



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII - ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE – CCTS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MAYK DOUGLAS VILAR GAMBARRA

**PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DA LINHA ADUTORA COREMAS/SABUGI
COM O CANAL DO EIXO NORTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO
FRANCISCO**

**ARARUNA – PB
2017**

MAYK DOUGLAS VILAR GAMBARRA

**PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DA LINHA ADUTORA COREMAS/SABUGI
COM O CANAL DO EIXO NORTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO
FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

**ARARUNA – PB
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

G188p Gambarra, Mayk Douglas Vilar
Proposta de integração da linha adutora Coremas/Sabugi com o canal do eixo norte da transposição do Rio São Francisco [manuscrito] / Mayk Douglas Vilar Gambarra. - 2017.
51 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação: Prof. Me. Igor Souza Ogata, Departamento de ENGENHARIA CIVIL".

1. Escassez de água. 2. Linha adutora. 3. Transposição. I.
Título.

21. ed. CDD 628.112

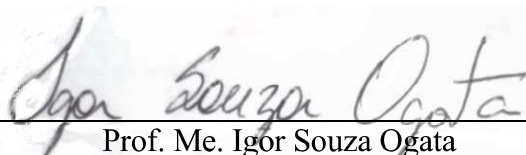
MAYK DOUGLAS VILAR GAMBARRA

PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DA LINHA ADUTORA COREMAS/SABUGI COM
O CANAL DO EIXO NORTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

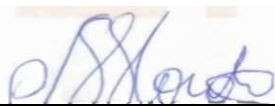
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Civil da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovada em: 23/05/2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profª. Ma. Maria José de Sousa Cordão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Erick dos Santos Leal
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao Deus pai todo poderoso, que toda honra e
toda glória seja dada a ele, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pelo amparo em meio as dificuldades encontradas. Pelo presente de uma filha abençoada, meu principal motivo de perseverança.

A minha filha Maria Clara e à minha esposa Maria Daniely, por toda a compreensão e paciência diante da saudade e da distância, ao longo de 5 anos. Por todo o carinho e amor. Por todo o esforço e incentivo que tiveram por mim.

A minha mãe Maria de Fatima e meu pai Martinho Gambarra, além da minha irmã Maraiza, por todos os ensinamentos e todas as oportunidades oferecidas durante toda vida.

À minha sogra Josélia e meu sogro Francisco, por toda a compreensão e paciência, além de todo o carinho dado a mim, a minha esposa e a minha filha.

Ao meu avô (in memoriam) José Junior Gambarra, mesmo que não o tenha conhecido, suas histórias e seus exemplos de moral e ética ecoam dentre os anos, fazem-me tornar um homem justo.

Ao amigo irmão Jonathan Nobrega que a UEPB me presenteou, pela amizade sincera, pelas horas e noites de estudos juntos, e pelas dificuldades passadas juntos.

Aos amigos Augusto Sergio, Sávio Túlio e Yuri Rodrigues, pelas conversas, estudos, pelas brigas, mas acima de tudo pelo prazer de tê-los como amigos.

Aos amigos (as) que me acolheram na turma que me formei, Alfredo, Allan, Anderson (Zé Luiz), Andresa, Bruno, Felipe, Manoel, Paulo e Romel. Além dos amigos (as) Agnaldo, Andreia, Gustavo, Otávio e Tomaz, com os quais dividi momentos únicos do curso.

Ao orientador e amigo Igor Souza Ogata, pela orientação deste trabalho, além da amizade constituída.

À professora Maria José de Sousa Cordão, por todo o conhecimento transmitido, e principalmente pelo exemplo de moral e ética, ao qual irei me espelhar durante toda a vida profissional.

Ao Professor Erick dos Santos Leal, por aceitar participar da banca e por todo o conhecimento transmitido nas disciplinas que o ministrou.

Ao professor e amigo Marinaldo Junior, pelo conhecimento transmitido, acadêmico e profissional, além da oportunidade de tê-lo como amigo próximo.

A todos os funcionários da UEPB, em especial Joaline Cavalcante por toda a boa vontade e atendimento quando necessário.

Por fim quero agradecer a todos os que direto ou indiretamente contribuíram para esta conquista.

