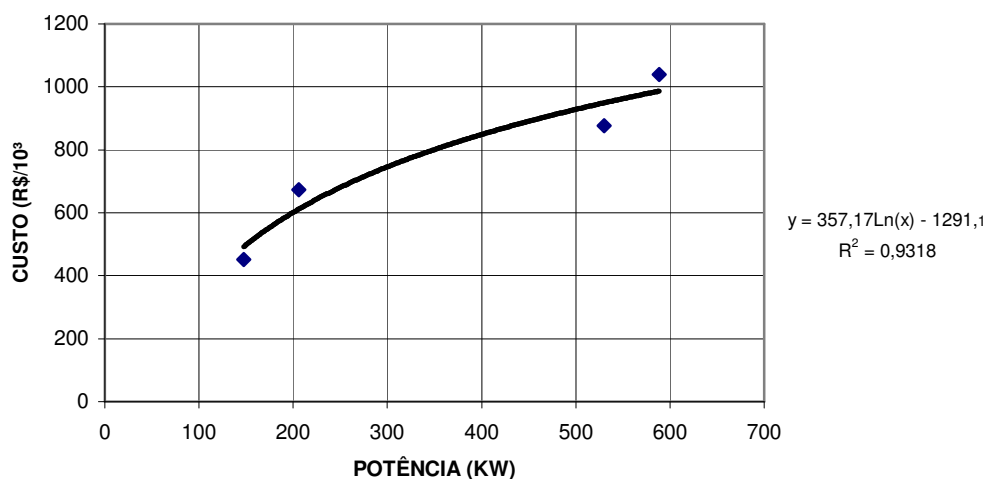
POTÊNCIA	CUSTO ATUALIZADO R\$
147,2 kw	141.741,00
206,08 kw	364.411,01
529,9 kw	568.521,00
588,8 kw	729.360,00

CUSTO MÉDIO COMPOSTO PARA AS EB'S

POTÊNCIA (KW)	CUSTO ATUALIZADO R\$ x 1.000,00
147,2	450,71
206,08	673,38
529,9	877,49
588,8	1.038,32

FONTE: MAGNA/GERSAR – TABULEIROS LITORÂNEOS

FIGURA 11.4 – CUSTO DAS ELEVATÓRIAS ACIMA DE 80 Kw



QUADRO 11.4 – Custo Médio Para Elevatórias Até 80 Kw.

OBRAS CIVIS

DISCRIMINAÇÃO	CUSTO ATUALIZADO R\$
SERVIÇOS PRELIMINARES	3.921,95
MOVIMENTOS DE TERRA	15.637,79
SERVIÇOS CIVIS	326.935,14
SERVIÇOS COMPLEMENTARES	71.423,43
INSTALAÇÃO ELÉTRICA A.T.	0,00 (*)
TOTAL DE 09 EES ESTUDADAS	417.918,30

(*) – Admitiu-se que devido as baixas potências envolvidas (menores que 80kW), os custos de instalação de energia elétrica de alta tensão não seriam considerados.

CUSTO MÉDIO POR EB	46.435,37
--------------------	-----------

HIDROMECAÂNICO

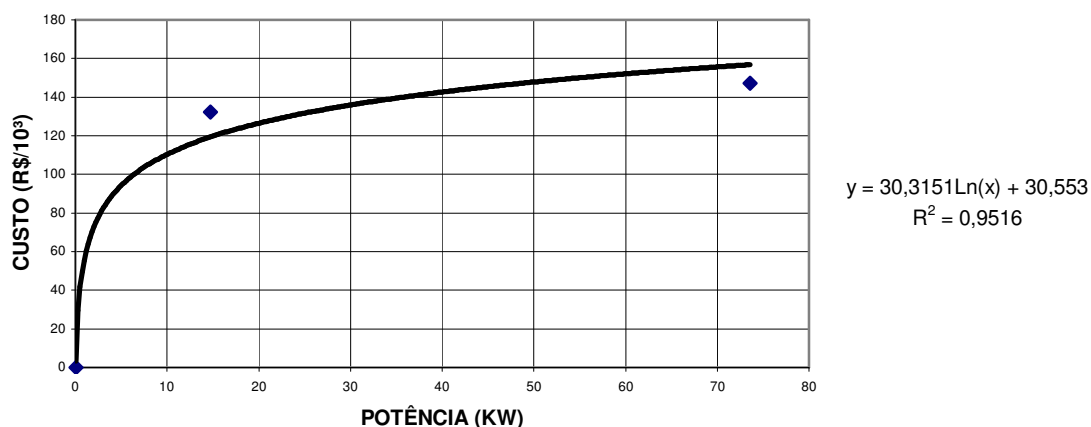
POTÊNCIA	CUSTO ATUALIZADO R\$
0	0,00
14,76 kw	85.851,60
73,60 kw	100.647,00

