



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

**TIAGO ELIAS MARTINS DE CASTRO**

**ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO: PERDAS, AMPLIAÇÃO E  
INTEGRAÇÃO.**

**Natal  
2018**

**TIAGO ELIAS MARTINS DE CASTRO**

**ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO: PERDAS, AMPLIAÇÃO E  
INTEGRAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira.

Natal  
2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Castro, Tiago Elias Martins de.

Adutora Monsenhor Expedito: perdas, ampliação e integração /  
Tiago Elias Martins de Castro. - 2018.  
42 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Sanitária. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira.

1. Sistema adutor de água - Dissertação. 2. Adutora Monsenhor  
Expedito (RN) - Dissertação. 3. Dimensionamento econômico -  
Dissertação. 4. Otimização de processos - Dissertação. 5.  
Eficiência energética - Dissertação. 6. Redução de perdas de  
água - Dissertação. I. Moreira, Lúcio Flávio Ferreira. II.  
Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.143

TIAGO ELIAS MARTINS DE CASTRO

**ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO: PERDAS, AMPLIAÇÃO E  
INTEGRAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Sanitária.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira – Prof. Orientador



---

Dr. Antônio Marozzi Righetto – Examinador UFRN



---

Dr. João Abner Guimarães Júnior – Examinador Externo à Instituição

Natal, 27 de Novembro de 2018.

## RESUMO

No estado do Rio Grande do Norte, cerca de 60% da população tem como manancial de suprimento de água potável, uma fonte hídrica localizada além dos seus limites municipais, e são atendidos através dos Grandes Sistemas Adutores de Água. Em decorrência das longas distâncias percorridas pela água, necessitando ainda vencer desníveis topográficos, os custos com energia elétrica consumida pelas Estações Elevatórias representam uma parcela significativa do custo operacional dos sistemas. O combate às perdas de água aliado às práticas de eficiência energética, juntamente com a busca contínua de projetos de infraestrutura de melhor eficiência, visa reduzir custos operacionais e garantir a viabilidade econômico-financeira dos sistemas. Considerando as atuais características do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, responsável pelo abastecimento de água de 30 Municípios no Agreste Potiguar, e as prerrogativas do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, o presente estudo pretende contribuir para a melhoria do referido sistema por meio de seu diagnóstico, no que tange às Perdas e Custo Energético, e avaliação de alternativas de concepção para sua Ampliação integrando-se à Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. A integração de sistemas possibilita cenários de abastecimento, com maior garantia hídrica, enquanto que sua renovação proporciona custos operacionais mínimos.

**Palavras-chave:** Sistema Adutor; integração; Dimensionamento Econômico; otimização; eficiência energética; redução de custos; gestão de perdas.

## **ABSTRACT**

In the state of Rio Grande do Norte, about 60% of the population has as its source of drinking water supply system, a water source located beyond its territorial limits, and are supplied by the main pipeline systems. As a result of the long distances traveled by the water, which still needs to overcome elevation gains, the costs of electric energy consumed by the elevator stations are significantly, referring to the operating costs of the systems. Water loss management combined with energy efficiency practices, together with continuous search for infrastructure projects with better efficiency, tend to reduce operating costs and ensure the sustainability of the systems. Considering the current characteristics of Monsenhor Expedito's pipeline system, responsible for water supply in 30 inner-state cities, and the prerogatives of the new legal framework of sanitation, the present study intends to contribute to the system's improvement through its precise diagnosis, regarding losses and energy cost, and evaluate alternatives of conception for its expansion, integrating to Armando Ribeiro Gonçalves's water dam. The integration of systems allows scenarios of distribution with greater water security, while its infrastructure renovation would provide minimal operating costs.

**Key words:** Pipeline System, Integration, Economic Pipe Dimensioning, Optimization, Energy Efficiency, Cost Reduction, Water Loss Management.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                            |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| INTRODUÇÃO                                                                                                                 | 1     |
| CAPÍTULO 1: Adutora Monsenhor Expedito                                                                                     | 3     |
| 1.1 – Características do Sistema                                                                                           | 3     |
| 1.2 – Custo Energético                                                                                                     | 5     |
| 1.3 – Diagnóstico de Perdas                                                                                                | 7     |
| CAPÍTULO 2: Estudo de Redução de Perdas                                                                                    | 9     |
| 2.1 – Conceitos                                                                                                            | 9     |
| 2.2 – Perdas Reais por Extravasamento                                                                                      | 11    |
| 2.3 – Controle de Pressão                                                                                                  | 15    |
| CAPÍTULO 3: Análise de Custo Energético                                                                                    | 17    |
| CAPÍTULO 4: Ampliação da Adutora Monsenhor Expedito                                                                        | 20    |
| 4.1 – Metodologia                                                                                                          | 21    |
| 4.2 – Síntese das Alternativas de Concepção                                                                                | 22    |
| – Concepção 01: Ampliação dos Sistemas Existentes mantendo a<br>Concepção Atual, independentes;                            | 23    |
| – Concepção 02: Ampliação da Adutora de Currais Novos até Santa<br>Cruz e da Monsenhor Expedito Remanescente, até Tangará; | 25    |
| – Concepção 03: Ampliação da Adutora Monsenhor Expedito até<br>Currais Novos;                                              | 27    |
| – Concepção 04: Ampliação e Integração da Monsenhor Expedito à<br>Barragem Armando Ribeiro Gonçalves;                      | 29    |
| 4.3 – Resultados                                                                                                           | 32    |
| 4.4 – Análise de Alternativas                                                                                              | 34    |
| CONCLUSÕES                                                                                                                 | 35    |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                                                                                                 | 37    |
| ANEXOS – MEMÓRIA DE CÁLCULO                                                                                                | 39-42 |

## INTRODUÇÃO

No Brasil o abastecimento de água, esgotamento sanitário, inclusive tratamento e disposição final adequada dos efluentes, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, assim como a drenagem e manejo das águas pluviais englobam os serviços/infraestruturas do saneamento básico.

São serviços públicos essenciais à dignidade humana, interferindo diretamente na qualidade de vida da população e juntos propiciam as condições ideais de saúde pública e preservação do meio ambiente.

Os Municípios detêm a titularidade dos serviços cuja organização, regulação, fiscalização e prestação dos serviços podem ser exercidas diretamente ou delegadas, para que sob regime de concessão ou permissão possam ser prestados para a população, nos termos do Art. 175, da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e do Art. 8º, da Lei 11.445, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (BRASIL, 2007).

No que concerne o abastecimento de água no Rio Grande do Norte, 108 dos 167 Municípios são atendidos, total ou parcialmente, a partir de Sistemas Adutores de Águas Intermunicipais, enquanto o restante possui sistemas locais com seus mananciais dentro dos limites municipais. Ao todo são 19 sistemas intermunicipais que se estendem ao longo de 1.917km, beneficiando diretamente cerca de 60% da população do estado (CAERN, 2018). Caracterizam-se por captarem as águas de uma fonte segura, e após o devido tratamento, transportá-las por meio de Adutoras até os Municípios ao qual se destinam.

Devido à extensa malha adutora, a energia elétrica demandada no impulsionamento da água para superar os desníveis geométricos e as perdas de energia durante o transporte, representa uma parcela significativa dos custos operacionais.

O Novo Marco Legal estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para sua política federal. Em seu Art. 3º, dentre os princípios fundamentais para a prestação de serviço público de saneamento básico, destacamos a eficiência, a sustentabilidade econômica e a integração das infraestruturas e serviços, possibilitando uma gestão eficiente dos recursos hídricos (BRASIL, 2007).

Ao tratar-se de abastecimento de água potável, pelo princípio da sustentabilidade econômica, a tarifa paga pelos usuários deve ser suficiente para cobrir os custos envolvidos na operação e manutenção da infraestrutura de

abastecimento de água desde a captação de água bruta até as ligações prediais, abrangendo custos com energia elétrica, recursos humanos, insumos (produtos químicos, materiais e equipamentos), serviços terceirizados, depreciação da infraestrutura, como também amortização de investimentos, se for o caso, dentre outros.

O combate às perdas de água aliado às práticas de eficiência energética, juntamente com a busca contínua de projetos de infraestrutura de melhor eficiência, visa reduzir custos operacionais, refletindo numa melhor viabilidade econômica entre usuários e prestadores de serviços.

Soluções que promovam a integração de infraestruturas de abastecimento de água devem ser estudadas, possibilitando projetos com uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e, conseqüentemente, maior garantia (segurança) hídrica.

Considerando as atuais características do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, responsável pelo abastecimento de água de 30 Municípios no Agreste Potiguar, e as prerrogativas do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, o presente estudo pretende contribuir para a melhoria do referido sistema por meio de seu diagnóstico, com foco nas Perdas e Custo Energético, e avaliação de alternativas de concepção para sua Ampliação integrando-se à Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

Especificamente, faz parte dos objetivos a proposição de medidas de redução de perdas reais e a avaliação de cenários, em termos de custo energético, com perspectivas de ampliação da produção do sistema considerando o aproveitamento da infraestrutura existente e/ou de outras alternativas que promovam a renovação da infraestrutura, inclusive integrando-se a outros sistemas/mananciais.

A metodologia a ser desenvolvida pretende analisar o comportamento do custo energético em função da vazão de produção total, e com isso planejar cenários futuros otimizados, em virtude da redução de perdas e/ou da renovação da infraestrutura.

Diante do exposto, são resultados esperados a proposição de alternativas concretas para a melhoria e ampliação/integração do referido sistema, com potenciais ganhos em termos sociais, econômicos e ambientais.

## CAPÍTULO 1 - ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO

### 1.1 – Características do Sistema

O Sistema Adutor Monsenhor Expedito, conforme apresentado no mapa da Figura 1, é responsável pelo abastecimento de água de 278.653 habitantes (Estimativa do IBGE para 2017) distribuídos em 30 (trinta) Municípios, localizados na Região Agreste do RN, desde setembro de 1998. A água é impulsionada, a partir da Lagoa do Bonfim, através de 28 (vinte e oito) Estações Elevatórias posicionadas estrategicamente ao longo de uma malha de adutoras em ferro fundido, com extensão total de 430km, e diâmetros variando entre 600 e 100mm.

A produção se dá através da captação das águas da Lagoa do Bonfim, juntamente com a captação de águas subterrâneas proveniente de 07 Poços Tubulares, no entorno da Lagoa do Bonfim, e de outros 12 Poços Tubulares existentes na região de Boa Cica, distante 20km, totalizando uma vazão média de 0,44m<sup>3</sup>/s.

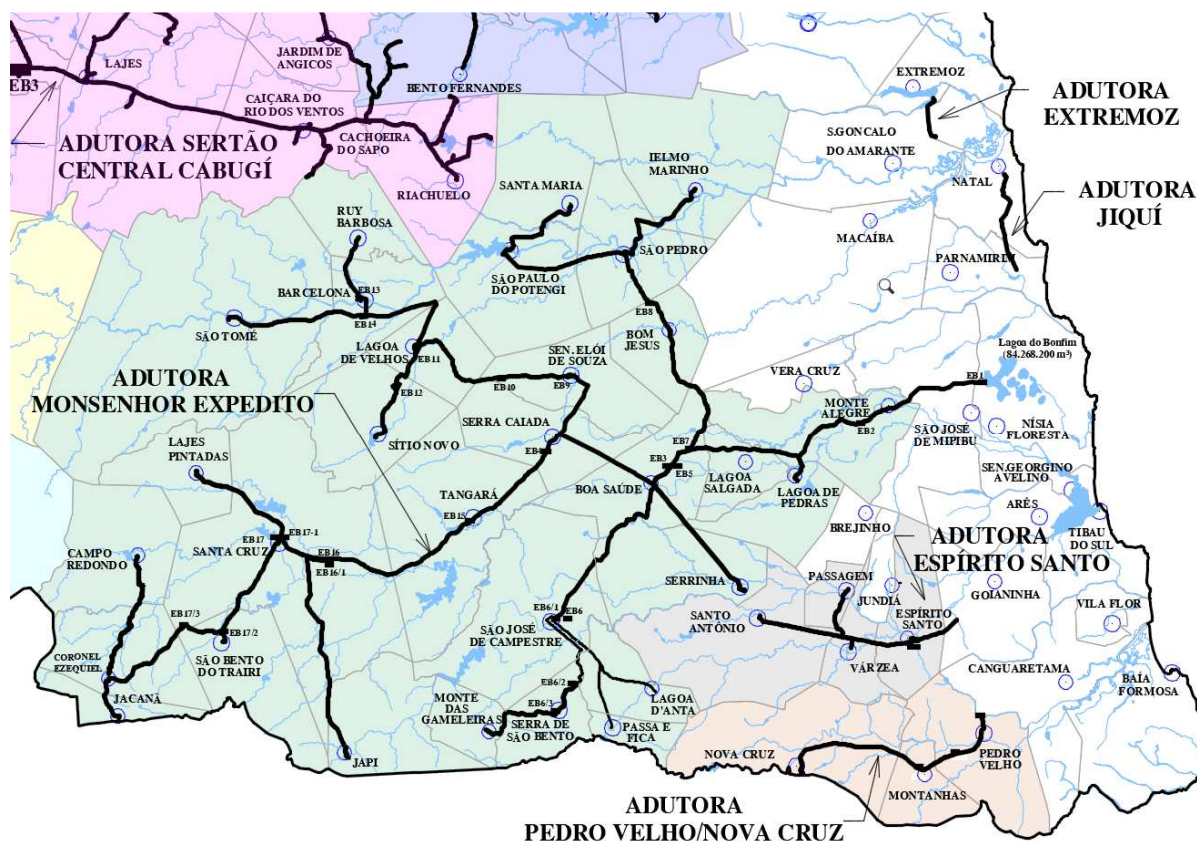


Figura 1 - Planta georreferenciada da Adutora Monsenhor Expedito.



## 1.2 – Custo Energético

No esquema hidráulico horizontal do sistema adutor Monsenhor Expedito (pág. 4) estão representadas as Estações de Bombeamento (EB\*\*), indicadas por seus números correspondentes. O fluxo da água se no sentido leste-oeste, conforme planta georreferenciada do sistema (Figura 1, pág. 3).

À cada Estação Elevatória está associado um trecho de adutora interligando aos respectivos pontos de alimentação (estações elevatórias e/ou cidades), e consumindo uma determinada potência elétrica, em função do bombeamento da água.

Os custos operacionais de produção/distribuição têm sua maior parcela proveniente dos gastos com energia elétrica, motivo pelo qual será analisado por estação elevatória, no 1º semestre de 2018, extrapolados para o corrente ano.

Tabela 1 – Custos Mensais com Energia Elétrica, primeiro semestre de 2018.

| ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS | Jan     | Fev     | Mar     | Abr     | Mai     | Jun     | TOTAL (R\$)<br>(6 MESES) | TOTAL (R\$)<br>(1 ANO) |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|------------------------|
| PRODUÇÃO*            | 175.414 | 150.431 | 124.259 | 112.802 | 156.757 | 156.685 | 876.348                  | 1.752.697              |
| 1                    | 224.876 | 198.341 | 188.466 | 208.416 | 232.019 | 273.711 | 1.325.829                | 2.651.657              |
| 2                    | 196.338 | 176.447 | 162.786 | 179.346 | 193.231 | 228.053 | 1.136.201                | 2.272.402              |
| 3/5                  | 180.593 | 155.683 | 165.576 | 164.730 | 191.534 | 210.841 | 1.068.956                | 2.137.911              |
| 4                    | 74.519  | 65.509  | 70.612  | 71.777  | 85.114  | 90.022  | 457.553                  | 915.107                |
| 6                    | 19.050  | 17.957  | 16.313  | 19.329  | 21.324  | 23.733  | 117.707                  | 235.413                |
| 61/61A               | 14.331  | 14.030  | 12.967  | 14.016  | 13.902  | 16.757  | 86.003                   | 172.006                |
| 62                   | 17.445  | 16.263  | 15.434  | 15.596  | 18.289  | 22.344  | 105.372                  | 210.743                |
| 63/63A               | 10.072  | 9.586   | 8.763   | 9.438   | 10.047  | 12.095  | 60.001                   | 120.002                |
| 7                    | 61.285  | 50.464  | 52.496  | 53.908  | 62.126  | 68.936  | 349.214                  | 698.429                |
| 8                    | 25.096  | 23.564  | 24.626  | 23.717  | 28.559  | 31.852  | 157.414                  | 314.827                |
| 9                    | 25.465  | 22.411  | 21.845  | 24.024  | 26.828  | 29.432  | 150.004                  | 300.009                |
| 10                   | 24.469  | 21.055  | 21.491  | 23.294  | 25.517  | 28.514  | 144.340                  | 288.681                |
| 11                   | 7.531   | 6.785   | 7.030   | 7.065   | 8.395   | 9.997   | 46.803                   | 93.607                 |
| 12                   | 8.502   | 7.187   | 6.422   | 7.648   | 8.565   | 10.457  | 48.780                   | 97.561                 |
| 13                   | 6.224   | 5.475   | 5.887   | 6.243   | 7.188   | 8.918   | 39.935                   | 79.871                 |
| 14                   | 12.838  | 9.882   | 9.593   | 10.755  | 11.944  | 13.752  | 68.764                   | 137.527                |
| 15/151               | 92.743  | 81.030  | 87.797  | 86.410  | 101.073 | 110.335 | 559.386                  | 1.118.773              |
| 16                   | 37.254  | 32.426  | 33.700  | 37.633  | 43.182  | 45.726  | 229.921                  | 459.841                |
| 161                  | 9.095   | 7.906   | 7.859   | 8.408   | 9.563   | 11.063  | 53.895                   | 107.789                |
| 17                   | 14.353  | 13.541  | 11.778  | 9.468   | 21.251  | 16.838  | 87.229                   | 174.459                |
| 171                  | 11.703  | 11.118  | 10.608  | 11.006  | 13.372  | 15.212  | 73.020                   | 146.040                |
| 172/172A             | 39.133  | 31.343  | 29.043  | 32.343  | 37.762  | 41.364  | 210.988                  | 421.975                |
| 173                  | 29.512  | 29.176  | 26.892  | 28.562  | 34.879  | 39.331  | 188.352                  | 376.703                |
| <b>TOTAL</b>         |         |         |         |         |         |         | <b>7.642.016</b>         | <b>15.284.031</b>      |

\*PRODUÇÃO - soma dos gastos totais com captação e transporte até a EB1.

