

# UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS E GEOPROCESSAMENTO PARA PROJETO DE ADUTORAS

*Roberta Guedes Alcoforado<sup>(1)</sup>, Flávio Bezerra<sup>(2)</sup>, Arthur Medeiros<sup>(3)</sup>, Sérgio R. Ayrimoraes  
Soares<sup>(4)</sup>, José Almir Cirilo<sup>(5)</sup> & João Joaquim Guimarães Recena<sup>(6)</sup>*

**RESUMO** --- O presente trabalho apresenta uma metodologia para elaboração de projetos de pré-concepção de adutoras, utilizando: CRede – software de dimensionamento de adutoras, ferramentas de geoprocessamento, modelo numérico do terreno a partir de SRTM 90 e software de orçamento desenvolvido exclusivamente para o trabalho. O trabalho foi originalmente desenvolvido como parte integrante dos estudos referentes ao ATLAS NORDESTE – Abastecimento Urbano de Água, que foram objeto de contrato firmado entre a ANA – Agência Nacional de Águas – e o Consórcio ENGECORPS – PROJETEC – GEOAMBIENTE – RIVERSIDE. Os estudos tiveram como área de abrangência a Região Nordeste do Brasil e o norte do Estado de Minas Gerais.

**ABSTRACT** --- There is in this paper a methodology to design pipelines projects using the CRede software. In addition to that, it was used geoprocess tools and a digital ground elevation model (SRTM 90). Moreover, it was used a software exclusively developed in order to budget this work. This paper is part of Atlas Nordeste, a contract between ANA – Brazilian National Water Agency – and a joint-venture among some companies such as ENGECORPS, PROJETEC, GEOAMBIENTE and RIVERSIDE. This paper studied the Northeast Region in Brazil and the Northern part of the Minas Gerais State.

**Palavras-chave:** adutoras, geoprocessamento, orçamento

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Gerente de Projetos da PROJETEC – Projetos Técnicos LTDA, R. Irene Ramos Gomes de Mattos 176, 51011-530, Recife – PE. e-mail: [ralcoforado@projeteconet.com.br](mailto:ralcoforado@projeteconet.com.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Civil da PROJETEC – Projetos Técnicos LTDA, R. Irene Ramos Gomes de Mattos 176, 51011-530, Recife – PE. e-mail: [fbezerra@projeteconet.com.br](mailto:fbezerra@projeteconet.com.br)

<sup>3</sup> Consultor da PROJETEC – Projetos Técnicos LTDA, R. Irene Ramos Gomes de Mattos 176, 51011-530, Recife – PE. e-mail: [arturmedeiros@oi.com.br](mailto:arturmedeiros@oi.com.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Civil, Gerente de Estudos e Levantamentos da ANA – Agência Nacional de Águas, Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L e M, 70610-200, Brasília – DF. email: [ayrimoraes@hotmail.com](mailto:ayrimoraes@hotmail.com)

<sup>5</sup> Professor Adjunto da UFPE - Centro de Tecnologia e Geociências – Rua Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, CEP: 50740-530, Recife – PE Fone / Fax.: (081) 271-8223 –, e-mail: [44jac@npd.ufpe.br](mailto:44jac@npd.ufpe.br)

<sup>6</sup> Diretor da PROJETEC – Projetos Técnicos LTDA, R. Irene Ramos Gomes de Mattos 176, 51011-530, Recife – PE. e-mail: [jrecena@projeteconet.com.br](mailto:jrecena@projeteconet.com.br)

## 1 - INTRODUÇÃO

O ATLAS Nordeste – Abastecimento Urbano de Água foi elaborado com o objetivo de identificar e propor alternativas técnicas com garantia hídrica para atender as atuais e futuras demandas por água da população urbana da área abrangida pelos Estados da Região Nordeste do Brasil e pelos municípios de Minas Gerais que são integrantes das bacias dos rios São Francisco, Pardo, Mucuri e Jequitinhonha (ANA, 2006).

Em um processo participativo e consensual, o ATLAS foi coordenado pela Agência Nacional de Águas – ANA e contou com intensa cooperação de órgãos estaduais e federais relacionados com a gestão de recursos hídricos e o abastecimento de água para a população urbana. Os estudos foram financiados com recursos provenientes de acordo de empréstimo com o Banco Mundial, no âmbito do Proágua/Semi-árido, mediante contrato estabelecido entre a ANA e o Consórcio Engecorps – Projotec – Geoambiente – Riverside.

Os estudos consideraram, como ponto de partida, os municípios com população urbana superior a 5 mil habitantes. Por esse critério, o número inicial de sedes municipais diagnosticadas foi de 1.112, contemplando diretamente 34 milhões de habitantes, o que representa 94% da população urbana da área total e 24% da população urbana do Brasil. Os resultados finais, entretanto, englobam também as sedes localizadas na área de influência de sistemas integrados com população inferior ao limite inicialmente estabelecido, totalizando um universo de mais de 1.300 sedes municipais.

Como o objetivo do ATLAS é a garantia hídrica, os estudos técnicos dizem respeito à oferta de água (Figura 1) e podem ser divididos, simplificadamente, em dois grandes blocos.