RESUMO

No Brasil a disponibilidade hídrica corresponde a mais da metade da água da América do Sul. No entanto a má distribuição desse recurso gera problemas no atendimento as demandas, principalmente na região semiárida. Devido a este problema, projetos com potencial de mitigação dos efeitos da escassez vêm sendo idealizados e executados por entidades governamentais e não governamentais nesta região. Com isso, o presente estudo teve como objetivo apresentar uma alternativa para integração das mesorregiões do Sertão e da Borborema paraibanos, com o canal do Eixo Norte da Transposição do Rio São Francisco, a partir da ampliação da adutora Coremas/Sabugi. O estudo se deu a partir da análise de mapas fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e pela Comissão de Serviços de Infraestrutura (CSI) do Senado Federal. Com isso foi possível elaborar a proposta de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi, determinando parâmetros de projeto como o ponto proposto para a captação no leito do Rio Piranhas-Açu, comprimento aproximado da linha a ser ampliada, parâmetros hidráulicos como perda de carga e potência do conjunto motor-bomba a ser utilizado para a ampliação, além do projeto da tomada de água. A qual foi projetada utilizando um canal de derivação. Foi observado que, ao ser executada a referida obra irá contribuir para o melhoramento no abastecimento de aproximadamente 150 mil habitantes residentes nos municípios paraibanos já abastecidos pela linha adutora Coremas/Sabugi, bem como, no desenvolvimento socioeconômico da região.

Palavras-Chave: Escassez de água. Linha Adutora. Transposição.

ABSTRACT

In Brazil water availability corresponds to more than half of the water of South America. However, the poor distribution of this resource generates problems in meeting the demands, mainly in the semi-arid region. Due to this problem, projects with potential to mitigate the effects of scarcity have been devised and executed by governmental and non-governmental entities in this region. Thus, the present study aimed to present an alternative for the integration of the Sergão and Borborema regions of the Paraíba, with the channel of the Northern Axis of the São Francisco River Transposition, based on the extension of the Coremas / Sabugi pipeline. The study was based on the analysis of maps provided by the Executive Agency for Water Management of the State of Paraíba (AESA) and the Commission of Infrastructure Services (CSI) of the Federal Senate. With this, it was possible to elaborate the proposed extension of the Coremas / Sabugi pipeline, determining project parameters as the proposed point for the catchment in the Piranhas-Açu River bed, approximate length of the line to be enlarged, hydraulic parameters such as loss of load and Power of the motor-pump assembly to be used for the enlargement, in addition to the water intake design. Which was designed using a bypass channel. It was observed that, when this work is carried out, it will contribute to the improvement of the supply of approximately 150 thousand residents in the municipalities of Paraíba already supplied by the Coremas / Sabugi pipeline, as well as in the socioeconomic development of the region.

Key words: Water shortage. Acting Line. Transposition

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ciclo hidrológico da água.....	16
Figura 2: Distribuição da água no planeta.....	17
Figura 3: Consumo de água no mundo.....	18
Figura 4: Distribuição dos recursos hídricos por unidade de área e população, nas regiões brasileiras (%)	18
Figura 5: Área da região do Semiárido brasileiro	20
Figura 6: Disponibilidade hídrica superficial do Semiárido	21
Figura 7: Disponibilidade hídrica subterrânea do Semiárido.....	22
Figura 8: Localização dos Eixos do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.....	25
Figura 9: Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açu.....	26
Figura 10: Reservatórios estratégico de regulamentação de vazão e divisão das UPH's da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas - Açu	28
Figura 11: Mapa geral de infraestrutura hídrica da transposição do Rio São Francisco	33
Figura 12: Localização da linha adutora Coremas/Sabugi no estado da Paraíba.....	34
Figura 13: Nível dinâmico de um poço de sucção	36
Figura 14: Mapa de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi.....	38
Figura 15: Detalhamento do traçado da ampliação da adutora de água bruta de interligação	39
Figura 16: Sistema tomada de água proposto	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Unidades de Planejamento Hidrológico	29
Tabela 2: Localização geográfica da Adutora Coremas/Sabugi.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional das Águas
ASA	Articulação do Semiárido
CBH	Comitê das Bacias Hidrográficas
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CSI	Comissão de Serviço de Infraestrutura
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
ESHA	European Small Hydropower Association
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
MI	Ministério da Integração
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONU	Organizações das Nações Unidas
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
PAD	Programa Água Doce
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
PNRH	Plano Nacional dos Recursos Hídricos
UPH	Unidade de Planejamento Hidrológico
US EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
USG	Science For a Changing World