CUSTO MÉDIO COMPOSTO PARA AS EB'S

POTÊNCIA (KW)	CUSTO ATUALIZADO R\$ x 1.000,00
0	0
14,76	132,29
73,6	147,08

FONTE: MAGNA/GERSAR – TABULEIROS LITORÂNEOS

FIGURA 11.5 - CUSTO DAS ELEVATÓRIAS MENORES QUE 80 KW



11.3 Custos totais

11.3.1 Estações elevatórias e energia

Os custos com estação elevatória tanto com investimento inicial (obras civis e equipamentos) e com energia atualizada, se encontra no QUADRO 11.5 abaixo.

QUADRO 11.5 - CUSTO DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS E ENERGIA

Alt.	Estação	Altura Manom.	Vazão (l/s)	Potência		Custo da Elev. (R\$)	Valor Atual do Custo de Energia (R\$)
				CV	KW		
1	EB-1/1	183,29	170,90	596,65	439,14	882.111,54	1.457.756,88
	EB-1/2	94,76	174,20	314,42	231,42	653.309,60	768.205,60
	EB-2	51,61	6,50	5,69	4,19	73.969,69	13.901,95
	EB-3	169,99	9,00	29,14	21,45	123.487,45	71.198,39
2	EB-1/1	183,29	170,90	596,65	439,14	882.111,54	1.457.756,88
	EB-1/2	67,21	18,30	23,43	17,24	116.871,47	57.238,63
	EB-1/3	171,30	155,90	508,68	374,39	825.136,85	1.242.818,60
	EB-2	51,61	6,50	5,69	4,19	73.969,69	13.901,95
3	EB-1/1	183,29	170,90	596,65	439,14	882.111,54	1.457.756,88
	EB-1/2	68,13	165,20	214,38	157,79	516.521,72	523.784,57
	EB-1/3	148,30	9,00	25,42	18,71	119.349,38	62.113,78
	EB-2	51,61	6,50	5,69	4,19	73.969,69	13.901,95

Alt.	Potência Consumida em KW	Custo Total de Elevatória (R\$)	Custo Total Atual de Energia Elétrica (R\$)
1	696,19	1.732.878,27	2.311.062,82
2	834,95	1.898.089,55	2.771.716,07
3	601,11	1.591.952,33	2.057.557,18

13.1.2 Sistema adutor

O custo do sistema adutor de todas alternativas se encontra nos QUADROS 11.6 a 11.8 abaixo.

QUADRO 11.6 - CUSTO DO SISTEMA ADUTOR - ALTERNATIVA 1

ALTERNATIVA 1				
TRECHO	COMPRIMENTO (m)	DN (mm)	PREÇO (R\$)	
			Unit	Total
EB1/1				
Barragem - Entroncamento 1	1.100	400	211,58	232.738,00
Entroncamento 1- Araçagi	13.100	400	211,58	2.771.698,00
Araçagi - Guarabira	12.600	400	211,58	2.665.908,00
				5.670.344,00
GRAVITÁRIO				
Guarabira – Cuitegi	7.000	200	90,24	631.680,00
				631.680,00
EB-2				
Guarabira – Pilõesinhos	3.000	100	50,57	151.710,00
				151.710,00
EB-1/2				
Barragem - Entroncamento 1	1.100	400	211,58	232.738,00
Entroncamento 1 - Itapororoca	2.700	400	211,58	571.266,00
Itapororoca – Entroncamento 2	12.400	400	211,58	2.623.592,00
Entroncamento 2 - Mamanguape	1.600	400	211,58	338.528,00
Mamanguape - Rio Tinto	8.240	250	115,33	950.319,20
				4.716.443,20
EB-3				
Entroncamento 2 – Capim	10.200	150	68,66	700.332,00
Capim - Cuité de Mamanguape	9.200	75	42,84	394.128,00
	82.240			1.094.460,00
CUSTO DA TUBULAÇÃO ASSENTADA				12.264.637,20
CONEXÕES, VÁLVULAS, DESCARGA, VENTOSAS (10%)				1.226.463,72
MOBILIZAÇÃO, DESMOBILIZAÇÃO E OBRAS ESPECIAIS (10%)				1.226.463,72
PREÇO TOTAL DA ALTERNATIVA 1				14.717.564,64