1. Estimativa de demandas e avaliação dos mananciais (superficiais e subterrâneos) e da capacidade dos sistemas de produção.
2. Proposta de alternativas técnicas para os problemas identificados, incluindo soluções de engenharia para o ano de 2025.

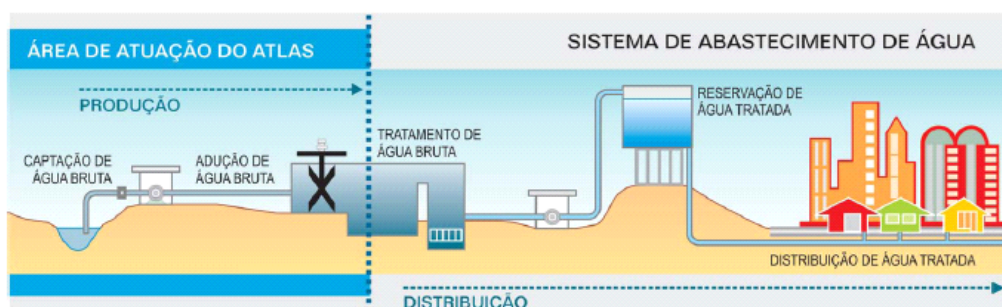


Figura 1 – Esquema de um sistema de abastecimento de água e escopo das alternativas técnicas do ATLAS

No presente trabalho são apresentados os procedimentos e critérios utilizados para os projetos de engenharia desenvolvidos no segundo bloco dos estudos.

### **1.1 - Objetivo**

O principal objetivo do trabalho é apresentar a metodologia desenvolvida para a elaboração dos projetos de pré-concepção das obras identificadas no ATLAS Nordeste, que fez uso de software de dimensionamento de adutoras – Crede, de ferramentas de geoprocessamento e de modelo numérico de terreno a partir de SRTM 90. Os orçamentos dos projetos foram estimados a partir de um software próprio, desenvolvido exclusivamente para essa finalidade.

O produto final desse trabalho é formado por um banco de dados, que contém todas as informações a respeito de cada projeto com seus respectivos orçamentos, podendo ser facilmente atualizável de acordo com a necessidade e realidade de cada usuário.

### **1.2 - Demandas de Água**

A estimativa das demandas de água para o abastecimento humano urbano considerou o ano base de 2005 e dois horizontes temporais, 2015 e 2025, em dois cenários distintos:

- Cenário tendencial – projeção seguindo uma trajetória histórica
- Cenário otimista – considerando a hipótese de redução de perdas para 30% até 2025.

### **1.3 – Identificação de Déficits e Proposição de Soluções**

A partir da identificação dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados e dos sistemas existentes integrados e isolados, fez-se uma série de verificações para definir se a oferta de água atual atendia à demanda para abastecimento humano das sedes municipais ou se seria necessária a proposição de alternativas técnicas para a garantia dessa oferta nos horizontes de planejamento, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Critérios adotados para a identificação das obras (ANA, 2006).

De forma geral, a verificação do manancial e sistema produtor existente, para a identificação das sedes municipais e sistemas que necessitariam de propostas de obras de engenharia, centrou-se em três aspectos básicos: (a) a quantidade de água, traduzida na disponibilidade hídrica do manancial para o atendimento da demanda humana urbana nos horizontes de planejamento; (b) a qualidade da água e a identificação de restrições ao consumo humano e da necessidade de processos de tratamento de água mais sofisticados; e (c) a capacidade de produção de água do sistema existente para o atendimento da demanda urbana nos horizonte de planejamento.

Conforme indicado na Figura 2, para as sedes municipais em que os sistemas necessitem de ampliação ou da utilização de manancial suplementar, assim como para as sedes municipais que já possuem alternativas identificadas, foram elaborados os Relatórios de Identificação de Obras - RIOS. Para as sedes com abastecimento satisfatório e sedes com obras licitadas ou em execução, foram elaborados cadastros do sistema existente.

Após a identificação da vazão de demanda para determinada sede municipal, bem como dos possíveis mananciais de abastecimento partiu-se para a elaboração do projeto de pré-concepção propriamente dito, cujo desenvolvimento é apresentado a seguir.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 – Montagem do SIG

Inicialmente foi montado um SIG – Sistema de Informações Geográficas para cada Estado contemplado no estudo, contendo todas as informações disponíveis e na melhor escala possível. Para tanto se utilizou o software de geoprocessamento ArcView.

A base cartográfica adotada para os projetos foi obtida a partir de um modelo digital do terreno, gerado para a área de abrangência do estudo a partir de dados extraídos do SRTM 90 – *Shuttle Radar Topographic Mission*, com pontos cotados a cada 90 metros. Desses modelos foram geradas curvas de nível a cada 20 metros.

Para cada Estado, foram identificados os municípios com déficit na oferta de água e os potenciais mananciais (superficiais e subterrâneos) para o abastecimento. A partir da localização desses mananciais, foram analisadas as alternativas de traçado das adutoras.

A identificação do melhor traçado para as adutoras foi feita seguindo as principais rodovias existentes no local e considerando, também, as questões topográficas, afim de reduzir os custos com estações elevatórias. Sempre que possível, procurou-se posicionar as ETAs – Estações de Tratamento de Água em um local próximo à captação e com coordenadas elevadas, para que a partir desse ponto a adutora pudesse seguir por gravidade.