Fonte: Relatório Conceitos de Fatura, ano 2018. Sistema de Controle Operacional – SISCOPE/CAERN

Em um sistema de adução em série e ramificado como o da Monsenhor Expedito, cada estação elevatória atende uma determinada população à jusante, ao longo de um determinado trecho de adutora, conseqüentemente, o custo operacional de cada estação elevatória deve ser compartilhado entre os municípios atendidos, em função da vazão do município/vazão total no trecho. Seguindo esta metodologia, ao ratearmos os custos da Tabela 1 (pág. 5), obedecendo ao balanço hídrico da distribuição, fornecido pela CAERN (prestadora de serviço público), e com base nos dados de produção, monta-se o quadro resumo a seguir, indicando os custos anuais totais (R\$) e unitários (R\$/m³), e vazões médias (m³/h), por Município:

| MUNICÍPIOS            | CUSTO ANUAL<br>(R\$) | VAZÃO MÉDIA<br>(m³/h) | CUSTO UNITÁRIO<br>(R\$/m³) |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| SANTA CRUZ            | 2.651.390            | 239,1                 | 1,27                       |
| JAPI                  | 376.348              | 27,0                  | 1,59                       |
| LAJES PINTADAS        | 449.414              | 24,8                  | 2,07                       |
| SÃO BENTO DO TRAIRI   | 343.877              | 22,8                  | 1,73                       |
| CEL. EZEQUIEL         | 467.683              | 25,6                  | 2,09                       |
| JAÇANÃ                | 758.261              | 41,4                  | 2,09                       |
| CAMPO REDONDO         | 940.217              | 51,4                  | 2,09                       |
| TANGARÁ               | 1.054.813            | 106,0                 | 1,14                       |
| BARCELONA             | 230.322              | 22,1                  | 1,19                       |
| LAGOA DE VELHOS       | 174.400              | 16,7                  | 1,19                       |
| SÍTIO NOVO            | 471.481              | 26,8                  | 2,00                       |
| RUY BARBOSA           | 265.919              | 17,8                  | 1,70                       |
| SÃO TOMÉ              | 706.624              | 54,5                  | 1,48                       |
| SEN. ELÓI DE SOUZA    | 255.149              | 41,3                  | 0,70                       |
| BOA SAUDE             | 416.286              | 67,4                  | 0,70                       |
| SERRA CAIADA          | 416.410              | 67,4                  | 0,70                       |
| SERRINHA              | 264.797              | 42,9                  | 0,70                       |
| PASSA E FICA          | 570.837              | 67,4                  | 0,97                       |
| LAGOA D'ANTA          | 296.030              | 34,9                  | 0,97                       |
| SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE | 652.822              | 86,9                  | 0,86                       |
| SERRA DE SÃO BENTO    | 468.055              | 30,2                  | 1,77                       |
| MONTE DAS GAMELEIRAS  | 173.667              | 11,2                  | 1,77                       |
| SANTA MARIA           | 222.325              | 26,7                  | 0,95                       |
| SÃO PAULO DO POTENGI  | 752.090              | 90,4                  | 0,95                       |
| SÃO PEDRO             | 262.752              | 31,6                  | 0,95                       |
| IELMO MARINHO         | 489.138              | 58,8                  | 0,95                       |
| BOM JESUS             | 466.099              | 68,5                  | 0,78                       |
| LAGOA DE PEDRAS       | 216.355              | 50,6                  | 0,49                       |
| LAGOA SALGADA         | 236.052              | 55,2                  | 0,49                       |
| MONTE ALEGRE (RURAL)  | 234.417              | 84,7                  | 0,32                       |
| TOTAL                 | 15.284.031           | 1.592,0               | 1,10                       |

Quadro 1 – Resumo de Custos (R\$) e Vazões médias.

O custo total do sistema é rateado entre os municípios em função da vazão transportada e da distância percorrida pela água. Para efeito tarifário adota-se o princípio da modicidade tarifária, impedindo, assim, sua excessiva oneração, de modo a assegurar o serviço público acessível a todos os usuários. O valor adotado será o custo unitário médio, dado por:

$$\frac{(Custo\ Total\ (R\$))}{(Vol.\ Produzido\ Total\ (m^3))}$$

É também neste princípio que se sustenta a precificação diferenciada, em que o valor cobrado (R\$/m³) é crescente, de acordo com as faixas de consumo, possibilitando desonerar o valor cobrado para as faixas de menor consumo. Em situações excepcionais, em que as tarifas módicas ainda não sejam suportáveis por determinada classe de usuários, deve ser utilizada em benefício da empresa concessionária, outras fontes alternativas de receita, inclusive, o subsídio estatal (GONÇALVES, 2013).

### 1.3 – Diagnóstico de Perdas

O cálculo do Índice de Perdas Totais (%) é definido por:

$$IP = 1 - (Vol.\ Consumido / Vol.\ Produzido)$$

Observe que tanto as informações de volume consumido (m³) como do volume produzido (m³) estão sujeitas à uma margem de erro. Para os volumes produzidos totais podemos considerar uma margem de +/- 5%, visto que o macromedidor instalado (do tipo deprimogêneo) na tubulação de recalque da Estação Elevatória Inicial oferece boa precisão, com tolerância de +/- 2% (ISO 3966, 2008), e as práticas de aferição regular foram adotadas durante o período analisado.

Também está atrelado uma margem de erro ao Volume Consumido, o qual é obtido a partir da soma do volume efetivamente micromedido pelos hidrômetros mais o volume estimado pelas ligações sem hidrômetros, que é dado pela multiplicação do número total de ligações sem medição x 10m³.

De acordo com os relatórios gerenciais do GSAN – Gestão Comercial de Saneamento, referente a julho de 2018, o Índice de Micromedição nos Municípios atendidos pelo sistema é de 96,5%, de modo que cerca de 98% do volume faturado é efetivamente medido, e como consequência a parcela estimada do volume consumido

não é tão representativa frente ao volume consumido total, e a margem de erro adotada será de +5%.

Confrontando os volumes de produção e distribuição com os relatórios gerados a partir do Sistema Gerencial PENTAH0, ferramenta que promove uma varredura no banco de dados do sistema comercial e fornece os volumes consumidos (faturado e consumido) pelos clientes (CAERN, 2018), referente aos Municípios e período desejado, teremos:

| MUNICÍPIOS            | VOLUMES TOTAIS (m³) |                  |                  | ÍNDICE DE PERDAS (%) |                |
|-----------------------|---------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------|
|                       | Faturado            | Consumido        | Produzido        | TOTAIS               | NO FATURAMENTO |
| BARCELONA             | 93.187              | 72.844           | 95.818           | 24,0%                | 2,7%           |
| BOA SAUDE             | 134.199             | 108.640          | 292.915          | 62,9%                | 54,2%          |
| BOM JESUS             | 310.534             | 246.453          | 414.474          | 40,5%                | 25,1%          |
| CAMPO REDONDO         | 119.149             | 84.916           | 223.244          | 62,0%                | 46,6%          |
| CEL. EZEQUIEL         | 48.280              | 36.006           | 111.046          | 67,6%                | 56,5%          |
| IELMO MARINHO         | 43.027              | 32.125           | 255.267          | 87,4%                | 83,1%          |
| JAÇANÃ                | 103.367             | 74.729           | 180.041          | 58,5%                | 42,6%          |
| JAPI                  | 99.100              | 75.164           | 117.199          | 35,9%                | 15,4%          |
| LAGOA D'ANTA          | 101.706             | 78.767           | 151.731          | 48,1%                | 33,0%          |
| LAGOA DE PEDRAS       | 103.038             | 80.192           | 219.889          | 63,5%                | 53,1%          |
| LAGOA DE VELHOS       | 70.025              | 56.556           | 72.554           | 22,0%                | 3,5%           |
| LAGOA SALGADA         | 171.294             | 136.301          | 239.908          | 43,2%                | 28,6%          |
| LAJES PINTADAS        | 83.392              | 68.281           | 107.706          | 36,6%                | 22,6%          |
| MONTE ALEGRE (RURAL)  | 112.915             | 89.195           | 368.077          | 75,8%                | 69,3%          |
| MONTE DAS GAMELEIRAS  | 42.540              | 30.494           | 48.649           | 37,3%                | 12,6%          |
| PASSA E FICA          | 188.370             | 139.991          | 292.584          | 52,2%                | 35,6%          |
| RUY BARBOSA           | 57.414              | 46.870           | 77.399           | 39,4%                | 25,8%          |
| SANTA CRUZ            | 1.040.507           | 1.039.095        | 1.038.608        | 0,0%                 | -0,2%          |
| SANTA MARIA           | 78.831              | 59.055           | 116.025          | 49,1%                | 32,1%          |
| SÃO BENTO DO TRAIRI   | 58.213              | 42.659           | 98.838           | 56,8%                | 41,1%          |
| SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE | 220.715             | 165.797          | 377.371          | 56,1%                | 41,5%          |
| SÃO PAULO DO POTENGI  | 336.822             | 268.316          | 392.494          | 31,6%                | 14,2%          |
| SÃO PEDRO             | 90.153              | 71.821           | 137.123          | 47,6%                | 34,3%          |
| SÃO TOMÉ              | 171.855             | 141.509          | 236.754          | 40,2%                | 27,4%          |
| SEN. ELÓI DE SOUZA    | 126.095             | 101.031          | 179.532          | 43,7%                | 29,8%          |
| SERRA CAIADA          | 200.093             | 156.778          | 293.002          | 46,5%                | 31,7%          |
| SERRA DE SÃO BENTO    | 82.344              | 62.194           | 131.114          | 52,6%                | 37,2%          |
| SERRINHA              | 94.813              | 76.605           | 186.321          | 58,9%                | 49,1%          |
| SÍTIO NOVO            | 58.997              | 45.917           | 116.616          | 60,6%                | 49,4%          |
| TANGARÁ               | 324.872             | 262.441          | 460.319          | 43,0%                | 29,4%          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>4.765.847</b>    | <b>3.950.742</b> | <b>7.034.500</b> | <b>43,8%</b>         | <b>32,3%</b>   |

Quadro 2 – Resumo de Volumes e Índices de Perdas, primeiro semestre de 2018.

A cidade de Bom Jesus tem seu abastecimento complementado, onde 30% do volume total é produzido pela Adutora proveniente da Captação denominada “Araçá”. Quanto ao Município de Monte Alegre, os volumes totais (produzido e consumido) considerados são referentes apenas à Zona Rural.

Observa-se a distinção entre Índice de Perdas Totais e no Faturamento, sendo esta última normalmente menor, devido ao sistema de cobrança da prestadora de serviço (CAERN), no qual o Volume mínimo faturado é de 10 m<sup>3</sup> por ligação.

Estatisticamente, com base nas margens de erros estabelecidas, constata-se que o Índice de Perdas Total é de 43,8%, podendo assumir valores entre 37,93% e 46,51%, devido às incertezas das medições/estimativas.

## CAPÍTULO 2 - ESTUDO DE REDUÇÃO DE PERDAS

### 2.1 – Conceitos

As Perdas de água englobam tanto as perdas reais (físicas), que representam a parcela não consumida, desperdiçada de fato, quanto as perdas aparentes (não-físicas), que correspondem a água consumida e não registrada/medida.

As perdas reais originam-se de vazamentos no sistema de adução e distribuição (visíveis e não visíveis), que se prolongam desde a captação de água bruta até as ligações prediais.

Enquanto que as perdas aparentes são resultado da ineficiência da medição e fiscalização, e originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, com hidrômetros apresentando submedição, parados/fraudados, e por vezes até sem medição.

A redução de perdas reais permite o atendimento dos sistemas com vazões de produção menores, diminuindo os custos de produção, pois propicia um menor consumo de energia e de produtos químicos utilizados no tratamento da água. No caso das perdas aparentes, sua redução permite aumentar o faturamento, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro.

Dentre as **causas** que resultam em perdas nos diversos sistemas de abastecimento, podemos agrupá-las em perdas reais e perdas aparentes, conforme discriminadas a seguir:

|                  |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PERDAS REAIS     | VAZAMENTOS NAS ADUTORAS, REDES DE DISTRIBUIÇÃO E RAMAIS DE LIGAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pressão excessiva na rede, ora por falta de um controle operacional adequado (inexistência de Válvulas Redutoras de Pressão), ora devido as condições topográficas intrínsecas da rede de distribuição;</li> <li>- Utilização de materiais inadequados, seja pela qualidade questionável ou classe de pressão em desconformidade;</li> <li>- Tubulações e conexões com tempo de uso avançado.</li> </ul>                                                       |
|                  | EXTRAVASAMENTO DE RESERVATÓRIOS                                    | - Inexistência de Automação e/ou Válvulas de Controle de Nível Máximo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                  | PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procedimentos operacionais tais como lavagem de filtros excessivas e descargas de redes;</li> <li>- Procedimentos de manutenção nos locais em que as válvulas de bloqueio (válvulas de gaveta e/ou retenção) encontram-se inoperantes;<br/>Ex.: Substituição de conjuntos motor-bombas, necessitando o esvaziamento dos Poços de Sucção;</li> <li>- Retorno de água aos pontos de produção em que as válvulas de retenção encontram-se inoperantes.</li> </ul> |
| PERDAS APARENTES | LIGAÇÕES CLANDESTINAS                                              | - Ineficiência na fiscalização e/ou Cadastro Comercial desatualizado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                  | LIGAÇÕES SEM MEDIÇÃO                                               | - Consumo excessivo ( $>10m^3$ ) das ligações não medidas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                  | SUBMEDIÇÃO                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Padrão de Instalação dos hidrômetros inadequado;</li> <li>- Idade do parque de hidrômetros avançada;</li> <li>- Fraudes nos hidrômetros;</li> <li>- Dimensionamento inadequado para o perfil de consumo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            |

## 2.2 – Perdas Reais por Extravasamento

Um dos objetivos deste estudo foi analisar, para o Sistema Monsenhor Expedito, os custos adicionais com energia elétrica em virtude do Extravasamento de Reservatórios, que também pode ser interpretado como perda de faturamento (se mantido os custos de produção), por não ter sido possível distribuir a água, haja visto que grande parte das cidades possui demanda reprimida (operação em rodízio), o que pode ser facilmente explicado em função da baixa cota per capita efetiva, demonstrada a seguir:

|                                       | ZONA URBANA | ZONA RURAL |           |
|---------------------------------------|-------------|------------|-----------|
| COTA PER CAPTA<br>(litros/hab. x dia) | 162,4       | 108,3      | GLOBAL    |
| COTA PER CAPTA<br>(exclusive perdas)  | 91,2        | 60,9       |           |
| POPULAÇÃO TOTAL                       | 160.422     | 118.230    | 278.653   |
| VOL. PRODUZIDO (m <sup>3</sup> )      | 4.716.934   | 2.317.566  | 7.034.500 |
| ÍNDICE DE PERDAS TOTAL                | 43,86%      | 43,80%     | 43,8%     |
| VOL. CONSUMIDO (m <sup>3</sup> )      | 2.648.270   | 1.302.472  | 3.950.742 |

As informações do campo “global”, do quadro acima, foram extraídas do Quadro 2 (pág. 11) e a população tomada com base na Estimativa do IBGE para o ano de 2017. Admitiu-se perdas semelhantes nas zonas urbana e rural, bem como uma cota per capita para a zona urbana 50% maior que a da Zona Rural. Fundamentado nestas premissas e com a ajuda de cálculos iterativos, chegou-se nos valores acima apresentados.

Para efeito de cálculo do que se deixa de faturar com o Volume Desperdiçado (VD), considere que apenas uma parcela deste volume será revertida em faturamento, sabendo-se que há um Índice de Perdas (IP) atrelado, assim como nem todo volume entregue aos clientes resulta em aumento de volume faturado, visto que grande parte consome abaixo da cota mínima faturada (10m<sup>3</sup>).

Ao analisarmos o perfil de consumo das cidades atendidas pelo Sistema Monsenhor Expedito, constatamos que, em média, 57,3% (fator de redução) do volume consumido total é advindo de ligações que consomem acima da cota mínima e, portanto, para estes clientes qualquer volume adicional entregue será revertido em volume faturado.

No quadro a seguir está representado, para o 1º semestre de 2018, o volume consumido por todas as ligações do sistema, e o volume consumido apenas das ligações com consumo excedente ( $>10\text{m}^3$ ). O Faturamento médio ( $\text{R\$/m}^3$ ) é dado pela divisão do montante faturado das ligações atendidas pela CAERN, pelo volume faturado. Não será considerado o volume consumido referentes à Santa Cruz, pois não se dispõe das informações necessárias.

|                               | VOLUME CONSUMIDO | %            | FATURAMENTO              |             | R\$/m <sup>3</sup> |
|-------------------------------|------------------|--------------|--------------------------|-------------|--------------------|
| LIGAÇÕES C/ CONSUMO EXCEDENTE | 1.782.034        | <b>57,3%</b> | VOLUME (m <sup>3</sup> ) | VALOR (R\$) |                    |
| CONSUMO TOTAL                 | 3.108.291        | 100,0%       | 4.765.847                | 17.485.422  | <b>3,67</b>        |

O montante de perda de faturamento será dado por:

$$M = VD(m^3) \times (1 - IP) \times \text{Fator de redução} \times (\text{Preço Médio}) / (m^3 \text{ faturado})$$

$$M = VD \times (1 - IP) \times 0,573 \times 3,67 (\text{R\$})$$

Para servir de base, vamos modelar um cenário para o sistema objeto da análise, onde nem todos os reservatórios possui um controle de nível máximo apropriado, e quantificar os custos com energia elétrica, com base nos custos horários de extravasamento em todos os pontos possíveis de ocorrência, sejam nos reservatórios apoiados das Estações Elevatórias ou nos Reservatórios Elevados das cidades, totalizando 58 (cinquenta e oito) locais.

Analisemos os custos adicionais com energia elétrica ou a perda de faturamento, decorrente do extravasamento dos reservatórios apoiados das Estações Elevatórias, em função das condições de contorno estipuladas a seguir:

| PONTOS POSSÍVEIS DE EXTRAVASAMENTO | HORAS DE BOMBEAMENTO POR DIA (h) | CUSTO HORÁRIO (R\$) | HORAS DE EXTRAV. POR SEMANA | CUSTO ANUAL (R\$) | VAZÃO DE EXTRAV. (m³/h) | DEIXA DE FATURAR (R\$) |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| 2                                  | 24                               | 476                 | 0,3                         | 6.205             | 1.507                   | 23.195                 |
| 3                                  | 24                               | 416                 | 0,5                         | 10.840            | 852                     | 26.226                 |
| 4                                  | 24                               | 379                 | 0,5                         | 9.885             | 538                     | 16.558                 |
| 15                                 | 24                               | 388                 | 0,5                         | 10.125            | 432                     | 13.296                 |
| 16                                 | 23                               | 480                 | 0,5                         | 12.521            | 423                     | 13.008                 |
| 5                                  | 23                               | 139                 | 0,5                         | 3.629             | 285                     | 8.781                  |
| 7                                  | 24                               | 135                 | 0,5                         | 3.509             | 276                     | 8.491                  |
| 8                                  | 24                               | 161                 | 0,5                         | 4.201             | 207                     | 6.383                  |
| 171                                | 22                               | 195                 | 0,5                         | 5.082             | 154                     | 4.739                  |
| 10                                 | 21                               | 150                 | 0,5                         | 3.917             | 158                     | 4.851                  |
| 9                                  | 21                               | 111                 | 0,5                         | 2.896             | 158                     | 4.851                  |
| 6                                  | 22                               | 79                  | 0,5                         | 2.050             | 112                     | 3.434                  |
| 173                                | 22                               | 223                 | 0,5                         | 5.810             | 129                     | 3.975                  |
| 172                                | 22                               | 179                 | 0,5                         | 4.661             | 129                     | 3.975                  |
| 151                                | 23                               | 99                  | 0,5                         | 2.591             | 111                     | 3.403                  |
| 61A                                | 22                               | 67                  | 0,5                         | 1.741             | 95                      | 2.917                  |
| 14                                 | 21                               | 74                  | 0,5                         | 1.936             | 62                      | 1.917                  |
| 62                                 | 22                               | 39                  | 0,5                         | 1.010             | 45                      | 1.389                  |
| 61                                 | 22                               | 32                  | 0,5                         | 829               | 45                      | 1.389                  |
| 63A                                | 22                               | 47                  | 0,5                         | 1.235             | 33                      | 1.013                  |
| 161                                | 22                               | 33                  | 0,5                         | 872               | 29                      | 906                    |
| 12                                 | 21                               | 55                  | 0,5                         | 1.433             | 31                      | 944                    |
| 11                                 | 21                               | 37                  | 0,5                         | 953               | 31                      | 944                    |
| 17                                 | 23                               | 33                  | 0,5                         | 854               | 26                      | 796                    |
| 172A                               | 22                               | 34                  | 0,5                         | 896               | 25                      | 764                    |
| 13                                 | 21                               | 24                  | 0,5                         | 633               | 20                      | 627                    |
| 63                                 | 22                               | 18                  | 0,5                         | 458               | 12                      | 376                    |
|                                    |                                  |                     |                             | 100.774           |                         | 159.152                |

Quadro 3 – Simulação de Extravasamento nas Estações Elevatórias.