QUADRO 11.7 - CUSTO DO SISTEMA ADUTOR - ALTERNATIVA 2

ALTERNATIVA 2				
TRECHO	COMPRIMENTO (m)	DN (mm)	PREÇO (R\$)	
			Unit	Total
EB 1/1				
Barragem – Entroncamento 1	1.100	400	211,58	232.738,00
Entroncamento 1- Araçagi	13.100	400	211,58	2.771.698,00
Araçagi – Guarabira	12.600	400	211,58	2.665.908,00
				5.670.344,00
GRAVITÁRIO				
Guarabira – Cuitegi	7.000	200	90,24	631.680,00
				631.680,00
EB-2				
Guarabira – Pilõezinhos	3.000	100	50,57	151.710,00
				151.710,00
EB-1/2				
Barragem – Entroncamento 1	1.100	150	68,66	75.526,00
Entroncamento 1 – Itapororoca	2.700	150	68,66	185.382,00
				260.908,00
EB-1/3				
Barragem – Cuité de Mamanguape	11.040	400	211,58	2.335.843,20
Cuité de Mamanguape – Capim	9.200	400	211,58	1.946.536,00
Capim – Stand Pipe	7.960	400	211,58	1.684.176,80
				5.966.556,00
GRAVITÁRIO (STAND PIPE)				
Stand pipe - Mamanguape	3.840	350	176,00	675.840,00
Mamanguape - Rio Tinto	8.240	250	115,33	950.319,20
				1.626.159,20
CUSTO DA TUBULAÇÃO ASSENTADA				14.307.357,20
CONEXÕES, VÁLVULAS, DESCARGA, VENTOSAS (10%)				1.430.735,72
MOBILIZAÇÃO, DESMOBILIZAÇÃO E OBRAS ESPECIAIS (10%)				1.430.735,72
PREÇO TOTAL DA ALTERNATIVA 2				17.168.828,64

QUADRO 11.8 - CUSTO DO SISTEMA ADUTOR - ALTERNATIVA 3

ALTERNATIVA 3				
TRECHO	COMPRIMENTO (m)	DN (mm)	PREÇO (R\$)	
			Unit	Total
EB 1/1				
Barragem - Entroncamento 1	1.100	400	211,58	232.738,00
Entroncamento 1 - Araçagi	13.100	400	211,58	2.771.698,00
Araçagi - Gurabira	12.600	400	211,58	2.665.908,00
				5.670.344,00
GRAVITÁRIO				
Gurabira – Cuitegi	7.000	200	90,24	631.680,00
				631.680,00
EB-2				
Guarabira – Pilõezinhos	3.000	100	50,57	151.710,00
				151.710,00
EB-1/2				
Barragem - Entroncamento 1	1.100	400	211,58	232.738,00
Entroncamento 1 - Itapororoca	2.700	400	211,58	571.266,00
Itapororoca - Mamanguape	14.000	400	211,58	2.962.120,00
Mamanguape - Rio Tinto	8.240	250	115,33	950.319,20
				4.716.443,20
EB-1/3				
Barragem – Cuité de Mamanguape	11.040	150	68,66	758.006,40
Cuité de Mamanguape - Capim	9.200	100	50,57	465.244,00
				1.223.250,40
CUSTO DA TUBULAÇÃO ASSENTADA				12.393.427,60
CONEXÕES, VÁLVULAS, DESCARGA, VENTOSAS (10%)				1.239.342,76
MOBILIZAÇÃO, DESMOBILIZAÇÃO E OBRAS ESPECIAIS (10%)				1.239.342,76
PREÇO TOTAL DA ALTERNATIVA 3				14.872.113,12

11.3.3 Estação de tratamento

O custo da estação de tratamento par as 3 alternativas estudadas foi obtido da curva apresentada anteriormente e são apresentados no QUADRO 11.9 a seguir:

QUADRO 11.9 - CUSTO DA ETA

ALTERNATIVA	CUSTO DA ETA (R\$)
1	1.604.398,62
2	1.604.398,62
3	1.604.398,62

11.3.4 Sistema de proteção contra transientes hidráulicos

O custo do sistema de proteção contra transientes hidráulicos foi estimado como sendo 5% do sistema adutor (Tubulação + conexões e válvulas), conforme foi constado em sistemas adutores similares em vários estados do Nordeste.

QUADRO 11.10 - CUSTO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO

ALTERNATIVA	CUSTO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO (R\$)
1	674.555,05
2	786.904,65
3	681.638,52

11.3.5 Seleção da alternativa

O QUADRO 11.11 a seguir apresenta o Valor Presente Líquido Econômico (VPLE) descontados em um fluxo de caixa de 30 anos, à taxa de 12% a.a. dos custos de investimentos operação e manutenção das alternativas estudadas.