Para o desenvolvimento dos projetos, os seguintes temas foram importados para o software de dimensionamento de adutoras, o CRede, em formato dxf: a topografia local e o traçado das rodovias.

## **2.2 - Projeto de Adutoras**

Após a análise comparativa de alguns softwares de dimensionamento de adutoras, foi escolhido o CREDE, desenvolvido pelo FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Trata-se de um sistema de projeto e dimensionamento de redes de abastecimento que incorpora todas as facilidades de traçado e desenho, facilitando o trabalho e eliminando a análise de alternativas de traçado. Desenvolvido em ambiente *Windows*, facilita a análise de funcionamento das adutoras e o zoneamento das pressões, gera automaticamente os desenhos de engenharia necessários e realiza o levantamento das quantidades de materiais e serviços para a elaboração dos orçamentos das obras. Duas questões foram decisivas para a escolha do software. A primeira por ser desenvolvido no Brasil, o que facilitaria a realização de alterações, caso fossem necessárias, e a segunda referente ao arquivo dxf de altimetria importado, o qual permite o reconhecimento automático da cota do nó, durante o traçado da adutora, facilitando a entrada dos dados.

Para a utilização do software, os seguintes procedimentos devem ser adotados:

- Escolher, para os cálculos, diâmetros ou vazões, e para a perda de carga, entre a Fórmula Universal ou a Fórmula de Hazen-Williams.
- Importar os arquivos de topografia e estradas para o traçado das adutoras, sempre de montante para jusante.

- Identificar, após o traçado, as condições de contorno, ponto de captação, estações elevatórias e vazão de saída em cada ponto.
- Indicar o material que será utilizado para a tubulação.

### **2.3 - Dados Utilizados**

A primeira necessidade para elaboração do projeto de adutoras é a altimetria da área em estudo, seja esta disponível em curvas de nível ou pontos cotados. Após levantamento, verificou-se a inexistência de cartas em escala compatível. Com a Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo do IBGE (em CD), que disponibiliza curvas de nível de 100 em 100 metros, não foi possível gerar um MDT – Modelo Digital de Terreno satisfatório. Diante disso, como alternativa, partiu-se para a utilização do SRTM90 (Shuttle Radar Topography Mission), de pontos cotados a cada 90m, sendo esta base estruturada, devidamente analisada e corrigida durante o desenvolvimento da primeira fase dos estudos hidrológicos do ATLAS.

O SRTM90 foi utilizado para a geração do modelo numérico do terreno, da rede hidrográfica e dos limites de bacias, estados, municípios e recortes de áreas controladas por postos fluviométricos.

Para a concepção do projeto, quanto melhor a escala, mais precisos seriam os resultados finais. Duas fases distintas precisam ser esclarecidas: a primeira, de visualização dos projetos finais das adutoras sobre a base do IBGE (escala 1:1.000.000) e a segunda, de execução do projeto, dimensionamento e cálculo das adutoras. A segunda etapa requer uma melhor escala, para o atendimento da premissa básica de acompanhamento do traçado das adutoras junto às rodovias; o que torna mais preciso o resultado final, principalmente no que diz respeito ao orçamento.

### **2.4 - Preparação da Altimetria**

Uma das grandes dificuldades presentes em trabalhos de geoprocessamento é o intercâmbio de informações, isto é, conseguir que um arquivo extraído de determinado software seja compatível com os demais. Para a adequação dos dados extraídos do SRTM 90 foram utilizados 3 softwares: o *MapInfo 7.0*, para a preparação do DEM – *Digital Elevation Model*, o *MicroDEM*, para exportar o DEM gerado para o formato compatível com o *ArcView*, onde o arquivo deve ser salvo como *ASCII Arc Grid*, e finalmente o *ArcView*, onde o modelo foi aberto como *ASCII Raster* e convertido para o formato GRID em coordenadas geográficas.

Após os procedimentos citados, partiu-se para gerar as curvas de nível com espaçamento de 20 em 20m, escala compatível com a precisão desejada para o resultado final do trabalho.

O arquivo gerado com as curvas de nível (em coordenadas geográficas), foi convertido para UTM, visto que é o formato compatível com a entrada no CRede.

## **2.5 - Preparação dos Arquivos para o Projeto**

Os demais temas necessários para a elaboração do projeto das adutoras são: os municípios, as barragens e açudes, as rodovias e a rede hidrográfica. Para os municípios e a rede hidrográfica, foi utilizado o material do IBGE, na escala 1:1.000.000. Para as barragens e açudes, foram utilizadas as coordenadas levantadas junto aos órgãos estaduais de recursos hídricos e, para as rodovias, foram utilizados os arquivos disponíveis na melhor escala, de acordo com a disponibilidade de cada Estado.

Todos esses temas foram lançados no *ArcView* e recortados no limite da área em estudo, gerando, para cada município, recortes menores que fossem fáceis de exportar.