Para os Reservatórios Elevados das Cidades, sendo o quantitativo de horas de extravasamento semanal a variável de decisão, e com as condições adotadas a seguir, os custos adicionais com energia elétrica ou perda de faturamento estão listados abaixo:

| PONTOS POSSÍVEIS DE EXTRAVASAMENTO | HORAS DE BOMBEAMENTO DIÁRIA (h) | CUSTO HORÁRIO (R\$) | HORAS DE EXTRAV. POR SEMANA | CUSTO ANUAL (R\$) | VAZÃO DE EXTRAV. (m³/h) | VOL. PERDIDO (m³) | DEIXA DE FATURAR (R\$) |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|
| TANGARÁ                            | 23                              | 126                 | 0,0                         | 0                 | 111                     | 0                 | 0                      |
| SÃO PAULO DO POTENGI               | 21                              | 98                  | 1,0                         | 5.116             | 103                     | 5.384             | 6.356                  |
| PASSA E FICA                       | 21                              | 74                  | 1,0                         | 3.883             | 77                      | 4.014             | 4.738                  |
| SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE              | 20                              | 89                  | 1,0                         | 4.663             | 104                     | 5.436             | 6.417                  |
| MONTE ALEGRE                       | 24                              | 27                  | 0,0                         | 0                 | 85                      | 0                 | 0                      |
| IELMO MARINHO                      | 21                              | 64                  | 1,0                         | 3.327             | 67                      | 3.502             | 4.134                  |
| BOM JESUS                          | 22                              | 58                  | 1,0                         | 3.027             | 75                      | 3.896             | 4.599                  |
| SERRA CAIADA                       | 23                              | 50                  | 1,0                         | 2.586             | 70                      | 3.670             | 4.332                  |
| BOA SAUDE                          | 23                              | 50                  | 1,0                         | 2.586             | 70                      | 3.669             | 4.331                  |
| CAMPO REDONDO                      | 20                              | 129                 | 1,0                         | 6.716             | 62                      | 3.216             | 3.796                  |
| SÃO TOMÉ                           | 20                              | 97                  | 1,0                         | 5.047             | 65                      | 3.410             | 4.026                  |
| LAGOA SALGADA                      | 24                              | 27                  | 1,0                         | 1.405             | 55                      | 2.880             | 3.400                  |
| LAGOA DE PEDRAS                    | 24                              | 25                  | 1,0                         | 1.288             | 51                      | 2.639             | 3.116                  |
| LAGOA D'ANTA                       | 21                              | 39                  | 1,0                         | 2.014             | 40                      | 2.081             | 2.457                  |
| JAÇANÃ                             | 20                              | 104                 | 1,0                         | 5.416             | 50                      | 2.593             | 3.061                  |
| SERRINHA                           | 22                              | 33                  | 1,0                         | 1.719             | 47                      | 2.440             | 2.880                  |
| SEN. ELÓI DE SOUZA                 | 23                              | 30                  | 1,0                         | 1.585             | 43                      | 2.249             | 2.655                  |
| SERRA DE SÃO BENTO                 | 20                              | 64                  | 1,0                         | 3.343             | 36                      | 1.889             | 2.229                  |
| SÃO PEDRO                          | 21                              | 34                  | 1,0                         | 1.787             | 36                      | 1.881             | 2.221                  |
| SANTA MARIA                        | 20                              | 30                  | 1,0                         | 1.588             | 32                      | 1.671             | 1.973                  |
| CEL. EZEQUIEL                      | 20                              | 64                  | 1,0                         | 3.341             | 31                      | 1.600             | 1.888                  |
| JAPI                               | 22                              | 47                  | 1,0                         | 2.444             | 29                      | 1.535             | 1.812                  |
| SÍTIO NOVO                         | 20                              | 65                  | 1,0                         | 3.368             | 32                      | 1.680             | 1.983                  |
| LAJES PINTADAS                     | 21                              | 59                  | 1,0                         | 3.057             | 28                      | 1.478             | 1.744                  |
| SÃO BENTO DO TRAIRI                | 21                              | 45                  | 1,0                         | 2.339             | 26                      | 1.356             | 1.601                  |
| BARCELONA                          | 20                              | 32                  | 1,0                         | 1.645             | 26                      | 1.380             | 1.629                  |
| RUY BARBOSA                        | 20                              | 36                  | 1,0                         | 1.899             | 21                      | 1.115             | 1.316                  |
| LAGOA DE VELHOS                    | 20                              | 24                  | 1,0                         | 1.246             | 20                      | 1.045             | 1.234                  |
| MONTE DAS GAMELEIRAS               | 20                              | 24                  | 1,0                         | 1.240             | 13                      | 701               | 827                    |
| SANTA CRUZ                         | 23                              | 316                 | 0,0                         | 0                 | 249                     | 0                 | 0                      |
|                                    |                                 |                     |                             | 77.677            |                         | 68.407            | 80.755                 |

Quadro 4 – Simulação de Extravasamento nas Cidades.

Segue o Quadro Resumo dos montantes envolvidos:

| LOCAIS COM POTENCIAL DE EXTRAVASAMENTO        | CUSTO ANUAL (R\$) | PERDA DE FATURAMENTO (R\$) |
|-----------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| RESERVATÓRIOS APOIADOS (ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS) | 100.774           | 159.152                    |
| RESERVATÓRIOS ELEVADOS (CIDADES)              | 77.677            | 80.755                     |
| TOTAL                                         | 178.451           | 239.907                    |

O impacto da redução de perdas por Extravasamento no Índice de Perdas do Sistema, pode ser avaliado da seguinte forma, com a visão da redução de custos:

| SISTEMA ADUTOR<br>MONSENHOR EXPEDITO | VOLUMES TOTAIS (1º SEMESTRE 2018) |           |           | ÍNDICE DE PERDAS (%) |                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|----------------------|-------------------|
|                                      | Faturado                          | Consumido | Produzido | TOTAL                | NO<br>FATURAMENTO |
| SITUAÇÃO ATUAL                       | 4.765.847                         | 3.950.742 | 7.034.500 | <b>43,8%</b>         | <b>32,3%</b>      |
| SEM EXTRAVASAMENTO                   | 4.765.847                         | 3.950.742 | 6.938.876 | <b>43,1%</b>         | <b>31,3%</b>      |

Apesar da redução no Índice de Perdas não ser tão significativa, os custos adicionais com energia elétrica podem ser evitados, e foram estimados em **178.451,00 (R\$/ano)**. Em contrapartida se a visão é de recuperar faturamento, mantido os custos de produção, o incremento de receita será da ordem de **239.907,00 (R\$/ano)**, o que justifica em qualquer um dos cenários o investimento na aquisição de válvulas hidráulicas e equipamentos/sensores elétricos e de telecomunicações, para possibilitar o Controle Automatizado dos Níveis Máximos dos Reservatórios.

| SISTEMA ADUTOR<br>MONSENHOR EXPEDITO | VOLUMES TOTAIS (1º SEMESTRE 2018) |           |           | ÍNDICE DE PERDAS (%) |                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|----------------------|-------------------|
|                                      | Faturado                          | Consumido | Produzido | TOTAL                | NO<br>FATURAMENTO |
| SITUAÇÃO ATUAL                       | 4.765.847                         | 3.950.742 | 7.034.500 | <b>43,8%</b>         | <b>32,3%</b>      |
| SEM EXTRAVASAMENTO                   | 4.797.061                         | 4.005.187 | 7.034.500 | <b>43,1%</b>         | <b>31,8%</b>      |

## 2.3 – Controle de Pressão

O Sistema Monsenhor Expedito atende uma população de 278.653 habitantes, dos quais 41% residem na Zona Rural dos Municípios (IBGE, 2017). Ou seja, os Municípios apresentam em termos gerais, uma ocupação difusa ao longo de seus territórios, de modo que as subadutoras que atendem a Zona Rural, em sua grande maioria, originam-se diretamente das linhas primárias, por meio de interligações dotadas de dispositivos (Placa de Orifício) para controle de vazão máxima e adequação de pressões.

Sabe-se que a Placa de Orifício impõe uma perda de carga diretamente proporcional a Vazão, promovendo a adequação da Pressão Disponível nas redes de Distribuição secundárias, para um determinado patamar de consumo. Quando o consumo diminui deste patamar, as pressões tendem a se equipararem às pressões da adutora, já que a perda de carga na placa de orifício também cai, e finalmente com consumo zero, pelo princípio dos vasos comunicantes as pressões se igualam.

Devido a inexistência de Reservatórios na Zona Rural, quando das horas de consumo mínimo (madrugada), as pressões dinâmicas da Adutora tendem a se transferir para as redes secundárias de distribuição, e como consequência, em termos gerais:

- Aumento do Consumo Médio, inclusive das Ligações Não Medidas, partindo do pressuposto que o consumo tende a aumentar com o aumento da pressão disponível;
- Aumento do Consumo pelos Vazamentos, visíveis e não visíveis;
- Aumento do Número de Vazamentos, inclusive agravamento dos existentes, pois as pressões serão máximas em todo o trecho;
- Índices de Perdas maiores.

O controle de pressão pode ser implementado através da instalação de válvulas reguladoras de pressão que tem como finalidade manter uma pressão à jusante desta constante, independente das variações de pressão à montante e/ou de consumo na derivação.

Em não havendo um controle mais eficaz, podemos estimar as perdas na zona rural em um patamar de 60%, e conseqüentemente, para que as perdas globais permaneçam iguais, teremos:

|                          | ZONA URBANA | ZONA RURAL | GLOBAL       |
|--------------------------|-------------|------------|--------------|
| VOL. PRODUZIDO (6 meses) | 4.716.934   | 2.317.566  | 7.034.500    |
| ÍNDICE DE PERDAS total   | 35,90%      | 60,00%     | <b>43,8%</b> |
| ÍNDICE DE PERDAS no fat. | 23,53%      | 50,00%     | <b>32,3%</b> |
| VOL. CONSUMIDO (m³)      | 3.023.716   | 927.026    | 3.950.742    |
| VOL. FATURADO (m³)       | 3.607.064   | 1.158.783  | 4.765.847    |

Espera-se que com a instalação das válvulas redutoras de pressão nas derivações atendidas diretamente por adutoras, a redução do volume distribuído seja em média de 10%, no mínimo. O novo cenário pode ser resumido por:

|                          | ZONA URBANA | ZONA RURAL | GLOBAL    |
|--------------------------|-------------|------------|-----------|
| POPULACAO                | 160.422     | 118.230    | 278.653   |
| VOL. PRODUZIDO (6 meses) | 4.716.934   | 2.085.809  | 6.802.743 |
| ÍNDICE DE PERDAS real    | 35,90%      | 55,55%     | 41,9%     |
| ÍNDICE DE PERDAS fat     | 23,53%      | 44,44%     | 29,9%     |
| VOL CONSUMIDO            | 3.023.555   | 927.187    | 3.950.742 |
| VOL FATURADO             | 3.607.040   | 1.158.807  | 4.765.847 |

Se fizermos uma analogia do potencial de redução de custos, com o que foi calculado para o cenário sem extravasamento (nas cidades), e aplicar uma proporção em relação a Redução do Volume Produzido, teremos:

|                     | REDUÇÃO                             |                | AUMENTO              |                                    |
|---------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|------------------------------------|
|                     | VOL. PRODUZIDO<br>(m <sup>3</sup> ) | CUSTOS (R\$)   | FATURAMENTO<br>(R\$) | VOL. FATURADO<br>(m <sup>3</sup> ) |
| SEM EXTRAVASAMENTO  | 68.407                              | 77.677         | 80.755               | 33.197                             |
| CONTROLE DE PRESSAO | 463.513                             | <b>526.322</b> | <b>565.793</b>       | 154.213                            |

Conforme demonstrado acima, a redução dos custos com energia elétrica em decorrência de um controle mais efetivo nas derivações, por meio da instalação de válvulas redutoras de pressão, totaliza um montante de **526.322,00 (R\$/ano)**. Se a visão é de recuperar faturamento, esta cifra pode chegar a **565.793,00 (R\$/ano)**, com a redistribuição do volume economizado, no restante do sistema.

Medidas que visem o controle de pressão se revelam bastante vantajosas por permitirem combater tanto as perdas reais (visíveis ou não) quanto as aparentes, e os preços em geral das válvulas hidráulicas e equipamentos elétricos, que proporcionam o controle apropriado, estão cada vez mais acessíveis.

### CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DE CUSTO ENERGÉTICO

No quadro 1 foram apresentados os custos com energia elétrica envolvidos na captação e transporte, para o m<sup>3</sup> de água entregue em cada um dos Municípios atendidos pelo Sistema Adutor Monsenhor Expedito, e foi constatado que o custo médio é de 1,10 R\$/m<sup>3</sup>.

No quadro 2 foram detalhados os índices de perdas totais por Município, enquanto que o Índice Global é de 43,8%, resultando numa Cota per capita efetiva de 91,2 litros/hab. X dia para a Zona Urbana e 60,9 litros/hab. X dia para a Zona Rural, conforme exemplificado no quadro resumo (pág. 11), referente ao 1º semestre de 2018.

Ainda que se tivesse níveis aceitáveis de perdas, em 25%, a produção atual não seria capaz de fornecer a cota per capita de projeto, exigindo um incremento de 25,23% no volume produzido, o que reforça a necessidade de ampliação do sistema.

Apesar da população atual já superar a população de fim de plano, para qual o projeto foi concebido, dada a situação de demanda reprimida constatada atualmente, as condições físicas da infraestrutura permitem prolongar o seu uso. Façamos uma simulação do aumento do custo energético do Sistema, caso fosse ampliado a capacidade de bombeamento das Estações Elevatórias para atender as demandas atuais.

Para isso precisamos calcular o aumento percentual de potência “P<sub>fat</sub>/P”, em função do aumento percentual “fat” de vazão, para cada Estação Elevatória, onde são conhecidos a vazão de referência “Q” e o custo anual de bombeamento:

$$P = \frac{(g \cdot (Q/3600) \cdot H)}{(n_b \cdot n_m)} = \alpha \cdot Q \cdot H$$

$$H = H_g + H_f$$

$$H_f = \frac{(10,643 \cdot L \cdot (Q/3600)^{1,85})}{(C^{-1,85} \cdot (D/1000)^{-4,87})} = k \cdot Q^{1,85}$$

$$P = \alpha \cdot Q \cdot (H_g + k \cdot Q^{1,85})$$

$$\frac{P_{fat}}{P} = \frac{(\alpha \cdot fat \cdot Q \cdot (H_g + k \cdot fat^{1,85} \cdot Q^{1,85}))}{(\alpha \cdot Q \cdot (H_g + k \cdot Q^{1,85}))}$$

$$\frac{P_{fat}}{P} = \frac{(fat \cdot (H_g + k \cdot fat^{1,85} \cdot Q^{1,85}))}{(H_g + k \cdot Q^{1,85})}$$

$$\frac{P_{fat}}{P} = \frac{(fat \cdot H_g + k \cdot fat^{2,85} \cdot Q^{1,85})}{(H_g + k \cdot Q^{1,85})}$$

$P \rightarrow$  Potência Elétrica Ativa (kW)  
 $g \rightarrow$  Aceleração da Gravidade (9,8 m/s<sup>2</sup>)  
 $H \rightarrow$  Altura Manométrica Total (mca)  
 $Q \rightarrow$  Vazão (m<sup>3</sup>/h)  
 $n_b \cdot n_m \rightarrow$  Rendimento Conjunto Motor Bomba  
 $\alpha \rightarrow$  Constante  
 $H_g \rightarrow$  Desnível Geométrico (mca)  
 $H_f \rightarrow$  Fórmula de Hazen- Williams (mca)  
 $L \rightarrow$  Comprimento Total (m)  
 $C \rightarrow$  Coeficiente de Rugosidade  
 $D \rightarrow$  Diâmetro (mm)  
 $k \rightarrow$  Constante  
 $fat \rightarrow$  Fator de Aumento/ Redução de Vazão

Sabe-se que os custos com energia elétrica são diretamente proporcionais a Potência Elétrica Ativa, de modo que o novo custo de bombeamento será dado pela multiplicação do Custo de Referência (situação atual) pelo fator de aumento de potência (P<sub>fat</sub>/P), conforme quadro a seguir:

| SITUAÇÃO ATUAL          |                   |              | SIMULAÇÃO    |      |          |                   |
|-------------------------|-------------------|--------------|--------------|------|----------|-------------------|
| ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS    | CUSTO ANUAL (R\$) | VAZÃO (m³/h) | VAZÃO (m³/h) | fat  | Pfat / P | CUSTO ANUAL (R\$) |
| PRODUÇÃO                | 1.752.697         | 1.592,00     | 1993,7       | 1,25 | 1,00     | 1.752.697         |
| 1                       | 2.651.657         | 1.592,00     | 1993,7       | 1,25 | 1,68     | 4.452.536         |
| 2                       | 2.272.402         | 1.507,27     | 1923,2       | 1,28 | 1,75     | 3.975.396         |
| 3                       | 1.618.550         | 852,12       | 1092         | 1,28 | 1,83     | 2.966.673         |
| 4                       | 915.107           | 537,98       | 720,1        | 1,34 | 2,07     | 1.891.309         |
| 15                      | 898.408           | 432,02       | 601,7        | 1,39 | 2,29     | 2.058.097         |
| 151                     | 220.365           | 105,97       | 118,4        | 1,12 | 1,19     | 262.175           |
| 16                      | 459.841           | 405,04       | 561,7        | 1,39 | 2,79     | 1.282.800         |
| 7                       | 698.429           | 275,88       | 375,4        | 1,36 | 2,25     | 1.569.331         |
| 8                       | 314.827           | 207,39       | 298          | 1,44 | 2,83     | 889.682           |
| 9                       | 300.009           | 137,92       | 190,9        | 1,38 | 1,74     | 520.901           |
| 10                      | 288.681           | 137,92       | 190,9        | 1,38 | 2,99     | 863.434           |
| 13                      | 79.871            | 17,82        | 25,3         | 1,42 | 2,27     | 181.495           |
| 11                      | 93.607            | 26,85        | 38           | 1,42 | 2,44     | 228.707           |
| 12                      | 97.561            | 26,85        | 38           | 1,42 | 2,20     | 214.295           |
| 14                      | 137.527           | 54,50        | 79,5         | 1,46 | 2,45     | 336.987           |
| 5                       | 519.362           | 273,43       | 345,9        | 1,27 | 1,69     | 880.036           |
| 6                       | 235.413           | 102,28       | 144,7        | 1,41 | 2,33     | 549.619           |
| 61                      | 55.499            | 41,38        | 57,4         | 1,39 | 1,93     | 107.387           |
| 61A                     | 116.507           | 86,87        | 102,3        | 1,18 | 1,29     | 150.821           |
| 62                      | 210.743           | 41,38        | 57,4         | 1,39 | 1,50     | 316.818           |
| 63                      | 32.476            | 11,20        | 15,5         | 1,38 | 1,42     | 45.999            |
| 63A                     | 87.527            | 30,18        | 41,9         | 1,39 | 1,53     | 133.548           |
| 161                     | 107.789           | 26,98        | 40           | 1,48 | 2,15     | 231.694           |
| 17                      | 174.459           | 24,79        | 33,7         | 1,36 | 1,98     | 346.036           |
| 171                     | 146.040           | 141,15       | 213,7        | 1,51 | 2,64     | 386.230           |
| 172                     | 353.956           | 118,40       | 183,2        | 1,55 | 1,67     | 591.731           |
| 172A                    | 68.019            | 22,75        | 30,5         | 1,34 | 1,61     | 109.186           |
| 173                     | 376.703           | 118,40       | 183,2        | 1,55 | 2,00     | 753.765           |
| TOTAL                   | 15.284.031        |              |              |      |          | 28.049.384        |
| CUSTO UNITÁRIO (R\$/m³) | 1,10              |              |              |      |          | 1,61              |

Quadro 5 – Simulação de ampliação do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, mantida a infraestrutura atual e Índice de Perdas igual a 25%.

Analisando o quadro acima, constata-se que um incremento de vazão de 25,23% provoca um aumento nos custos totais de 83,52%, apenas com energia elétrica, indicando que a infraestrutura existente já está no seu limite de eficiência.

Com o envelhecimento da tubulação, instalada há 20 anos, as características de rugosidade de suas paredes internas tendem a se deteriorar, haja visto a formação de incrustações ao longo do tempo, e juntamente com a redução de sua área útil, o aumento das perdas de carga é inevitável.