O QUADRO 11.11 apresenta os custos com investimento e energia atualizada para as três alternativas estudadas.

QUADRO 11.11 – VALORES VPLE OBTIDOS PARA AS TRÊS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	VPLE (R\$)
1	21.257.916,08
2	23.977.125,60
3	21.013.218,22

QUADRO 11.12 - CUSTOS DE INVESTIMENTO E ENERGIA PARA AS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

ALTERNATIVA	CUSTO DE INVESTIMENTO			ENERGIA	TOTAL
	ELEVATÓRIA	ADUTORA (*)	PARCIAL 1		
1	1.732.878,27	15.392.119,69	17.124.997,96	2.311.062,82	19.436.060,78
2	1.898.089,55	17.955.733,29	19.853.822,84	2.771.716,07	22.625.538,91
3	1.591.952,33	15.553.751,64	17.145.703,97	2.057.557,18	19.203.261,15

(*) No Custo da adutora está incluso o sistema de proteção contra transientes hidráulicos

Pelos números acima, vemos que a alternativa 3 possui menor VPLE das 3 alternativas estudadas, embora uma diferença de 1,16% configure empate técnico, dado o nível no que foi realizado o estudo.

A escolha então prossegue numa análise dos custos direto com investimento.

O investimento inicial da Alternativa 3 é um pouco mais baixo que o da Alternativa 1, embora esta diferença (0,12%) seja considerada desprezível.

Conclui-se que há um empate técnico entre as alternativas 1 e 3. Em termos de VPLE, a Alternativa é a nº 3 é a escolhida. No caso de priorizar-se os investimentos iniciais, a uma ligeira vantagem da Alternativa nº 1.

Esta vantagem, no entender da Consultora, perde significação pelo fato de, na Alternativa 3, se concentrar 3 elevatórias na mesma casa de bombas, junto a ETA, enquanto que na Alternativa 1, há a necessidade de uma estação de bombeamento completa ao longo do caminhamento da adutora exposta a vandalismos e sendo necessário o deslocamento de um operador da cidade mais próxima diariamente.

Desta forma, opta-se pela Alternativa nº 3 como solução para o sistema Adutor Araçgi.

O ANEXO III apresenta os quadros de memória de cálculo que foram necessários para a determinação do VPLE das alternativas estudadas.

12. ANÁLISE AMBIENTAL

12.1. Avaliação Preliminar dos Impactos Ambientais

Mesmo considerando os inúmeros efeitos positivos sobre a saúde pública, a conservação dos recursos ambientais e a qualidade de vida da população gerados com a implantação de Sistemas de Abastecimento de Água, sabe-se que a avaliação da viabilidade ambiental das alternativas propostas é fundamental para o desenvolvimento de projetos de saneamento dentro dos princípios de sustentabilidade.

Desta forma, neste Estudo de Concepção serão identificados os impactos ambientais presumíveis, positivos e negativos, mais significativos para cada fase e ação das alternativas de projeto, e o seu reatamento nos fatores mais relevantes que compõem o sistema ambiental.

Em seguida esses impactos serão caracterizados de acordo com o efeito (negativo, positivo), natureza (direta, indireta), duração (curta, média, longa) e magnitude (pequena, média, grande).

Na fase de instalação da obra os impactos mais significativos, estão relacionados com o aumento de ruídos, da poluição atmosférica e com os incômodos à população que serão gerados pelas obras civis. Esses impactos são de certa duração e de intensidade pequena e localizada, conforme se pode observar nos Quadros a seguir.

A obra da Barragem de Araçagi quer servirá de manancial para o Sistema Adutor, deverá trazer outros efeitos adversos como a remoção de vegetação e de populações. No caso do desmatamento, como trata-se de caatinga no entorno da área a ser inundada, acredita-se que o impacto não será de grande magnitude, não atingindo área de interesse ambiental e de solos agricultáveis. A remoção dos moradores é um efeito negativo sempre relevante, já que altera, entre outros, as relações culturais e de vizinhança. Durante as obras civis podem ser carreados resíduos para a barragem, aumentando, entre outros, a turbidez e cor da água, ou seja, alterada a sua qualidade.

Caso a remoção da vegetação da área a ser inundada não seja bem feita, pode-se verificar um risco de eutrofização do manancial.

Além desses aspectos, merece destaque na fase de instalação do Sistema Adutor a geração de empregos e renda esperada nos municípios envolvidos. Empregos diretos, que poderão absorver residentes na área, e demanda por outros bens e serviços, deverão aumentar a renda durante esse período.