## **3 – RESULTADOS**

Para ilustrar os resultados obtidos com a metodologia adotada, apresenta-se, como exemplo, o desenvolvimento de um projeto hipotético, que não consta como obra do Atlas Nordeste. Trata-se do projeto de uma adutora a partir da barragem de Santa Cruz do Apodi para o abastecimento integrado das sedes municipais de Apodi, Governador Dix-Sept Rosado e Mossoró, todas localizadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Na Figura 3, a seguir, apresenta-se o recorte do estado do Rio Grande do Norte com a altimetria de 20 em 20 metros, as rodovias, os municípios e as barragens.

Em função do tamanho dos arquivos gerados para todo o Estado, que implicam grande tempo de espera de processamento das informações, optou-se por fazer um recorte envolvendo exatamente a área de cada projeto. Na Figura 4, a seguir, apresenta-se um recorte envolvendo a barragem de Santa Cruz do Apodi e o município de Mossoró, com as respectivas estradas.

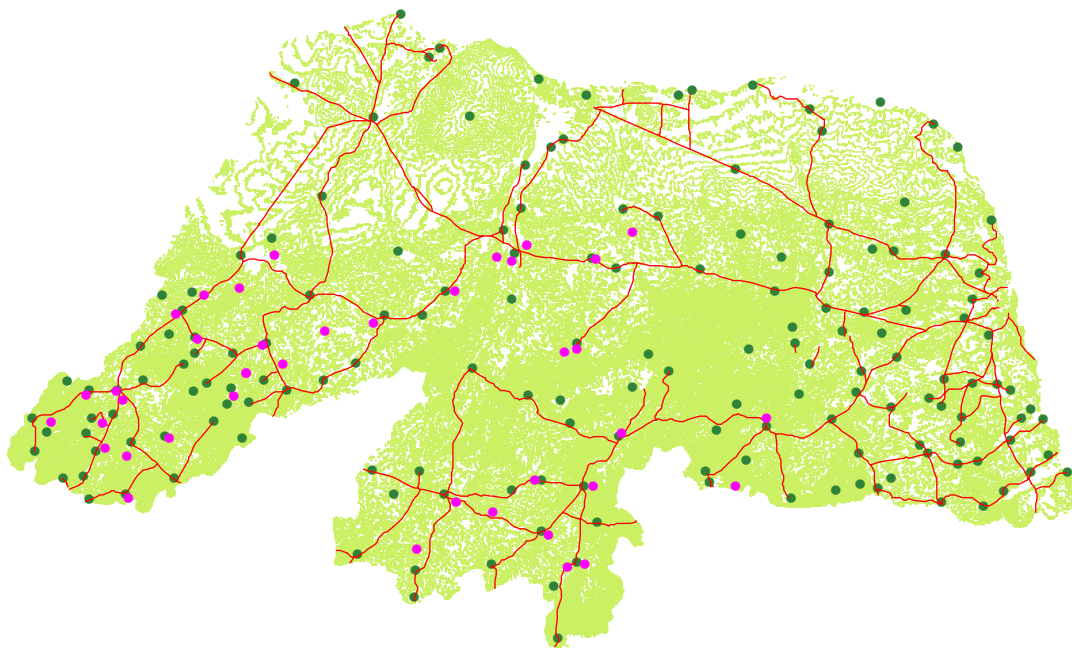


Figura 3 – Rio Grande do Norte: altimetria 20 em 20m (em verde), rodovias (em vermelho), sedes municipais (pontos verdes) e as barragens (pontos rosa).

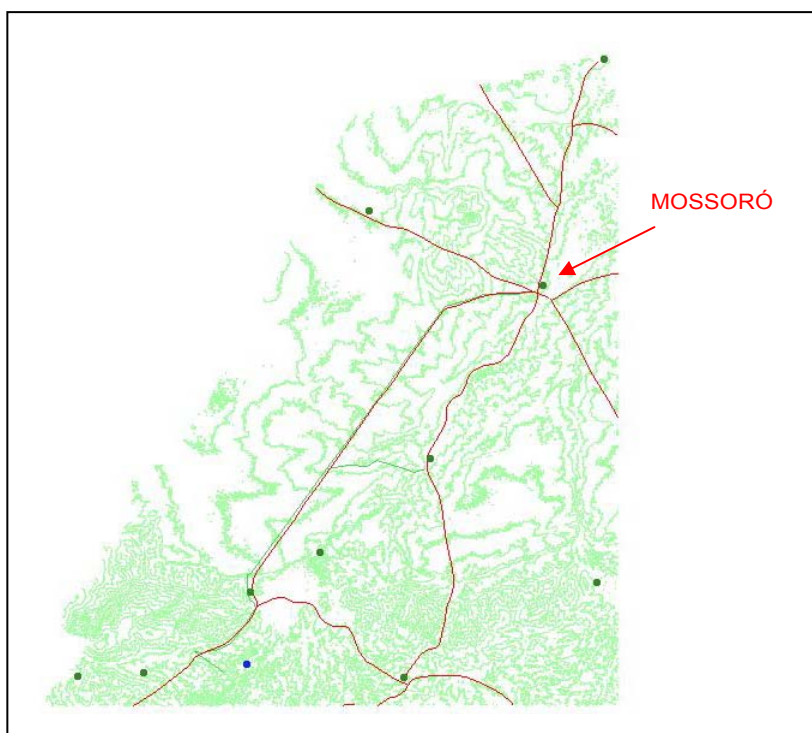


Figura 4 - Altimetria 20 em 20m (em verde), rodovias (em vermelho), sedes municipais (pontos verdes) e a barragem de Santa Cruz do Apodi (ponto azul)

Como estimativa inicial, editou-se um novo tema como sendo a adutora que se desejava projetar, utilizando como guia de traçado a rodovia de acesso às cidades.