## CAPÍTULO 4: AMPLIAÇÃO DA ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO

Quando se pensa na ampliação de um sistema adutor de extensa abrangência, tem de se avaliar os mananciais com potencial de fornecimento de água, e traçar os possíveis cenários de ampliação, com integração ou não, de outros sistemas adutores/mananciais.

A proposta de integrar os Sistemas Adutores tem como princípio o de prover alternativas de abastecimento com um regime de operação mais flexível e, por conseguinte, maior garantia hídrica, possibilitando uma gestão mais eficiente.

Em uma visão macro dos grandes sistemas adutores que estão inseridos nas regiões agreste e central do RN, conforme plantas a seguir, verifica-se a Adutora Monsenhor Expedito, com origem na Lagoa do Bonfim, em Nísia Floresta, estendendo-se pela Região Agreste até os Municípios limítrofes com a região do Seridó.

Ainda no Agreste Potiguar, em sua porção sul, avançando até o litoral, localizam-se a Bacia do Rio Curimataú, com vazão média de deflúvio de  $2,52\text{m}^3/\text{s}$ , no posto fluviométrico localizado em Pedro Velho, mesmo ponto de junção com o Rio Piquiri e a Bacia do Rio Guaju, situado nos municípios de Pedro Velho, Baía Formosa e Canguaretama, onde estima-se que a vazão média na foz do Rio Guaju, é de  $4,03\text{m}^3/\text{s}$ . (SEMARH, 1998).

Diante do exposto, e considerando que o complexo lagunar do Bonfim demonstra ter atingido o seu limite de exploração, será adotado como Manancial de reforço para o Sistema Monsenhor Expedito, o Rio Piquiri, no mesmo ponto de captação onde já existe um sistema de captação e tratamento de águas, da CAERN, para atendimento das cidades de Pedro Velho, Montanhas e Nova Cruz.

À oeste de Santa Cruz, distante 137km, no centro do estado, localiza-se a maior reserva hídrica (manancial de superfície) do RN, a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, fonte de suprimento de água para os Municípios estabelecidos no eixo norte do Seridó, através dos Sistemas Adutores Serra de Santana e o Expresso para Currais Novos/Acari, além de outros sistemas de abastecimento na região central e oeste.

A bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu será beneficiada com a implementação da maior obra de infraestrutura hídrica do País, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), com previsão para término em 2018. As águas após percorrerem 260km, através de seu EIXO NORTE, desaguarão no Reservatório Engenheiro Ávidos, no município de Cajazeiras (PB) e, posteriormente, chegando até o Rio Grande do Norte (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2018).

#### **4.1 – Metodologia**

Vamos traçar diferentes concepções de projeto, integrando o Sistema Monsenhor Expedito à Barragem Armando Ribeiro, que proporcionem a mesma oferta de água para a população, avaliar os custos de implantação e operação, e realizar uma análise qualitativa do custo/benefício entre as concepções propostas.

A estimativa populacional será feita com base no método aritmético, utilizando as taxas de crescimento do IBGE, sendo a população de 2017 como referência para início de projeto, e fim de plano em 2050, num total de 30 anos. A cota per capita para as Cidades será de 150 litros/ hab. X dia, enquanto que para a Zona Rural 100 litros / hab. X dia, sem incluir as perdas, que serão estipuladas em 25%.

Desenvolvimento em planilha eletrônica do esquema hidráulico horizontal dos sistemas, para definição das vazões por trecho, bem como sua modelagem através do levantamento dos perfis topográficos, afim de identificação dos pares cota topográfica x distância acumulada dos pontos de contorno.

Análise hidráulica por trecho, compreendendo o traçado da linha piezométrica e cálculo da altura manométrica total em função dos dados de entrada e condições de contorno: coeficiente de rugosidade, diâmetro, vazões pontuais, vazão total, pressões mínimas etc. As perdas de carga por atrito serão calculadas com base na fórmula de Hazen-Willians

À cada trecho de recalque está associado uma estação elevatória à montante, que deverão ser dimensionados, para as vazões de fim de plano, objetivando custos totais mínimos, resultado da soma dos custos com implantação da infraestrutura e operação (energia elétrica) ao longo do período de alcance. As concepções definidas serão soluções otimizadas, com o menor custo total, conforme gráfico a seguir.

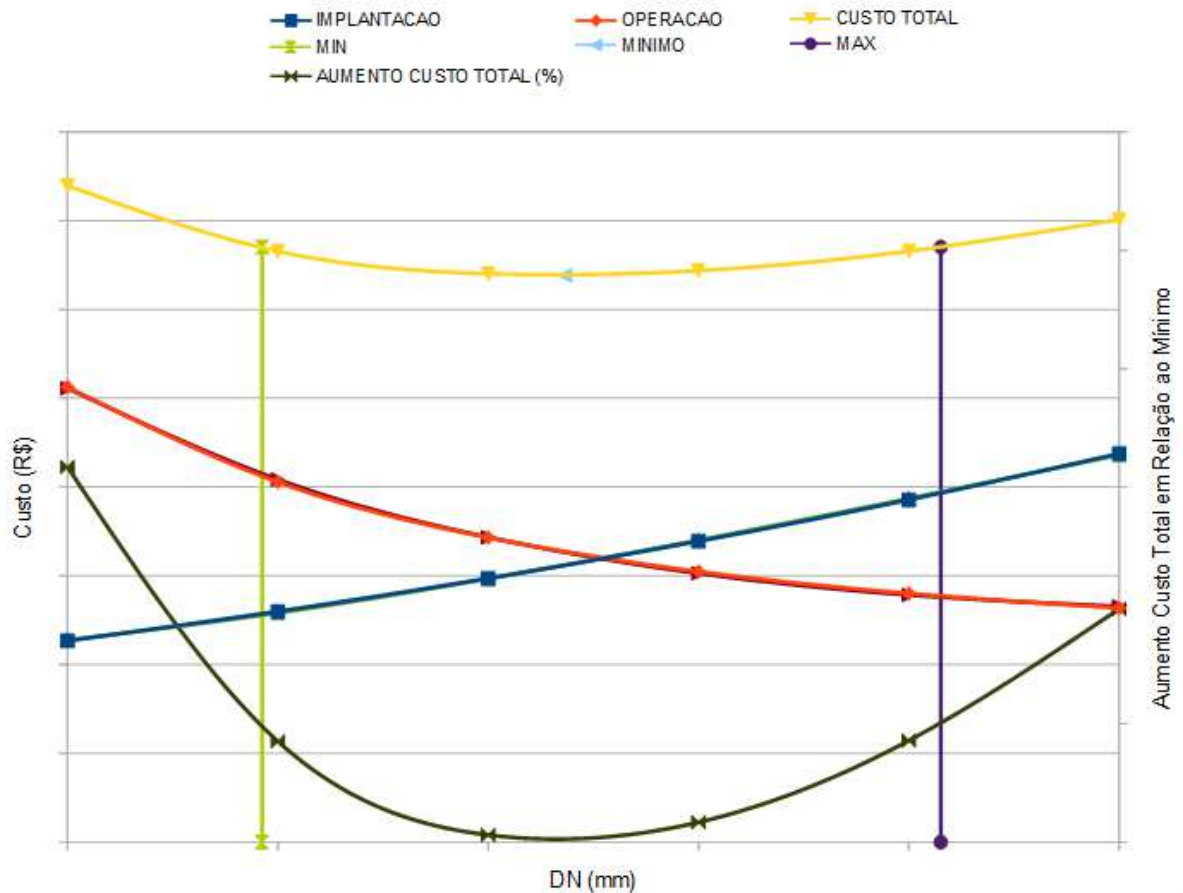


Gráfico 2 – Custos Totais, Implantação e Operação, em função do Diâmetro Nominal

Ressalte-se conforme exemplificado no gráfico 2, que está delimitado uma região de dimensionamento ótimo, em que os custos totais não superam o custo mínimo em mais de 5%.

Ao final será realizada uma análise de custos entre as concepções de projeto propostas, considerando os investimentos totais concentrados no início de projeto e os custos totais de operação ao longo de seu período de alcance, visto que uma análise econômico-financeira, que não faz parte deste estudo, requer o conhecimento **temporal** dos **investimentos**, dos **custos operacionais** que vão decrescendo em função de novos investimentos na renovação da infraestrutura, e das **receitas**, que crescem com o aumento do volume produzido/consumido.

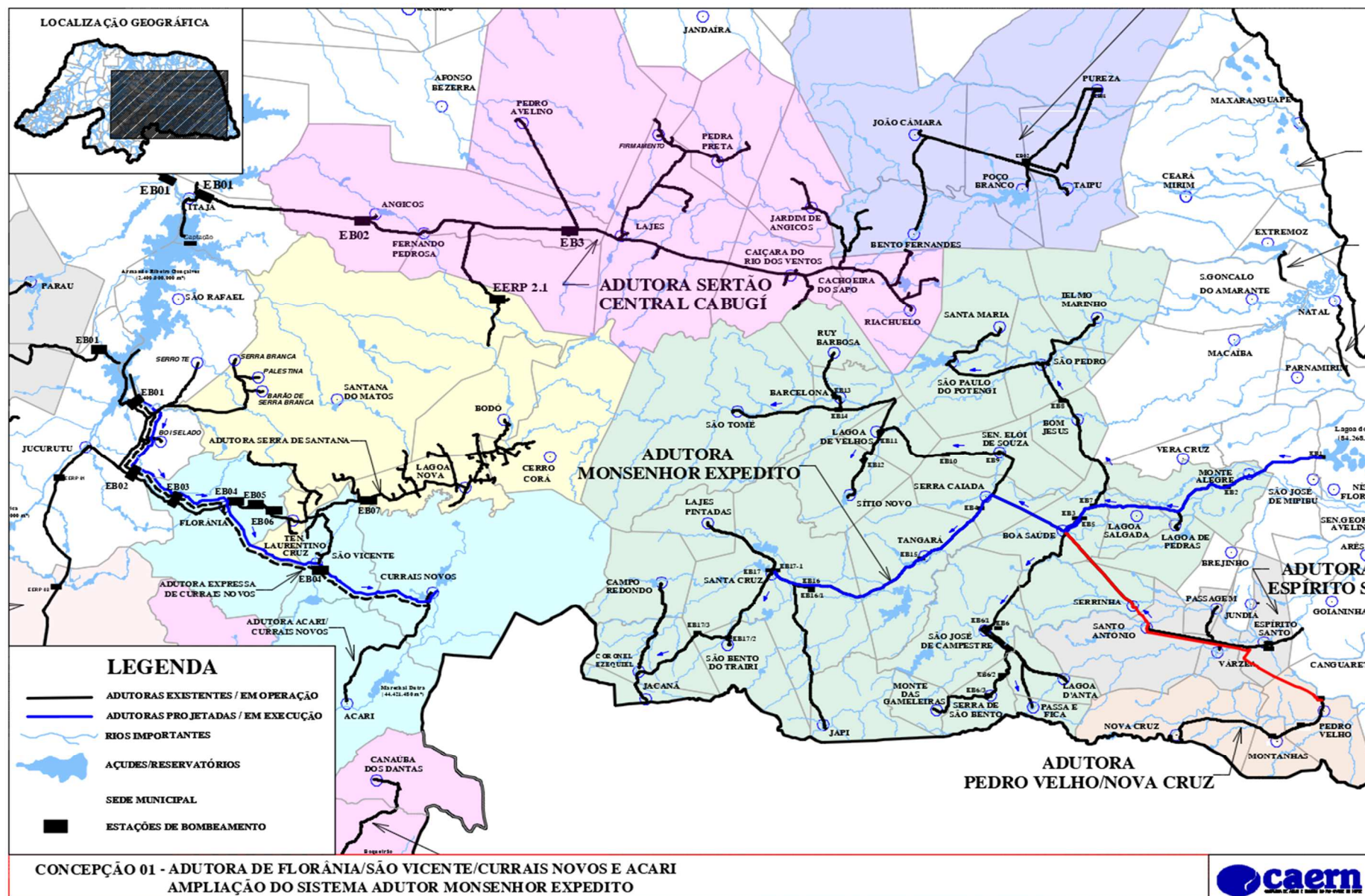
#### 4.2 – Síntese das Alternativas de Concepção

**CONCEPÇÃO 1 – AMPLIAÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES MANTENDO A CONCEPÇÃO ATUAL.****AMPLIAÇÃO ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO**

| <b>MANANCIAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                   | <b>Vazão de Exploração (m³/h)</b> |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   | <b>INÍCIO DE PLANO</b>            | <b>FIM DE PLANO</b>   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Lagoa do Bonfim, Nisia Floresta.                                                                                                                                                                  | 372,0                             | 1.105,2               |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Águas subterrâneas proveniente de sete Poços Tubulares no entorno da Lagoa do Bonfim, Nisia Floresta.                                                                                             | 480,0                             | 480,0                 |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Águas subterrâneas proveniente de doze Poços Tubulares na localidade "Boa Cica", Nisia Floresta                                                                                                   | 540,0                             | 540,0                 |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Rio Piquiri, Pedro Velho                                                                                                                                                                          | 602,0                             | 858,8                 |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <b>1.994,0</b>                    | <b>2.984,0</b>        |
| <b>CAPTAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                   |                                   | <b>Distância (Km)</b> |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Captação das Águas da Lagoa do Bonfim, através de conjuntos motor-bombas submersíveis, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de uma adutora em ferro fundido.  |                                   | desprezível           |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Captação das Águas dos Poços Tubulares, através de equipamentos motor-bomba submersos, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de adutoras em PVC 1MPa.          |                                   | 6                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Captação das Águas dos Poços Tubulares, através de equipamentos motor-bomba submersos, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória de Boa Cica, ao longo de adutoras em PVC 1MPa. |                                   | 2                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Recalque a partir da Estação Elevatória de Boa Cica, até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de uma adutora em PRFV com 500mm de diâmetro.                                  |                                   | 19,2                  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Captação das Águas do Rio Piquiri, através de tomadas d'água em ferro fundido por gravidade até o Tanque de Reunião da Estação de Tratamento Existente, em Pedro Velho.                           |                                   | desprezível           |
| <b>ADUÇÃO/DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   |                                   | <b>Distância (Km)</b> |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Substituição/Ampliação da Linha Primária partindo da Estação Elevatória 01 até Santa Cruz                                                                                                         |                                   | 106,9                 |
| B e C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Substituição/Ampliação da Malha de Adutoras restante.                                                                                                                                             |                                   | 323,5                 |
| B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Adutora Expressa, em FoFo, partindo da Estação de Tratamento, em Pedro Velho, até a cidade de Boa Saúde, onde interliga-se no trecho cuja estação elevatória à montante é a 05, substituindo-a.   |                                   | 56,5                  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   |                                   | <b>486,9</b>          |
| <b>MUNICÍPIOS ATENDIDOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                   |                                   |                       |
| SANTA CRUZ, JAPI, LAJES PINTADAS, SÃO BENTO DO TRAIRI, CEL. EZEQUIEL, JAÇANÃ, CAMPO REDONDO, TANGARÁ, BARCELONA, LAGOA DE VELHOS, LAGOA DE PEDRAS, SÃO TOMÉ, RUY BARBOSA, SÍTIO NOVO, SEN. ELÓI DE SOUZA, BOA SAÚDE, SERRA CAIADA, SÃO PAULO DO POTENGI, SÃO PEDRO, IELMO MARINHO, SANTA MARIA, BOM JESUS, LAGOA SALGADA, LAGOA DE PEDRAS, MONTE ALEGRE (ZONA RURAL), MONTE DAS GAMELEIRAS, SERRA DE SÃO BENTO, PASSA E FICA, SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE, LAGOA D'ANTA E SERRINHA |                                                                                                                                                                                                   |                                   | 30                    |

**AMPLIAÇÃO ADUTORA CURRAIS NOVOS**

| <b>MANANCIAL</b>                             |                                                                                                                                                             | <b>Vazão de Exploração (m³/h)</b> |                       |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                                              |                                                                                                                                                             | <b>INÍCIO DE PLANO</b>            | <b>FIM DE PLANO</b>   |
| 1                                            | Barragem Armando Ribeiro Gonçalves,                                                                                                                         | 569,2                             | 702,3                 |
| <b>CAPTAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA</b>         |                                                                                                                                                             |                                   | <b>Distância (Km)</b> |
| 1                                            | Captação das Águas da BARG, através de conjuntos motor-bombas flutuantes, e recalque até a Câmara de Carga da Estação de Tratamento Existente, em Jucurutu. |                                   | 4                     |
| <b>ADUÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b>                |                                                                                                                                                             |                                   | <b>Distância (Km)</b> |
| A                                            | Substituição/Ampliação da Linha Primária partindo da Estação Elevatória 01 até Currais Novos                                                                |                                   | 78,4                  |
| <b>MUNICÍPIOS ATENDIDOS</b>                  |                                                                                                                                                             |                                   |                       |
| FLORÂNIA, SÃO VICENTE, CURRAIS NOVOS, ACARI. |                                                                                                                                                             |                                   | 4                     |



**CONCEPÇÃO 2 – AMPLIAÇÃO DA ADUTORA DE CURRAIS NOVOS ATÉ SANTA CRUZ/ADJACÊNCIAS.****AMPLIAÇÃO ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO**

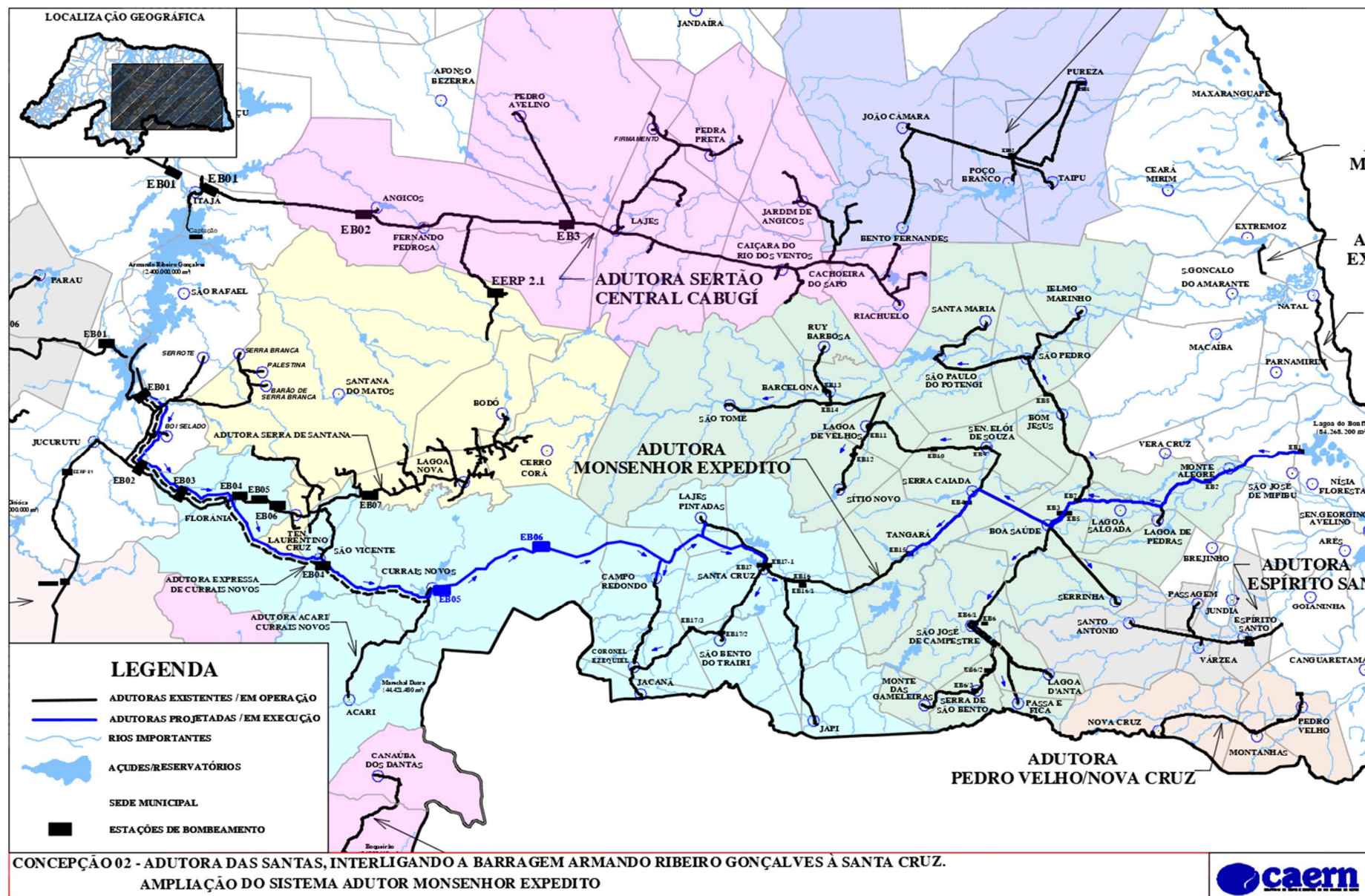
| <b>MANANCIAL</b>                           |                                                                                                                                                                                                   | Vazão de Exploração (m³/h) |              |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------|
|                                            |                                                                                                                                                                                                   | INÍCIO DE PLANO            | FIM DE PLANO |
| 1                                          | Lagoa do Bonfim, Nisia Floresta.                                                                                                                                                                  | 372                        | 1105,2       |
| 2                                          | Águas subterrâneas proveniente de sete Poços Tubulares no entorno da Lagoa do Bonfim, Nisia Floresta.                                                                                             | 480                        | 480          |
| 3                                          | Águas subterrâneas proveniente de doze Poços Tubulares na localidade "Boa Cica", Nisia Floresta                                                                                                   | 540                        | 540          |
| TOTAL                                      |                                                                                                                                                                                                   | 1392                       | 2125,2       |
| <b>CAPTAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA</b>       |                                                                                                                                                                                                   | Distância (Km)             |              |
| 1                                          | Captação das Águas da Lagoa do Bonfim, através de conjuntos motor-bombas submersíveis, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de uma adutora em ferro fundido.  | desprezível                |              |
| 2                                          | Captação das Águas dos Poços Tubulares, através de equipamentos motor-bomba submersos, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de adutoras em PVC 1MPa.          | 6                          |              |
| 3                                          | Captação das Águas dos Poços Tubulares, através de equipamentos motor-bomba submersos, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória de Boa Cica, ao longo de adutoras em PVC 1MPa. | 2                          |              |
|                                            | Recalque a partir da Estação Elevatória de Boa Cica, até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de uma adutora em PRFV com 500mm de diâmetro.                                  | 19,2                       |              |
| <b>ADUÇÃO/DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b> |                                                                                                                                                                                                   | Distância (Km)             |              |
| B                                          | Substituição/Ampliação da Linha Primária partindo da Estação Elevatória 01 até Tangará                                                                                                            | 79,1                       |              |
| B e C                                      | Substituição/Ampliação da Malha de Adutoras restante.                                                                                                                                             | 289,6                      |              |
| TOTAL                                      |                                                                                                                                                                                                   | 368,7                      |              |