Com o início da operação do sistema são esperados os custos benefícios mais relevantes para toda a comunidade.

Com o tratamento e distribuição de água potável deverá ser observada uma melhoria nas condições de saúde da população, o que, aliada a uma disponibilidade quantitativa da água, permitirá o acréscimo da estrutura produtiva e de serviços local. Com a construção da ETA's, se poderá ofertar água de melhor qualidade que a atualmente distribuída. Na operação das ETA's existe também um risco de acidente com o transporte e armazenamento dos produtos químicos, que poderá ser minimizado com cuidados construtivos e capacitação dos operadores das estações.

No que se refere à disposição das águas de lavagem dos filtros, caso não seja tratada e avaliada a sua reutilização, poderá ser observada a contaminação do corpo receptor e conseqüente interferência nos usos da água à jusante do despejo.

**QUADRO 12.1 - IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PRESUMÍVEIS MAIS SIGNIFICATIVOS E SEU REBATIMENTO NO SISTEMA AMBIENTAL
SISTEMA ADUTOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ARAÇAGI**

Ordem	FaseAção	Impactos Ambientais Presumíveis	Sistema Ambiental										
			Sistema - Físico - Biótico						Sistema Sócio-Econômico				
			Ar	Geologia/ Geomorfologia	Solos	Recursos Hídricos	Fauna	Flora	Saúde Pública	Educação	Uso do Solo	Infra- Estrutura	Atividades Econ. e Estrut. Produtiva
1	Instalação												
1.1	Barragem de regularização	Alteração do regime hidrológico											
		Alteração da qualidade da água											
		Aumento do risco de eutroficação e salinização											
		Remoção da cobertura vegetal											
		Remoção da população											
		Aumento da poluição sonora e atmosférica											
		Aumento do risco de acidentes											
		Interferência nos usos da água											
		Geração de empregos e renda											
1.2	Adução	Aumento da poluição sonora e atmosférica											
		Incômodos à população											
		Aumento do risco de acidentes											
		Geração de empregos e renda											
1.3	Estação Elevatória	Aumento da poluição sonora e atmosférica											
		Incômodos à população											
		Geração de empregos e renda											

**QUADRO 12.2 - IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PRESUMÍVEIS MAIS SIGNIFICATIVOS E SEU REBATIMENTO NO SISTEMA AMBIENTAL
SISTEMA ADUTOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ARAÇAGI**

Ordem	Fase/Ação	Impactos Ambientais Presumíveis	Sistema Ambiental										
			Sistema - Físico - Biótico						Sistema Sócio-Econômico				
			Ar	Geologia/ Geomorfologia	Solos	Recursos Hídricos	Fauna	Flora	Saúde Pública	Educação	Uso do Solo	Infra- Estrutura	Atividades Econ. e Estrut. Produtiva
1.4	Unidade de Tratamento	Aumento da poluição sonora e atmosférica											
		Incômodos à população											
		Geração de empregos a renda											
2	Operação												
2.1	Captação	Alteração do regime hidrológico											
		Interferência na fauna aquática											
2.2	Tratamento	Melhoria das condições de saúde da população											
		Crescimento da estrutura produtiva e de serviços											
		Acidentes com transporte e armazenamento de produtos químicos											
2.3	Disposição das Águas de Lavagem	Contaminação dos recursos hídricos											
		Interferência no uso da água à jusante do lançamento											

**QUADRO 12.3 - ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PRESUMÍVEIS MAIS SIGNIFICATIVOS
SISTEMA ADUTOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ARAÇAGI**

Ordem	Fase/Ação	Impactos Ambientais Presumíveis	Atributos dos Impactos			
			Efeito	Natureza	Duração	Magnitude
1	Instalação					
1.1	Barragem de regularização	Alteração do regime hidrológico	Negativo	Direta	Curta	Média
		Alteração da qualidade da água	Negativo	Direta	Longa	Média
		Aumento do risco de eutroficação e salinização	Negativo	Direta	Longa	Média
		Remoção da cobertura vegetal	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Remoção da população	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Aumento da poluição sonora e atmosférica	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Aumento do risco de acidentes	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Interferência nos usos da água	Negativo	Indireta	Longa	Pequena
		Geração de empregos e renda	Positivo	Direta	Curta	Média
1.2	Adução	Aumento da poluição sonora e atmosférica	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Incômodos à população	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Aumento do risco de acidentes	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Geração de empregos e renda	Positivo	Direta	Curta	Média
1.3	Estação Elevatória	Aumento da poluição sonora e atmosférica	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Incômodos à população	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Geração de empregos e renda	Positivo	Direta	Curta	Pequena
1.4	Unidade de Tratamento	Aumento da poluição sonora e atmosférica	Negativo	Direta	Curta	Pequena
		Incômodos à população	Negativo	Direta	Curta	Pequena