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1 Ciclo hidrológico.....	16
3.2 Distribuição de água no planeta.....	17
3.3 Crise hídrica no Brasil.....	18
3.4 Projetos com potencial para amenizar a escassez no semiárido.....	23
3.5 Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açu.....	26
3.5.1 UPH do Rio Piancó.....	29
3.6 Linha Adutora para abastecimento público.....	30
4 METODOLOGIA.....	32
4.1 Proposta de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi.....	32
4.2 Proposta de projeto básico da adutora de ampliação.....	33
4.2.1 Localização.....	33
4.2.2 População.....	34
4.2.3 Condições Sanitárias.....	34
4.2.4 Elementos para elaboração do projeto.....	34
4.2.4.1 Estimativa da população.....	34
4.2.4.2 Estimativa do consumo.....	35
4.2.4.3 Concepção do sistema.....	35
4.3 Proposta de projeto básico da tomada de água para derivação de vazão de uma corrente natural.....	37
5 RESULTADOS E DISCURSÃO.....	38
5.1 Proposta de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi.....	38
5.2 Proposta de projeto básico da adutora de ampliação.....	39
5.2.1 Parâmetros técnicos.....	39
5.3 Projeto básico da tomada de água para derivação de caudal de uma corrente natural para um conduto forçado.....	41
6 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial à vida e cumpre seu ciclo global e regional através da precipitação, infiltração, escoamento superficial e evapotranspiração. Os mecanismos hidrológicos deste ciclo se distribuem desuniformemente entre as diversas regiões do planeta, razão por que são afetados por ações naturais, sendo ainda intensificados por ações humanas capazes de alterar a sua disponibilidade hídrica, em termos quantitativos e qualitativos (MONTENEGRO *et al.*, 2012).

Segundo Cirilo (2008) a disponibilidade hídrica do Brasil é a maior do planeta, correspondendo a mais da metade da água da América do Sul e a 13,8% do total mundial. Além disso, ainda conta com cerca de 2/3 do Aquífero Guarani, que é o maior aquífero transfronteiriço do mundo contido nos países do Mercosul, além de ser detentor de 100% do maior aquífero do mundo, o Alter do Chão, contido na região Norte do país.

Apesar da grande riqueza de água no Brasil, a má distribuição desse recurso gera sérios problemas no atendimento às demandas, como é o caso da região da semiárida brasileira.

A escassez e as más condições climáticas se apresentam como uma preocupação constante da população do semiárido nordestino, pois grande parte desta retira seu sustento da agricultura e da pecuária em atividade de subsistência. Com isso, esta região tem atraído à atenção governamental para projetos de obras hídricas com potencial para amenizar os efeitos da seca e melhorar a vida do homem sertanejo. Como exemplo, pode-se citar a transposição do Rio São Francisco, que foi idealizada em 1847, quando o engenheiro cearense Marcos de Macedo, apresentou a ideia ao imperador Dom Pedro II, desde então o planejamento foi cogitado diversas vezes, ressurgindo durante o primeiro mandato (2003 a 2006), do então presidente da república Luís Inácio Lula da Silva, e conseqüentemente iniciando a execução em 2007, sob responsabilidade militar (SOARES, 2013).

Os proveitos esperados com o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é atender a demanda hídrica da população existente nos estados atendidos pelo projeto, bem como contribuir para o desenvolvimento socioeconômica da região. Mas para que tal objetivo seja alcançado, é necessário que haja a interligação dos interiores com os Canais Norte e Leste da Transposição.

Neste sentido, este estudo busca sugerir uma proposta de integração das águas do projeto de transposição do Rio São Francisco com os interiores das mesorregiões do Sertão e Borborema paraibanas, a partir da linha adutora Coremas/Sabugi.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Perante o exposto, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma alternativa para integração das mesorregiões do Sertão e da Borborema paraibanas, com o canal do Eixo Norte da Transposição do Rio São Francisco, a partir da ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi.