**MUNICÍPIOS ATENDIDOS**

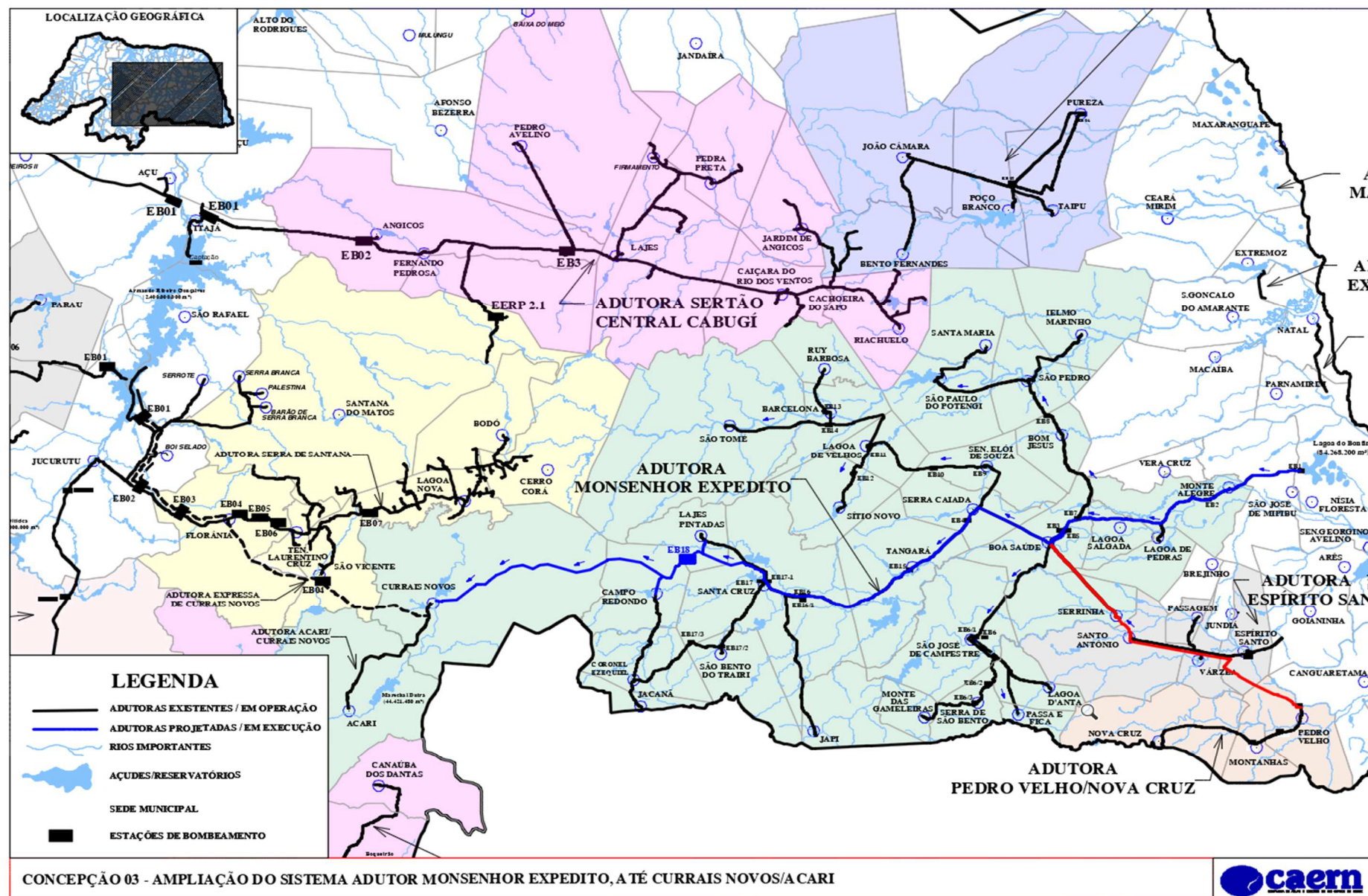
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TANGARÁ, BARCELONA, LAGOA DE VELHOS, LAGOA DE PEDRAS, SÃO TOMÉ, RUY BARBOSA, SÍTIO NOVO, SEN. ELÓI DE SOUZA, BOA SAÚDE, SERRA CAIADA, SÃO PAULO DO POTENGI, SÃO PEDRO, IELMO MARINHO, SANTA MARIA, BOM JESUS, LAGOA SALGADA, LAGOA DE PEDRAS, MONTE ALEGRE (ZONA RURAL), MONTE DAS GAMELEIRAS, SERRA DE SÃO BENTO, PASSA E FICA, SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE, LAGOA D'ANTA E SERRINHA | 23 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**ADUTORA DAS SANTAS**

| <b>MANANCIAL</b>                                                                                                                           |                                                                                                                                                             | Vazão de Exploração (m³/h) |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------|
|                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             | INÍCIO DE PLANO            | FIM DE PLANO |
| 1                                                                                                                                          | Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, Jucurutu.                                                                                                               | 1170,9                     | 1561,1       |
| <b>CAPTAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA</b>                                                                                                       |                                                                                                                                                             | ,                          |              |
| 1                                                                                                                                          | Captação das Águas da BARG, através de conjuntos motor-bombas flutuantes, e recalque até a Câmara de Carga da Estação de Tratamento Existente, em Jucurutu. | 4                          |              |
| <b>ADUÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b>                                                                                                              |                                                                                                                                                             | Distância (Km)             |              |
| A                                                                                                                                          | Substituição/Ampliação da Linha Primária partindo da Estação Elevatória 01 até Santa Cruz                                                                   | 137,1                      |              |
| <b>MUNICÍPIOS ATENDIDOS</b>                                                                                                                |                                                                                                                                                             |                            |              |
| FLORÂNIA, SÃO VICENTE, CURRAIS NOVOS, ACARI, SANTA CRUZ, LAJES PINTADAS, CAMPO REDONDO, JAPI, CEL. EZEQUIEL, SÃO BENTO DO TRAIRI E JAÇANÃ. |                                                                                                                                                             | 11                         |              |





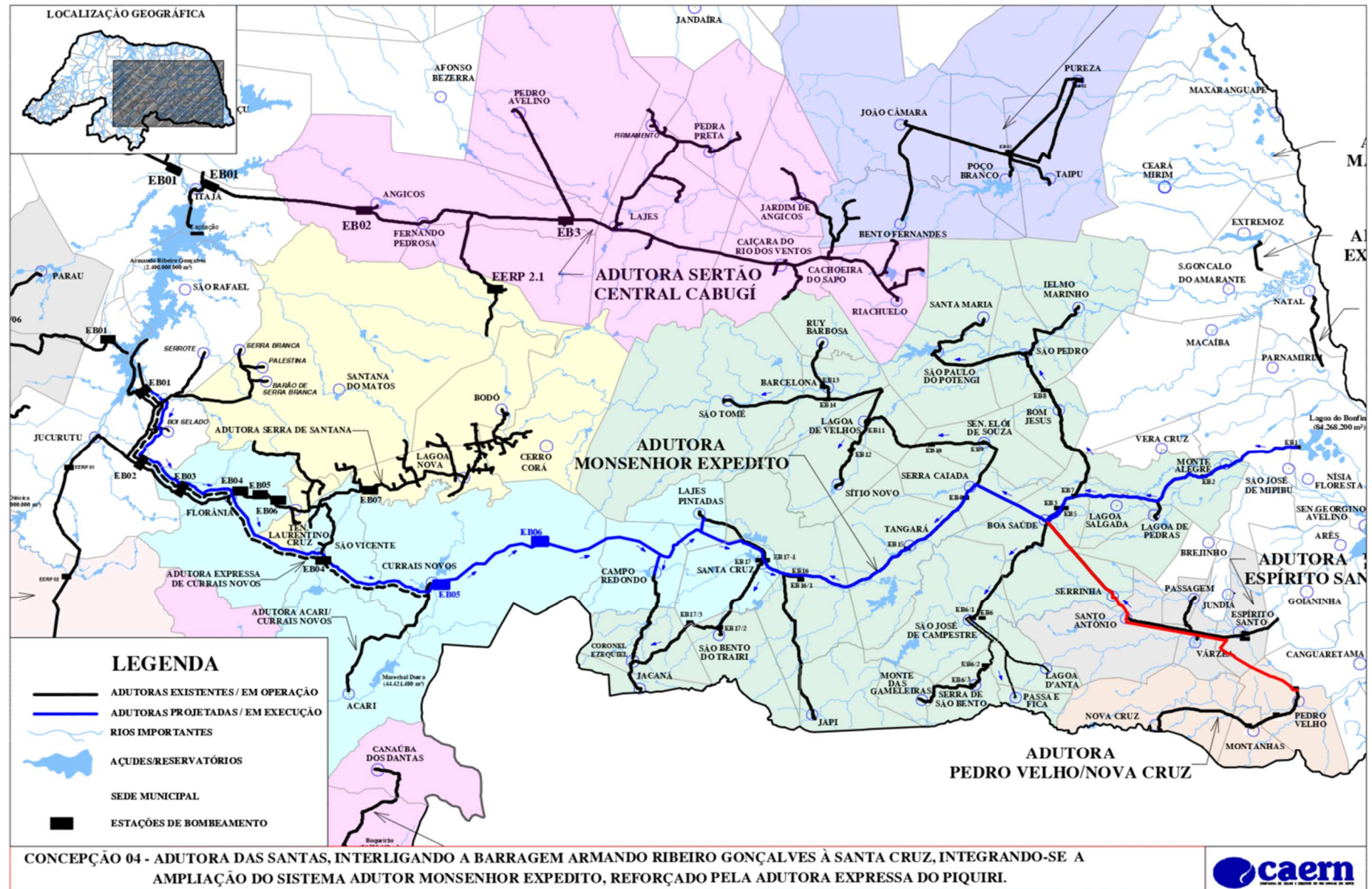


**CONCEPÇÃO 4 – AMPLIAÇÃO E INTEGRAÇÃO DA MONSENHOR EXPEDITO À BARG.****AMPLIAÇÃO ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO**

| <b>MANANCIAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | Vazão de Exploração (m³/h) |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                   | <b>INÍCIO DE PLANO</b>     | <b>FIM DE PLANO</b>   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Lagoa do Bonfim, Nísia Floresta.                                                                                                                                                                  | 692,1                      | 1556,9                |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Águas subterrâneas proveniente de sete Poços Tubulares no entorno da Lagoa do Bonfim, Nísia Floresta.                                                                                             | 480                        | 480                   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Águas subterrâneas proveniente de doze Poços Tubulares na localidade “Boa Cica”, Nísia Floresta                                                                                                   | 540                        | 540                   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Rio Piquiri, Pedro Velho                                                                                                                                                                          | 345,9                      | 516,3                 |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   | <b>1712,1</b>              | <b>2576,9</b>         |
| <b>CAPTAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                   |                            | <b>Distância (Km)</b> |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Captação das Águas da Lagoa do Bonfim, através de conjuntos motor-bombas submersíveis, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de uma adutora em ferro fundido.  |                            | desprezível           |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Captação das Águas dos Poços Tubulares, através de equipamentos motor-bomba submersos, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de adutoras em PVC 1MPa.          |                            | 6                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Captação das Águas dos Poços Tubulares, através de equipamentos motor-bomba submersos, e recalque até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória de Boa Cica, ao longo de adutoras em PVC 1MPa. |                            | 2                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Recalque a partir da Estação Elevatória de Boa Cica, até o Reservatório Apoiado da Estação Elevatória 01, ao longo de uma adutora em PRFV com 500mm de diâmetro.                                  |                            | 19,2                  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Captação das Águas do Rio Piquiri, através de tomadas d'água em ferro fundido por gravidade até o Tanque de Reunião da Estação de Tratamento Existente, em Pedro Velho.                           |                            | desprezível           |
| <b>ADUÇÃO/DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                   |                            | <b>Distância (Km)</b> |
| B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Substituição/Ampliação da Linha Primária partindo da Estação Elevatória 01 até Santa Cruz                                                                                                         |                            | 106,93                |
| B e C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Substituição/Ampliação da Malha de Adutoras restante.                                                                                                                                             |                            | 289,57                |
| C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Adutora Expressa, em FoFo, partindo da Estação de Tratamento, em Pedro Velho, até a cidade de Boa Saúde, onde interliga-se no trecho cuja estação elevatória à montante é a 05, substituindo-a.   |                            | 56,5                  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   |                            | <b>453</b>            |
| <b>MUNICÍPIOS ATENDIDOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                   |                            |                       |
| JAPI, LAJES PINTADAS, SÃO BENTO DO TRAIRI, CEL. EZEQUIEL, JAÇANÃ, CAMPO REDONDO, TANGARÁ, BARCELONA, LAGOA DE VELHOS, LAGOA DE PEDRAS, SÃO TOMÉ, RUY BARBOSA, SÍTIO NOVO, SEN. ELÓI DE SOUZA, BOA SAÚDE, SERRA CAIADA, SÃO PAULO DO POTENGI, SÃO PEDRO, IELMO MARINHO, SANTA MARIA, BOM JESUS, LAGOA SALGADA, LAGOA DE PEDRAS, MONTE ALEGRE (ZONA RURAL), MONTE DAS GAMELEIRAS, SERRA DE SÃO BENTO, PASSA E FICA, SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE, LAGOA D'ANTA E SERRINHA |                                                                                                                                                                                                   |                            | 29                    |

**ADUTORA DE SANTA CRUZ**

| <b>MANANCIAL</b>                                                       |                                                                                                                                                             | Vazão de Exploração (m³/h) |                       |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
|                                                                        |                                                                                                                                                             | <b>INÍCIO DE PLANO</b>     | <b>FIM DE PLANO</b>   |
| 1                                                                      | Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, Jucurutu.                                                                                                               | 850,8                      | 1109,4                |
| <b>CAPTAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA</b>                                   |                                                                                                                                                             |                            |                       |
| 1                                                                      | Captação das Águas da BARG, através de conjuntos motor-bombas flutuantes, e recalque até a Câmara de Carga da Estação de Tratamento Existente, em Jucurutu. |                            | 4                     |
| <b>ADUÇÃO/DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b>                             |                                                                                                                                                             |                            | <b>Distância (Km)</b> |
| A                                                                      | Substituição/Ampliação da Linha Primária partindo da Estação Elevatória 01 até Santa Cruz                                                                   |                            | 137,1                 |
| <b>MUNICÍPIOS ATENDIDOS</b>                                            |                                                                                                                                                             |                            |                       |
| FLORÂNIA, SÃO VICENTE, CURRAIS NOVOS, ACARI E SANTA CRUZ (ZONA URBANA) |                                                                                                                                                             |                            | 5                     |