**QUADRO 12.4 - ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PRESUMÍVEIS MAIS SIGNIFICATIVOS
SISTEMA ADUTOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ARAÇAGI**

Ordem	Fase/Ação	Impactos Ambientais Presumíveis	Atributos dos Impactos			
			Efeito	Natureza	Duração	Magnitude
		Geração de empregos e renda	Positivo	Direta	Curta	Pequena
2	Operação					
2.1	Captação	Alteração do regime hidrológico	Negativo	Direta	Longa	Média
		Interferência na fauna aquática	Negativo	Direta	Longa	Pequena
2.2	Tratamento	Melhoria das condições de saúde da população	Positivo	Direta	Longa	Grande
		Crescimento da estrutura produtiva e de serviços	Positivo	Indireta	Longa	Média
		Acidentes com transporte e armazenamento de produtos químicos	Negativo	Indireta	Curta	Pequena
2.3	Disposição das Águas de Lavagem	Contaminação dos recursos hídricos	Negativo	Direta	Longa	Pequena
		Interferência no uso da água à jusante do lançamento	Negativo	Indireta	Longa	Pequena

12.2. Medidas Mitigadoras

As medidas mitigadoras, no contexto da avaliação de impacto ambiental, objetivam atenuar e/ou eliminar as alterações adversas, além de potencializar os impactos positivos que venham a ser gerados com a implementação de planos, programas, projetos ou atividades em uma determinada região.

No caso específico de projetos de saneamento básico, há de se considerar que o seu objetivo maior é promover a melhoria da qualidade de vida, sendo fundamental nesta etapa de estudo de concepção evitar equívocos na escolha da alternativa mais adequada e orientar para que a institucionalização do processo e execução dos projetos transcorra de forma a beneficiar toda a comunidade.

Desta forma, para as alternativas escolhidas para o Sistema Adutor Araçagi são apresentadas medidas mitigadoras, classificando-as quanto à natureza (preventiva, corretiva, compensatória), à fase do projeto em que deverá ser adotada (planejamento, instalação, operação), o responsável por sua implementação (SEMARH, Governo do Estado, municípios, usuários, etc.) e o prazo de sua permanência (curto, médio, longo). Além disso, é feita uma estimativa preliminar do custo das ações propostas.

Para evitar, mitigar ou corrigir os impactos ambientais negativos esperados na fase de instalação do Sistema Adutor Araçagi, são apresentadas algumas medidas que envolvem cuidados construtivos e manutenção do bem-estar da população.

A aquisição das terras, seja para a construção da barragem Araçagi ou para os demais equipamentos do sistema, deverá, sempre que possível, incluir representantes da sociedade civil organizada, de forma a evitar conflitos e dar uma maior transparência ao processo.

A capacitação tanto dos empregados das obras como dos operadores da SEMARH é importante para evitar impactos potenciais aos meios físico, biótico e antrópico.

Para potencializar a geração de emprego e renda recomenda-se priorizar os moradores no município na seleção da mão-de-obra a ser contratada. Além do incremento de renda para o município, se busca evitar a vinda de grande número de pessoas estranhas, que podem interferir nas relações sócio-culturais locais.

As águas de lavagem dos filtros da ETA serão encaminhadas a um tanque de decantação, onde o lodo será removido periodicamente e descartado no sistema de limpeza pública municipal. Se recomenda avaliar a possibilidade de reuso, como o retorno à ETA, desse efluente final, ao invés de descartar na rede de drenagem.

O reflorestamento da faixa de proteção da barragem é uma medida recomendável, pois além de prevenir a erosão e assoreamento, evita a instalação de fontes poluidoras potenciais da água de captação.

O monitoramento da água tratada é uma exigência legal definida na Portaria MS nº 36 de 19/01/90, que contempla o tipo, número mínimo e frequência de análises. Além disso é necessário monitorar a qualidade da água do manancial, tanto do ponto de vista sanitário, como relativo ao controle de supercrescimento de algas.

Considerando os conflitos previstos no futuro e a necessidade de encontrar uma maior garantia ao sistema proposto em termos de quantidade e qualidade da água dos mananciais, se recomenda estimular e participar de um comitê de usuários, que permita priorizar o uso para o abastecimento público de um processo participativo de gestão dos recursos hídricos.