### 3.1 – Utilização do CRede

O primeiro passo para a utilização do CRede consiste em importar os arquivos dxf previamente gerados, de altimetria e de estradas. Em seguida deve-se traçar a adutora de montante para jusante, seguindo as rodovias e observando a altimetria da região.

Para o abastecimento de Mossoró, procurou-se um ponto com cotas elevadas próximo à captação para posicionar a ETA. A partir desse ponto, a adutora poderia seguir por gravidade até as sedes municipais a serem abastecidas.

O material escolhido para o dimensionamento da adutora foi o PRFV 1,8 Mpa. Na Figura 5, a seguir, apresentam-se os referidos arquivos no CRede.

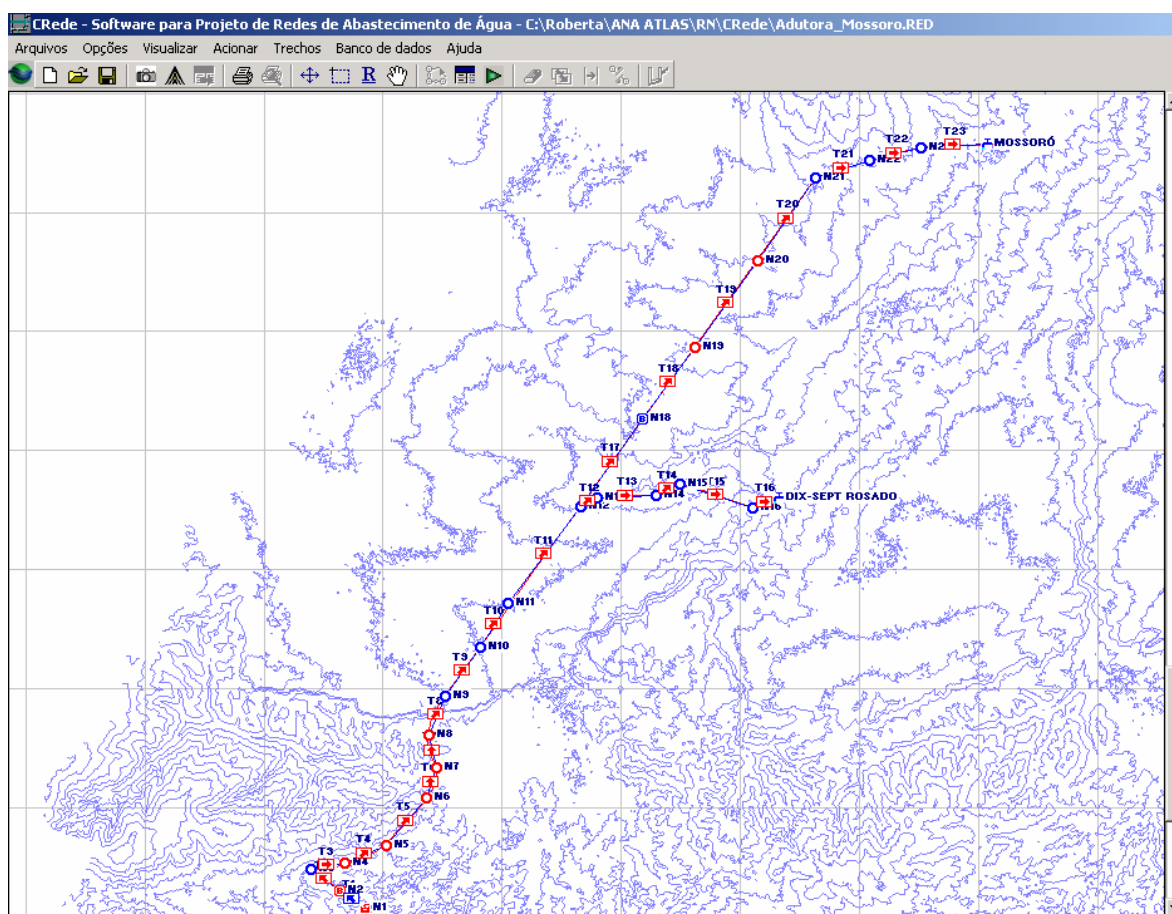


Figura 5 – Altimetria , rodovias e adutora no Crede.

Os resultados obtidos com o dimensionamento são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Resumo dos resultados do projeto

ADUTORA	EE - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	ETA – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
PRFV 1,8Mpa - DN200 - 17435,7	2 – EE3G	1 – ETA C 225
PRFV 1,8Mpa - DN400 - 14705,8		
PRFV 1,8Mpa - DN450 - 33938,8		
PRFV 1,8Mpa - DN500 - 43536,9		

Nota: adutoras (material, diâmetro e comprimento), EE (quantidade de conjuntos elevatórios, tamanho e quantidade de bombas operando) e ETA (quantidade, tipo e capacidade).