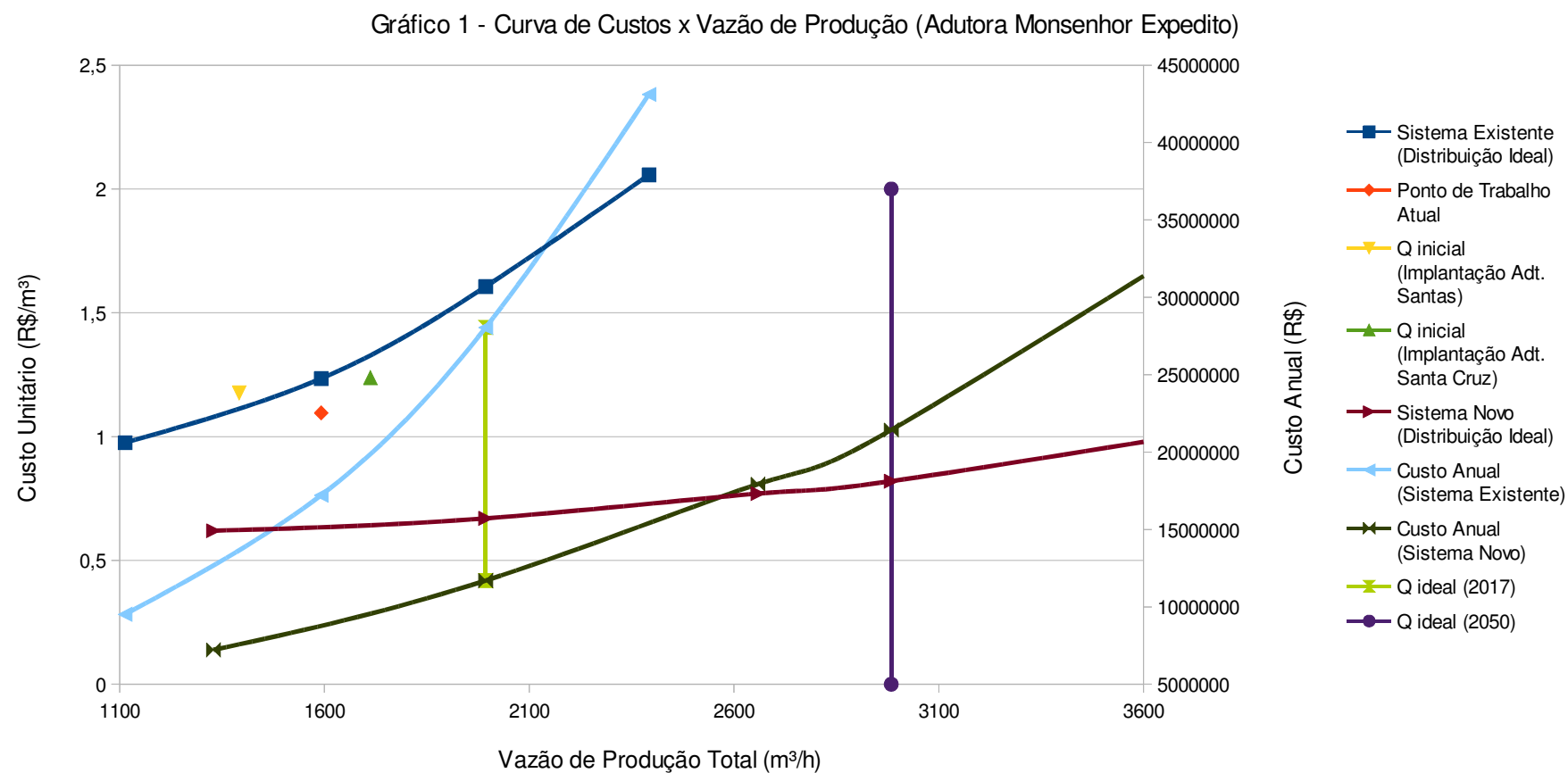


## QUADRO RESUMO – ESTUDO POPULACIONAL/DEMANDAS/CUSTOS

| CIDADE                | POPULACAO (2017) |            |          | POPULACAO (2050) |            |          | CUSTO DE OPERAÇÃO (R\$/m³) |         |         |         |         |         |
|-----------------------|------------------|------------|----------|------------------|------------|----------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                       | zona urbana      | zona rural | q (m³/h) | zona urbana      | zona rural | q (m³/h) | INICIAL                    |         |         | FINAL   |         |         |
|                       |                  |            |          |                  |            |          | CONC. 1                    | CONC. 2 | CONC. 4 | CONC. 1 | CONC. 2 | CONC. 4 |
| SANTA CRUZ            | 33.796           | 5.871      | 314,3    | 48.849           | 8.486      | 454,2    | 0,61                       | 1,20    | 1,12    | 0,72    | 1,35    | 1,24    |
| JAPI                  | 3.902            | 1.345      | 40,0     | 5.764            | 1.986      | 59,1     | 0,78                       | 1,36    | 0,79    | 0,92    | 1,55    | 0,93    |
| LAJES PINTADAS        | 2.499            | 2.323      | 33,7     | 3.858            | 3.587      | 52,1     | 0,85                       | 1,20    | 0,62    | 1,02    | 1,35    | 0,73    |
| SÃO BENTO DO TRAIRI   | 2.135            | 2.290      | 30,5     | 3.727            | 3.998      | 53,3     | 0,68                       | 1,27    | 0,69    | 0,81    | 1,44    | 0,82    |
| CEL. EZEQUIEL         | 2.352            | 3.241      | 37,6     | 3.753            | 5.171      | 60,0     | 1,26                       | 1,84    | 1,26    | 1,42    | 2,03    | 1,42    |
| JAÇANÃ                | 6.102            | 2.966      | 67,3     | 7.247            | 3.522      | 80,0     | 1,46                       | 2,03    | 1,46    | 1,63    | 2,24    | 1,62    |
| CAMPO REDONDO         | 5.692            | 5.552      | 78,3     | 7.286            | 7.107      | 100,2    | 1,26                       | 1,20    | 0,62    | 1,42    | 1,35    | 0,73    |
| TANGARÁ               | 10.895           | 4.971      | 118,4    | 17.052           | 7.780      | 185,3    | 0,46                       | 0,46    | 0,46    | 0,53    | 0,53    | 0,52    |
| BARCELONA             | 1.807            | 2.257      | 27,6     | 2.750            | 3.436      | 42,0     | 0,51                       | 0,50    | 0,50    | 0,61    | 0,61    | 0,60    |
| LAGOA DE VELHOS       | 1.862            | 909        | 20,6     | 3.436            | 1.677      | 37,9     | 0,51                       | 0,50    | 0,50    | 0,61    | 0,61    | 0,60    |
| SÍTIO NOVO            | 2.632            | 2.896      | 38,0     | 4.163            | 4.581      | 60,1     | 0,72                       | 0,72    | 0,72    | 0,93    | 0,93    | 0,92    |
| RUY BARBOSA           | 1.772            | 1.897      | 25,3     | 2.943            | 3.152      | 42,0     | 0,57                       | 0,57    | 0,57    | 0,70    | 0,70    | 0,70    |
| SÃO TOMÉ              | 6.158            | 5.065      | 79,5     | 7.958            | 6.545      | 102,7    | 0,69                       | 0,68    | 0,69    | 0,84    | 0,84    | 0,83    |
| SEN. ELÓI DE SOUZA    | 2.660            | 3.528      | 41,8     | 4.880            | 6.473      | 76,6     | 0,40                       | 0,39    | 0,39    | 0,45    | 0,45    | 0,44    |
| BOA SAUDE             | 3.595            | 6.501      | 66,1     | 5.963            | 10.781     | 109,6    | 0,40                       | 0,39    | 0,39    | 0,45    | 0,45    | 0,44    |
| SERRA CAIADA          | 6.120            | 3.979      | 73,1     | 10.135           | 6.591      | 121,1    | 0,40                       | 0,39    | 0,39    | 0,45    | 0,45    | 0,44    |
| SERRINHA              | 2.070            | 4.352      | 41,4     | 2.593            | 5.453      | 51,9     | 0,37                       | 0,45    | 0,37    | 0,45    | 0,50    | 0,45    |
| PASSA E FICA          | 7.972            | 5.127      | 94,9     | 14.558           | 9.364      | 173,3    | 0,43                       | 0,50    | 0,43    | 0,55    | 0,61    | 0,55    |
| LAGOA D'ANTA          | 4.344            | 2.449      | 49,8     | 7.056            | 3.978      | 80,9     | 0,43                       | 0,50    | 0,43    | 0,55    | 0,61    | 0,55    |
| SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE | 10.813           | 2.194      | 102,3    | 14.860           | 3.015      | 140,6    | 0,37                       | 0,45    | 0,37    | 0,45    | 0,50    | 0,45    |
| SERRA DE SÃO BENTO    | 3.334            | 2.536      | 41,9     | 4.347            | 3.306      | 54,6     | 0,80                       | 0,87    | 0,79    | 0,89    | 0,95    | 0,89    |
| MONTE DAS GAMELEIRAS  | 1.236            | 942        | 15,5     | 1.191            | 908        | 15,0     | 1,02                       | 1,10    | 1,02    | 1,12    | 1,17    | 1,12    |
| SANTA MARIA           | 3.524            | 1.976      | 40,3     | 5.685            | 3.188      | 65,1     | 0,45                       | 0,46    | 0,46    | 0,56    | 0,58    | 0,57    |
| SÃO PAULO DO POTENGI  | 12.720           | 4.852      | 133,0    | 18.130           | 6.917      | 189,5    | 0,39                       | 0,40    | 0,40    | 0,48    | 0,49    | 0,49    |
| SÃO PEDRO             | 3.440            | 2.699      | 43,7     | 5.920            | 4.644      | 75,1     | 0,39                       | 0,40    | 0,40    | 0,48    | 0,49    | 0,49    |
| IELMO MARINHO         | 1.742            | 11.972     | 81,0     | 2.913            | 20.020     | 135,5    | 0,39                       | 0,40    | 0,40    | 0,48    | 0,49    | 0,49    |
| BOM JESUS             | 7.352            | 2.902      | 77,4     | 11.691           | 4.616      | 123,1    | 0,37                       | 0,38    | 0,38    | 0,43    | 0,44    | 0,44    |
| LAGOA DE PEDRAS       | 2.426            | 5.153      | 48,8     | 3.132            | 6.653      | 63,1     | 0,31                       | 0,32    | 0,32    | 0,33    | 0,34    | 0,34    |
| LAGOA SALGADA         | 5.471            | 2.798      | 61,1     | 9.292            | 4.751      | 103,8    | 0,31                       | 0,32    | 0,32    | 0,33    | 0,34    | 0,34    |
| MONTE ALEGRE          |                  | 12.687     | 70,5     |                  | 13.735     | 76,3     | 0,20                       | 0,21    | 0,21    | 0,18    | 0,19    | 0,19    |
| CURRAIS NOVOS         | 40.059           | 5.169      | 362,5    | 46.110           | 5.950      | 417,3    | 0,77                       | 0,77    | 0,75    | 0,83    | 0,86    | 0,82    |
| ACARI                 | 9.142            | 2.191      | 88,4     | 11.208           | 2.686      | 108,3    | 0,77                       | 0,77    | 0,75    | 0,83    | 0,86    | 0,82    |
| FLORÂNIA              | 7.089            | 2.173      | 71,1     | 9.839            | 3.016      | 98,7     | 0,59                       | 0,59    | 0,57    | 0,64    | 0,67    | 0,64    |
| SÃO VICENTE           | 4.040            | 2.429      | 47,2     | 6.675            | 4.012      | 77,9     | 0,59                       | 0,59    | 0,57    | 0,64    | 0,67    | 0,64    |
| TOTAL                 | 220.753          | 130.192    | 2.562,9  | 314.964          | 191.082    | 3.686,3  |                            |         |         |         |         |         |

## QUADRO RESUMO - RESULTADOS

| DADOS DE PROJETO             |               |                           |                                    | CONCEPÇÕES DE PROJETO |                                                       | CUSTOS (R\$)                              |                           |                           |               |                   |           |                                    |
|------------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|-------------------|-----------|------------------------------------|
| VAZÃO INICIO DE PLANO (m³/h) | EXTENSÃO (Km) | POPULAÇÃO ATENDIDA (2017) | VAZÃO FIM DE PLANO (m³/h)          |                       |                                                       | LINHA PRIMÁRIA / INVESTIMENTO PRIORITÁRIO | IMPLANTAÇÃO               | OPERAÇÃO (30 ANOS)        | TOTAL         | UNITÁRIO (R\$/m³) |           | PER CAPTA (R\$/hab)                |
|                              |               |                           |                                    |                       |                                                       |                                           |                           |                           |               | ANO INICIAL       | ANO FINAL |                                    |
| 569,2                        | 78,4          | 72.292                    | 702,3                              | 1                     | ADUTORA CURRAIS NOVOS                                 | 62.837.203<br>3.435.944                   | 117.236.312<br>9.786.651  | 180.073.515<br>13.222.595 | 0,73          | 0,78              | 916,74    |                                    |
|                              |               |                           | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO A PARTIR DA BARG |                       |                                                       |                                           |                           |                           |               |                   |           |                                    |
| 1.993,7                      | 430,4         | 278.653                   | 2.984,0                            |                       | AMPLIAÇÃO MONSENHOR EXPEDITO                          | 150.249.259                               | 303.195.016               | 276.301.935               | 579.496.951   | 0,57              | 0,65      | 1.287,71                           |
| 1.392,0                      |               |                           | 2.125,2                            |                       | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO DA MONSENHOR EXPEDITO               |                                           |                           | 45.420.504                | 45.420.504    |                   |           |                                    |
| 601,7                        | 56,5          |                           | 858,8                              |                       | ADT EXPRESSA DO PIQUIRI (PRODUÇÃO)                    | 55.629.179                                | 79.759.229                | 135.388.408               |               |                   |           |                                    |
| 2.562,9                      | 565,4         | 350.945                   | 3.686,3                            |                       | TOTAL                                                 | 216.522.406                               | 425.097.342               | 528.504.631               | 953.601.973   | 0,60              | 0,67      | 1.211,29                           |
|                              |               |                           |                                    |                       |                                                       |                                           |                           |                           |               |                   |           |                                    |
| 1.170,9                      | 137,1         | 152.358                   | 1.561,1                            | 2                     | ADUTORA DAS SANTAS                                    | 150.068.345<br>5.842.866                  | 355.767.134<br>20.361.689 | 505.835.479<br>26.204.554 | 0,97          | 1,11              | 1.023,32  |                                    |
|                              |               |                           | TRECHO ATE CURRAIS NOVOS:          |                       | 99.405.933                                            |                                           |                           |                           |               |                   |           | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO A PARTIR DA BARG |
| 1.392,0                      | 368,7         | 198.587                   | 2.125,2                            |                       | AMPLIAÇÃO DA ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO               | 98.898.091                                | 238.707.896               | 216.090.984               | 454.798.880   | 0,52              | 0,60      | 1.202,03                           |
|                              |               |                           | 2.125,2                            |                       | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO DA MONSENHOR EXPEDITO               |                                           |                           | 45.420.504                | 45.420.504    |                   |           |                                    |
| 2.562,9                      | 505,8         | 350.945                   | 3.686,3                            |                       |                                                       | TOTAL                                     | 155.911.210               | 394.619.106               | 637.640.311   | 1.032.259.417     | 0,73      | 0,81                               |
|                              |               |                           |                                    |                       |                                                       |                                           |                           |                           |               |                   |           |                                    |
| 2.444,6                      | 453,9         | 278.653                   | 3.509,6                            | 3                     | AMPLIAÇÃO MONSENHOR EXPEDITO ATÉ CURRAIS NOVOS/ACARI. | 214.101.364                               | 353.911.169               | 402.855.432               | 756.766.601   | 0,71              | 0,78      | 1.530,41                           |
| 1.392,0                      |               |                           | 2.125,2                            |                       | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO DA MONSENHOR EXPEDITO               |                                           |                           |                           |               |                   |           |                                    |
| 1.052,6                      | 56,5          |                           | 1.384,4                            |                       | ADT EXPRESSA DO PIQUIRI (PRODUÇÃO)                    | 72.541.127                                | 138.248.961               | 210.790.088               |               |                   |           |                                    |
| 2.444,6                      | 510,4         |                           | 3.509,6                            |                       | TOTAL                                                 | 286.642.491                               | 426.452.296               | 586.524.897               | 1.012.977.193 |                   |           |                                    |
|                              |               |                           |                                    |                       |                                                       |                                           |                           |                           |               |                   |           |                                    |
| 850,8                        | 137,1         | 106.088                   | 1.109,4                            | 4                     | ADUTORA SANTA CRUZ                                    | 117.926.922<br>4.502.868                  | 222.891.779<br>14.907.630 | 340.818.701<br>19.410.497 | 0,87          | 0,97              | 1.154,04  |                                    |
|                              |               |                           | TRECHO ATE CURRAIS NOVOS:          |                       | 85.163.892                                            |                                           |                           |                           |               |                   |           | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO A PARTIR DA BARG |
| 1.712,1                      | 396,5         | 244.856                   | 2.576,9                            |                       | AMPLIAÇÃO MONSENHOR EXPEDITO                          | 127.500.764                               | 267.310.569               | 230.126.854               | 497.437.423   | 0,52              | 0,60      | 1.264,16                           |
| 1.366,2                      |               |                           | 2.060,6                            |                       | CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO DA MONSENHOR EXPEDITO               |                                           |                           | 45.420.504                | 45.420.504    |                   |           |                                    |
| 345,9                        | 56,5          |                           | 516,3                              |                       | ADT EXPRESSA DO PIQUIRI (PRODUÇÃO)                    | 42.226.668                                | 47.052.785                | 89.279.453                |               |                   |           |                                    |
| 2.562,9                      | 590,1         | 350.945                   | 3.686,3                            |                       |                                                       | TOTAL                                     | 122.429.790               | 431.967.027               | 560.399.551   | 992.366.578       | 0,64      | 0,71                               |



#### 4.4 – Análise de Alternativas

Em todas as concepções, o investimento total viabilizará a renovação completa da infraestrutura da adutora Monsenhor Expedito, e uma nova adutora para currais novos/acari, em substituição a adutora expressa de engate rápido, que atinge o fim de sua vida útil em 2018.

Os investimentos prioritários devem ser suficientes para solucionar o déficit de água atual, nas cidades mais críticas do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, localizadas nos extremos do sistema, como também para executar uma nova adutora para as cidades de Currais Novos/Acari.

Em cada concepção, os sistemas foram subdivididos e identificados os níveis de prioridade para execução parcelada, representado por “A, B e/ou C” indicando investimentos iniciais/prioritários, numa escala de curto à médio/longo prazo, respectivamente.

As soluções que integram a Adutora Monsenhor Expedito com a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves permitem, simultaneamente, o atendimento de currais novos/acari e a resolução da demanda reprimida existente nas cidades atendidas pelo sistema, já que parte da vazão ora destinada para Santa Cruz seria redistribuída, possibilitando prolongar a operação da adutora Monsenhor Expedito existente, em um patamar de custos compatível com o atual e postergar os investimentos com sua renovação.

No gráfico 1 (pág. 33), observa-se que a infraestrutura existente (linha azul) para vazões de produção maiores que a atual ( $1600\text{m}^3/\text{h}$ ), o crescimento do custo anual (linha azul clara, eixo y secundário) se dá exponencialmente, indicando que o sistema existente está operando no limite de sua vazão, considerando o equilíbrio econômico-financeiro. Uma nova infraestrutura (linha marrom), projetada para um novo alcance de projeto, possibilitaria custos operacionais mínimos.

## CONCLUSÕES

A necessidade de ampliação da Adutora Monsenhor Expedito já é uma realidade, visto que mesmo com níveis aceitáveis de perdas, em 25%, a produção teria que ser incrementada em 25%, para disponibilizar as cotas per capita de projeto, 150 litros/ hab. X dia para centros urbanos e 100 litros/hab. X dia para a zona rural.

Integrar o referido Sistema à Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, aliviando-o, através da execução de uma nova adutora até Santa Cruz, mostra-se como uma alternativa otimizada de ampliação dos sistemas analisados, à medida que possibilita a resolução do quadro atual de demandas reprimidas na Monsenhor Expedito, por meio da redistribuição interna da água remanescente, alcançando resultados expressivos com investimentos iniciais da ordem de 30% do seu valor total.

A metodologia desenvolvida identificou o custo energético do sistema adutor, e com base no comportamento da curva custo energético x vazão de produção total, constatou que o ponto atual de trabalho, com oferta de água aquém da ideal para o sistema, encontra-se no limite de sua eficiência. Para vazões de produção acima das atuais, o crescimento do custo unitário (R\$/m<sup>3</sup>) se dá exponencialmente.

Neste sentido, a renovação da infraestrutura, para um novo alcance de projeto, possibilitaria a redução dos custos operacionais e, portanto, resultaria numa ação eficaz de ganho de eficiência energética.

O Município de Santa Cruz, cidade de maior demanda (14,2% do total), localiza-se no extremo oeste do sistema, com um custo direto apenas com energia elétrica de 1,27R\$/m<sup>3</sup>. Uma nova adutora partindo da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves e integrando-se ao Sistema Monsenhor Expedito proporcionaria um custo inicial estimado em 1,12R\$/m<sup>3</sup>, com uma vazão ainda maior que a disponibilizada hoje.

No âmbito das ações de combate às perdas reais, verificou-se que o controle de pressão nas derivações associado ao controle do nível máximo dos reservatórios, resultam numa redução entre 4 e 5% do custo anual (com energia elétrica), ou numa perda de faturamento de 805.700,00 (R\$/ano).

Um programa de gestão de perdas parte do princípio de que elas sejam mensuráveis, para que então se possa traçar estratégias de combate. Em um sistema de distribuição ramificado, como o da Adutora Monsenhor Expedito, a quantificação fidedigna de seu balanço hídrico é primordial, sendo possível com um Sistema de

Macromedição ideal, em que se registre todos os volumes produzidos pelas Estações Elevatórias, entregues nos Reservatórios das Cidades (Zonas Urbanas) e distribuídos nas Zonas Rurais dos Municípios, através de subadutoras derivadas da Linha Principal.

A determinação do balanço hídrico é essencial para que se possa subdividir o Sistema, e quantificar as perdas/custos em seus diversos níveis: por trecho, por cidade e até mesmo por derivação. Concomitantemente, deve-se proceder os ajustes necessários no Cadastro Comercial para que os setores operacionais englobem os setores comerciais.