**QUADRO 12.5 - CARACTERIZAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS NAS DIVERSAS FASES DO EMPREENDIMENTO
SISTEMA ADUTOR ARAÇAGI / AVALIAÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS**

Ordem	Medida Mitigadora	Fase do Empreendimento	Natureza	Prazo de Permanência	Responsável Por Sua Implementação	Custo Ambiental Preliminar
1	Evitar movimentação de terras e limpeza de áreas em períodos chuvosos, protegendo o solo de processos erosivos.	Instalação	Preventiva	Curto	Construtora	-
2	Recuperar as áreas de empréstimo e botafora, recompondo a vegetação.	Instalação	Corretiva	Curto	Construtora	(*)
3	Sinalizar as vias e trechos em obras e as utilizadas para manutenção de máquinas e equipamentos.	Instalação	Preventiva	Curto	Construtora	(*)
4	Proteção e recuperação da infra-estrutura e equipamentos públicos e privados que venham a ser afetados.	Instalação	Preventiva	Curto	Construtora	(*)
5	Selecionar adequadamente as áreas para instalação dos canteiros de obra, executando a disposição adequada dos seus resíduos.	Instalação	Preventiva	Curto	Construtora	-
6	Orientar os trabalhos das obras quanto à necessidade de preservação dos recursos ambientais.	Instalação	Preventiva	Curto	Construtora	3.000,00
7	Capacitar os empregados quanto a correta operação da ETA e manejo dos seus resíduos.	Instalação	Preventiva	Curto	SEMARH	2.000,00
8	Avaliar a possibilidade de reuso do efluente das lavagens de filtros.	Instalação	Corretiva	Curto	SEMARH	5.000,00
9	Priorizar os residentes no município para a seleção dos empregados da obra.	Instalação	Compensatória	Curto	Construtora	-
10	Promover processo participativo de aquisição das terras a serem utilizadas.	Instalação	Compensatória	Curto	SEMARH	-
11	Remover a vegetação da área a ser inundada pelo reservatório da barragem.	Instalação	Preventiva	Curto	Construtora	(*)
12	Implantar programa de monitoramento de qualidade da água do manancial e da água tratada.	Operação	Preventiva	Longo	SEMARH	24.000,00/ano
13	Reflorestar com vegetação nativa a faixa de proteção da barragem.	Operação	Compensatória	Longo	SEMARH	-
14	Manter a descarga mínima no curso d'água da barragem.	Operação	Preventiva	Longo	SEMARH	-
15	Apoiar a formação de comitês de usuários na barragem.	Operação	Preventiva	Longo	SEMARH	-
16	Promover campanha pública para evitar desperdício de água e estimular a adoção de hábitos de higiene nas cidades sofridas.	Operação	Preventiva	Curto	SEMARH	4.000,00/ano

(*) Custos já incluídos no Projeto.

12.3. Aspectos Legais e Normativos

12.3.1. Estudos de Impacto Ambiental

A política Nacional de Meio Ambiente, foi constituída pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.724 de 1990, que criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, cuja instância superior é o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

O Brasil tem uma política de meio ambiente bastante moderna e avançada, consagrada na Constituição Federal de 1988, nas Constituições Estaduais e na Lei Orgânica de alguns municípios. Com elas ampliou-se o conceito de responsabilidade e a possibilidade de sanção civil e penal para os órgãos públicos e seus administradores, além das pessoas físicas e jurídicas de direito privado.

O art. 225 da Constituição Federal instituiu que todas as obras ou atividades públicas ou privadas que possam causar impactos ambientais significativos deverão ser licenciadas e definir que o Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA como instrumentos básicos garantindo seu caráter público.

A resolução CONAMA nº 001/86 estabelece os requisitos necessários à avaliação de impactos e ao licenciamento das atividades modificadoras do meio ambiente, entre outras, as de saneamento, exigindo a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

A Instrução Normativa do Ministério do Meio-Ambiente – IN-MA-01, de 5 de setembro de 1995, disciplina a reposição florestal no país.

A legislação ambiental brasileira prevê a criação pelo Poder Público, Estadual ou Municipal, de espaços territoriais (entre outras, as áreas de proteção ambiental) a serem especialmente protegidos, os quais podem ser criados em áreas de domínio público ou privado.

O art. 2º do Código Florestal criado pela Lei 4.771/65, considera a preservação permanente as “florestas e demais formas de vegetação natural situadas”:

- ao longo dos rios ou qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

Largura da Faixa (m)	Largura do Curso de Água (m)
30	< 10
50	10 a 50
100	50 a 200
200	200 a 600

- ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de águas naturais ou artificiais;
- nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados “olho d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura;
- nos topos dos morros, montes, montanhas e serras;
- nas encostas com declive superior a 45°;
- nas restingas, fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, e
- em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação.