A linha piezométrica para o traçado é apresentada na Figura 6, a seguir.



Figura 6 – Linha piezométrica desde a captação até o município de Mossoró.

#### 4 – ORÇAMENTOS DOS PROJETOS

Para a elaboração dos orçamentos dos projetos foi desenvolvido um software específico que importa as planilhas de resultados do CRede e também permite que sejam inseridos manualmente novos dados.

Para possibilitar o emprego desse software, foram desenvolvidos blocos construtivos com o objetivo de facilitar a elaboração dos orçamentos. A intenção foi a de conseguir uma

parametrização do orçamento de modo a que possibilitasse, tanto quanto possível, o emprego do software para o cálculo dos orçamentos das obras identificadas.

As unidades previstas nas pré-concepções dos sistemas de produção de água para o atendimento das sedes dos municípios foram as seguintes: captação, estações elevatórias, adutoras e Estações de Tratamento de Água.

Nos itens a seguir, relacionam-se as unidades parametrizadas, bem como os critérios e dimensionamento de algumas dessas unidades.

#### **4.1 - Captação**

- Poços tubulares – o diâmetro foi definido em função da profundidade média, níveis estático e dinâmico e vazão média de exploração.
- Captações flutuantes – em fibra de vidro ou em estrutura metálica, para esse item não foi possível uma sistematização completa, os orçamentos foram definidos segundo dois componentes: a estrutura flutuante e a estação elevatória.
- Captações nos corpos das barragens – situações em que a estrutura de tomada já se encontra executada numa barragem existente, seja uma torre de tomada d'água de uma grande barragem, seja uma tubulação de tomada incorporada ao corpo de uma barragem a ser aproveitada. Em ambos os casos a captação pode ser considerada como existente, requerendo tão somente a implantação da tubulação de tomada entre este ponto a jusante da barragem e a unidade subsequente do sistema de produção (Estação Elevatória ou ETA).
- Tomadas de água direta em rios e canais - A tomada de água direta tem como estrutura de captação uma barragem de nível ou então um canal de derivação alimentando uma estação elevatória. Dessa forma, o orçamento da captação foi efetuado para cada caso específico.

#### **4.2 - Estações Elevatórias**

As estações elevatórias foram concebidas com a previsão de utilização de bombas de eixo horizontal, com modulação de três tipos de prédios intitulados para facilitar a codificação em:

- HP – prédio para abrigar bombas de eixo horizontal, modelo monobloco ou de outro modelo com pequenas vazões (9 L/s a 50 L/s) e motores variando de 7 ½ a 50HP, num total de três instalações de dimensões diferentes em face de abrigar duas, três ou quatro conjuntos elevatórios, respectivamente, com funcionamento de uma, duas ou três unidades, em qualquer situação com uma de reserva. Daí a codificação: 1HP, 2HP ou 3HP. Para cada um dos prédios foi admitida a instalação de oito tipos de conjuntos elevatórios, com vazões e alturas manométricas diferentes.

- **HM** – prédio para abrigar bombas de eixo horizontal, com acoplamento convencional, para vazões variando de 10 L/s a 444 L/s e motores com potência de 20 a 400HP, num total de três instalações de dimensões diferentes em face de abrigar duas, três ou quatro conjuntos elevatórios, respectivamente com funcionamento de uma, duas ou três unidades, em qualquer situação com uma de reserva, daí a codificação: 1HM, 2HM ou 3HM. Para cada um dos prédios foi admitida a instalação de oito tipos de conjuntos elevatórios, com vazões e alturas manométricas diferentes.
- **BG** – estações elevatórias em que forem indicadas bombas bi-partidas, com vazões variando de 100 L/s a 500L/s e motores com potência de 250 a 450 HP, sendo que para o caso foram previstas também três tipos de instalações para abrigar três, quatro ou cinco conjuntos elevatórios, respectivamente, com funcionamento de duas, três ou quatro unidades, em qualquer situação com uma de reserva, daí a codificação: 2BG, 3BG ou 4BG. Essas composições foram assim concebidas admitindo-se que tais elevatórias somente deverão ser utilizadas para sistemas adutores de grandes vazões. Para cada um dos prédios foi admitida a instalação de oito tipos de conjuntos elevatórios, com vazões e alturas manométricas diferentes.

Os blocos construtivos foram formados por prédios abrigando bombas, sendo que o orçamento da unidade se dá por meio de duas parcelas: a primeira por leitura direta do custo total da construção civil do prédio e a segunda pela parametrização de custos dos componentes hidráulicos e elétricos, em função da potência dos motores elétricos de cada conjunto elevatório dimensionado pelo CRede.

Para a definição da equação da curva paramétrica, foram elaborados 72 (setenta e dois) orçamentos da parte hidráulica e elétrica, ou seja, 08 (oito) tipos de composições de conjuntos elevatórios para cada prédio de elevatória. Os valores totais foram colocados em gráfico (potência, custos) o que permitiu ajustar uma curva paramétrica do tipo:

$$Y = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n$$

Onde: x= potência total em HP dos conjuntos elevatórios operantes

Y= Custo em reais da parte hidráulica e elétrica

### 4.3 - Adutoras

O orçamento das adutoras será elaborado diretamente em função da planilha exportada pelo CRede, com extensão, diâmetro dos trechos, material da tubulação e quantitativos dos itens principais do assentamento de uma tubulação.