Com tantos dados sendo gerados, o sistema de Telemetria permite o acompanhamento, em tempo real, de todas as variáveis hidráulicas/elétricas, possibilitando uma gestão operacional mais eficiente como também dando suporte para o Programa de Gestão de Perdas.

Neste contexto, torna-se essencial o estabelecimento da “cultura” da medição, garantindo-se a apropriação contínua de parâmetros hidráulicos/elétricos e a possibilidade de elaboração do balanço hídrico, e consequente diagnóstico do sistema bem como sua modelagem hidráulica, com base em dados de campo confiáveis.

É fundamental que os planos de redução e controle de perdas estejam associados a outros programas que levem às mudanças estruturais e comportamentais, como os programas de qualidade e planejamento estratégico. Desta forma, devem integrar e envolver todos os funcionários da companhia, adquirindo caráter permanente e de melhoria contínua.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição Federal de 1988.

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 05 de jan. 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal online. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/index.php>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Projeto de integração do Rio São Francisco. Disponível em: <[www.integracao.gov.br/web/projeto-sao-francisco/inicio](http://www.integracao.gov.br/web/projeto-sao-francisco/inicio)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

BRASIL, RIO GRANDE DO NORTE. SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. IGARN – Instituto de Gestão das Águas do RN. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 1998

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RN. Sistema Gerencial PENTAHO. Relatório de Análise de consumos, referente ao 1º semestre de 2018.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RN. Sistema de Controle Operacional – SISCOPE. Relatório conceito de Faturas, referente ao 1º semestre de 2018.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RN. GSAN – Base de Conhecimento de Gestão Comercial de Saneamento. Relatório Gerencial para o Sistema de Informação para Planejamento (SINP). Mês referência: julho/2018.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RN. Gerência de Grandes Adutoras – GGA/DO. Balanço Hídrico da Adutora Monsenhor Expedito e Volumes Produzidos para os Municípios atendidos, 1º semestre de 2018.

GOMES, Heber Pimentel. Sistemas de Bombeamento - Eficiência Energética. 1ª Ed. João Pessoa: Ed. Universitária, 2009.

GOMES, H P e SILVA, J G. Dimensionamento Econômico de Sistemas de Distribuição de Água, Considerando Variáveis as Condições de Contorno do Projeto, RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2009.

GONÇALVES, Cristiane Vitório. Aplicação da modicidade tarifária como direito subjetivo do indivíduo de acesso ao serviço público. 2013. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/25342/aplicacao-da-modicidade-tarifaria-como-direito-subjetivo-do-individuo-de-acesso-ao-servico-publico/3>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

INTERNATIONAL STANDARD 3966. Measurement of fluid flow in closed conduits – Velocity area method using Pitot static tubes. 2<sup>a</sup>ed. 2008.

NETTO, Azevedo. Manual de Hidráulica. 8<sup>a</sup> Ed. 1998.

ANEXO A – Memória de Cálculo - Dimensionamento de Adutoras da Concepção Nº 01: Ampliação dos Sistemas Existentes mantendo a Concepção Atual, independentes, reforçado pelo manancial do Rio Piquiri.

ADUTORA DE CURRAIS NOVOS

| TRECHO | INICIO | FIM     | 2017     |         |                           | 2050     |         |                           | RECALQUE         |                         | GRAVIDADE        |                         | CUSTO DE IMPLANTAÇÃO (R\$) | CUSTO DE OPERAÇÃO                        |                   |                 | CUSTO TOTAL (R\$) = IMPLANTAÇÃO + OPERAÇÃO (30 anos) |
|--------|--------|---------|----------|---------|---------------------------|----------|---------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
|        |        |         | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) |                            | TOTAL ALCANCE DE PROJETO (30 anos) (R\$) | INICIAL (R\$/ANO) | FINAL (R\$/ANO) |                                                      |
| 1      | 1      | 2       | 569,2    | 90,0    | 183,5                     | 702,3    | 99,5    | 250,2                     | 15,8             | 500                     |                  |                         | 13.571.979                 | 24.032.258                               | 677.882           | 924.269         | 37.604.237                                           |
| 2      | 2      | 3       | 569,2    | 137,9   | 288,4                     | 702,3    | 143,2   | 369,4                     | 9,43             | 500                     |                  |                         | 8.100.238                  | 36.441.937                               | 1.065.185         | 1.384.277       | 44.542.176                                           |
| 3      | 3      | 4       | 569,2    | 116,6   | 243,7                     | 702,3    | 133,7   | 345,0                     | 36,6             | 500                     |                  |                         | 31.438.889                 | 32.616.255                               | 900.195           | 1.274.222       | 64.055.144                                           |
| 4      | 4      | currais | 450,9    | 119,6   | 198,1                     | 525,6    | 123,1   | 237,8                     | 4,88             | 400                     | 11,72            | 350                     | 9.726.097                  | 24.145.862                               | 731.689           | 878.135         | 33.871.958                                           |
|        |        |         |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                                          |                   |                 | <b>180.073.515</b>                                   |

AMPLIAÇÃO MONSENHOR EXPEDITO

| TRECHO | INICIO       | FIM            | 2017     |         |                           | 2050     |         |                           | RECALQUE         |                         | GRAVIDADE        |                         | CUSTO DE IMPLANTAÇÃO (R\$) | CUSTO DE OPERAÇÃO                        |                   |                 | CUSTO TOTAL (R\$) = IMPLANTAÇÃO + OPERAÇÃO (30 anos) |
|--------|--------------|----------------|----------|---------|---------------------------|----------|---------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
|        |              |                | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) |                            | TOTAL ALCANCE DE PROJETO (30 anos) (R\$) | INICIAL (R\$/ANO) | FINAL (R\$/ANO) |                                                      |
| 1      | 1            | 2              | 1392,0   | 50,4    | 251,1                     | 2125,2   | 63,1    | 480,0                     | 17,2             | 800                     |                  |                         | 32.272.252                 | 40.504.985                               | 927.408           | 1.772.924       | 72.777.237                                           |
| 2      | 2            | 3 e 7          | 1321,5   | 72,0    | 349,5                     | 2048,9   | 97,2    | 731,6                     | 27,8             | 750                     |                  |                         | 46.083.045                 | 59.897.605                               | 1.291.055         | 2.702.119       | 105.980.660                                          |
| 3      | 3            | 4 e 9          | 1092,0   | 45,4    | 182,1                     | 1636,2   | 60,8    | 365,4                     | 20,9             | 700                     |                  |                         | 30.528.973                 | 30.335.617                               | 672.668           | 1.349.707       | 60.884.590                                           |
| 4      | 4            | 15             | 720,1    | 41,6    | 110,1                     | 1044,1   | 52,0    | 199,6                     | 13,2             | 600                     |                  |                         | 14.859.463                 | 17.154.645                               | 406.544           | 737.099         | 32.014.108                                           |
| 5      | 15           | 16             | 601,7    | 98,4    | 226,1                     | 858,8    | 115,2   | 377,9                     | 20,7             | 550                     |                  |                         | 20.380.966                 | 33.464.955                               | 835.234           | 1.395.763       | 53.845.910                                           |
| 6      | 16           | 17             | 561,7    | -5,0    | -10,8                     | 799,7    | 2,8     | 8,5                       | 7,13             | 500                     |                  |                         | 6.124.570                  | -129.295                                 | -39.909           | 31.289          | 5.995.276                                            |
| 7      | 7            | 8              | 375,4    | 38,0    | 54,4                      | 588,3    | 64,8    | 145,6                     | 23,2             | 450                     |                  |                         | 17.339.082                 | 11.084.936                               | 201.048           | 537.947         | 28.424.028                                           |
| 8      | 8            | SAO PAULO      | 298,0    | 11,9    | 13,5                      | 465,2    | 29,2    | 51,9                      | 22,1             | 400                     | 2,1              | 300                     | 15.335.834                 | 3.621.888                                | 49.861            | 191.599         | 18.957.723                                           |
| 9      | SAO PAULO    | SANTA MARIA    | 40,3     | 37,5    | 5,8                       | 65,1     | 52,3    | 13,0                      | 13,2             | 200                     |                  |                         | 4.558.119                  | 1.040.489                                | 21.342            | 48.024          | 5.598.608                                            |
| 10     | 9            | 10             | 190,9    | 68,3    | 49,9                      | 284,8    | 77,2    | 84,0                      | 8,63             | 350                     |                  |                         | 4.832.513                  | 7.416.416                                | 184.136           | 310.291         | 12.248.929                                           |
| 11     | 10           | 13             | 190,9    | 0,8     | 0,6                       | 284,8    | 22,8    | 24,9                      | 32,38            | 350                     |                  |                         | 18.131.723                 | 1.409.711                                | 2.192             | 91.789          | 19.541.434                                           |
| 12     | 13           | RUY BARBOSA    | 25,3     | 40,6    | 3,9                       | 42,0     | 59,5    | 9,5                       | 8,82             | 150                     |                  |                         | 2.516.691                  | 748.508                                  | 14.504            | 35.283          | 3.263.098                                            |
| 13     | 11           | 12             | 38,0     | 49,7    | 7,2                       | 60,1     | 82,8    | 19,0                      | 8,24             | 150                     |                  |                         | 2.351.101                  | 1.454.154                                | 28.682            | 70.262          | 3.805.255                                            |
| 14     | 12           | SITIO NOVO     | 38,0     | 85,0    | 12,3                      | 60,1     | 115,5   | 28,5                      | 7,62             | 150                     |                  |                         | 2.174.197                  | 2.154.236                                | 45.586            | 98.030          | 4.328.433                                            |
| 15     | 14           | SAO TOME       | 79,5     | 112,2   | 34,1                      | 102,7    | 144,4   | 56,6                      | 18,4             | 200                     |                  |                         | 6.353.741                  | 5.025.561                                | 125.834           | 209.204         | 11.379.303                                           |
| 16     | 5            | 6              | 345,9    | 79,1    | 104,5                     | 516,3    | 100,2   | 197,6                     | 27,5             | 450                     |                  |                         | 20.552.803                 |                                          |                   |                 | 20.552.803                                           |
| 17     | 6            | PASSA E FICA   | 144,7    | 36,8    | 20,3                      | 254,2    | 64,2    | 62,4                      | 17               | 300                     |                  |                         | 8.178.579                  | 4.581.732                                | 75.145            | 230.304         | 12.780.311                                           |
| 18     | 61           | 62             | 57,4     | 72,1    | 15,8                      | 69,6     | 79,9    | 21,2                      | 11,9             | 200                     |                  |                         | 4.109.213                  | 2.051.934                                | 58.369            | 78.426          | 6.161.147                                            |
| 19     | 62           | 63             | 57,4     | 192,2   | 42,2                      | 69,6     | 195,6   | 52,0                      | 5,12             | 200                     |                  |                         | 1.767.998                  | 5.216.289                                | 155.733           | 192.019         | 6.984.288                                            |
| 20     | 63           | MONT DAS GAM   | 15,5     | 140,4   | 8,3                       | 15,0     | 140,0   | 8,0                       | 12,2             | 150                     |                  |                         | 3.480.998                  | 905.322                                  | 30.779            | 28.576          | 4.386.321                                            |
| 21     | 161          | JAPI           | 40,0     | 101,4   | 15,5                      | 59,1     | 127,3   | 28,7                      | 30,5             | 200                     |                  |                         | 10.532.017                 | 2.449.709                                | 57.224            | 106.090         | 12.981.726                                           |
| 22     | 17           | LAJES PINTADAS | 33,7     | 146,6   | 18,9                      | 52,1     | 191,2   | 38,0                      | 15               | 150                     |                  |                         | 4.279.916                  | 3.154.315                                | 69.792            | 140.496         | 7.434.231                                            |
| 23     | 171          | 172            | 213,7    | 44,9    | 36,6                      | 293,4    | 59,1    | 66,3                      | 15,3             | 350                     |                  |                         | 8.567.491                  | 5.700.861                                | 135.317           | 244.741         | 14.288.352                                           |
| 24     | 172          | 173            | 183,2    | 206,8   | 144,8                     | 240,2    | 213,8   | 196,2                     | 5,8              | 300                     |                  |                         | 2.790.339                  | 18.889.478                               | 534.707           | 724.592         | 21.679.817                                           |
| 25     | 173          | CEL EZEQUIEL   | 183,2    | 153,2   | 107,3                     | 240,2    | 163,9   | 150,4                     | 13,3             | 300                     |                  |                         | 6.398.535                  | 14.276.796                               | 396.181           | 555.606         | 20.675.331                                           |
| 26     | CEL EZEQUIEL | JACANA         | 67,3     | 122,2   | 31,4                      | 80,0     | 127,1   | 38,8                      | 6,28             | 200                     | 18,9             | 200                     | 8.694.957                  | 3.893.088                                | 116.096           | 143.443         | 12.588.045                                           |
|        |              |                |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                                          |                   |                 | <b>579.496.951</b>                                   |
| 27     | PIQUIRI      | EB3            | 601,7    | 231,0   | 531,0                     | 858,8    | 276,9   | 908,7                     | 56,5             | 550                     |                  |                         | 55.629.179                 | 79.759.229                               | 1.961.179         | 3.356.103       | <b>135.388.408</b>                                   |

| TRECHO | INICIO       | FIM           | 2017     |         |                           | 2050     |         |                           | RECALQUE           |                         | GRAVIDADE          |                         | CUSTO DE IMPLANTAÇÃO (R\$) | CUSTO DE OPERAÇÃO                        |                   |                 | CUSTO TOTAL (R\$) = IMPLANTAÇÃO + OPERAÇÃO (30 anos) |
|--------|--------------|---------------|----------|---------|---------------------------|----------|---------|---------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
|        |              |               | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | COMPROMIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) | COMPROMIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) |                            | TOTAL ALCANCE DE PROJETO (30 anos) (R\$) | INICIAL (R\$/ANO) | FINAL (R\$/ANO) |                                                      |
| 1      | 1            | 2             | 1382,0   | 54,4    | 271,2                     | 2125,2   | 71,9    | 547,6                     | 17,2               | 750                     |                    |                         | 28.511.812                 | 45.362.626                               | 1.001.762         | 2.022.413       | 73.874.438                                           |
| 2      | 2            | 3 5 e 7       | 1321,5   | 72,0    | 349,5                     | 2048,9   | 97,2    | 731,6                     | 27,8               | 750                     |                    |                         | 46.083.045                 | 59.897.605                               | 1.291.055         | 2.702.119       | 105.980.650                                          |
| 3      | 3            | 4 9           | 490,3    | 48,0    | 86,4                      | 777,4    | 68,3    | 195,0                     | 20,9               | 500                     |                    |                         | 17.952.808                 | 15.590.792                               | 319.176           | 720.210         | 33.543.600                                           |
| 4      | 4            | 15            | 118,4    | 41,5    | 18,0                      | 185,3    | 53,3    | 36,3                      | 13,2               | 300                     |                    |                         | 6.350.426                  | 3.010.291                                | 66.615            | 134.071         | 9.360.717                                            |
| 7      | 7            | 8             | 375,4    | 38,0    | 54,4                      | 588,3    | 64,8    | 145,6                     | 23,2               | 450                     |                    |                         | 17.339.092                 | 11.084.936                               | 201.048           | 537.947         | 28.424.028                                           |
| 8      | 8            | SAO PAULO     | 298,0    | 11,9    | 13,5                      | 465,2    | 29,2    | 51,9                      | 23,5               | 400                     | 0,7                | 300                     | 15.569.804                 | 3.621.888                                | 49.861            | 191.569         | 19.191.693                                           |
| 9      | SAO PAULO    | SANTA MARIA   | 40,3     | 37,5    | 5,8                       | 65,1     | 52,3    | 13,0                      | 13,2               | 200                     |                    |                         | 4.558.119                  | 1.040.489                                | 21.342            | 48.024          | 5.598.608                                            |
| 10     | 9            | 10            | 190,9    | 68,3    | 49,9                      | 284,8    | 77,2    | 84,0                      | 8,63               | 350                     |                    |                         | 4.832.513                  | 7.416.416                                | 184.136           | 310.291         | 12.248.929                                           |
| 11     | 10           | 13            | 190,9    | 0,8     | 0,6                       | 284,8    | 22,8    | 24,9                      | 32,38              | 350                     |                    |                         | 18.131.723                 | 1.409.711                                | 2.192             | 91.789          | 19.541.434                                           |
| 12     | 13           | RUY BARBOSA   | 25,3     | 40,6    | 3,9                       | 42,0     | 59,5    | 9,5                       | 8,82               | 150                     |                    |                         | 2.516.591                  | 748.508                                  | 14.504            | 35.263          | 3.263.098                                            |
| 13     | 11           | 12            | 38,0     | 49,7    | 7,2                       | 60,1     | 82,8    | 19,0                      | 8,24               | 150                     |                    |                         | 2.351.101                  | 1.454.154                                | 26.682            | 70.262          | 3.805.255                                            |
| 14     | 12           | SITIO NOVO    | 38,0     | 85,0    | 12,3                      | 60,1     | 115,5   | 26,5                      | 7,62               | 150                     |                    |                         | 2.174.197                  | 2.154.236                                | 45.586            | 96.030          | 4.328.433                                            |
| 15     | 14           | SAO TOME      | 79,5     | 112,2   | 34,1                      | 102,7    | 144,4   | 56,6                      | 18,4               | 200                     |                    |                         | 6.353.741                  | 5.025.551                                | 125.834           | 209.204         | 11.379.303                                           |
| 16     | 5            | 6             | 345,9    | 79,1    | 104,5                     | 516,3    | 100,2   | 197,6                     | 27,5               | 450                     |                    |                         | 20.552.803                 | 16.736.752                               | 386.101           | 729.682         | 37.289.555                                           |
| 17     | 6            | PASSA E FICA  | 144,7    | 36,8    | 20,3                      | 254,2    | 64,2    | 62,4                      | 17                 | 300                     |                    |                         | 8.178.579                  | 4.581.732                                | 75.145            | 230.304         | 12.760.311                                           |
| 18     | 61           | 62            | 57,4     | 72,1    | 15,8                      | 68,6     | 79,9    | 21,2                      | 11,9               | 200                     |                    |                         | 4.109.213                  | 2.051.934                                | 58.369            | 78.426          | 6.161.147                                            |
| 19     | 62           | 63            | 57,4     | 192,2   | 42,2                      | 68,6     | 195,6   | 52,0                      | 5,12               | 200                     |                    |                         | 1.767.998                  | 5.216.289                                | 155.733           | 192.019         | 6.984.286                                            |
| 20     | 63           | MONTE DAS GAM | 15,5     | 140,4   | 8,3                       | 15,0     | 140,0   | 8,0                       | 12,2               | 150                     |                    |                         | 3.480.998                  | 905.322                                  | 30.779            | 29.576          | 4.386.321                                            |
| 21     | 161          | JAPI          | 40,0     | 101,4   | 15,5                      | 59,1     | 127,3   | 28,7                      | 30,5               | 200                     |                    |                         | 10.532.017                 | 2.449.709                                | 57.224            | 106.090         | 12.981.726                                           |
| 23     | 171          | 172           | 135,4    | 43,1    | 22,3                      | 193,2    | 57,5    | 42,5                      | 15,3               | 300                     |                    |                         | 7.360.721                  | 3.589.302                                | 82.360            | 156.927         | 10.950.023                                           |
| 24     | 172          | 173           | 104,9    | 205,3   | 82,3                      | 140,0    | 211,4   | 113,1                     | 5,8                | 250                     |                    |                         | 2.378.314                  | 10.823.813                               | 303.951           | 417.636         | 13.202.127                                           |
| 25     | 173          | CEL EZEQUIEL  | 104,9    | 149,8   | 60,0                      | 140,0    | 158,7   | 84,9                      | 13,3               | 250                     |                    |                         | 5.453.721                  | 8.027.831                                | 221.776           | 313.413         | 13.481.552                                           |
| 26     | CEL EZEQUIEL | JACANA        | 67,3     | 122,2   | 31,4                      | 80,0     | 127,1   | 38,8                      | 6,28               | 200                     |                    |                         | 2.168.560                  | 3.893.088                                | 116.096           | 143.443         | 6.061.647                                            |
|        |              |               |          |         |                           |          |         |                           |                    |                         |                    |                         |                            |                                          |                   |                 | 454.798.880                                          |

ANEXO C – Memória de Cálculo - Dimensionamento de Adutoras da Concepção Nº 03: Ampliação do Sistema Adutor Monsenhor Expedito até Currais Novos/Acari, reforçado pelo manancial do Rio Piquiri.