12.3.2. Qualidade das Águas

A existência de esquemas racionais para a utilização dos recursos aquáticos para o estabelecimento de uma política eficaz de proteção dos cursos de água, considerada no contexto do desenvolvimento sócio-econômico, é assim uma necessidade inadiável em consonância com o Capítulo 18 da AGENDA 21 da conferência da ONU – Rio 92 sobre meio-ambiente.

Um dos principais desafios que o Brasil e notadamente o Estado da Paraíba deverá enfrentar nos próximos anos está relacionado com a gestão dos recursos hídricos, mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração.

A recente Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, reflete a compreensão de tal necessidade pelo Governo brasileiro.

Esta Lei regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação de Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

No seu Artigo 2º, inciso I, tem-se, como objetivo “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

A competência para legislar sobre água no Brasil, apesar de estar centralizado no Governo Federal por força de dispositivo constitucional, está compartilhada entre diversos órgãos que tem atribuições sobre a matéria, nos aspectos de quantidade e qualidade das mesmas, o que dificulta a administração compatibilizada de seus diversos usos.

A este quadro de diversidade competencial existente a nível federal, se adere a dos Estados sobre os rios de seus domínios, onde, também, vários órgãos e entidades atuam setorialmente, demonstrando a necessidade da criação e implementação de um sistema integrado e co-participativo de gestão dos recursos hídricos, como forma de evitar-se a continuidade de ocorrências de conflitos envolvendo o uso da água.

12.3.3. Enquadramento dos Cursos de Água

O Governo de Pernambuco em 1981, considerando a necessidade de classificar os cursos d'água interiores baseado, não necessariamente no seu estado atual, mas nos parâmetros, que deveriam possuir, para atender as necessidades da comunidade, isto é, de acordo com o uso preponderante que se pretende dar aos mesmos, decreta:

I - Classe 1 – Águas destinadas:

a) ao estabelecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção.

II - Classe 2 – Águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) ao uso na agricultura irrigada, em produtos de consumo “in natura”;
- c) a recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho).

III - Classe 3 – Águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora;
- c) à dessedentação de rebanhos.

IV - Classe 4 – Águas destinadas:

- a) ao consumo doméstico após tratamento avançado;
- b) à navegação;
- c) à harmonia paisagística;
- d) ao abastecimento industrial, irrigação e a usos menos exigentes.

Esta classificação está fundamentada na portaria GM nº 013, de 15 de janeiro de 1976, do ministro de Estado do Interior, acolhendo proposta de Secretário Especial do Meio Ambiente, substituída posteriormente pela CONAMA nº 20 que cria nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas; são definidas nove classes, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinam.

A adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de gestão figura como um dos princípios fundamentais do gerenciamento ambiental, questão enfatizada na mais recente Política Nacional de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (1997).

13. CONCLUSÕES FINAIS

A Alternativa selecionada nº 3, é caracterizada por um Sistema Adutor dotado de uma captação diretamente da tomada d'água da Barragem de Araçagi, recalando para uma ETA convencional, próximo à Barragem. Da EB-1, localizada no sítio da ETA, partem três ramais independentes para suprimento das 9 (nove) cidades alvo.

O ramal Oeste, abastecerá as cidades de Araçagi, Guarabira, Cuitegi e Pilõezinho, enquanto que o ramal Leste, abastece Itapororoca, Mamanguape e Rio Tinto, enquanto que o ramal sul abastece Cuité de Mamanguape e Capim.

Abaixo segue uma ficha técnica resumo da alternativa vencedora

◆ Comprimento total da adutora	83.080 m	
◆ Diâmetro da adutora	DN 400	44.600 m
.....	DN 250	8.240 m
.....	DN 200	7.000 m
.....	DN 150	11.040 m
.....	DN 100	12.200 m
◆ N° de elevatórias	4 Elevatórias	
◆ ETA convencional para vazão de	345,1 l/s	
◆ Custo de investimento	R\$ 17.145.703,97	
◆ Custo de Energia atualizado	R\$ 2.057.557,18	
◆ VPLE	R\$ 21.013.218,22	

Na próxima fase dos estudos, de posse de dados básicos de topografia, geotecnia, hidrologia, estudos ambientais, etc., a alternativa escolhida será aprimorada com vistas ao alcance da otimização e de suas dimensões efetivas em função dos estudos de transientes hidráulicos nos sistemas de recalque e do detalhamento das obras.