Para a definição do tipo de material da tubulação a utilizar, deve ser levando em consideração fatores técnicos (diâmetro, pressão, tipo de assentamento) e a tradição dos operadores locais .

Pelo conhecimento que se tem sobre essas questões específicas, foram estabelecidos os seguintes critérios para escolha dos materiais:

- Diâmetro de até 300 mm e pressão de serviço de até 10 kg/cm<sup>2</sup> – adotar tubos PVC DeFoFo.
- Diâmetro de até 300 mm e pressão de serviço superior a 10 kg/cm<sup>2</sup> e de até 25 kg/cm<sup>2</sup> – optar entre tubos PVC+PRFV ou ferro dúctil K-7.
- Diâmetro superior a 300 mm até 600 mm e pressão de serviço de até 25 kg/cm<sup>2</sup> – optar entre tubos PVC+PRFV ou ferro dúctil K-7.
- Diâmetro superior a 600 mm até 1200 mm – tubos de ferro dúctil K-7 ou K-9 ou ainda tubos de aço, qualquer que seja a pressão de serviço.
- Diâmetros superiores a 1200 mm, para qualquer que seja a pressão de serviço – utilizar tubos de aço.

#### 4.4 - Estações de Tratamento de Água

O orçamento para as unidades de tratamento considerou duas situações em função da qualidade das águas:

- Estações de tratamento do tipo filtração ascendente seguida de filtração descendente, o que permite uso de unidades pré-fabricadas, normalmente para unidades de médio e pequeno porte em que a água a ser tratada não possua teores elevados de cor e turbidez.
- Estações de tratamento do tipo convencional, quando não foi possível a utilização do tipo simplificado.

Os blocos construtivos compostos para as ETAs simplificadas foram concebidos utilizando grupamentos de filtros ascendentes e descendentes, em fibra de vidro, segundo diâmetros variando de 1,50m a 5,50m para os primeiros e de 1,00m a 4,00m para os segundos.

Fez-se a composição de 19 (dezenove) modelos de ETA, os quais foram utilizados para definição de uma curva paramétrica do tipo:

$$Y = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n$$

Onde: x= vazão em L/s da ETA

Y= Custo em reais da unidade de tratamento.

Para a composição de cada módulo foi incluída no orçamento uma casa de química, padronizada segundo três tamanhos e reservatórios de lavagem do tipo elevado com volume variando de 25 m<sup>3</sup> a 800 m<sup>3</sup>, num total de seis capacidades diferentes, com condições de lavar no mínimo um filtro ascendente e um filtro descendente.

Com relação às ETA's convencionais, adotou-se procedimento semelhante, com a restrição de se ter projetos padronizados, o que exige tanto quanto possível a atualização de custo orçamentário de projetos existentes nos Estados e elaboração de uma curva paramétrica.

É importante destacar que, na maioria dos casos, a qualidade da água do manancial não é um fator impeditivo de sua utilização, mas que pode acarretar um tratamento mais ou menos sofisticado e, conseqüentemente, mais ou menos oneroso.

Para o exemplo da adutora do açude de Santa Cruz do Apodi até o município de Mossoró, apresenta-se na Figura 7, a seguir, a tela do software de orçamento com os seus respectivos blocos construtivos.

Código:	Nome:	Operador:	Integração:	Sistema:
RIOSINRN-10	INTEGRADO MOSSORÓ-DIX-SEPT ROSADO	Cia. Estadual	Integrado	Proposto

Captações	Tipo:	Denominação:	Observações:
	TD	TD	
	Manancial: Açude Santa Cruz do Apodi		
	Nº Conj. (N+R):	Nº Reserva:	Pot. Inst. (CV):
			Vol. Rec. (L/s):
			H man. (mca):
			225
			0

Elevatórias	Condução:	Denominação:	Observações:
	AT	EE3G0250	
	Nº Conj. (N+R):	Nº Reserva:	Pot. Inst. (CV):
	3	1	750
			Vol. Rec. (L/s):
			225
			H man. (mca):
			0

Adutoras	Tipo:	Denominação:	Interliga:
	RC	ADT-32	
	Condução:	Diâmetro (mm):	Extensão (m):
	AT	500	43536,87
	Material:	PVC+PRFV / 2,2 MPA	

ETAS	Tipo:	Denominação:	Observações:
	CV	CV300	
	Capacidade (L/s):	225	

Figura 7 – Tela de entrada no software de balanço com os respectivos blocos construtivos.

Na Figura 8, a seguir, apresenta-se a tela do orçamento do projeto, cujo valor estimado é de R\$ 64.436.010,17.