AMPLIAÇÃO MONSENHOR EXPEDITO ATÉ CURRAIS NOVOS

| TRECHO | INICIO      | FIM              | 2017     |         |                           | 2050     |         |                           | RECALQUE         |                         | GRAVIDADE        |                         | CUSTO DE IMPLANTAÇÃO (R\$) | CUSTO DE OPERAÇÃO                        |                   |                 | CUSTO TOTAL (R\$) = IMPLANTAÇÃO + OPERAÇÃO (30 anos) |
|--------|-------------|------------------|----------|---------|---------------------------|----------|---------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
|        |             |                  | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) |                            | TOTAL ALCANCE DE PROJETO (30 anos) (R\$) | INICIAL (R\$/ANO) | FINAL (R\$/ANO) |                                                      |
| 1      | 1           | 2                | 1392,0   | 50,4    | 257,5                     | 2125,2   | 63,1    | 492,3                     | 17,2             | 800                     |                  |                         | 32.272.252                 | 41.543.575                               | 951.188           | 1.818.384       | 73.815.827                                           |
| 2      | 2           | 3,5 e 7          | 1321,5   | 72,0    | 349,5                     | 2048,9   | 97,2    | 731,6                     | 27,8             | 750                     |                  |                         | 46.083.045                 | 59.897.605                               | 1.291.055         | 2.702.119       | 105.980.660                                          |
| 3      | 3           | 4 e 9            | 1542,9   | 50,1    | 284,2                     | 2161,8   | 67,0    | 531,9                     | 20,9             | 750                     |                  |                         | 34.645.167                 | 45.210.561                               | 1.049.518         | 1.964.519       | 79.855.728                                           |
| 4      | 4           | 15               | 1171,0   | 43,3    | 186,5                     | 1569,7   | 52,6    | 303,1                     | 13,2             | 700                     |                  |                         | 19.281.456                 | 27.123.215                               | 688.691           | 1.119.523       | 46.404.672                                           |
| 5      | 15          | 16               | 1052,6   | 95,8    | 385,3                     | 1384,4   | 106,6   | 564,1                     | 20,7             | 700                     |                  |                         | 30.236.829                 | 52.597.120                               | 1.423.070         | 2.083.404       | 82.833.949                                           |
| 6      | 16          | 17               | 1012,6   | -4,4    | -16,9                     | 1325,4   | 2,7     | 13,7                      | 7,13             | 600                     |                  |                         | 8.026.362                  | -178.540                                 | -62.505           | 50.603          | 7.847.821                                            |
| 7      | 17          | 18               | 562,9    | 130,3   | 280,1                     | 677,9    | 138,9   | 359,9                     | 17,8             | 500                     |                  |                         | 15.289.951                 | 35.458.355                               | 1.034.691         | 1.329.199       | 50.748.306                                           |
| 8      | 18          | currais          | 529,2    | 262,4   | 530,6                     | 625,8    | 274,1   | 655,5                     | 11               | 400                     | 28,6             | 350                     | 28.266.302                 | 65.710.623                               | 1.959.773         | 2.420.935       | 93.976.925                                           |
| 9      | 7           | 8                | 375,4    | 38,0    | 54,4                      | 588,3    | 64,8    | 145,6                     | 23,2             | 450                     |                  |                         | 17.339.092                 | 11.084.936                               | 201.048           | 537.947         | 28.424.028                                           |
| 10     | 8           | SAO PAULO        | 298,0    | 11,9    | 13,5                      | 465,2    | 29,2    | 51,9                      | 23,5             | 400                     | 0,7              | 300                     | 15.569.804                 | 3.621.888                                | 49.861            | 191.599         | 19.191.693                                           |
| 11     | SAO PAULO   | SANTA MARIA      | 40,3     | 37,5    | 5,8                       | 65,1     | 52,3    | 13,0                      | 13,2             | 200                     |                  |                         | 4.558.119                  | 1.040.489                                | 21.342            | 48.024          | 5.598.608                                            |
| 12     | 9           | 10               | 190,9    | 68,3    | 49,9                      | 284,8    | 77,2    | 84,0                      | 8,63             | 350                     |                  |                         | 4.832.513                  | 7.416.416                                | 184.136           | 310.291         | 12.248.929                                           |
| 13     | 10          | 13               | 190,9    | 0,8     | 0,6                       | 284,8    | 22,8    | 24,9                      | 32,38            | 350                     |                  |                         | 18.131.723                 | 1.409.711                                | 2.192             | 91.789          | 19.541.434                                           |
| 14     | 13          | RUY BARBOSA      | 25,3     | 40,6    | 3,9                       | 42,0     | 59,5    | 9,5                       | 8,82             | 150                     |                  |                         | 2.516.591                  | 746.508                                  | 14.504            | 35.263          | 3.263.098                                            |
| 15     | 11          | 12               | 38,0     | 49,7    | 7,2                       | 60,1     | 82,8    | 19,0                      | 8,24             | 150                     |                  |                         | 2.351.101                  | 1.454.154                                | 26.682            | 70.262          | 3.805.255                                            |
| 16     | 12          | SITIO NOVO       | 38,0     | 85,0    | 12,3                      | 60,1     | 115,5   | 26,5                      | 7,62             | 150                     |                  |                         | 2.174.197                  | 2.154.236                                | 45.586            | 98.030          | 4.328.433                                            |
| 17     | 14          | SAO TOME         | 79,5     | 112,2   | 34,1                      | 102,7    | 144,4   | 56,6                      | 18,4             | 200                     |                  |                         | 6.353.741                  | 5.025.561                                | 125.834           | 209.204         | 11.379.303                                           |
| 18     | 5           | 6                | 345,9    | 79,1    | 104,5                     | 516,3    | 100,2   | 197,6                     | 27,5             | 450                     |                  |                         | 20.552.803                 |                                          |                   |                 | 20.552.803                                           |
| 19     | 6           | PASSA E FICA     | 144,7    | 36,8    | 20,3                      | 254,2    | 64,2    | 62,4                      | 17               | 300                     |                  |                         | 8.178.579                  | 4.581.732                                | 75.145            | 230.304         | 12.760.311                                           |
| 20     | 61          | 62               | 57,4     | 72,1    | 15,8                      | 69,6     | 79,9    | 21,2                      | 11,9             | 200                     |                  |                         | 4.109.213                  | 2.051.934                                | 58.369            | 78.426          | 6.161.147                                            |
| 21     | 62          | 63               | 57,4     | 192,2   | 42,2                      | 69,6     | 195,6   | 52,0                      | 5,12             | 200                     |                  |                         | 1.767.998                  | 5.216.289                                | 155.733           | 192.019         | 6.984.286                                            |
| 22     | 63          | MONTES DAS GAIAS | 15,5     | 140,4   | 8,3                       | 15,0     | 140,0   | 8,0                       | 12,2             | 150                     |                  |                         | 3.480.998                  | 905.322                                  | 30.779            | 29.576          | 4.386.321                                            |
| 23     | 161         | JAPI             | 40,0     | 101,4   | 15,5                      | 59,1     | 127,3   | 28,7                      | 30,5             | 200                     |                  |                         | 10.532.017                 | 2.449.709                                | 57.224            | 106.090         | 12.981.726                                           |
| 24     | 171         | 172              | 135,4    | 43,1    | 22,3                      | 193,2    | 57,5    | 42,5                      | 15,3             | 300                     |                  |                         | 7.360.721                  | 3.589.302                                | 82.360            | 156.927         | 10.950.023                                           |
| 25     | 172         | 173              | 104,9    | 205,3   | 82,3                      | 140,0    | 211,4   | 113,1                     | 5,8              | 250                     |                  |                         | 2.378.314                  | 10.823.813                               | 303.951           | 417.636         | 13.202.127                                           |
| 26     | 173         | CELEZEQUIEL      | 104,9    | 149,8   | 60,0                      | 140,0    | 158,7   | 84,9                      | 13,3             | 250                     |                  |                         | 5.453.721                  | 8.027.831                                | 221.776           | 313.413         | 13.481.552                                           |
| 27     | CELEZEQUIEL | JACANA           | 67,3     | 122,2   | 31,4                      | 80,0     | 127,1   | 38,8                      | 6,28             | 200                     |                  |                         | 2.168.560                  | 3.893.088                                | 116.096           | 143.443         | 6.061.647                                            |
|        |             |                  |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                                          |                   |                 | <b>756.766.601</b>                                   |
| 28     | PIQUIRI     | EB3              | 1052,6   | 243,6   | 979,7                     | 1384,4   | 286,5   | 1515,7                    | 56,5             | 650                     | 0                | 0                       | 72.541.127                 | 138.248.961                              | 3.618.574         | 5.598.024       | <b>210.790.088</b>                                   |

ANEXO D – Memória de Cálculo - Dimensionamento de Adutoras da Concepção Nº 04: Ampliação e Integração do Sistema Adutor Monsenhor Expedito à Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, através da Adutora de Santa Cruz, reforçado pelo manancial do Rio Piquiri.

| ADUTORA DE SANTA CRUZ |        |     |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                             |           |           |                                            |
|-----------------------|--------|-----|----------|---------|---------------------------|----------|---------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------------|
| TRECHO                | INICIO | FIM | 2017     |         |                           | 2050     |         |                           | RECALQUE         |                         | GRAVIDADE        |                         | CUSTO DE IMPLANTAÇÃO (R\$) | CUSTO DE OPERAÇÃO (R\$/ANO) |           |           | CUSTO TOTAL (R\$) = IMPLANTAÇÃO + OPERAÇÃO |
|                       |        |     | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) |                            | TOTAL ALCANCE DE PROJETO    | INICIAL   | FINAL     |                                            |
| 1                     | 1A     | 2A  | 850,8    | 87,5    | 266,7                     | 1109,4   | 98,1    | 389,8                     | 15,8             | 600                     |                  |                         | 17.786.327                 | 36.372.853                  | 985.064   | 1.439.793 | 54.159.181                                 |
| 2                     | 2A     | 3A  | 850,8    | 136,5   | 426,5                     | 1109,4   | 142,8   | 581,9                     | 9,43             | 600                     |                  |                         | 10.615.511                 | 55.870.533                  | 1.575.435 | 2.149.267 | 66.488.043                                 |
| 3                     | 3A     | 4A  | 850,8    | 111,3   | 347,9                     | 1109,4   | 134,7   | 548,9                     | 36,6             | 600                     |                  |                         | 41.201.239                 | 49.684.063                  | 1.284.841 | 2.027.430 | 90.885.302                                 |
| 4                     | 4A     | 5A  | 732,5    | 116,4   | 313,4                     | 932,7    | 118,6   | 406,3                     | 4,88             | 600                     | 11,72            | 500                     | 15.560.815                 | 39.871.575                  | 1.157.435 | 1.500.670 | 55.432.389                                 |
| 5                     | 5A     | 6A  | 281,6    | 121,9   | 131,2                     | 407,1    | 140,9   | 219,1                     | 20,7             | 400                     |                  |                         | 13.418.039                 | 19.407.568                  | 484.453   | 809.384   | 32.825.607                                 |
| 6                     | 6A     | 17  | 281,6    | 140,0   | 150,7                     | 407,1    | 154,8   | 240,8                     | 15,8             | 400                     | 22,2             | 250                     | 19.344.991                 | 21.685.188                  | 556.440   | 889.239   | 41.030.179                                 |
| 340.818.701           |        |     |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                             |           |           |                                            |

| AMPLIAÇÃO ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO |              |                |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                                          |                   |                 |                                            |
|--------------------------------------|--------------|----------------|----------|---------|---------------------------|----------|---------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| TRECHO                               | INICIO       | FIM            | 2017     |         |                           | 2050     |         |                           | RECALQUE         |                         | GRAVIDADE        |                         | CUSTO DE IMPLANTAÇÃO (R\$) | CUSTO DE OPERAÇÃO                        |                   |                 | CUSTO TOTAL (R\$) = IMPLANTAÇÃO + OPERAÇÃO |
|                                      |              |                | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | q (m³/h) | H (MCA) | POTÊNCIA ATIVA TOTAL (kW) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) | COMPRIMENTO (KM) | DIAMETRO ECONÔMICO (MM) |                            | TOTAL ALCANCE DE PROJETO (30 anos) (R\$) | INICIAL (R\$/ANO) | FINAL (R\$/ANO) |                                            |
| 7                                    | 1            | 2              | 1366,2   | 53,9    | 263,8                     | 2060,6   | 70,1    | 517,4                     | 17,2             | 750                     |                  |                         | 28.511.812                 | 43.279.935                               | 974.460           | 1.910.869       | 71.791.747                                 |
| 8                                    | 2            | 3 e 7          | 1296,7   | 71,3    | 339,4                     | 1984,3   | 94,5    | 689,0                     | 27,8             | 750                     |                  |                         | 46.083.045                 | 56.978.506                               | 1.253.662         | 2.544.905       | 103.061.551                                |
| 9                                    | 3            | 4 e 9          | 810,4    | 48,5    | 144,4                     | 1229,1   | 67,7    | 305,5                     | 20,9             | 600                     |                  |                         | 23.527.484                 | 24.929.199                               | 533.500           | 1.128.446       | 48.456.683                                 |
| 10                                   | 4            | 15             | 438,5    | 41,3    | 66,4                      | 637,0    | 50,9    | 119,2                     | 13,2             | 500                     |                  |                         | 11.338.616                 | 10.286.009                               | 245.426           | 440.308         | 21.624.624                                 |
| 11                                   | 15           | 16             | 320,1    | 105,9   | 128,5                     | 451,7    | 128,3   | 221,4                     | 20,7             | 400                     |                  |                         | 13.418.039                 | 19.438.412                               | 478.334           | 817.560         | 32.856.451                                 |
| 12                                   | 16           | 17             | 280,1    | -5,2    | -5,6                      | 392,7    | 0,4     | 0,5                       | 7,13             | 400                     |                  |                         | 4.621.769                  | -278.126                                 | -20.565           | 2.023           | 4.343.643                                  |
| 9                                    | 7            | 8              | 375,4    | 38,0    | 54,4                      | 588,3    | 64,8    | 145,6                     | 23,2             | 450                     |                  |                         | 17.339.092                 | 11.084.936                               | 201.048           | 537.947         | 28.424.028                                 |
| 10                                   | 8            | SAO PAULO      | 298,0    | 11,9    | 13,5                      | 465,2    | 29,2    | 51,9                      | 23,5             | 400                     | 0,7              | 300                     | 15.568.804                 | 3.621.888                                | 49.861            | 191.599         | 19.191.693                                 |
| 11                                   | SAO PAULO    | SANTA MARIA    | 40,3     | 37,5    | 5,8                       | 65,1     | 52,3    | 13,0                      | 13,2             | 200                     |                  |                         | 4.558.119                  | 1.040.489                                | 21.342            | 48.024          | 5.598.608                                  |
| 12                                   | 9            | 10             | 190,9    | 68,3    | 49,9                      | 284,8    | 77,2    | 84,0                      | 8,63             | 350                     |                  |                         | 4.832.513                  | 7.416.416                                | 184.136           | 310.291         | 12.248.929                                 |
| 13                                   | 10           | 13             | 190,9    | 0,8     | 0,6                       | 284,8    | 22,8    | 24,9                      | 32,38            | 350                     |                  |                         | 18.131.723                 | 1.409.711                                | 2.192             | 91.789          | 19.541.434                                 |
| 14                                   | 13           | RUY BARBOSA    | 25,3     | 40,6    | 3,9                       | 42,0     | 58,5    | 9,5                       | 8,82             | 150                     |                  |                         | 2.516.591                  | 746.508                                  | 14.504            | 35.263          | 3.263.098                                  |
| 15                                   | 11           | 12             | 38,0     | 49,7    | 7,2                       | 60,1     | 82,8    | 19,0                      | 8,24             | 150                     |                  |                         | 2.351.101                  | 1.454.154                                | 26.682            | 70.262          | 3.805.255                                  |
| 16                                   | 12           | SITIO NOVO     | 38,0     | 85,0    | 12,3                      | 60,1     | 115,5   | 28,5                      | 7,62             | 150                     |                  |                         | 2.174.197                  | 2.154.236                                | 45.586            | 98.030          | 4.328.433                                  |
| 17                                   | 14           | SAO TOME       | 79,5     | 112,2   | 34,1                      | 102,7    | 144,4   | 56,6                      | 18,4             | 200                     |                  |                         | 6.353.741                  | 5.025.561                                | 125.834           | 209.204         | 11.379.303                                 |
| 18                                   | 5            | 6              | 345,9    | 79,1    | 104,5                     | 516,3    | 100,2   | 197,6                     | 27,5             | 450                     |                  |                         | 20.552.803                 |                                          |                   |                 | 20.552.803                                 |
| 19                                   | 6            | PASSA E FICA   | 144,7    | 36,8    | 20,3                      | 254,2    | 64,2    | 62,4                      | 17               | 300                     |                  |                         | 8.178.579                  | 4.581.732                                | 75.145            | 230.304         | 12.760.311                                 |
| 20                                   | 61           | 62             | 57,4     | 72,1    | 15,8                      | 68,6     | 79,9    | 21,2                      | 11,9             | 200                     |                  |                         | 4.109.213                  | 2.051.934                                | 58.369            | 78.426          | 6.161.147                                  |
| 21                                   | 62           | 63             | 57,4     | 192,2   | 42,2                      | 68,6     | 195,6   | 52,0                      | 5,12             | 200                     |                  |                         | 1.767.998                  | 5.216.289                                | 155.733           | 192.019         | 6.984.286                                  |
| 22                                   | 63           | MONTES DAS GAN | 15,5     | 140,4   | 8,3                       | 15,0     | 140,0   | 8,0                       | 12,2             | 150                     |                  |                         | 3.480.998                  | 905.322                                  | 30.779            | 29.576          | 4.388.321                                  |
| 23                                   | 161          | JAPI           | 40,0     | 101,4   | 15,5                      | 59,1     | 127,3   | 28,7                      | 30,5             | 200                     |                  |                         | 10.532.017                 | 2.449.709                                | 57.224            | 106.090         | 12.981.726                                 |
| 24                                   | 171          | 172            | 135,4    | 43,1    | 22,3                      | 193,2    | 57,5    | 42,5                      | 15,3             | 300                     |                  |                         | 7.360.721                  | 3.589.302                                | 82.360            | 156.927         | 10.950.023                                 |
| 25                                   | 172          | 173            | 104,9    | 205,3   | 82,3                      | 140,0    | 211,4   | 113,1                     | 5,8              | 250                     |                  |                         | 2.378.314                  | 10.823.813                               | 303.951           | 417.636         | 13.202.127                                 |
| 26                                   | 173          | CEL EZEQUIEL   | 104,9    | 149,8   | 60,0                      | 140,0    | 158,7   | 84,9                      | 13,3             | 250                     |                  |                         | 5.453.721                  | 8.027.831                                | 221.776           | 313.413         | 13.481.552                                 |
| 27                                   | CEL EZEQUIEL | JACANA         | 67,3     | 122,2   | 31,4                      | 80,0     | 127,1   | 38,8                      | 6,28             | 200                     |                  |                         | 2.168.560                  | 3.893.088                                | 116.096           | 143.443         | 6.061.647                                  |
| 497.437.423                          |              |                |          |         |                           |          |         |                           |                  |                         |                  |                         |                            |                                          |                   |                 |                                            |
| 13                                   | PIQUIRI      | EB3            | 345,9    | 228,5   | 301,9                     | 516,3    | 277,5   | 547,4                     | 56,5             | 450                     |                  |                         | 42.226.668                 | 47.052.785                               | 1.115.013         | 2.021.839       | 89.279.453                                 |