Consulta de R.I.O. para Sistemas Integrados

Código: RIOSINRN-10 Nome: INTEGRADO MOSSORÓ-DIX-SEPT ROSADO Operador: Cia. Estadual Integração: Integrado Sistema: Proposto

1. Caracterização:

2. Construção:

Blocos Construtivos			
Bloco	Quantidade	Civil (R\$)	Materiais e Equipamentos (R\$)
Captações	1	0	0
Elevatórias	2	702288,22	1693668
Adutoras	4	8077856,2019	41808339,5132
ETAS	1	4410000	840000

Subtotal - Civil (R\$): 13.190.144,42  
 Subtotal - Materiais e Equipamentos (R\$): 44.342.007,51  
**Valor Total da Construção (R\$): 57.532.151,94**

3. Custos do Projeto:  
 Percentual para custos do projeto (%) = 2 **Valor Total de Custos do Projeto (R\$): 1.150.643,04**

4. Custos Eventuais:  
 Percentual para custos de eventuais (%) = 10 **Valor Total de Custos Eventuais (R\$): 5.753.215,19**

5. Observações:

**Atualizar Orçamento** Valor Geral (R\$): **64.436.010,17**

Editar Novo Remover Cancelar

Figura 8 – Tela com o orçamento do projeto

Na Figura 9, apresenta-se o *croqui* do projeto.

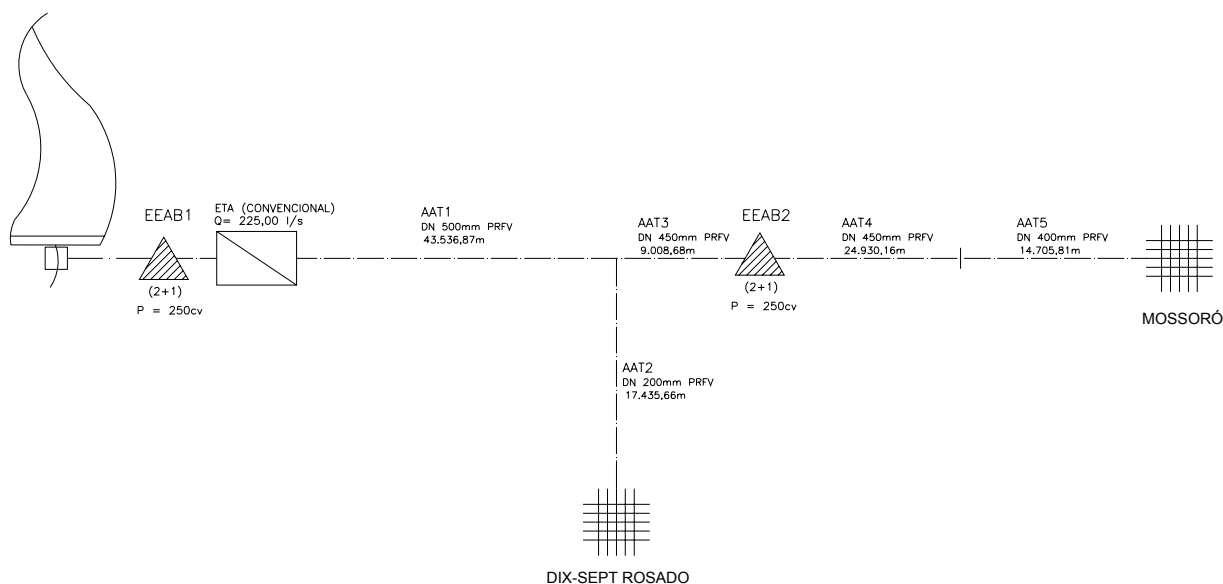


Figura 9 – *Croqui* do projeto de pré-concepção de adutora para o município de Mossoró/RN.

## 5 – CONCLUSÕES

O Atlas Nordeste – Abastecimento Urbano de Água envolve uma grande quantidade de informações georreferenciadas associadas a aplicações integradas, concebendo um conjunto de dados em grande volume e variedade, que devem ser corretamente coletados, tratados e armazenados de modo a assegurar a utilização dos mesmos de forma adequada. Por se tratar de um instrumento de planejamento e gerenciamento, é importante o estabelecimento de procedimentos que permitam a atualização das informações constantes do Banco de Dados, evitando que este fique desatualizado, como também é necessário estabelecer procedimentos para a ampliação das informações nele contidas.

A utilização das ferramentas propostas, para a elaboração dos projetos, foi importante devido à magnitude dos estudos, representada pela quantidade de projetos a serem executados, bem como pela necessidade de inclusão de todos os resultados em uma única base de dados.

O modelo numérico do terreno gerado a partir do SRTM 90 apresentou resultados satisfatórios para as áreas localizadas no interior dos Estados. Entretanto, não deve ser utilizado em áreas planas e litorâneas, por não apresentar boa precisão.

O software de orçamento, desenvolvido no âmbito do Atlas Nordeste e apresentado nesse trabalho, mostrou resultados bastante satisfatórios para a pré-concepção de projetos, devendo ser visualizado como uma estimativa inicial dos custos gerais dos projetos.

## BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais: resumo executivo. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorps/Projetec/Geoambiente/ Riverside Technology. Brasília: ANA, SPR, 2006. 154p.
- FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2001) – Manual do Usuário Crede
- CEF – Caixa Econômica Federal (2005) – Tabela de Preços
- KOELLE (2005) – Educação continuada em Engenharia Hidromecânica
- HAESTAD METHODS (2003-2004) – Advanced Water Distribution Modeling and Management