2.2 Objetivos específicos

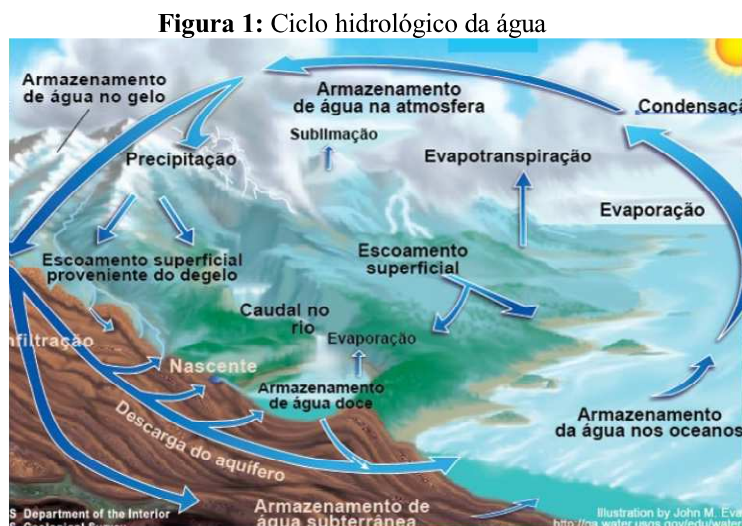
- Apresentar a proposta de integração do Eixo Norte da transposição do Rio São Francisco com a linha adutora Coremas/Sabugi;
- Sugerir um traçado de adução para atender a ampliação da linha adutora;
- Propor uma tomada de água para derivação de vazão de uma corrente natural.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Ciclo hidrológico

A água é um recurso natural necessário para a existência da vida no planeta terra, sendo considerada como solvente universal e ainda tida como única substância capaz de ser encontrada na natureza nos três estados físicos da matéria, variando de acordo com a etapa do seu ciclo hidrológico.

Ciclo hidrológico da água é a denominação dada ao movimento contínuo das águas presente na atmosfera, continentes e oceanos. Com isso a água cumpri seu ciclo hidrológico a partir da precipitação em forma de chuva, neve, granizo, saraiva, geada, garoa e orvalho. Parte da água precipitada é infiltrada e percolada no solo, outra parte escorre até os cursos de água e solos saturados, ou regressa a atmosfera por evaporação nos corpos hídricos ou por evapotranspiração dos vegetais, o vapor resultante destes processos constitui as nuvens, que havendo as condições adequadas se condensam e novamente ocorre o fenômeno de precipitação. Para melhor visualização do ciclo hidrológico foi inserida a Figura 1.



Devido ao ciclo hidrológico o volume total de água na terra permanece constante, estimasse que deste total aproximadamente 70% da superfície terrestre é ocupada por água, sendo dividido segundo o esquema apresentado na Figura 2.

Segundo Rebouças (1997) a região semiárida brasileira apresenta um deficitário ciclo hidrológico. Pois esta região apresenta uma área territorial de aproximadamente

962.857,3 km², é assolada periodicamente por secas e grandes períodos de estiagem. Segundo o pesquisador ocorre grandes índices de evaporação dos corpos hídricos desta região, devido a incidência de elevadas temperaturas, e ainda índices de pluviosidade entre 300 e 800mm/ano.

Agravando ainda mais este cenário de escassez, pluviometria média anual desta região pode ocorrer em apenas um mês, ou se distribuir de forma irregular dentro de uma faixa de 3 a 5 meses. (REBOUÇAS, 1997)

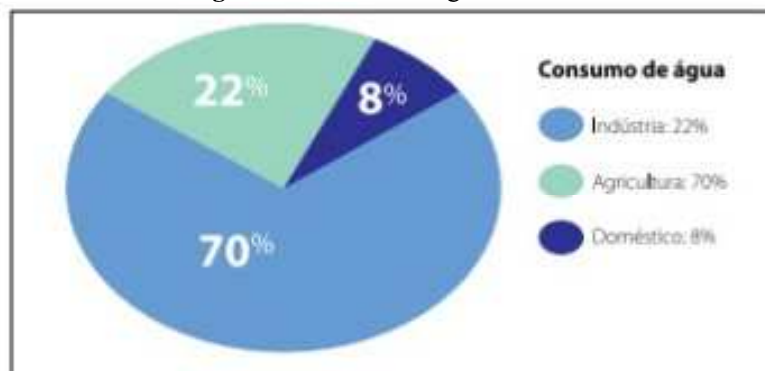
3.2 Distribuição de água no planeta

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2009), o percentual de água doce não se encontra distribuído uniformemente dentro do globo terrestre, como se observa na Figura 2, 68,9% do total de água doce mundial está concentrado nos pólos e em suas proximidades, em estado sólido (geleiras e neve).



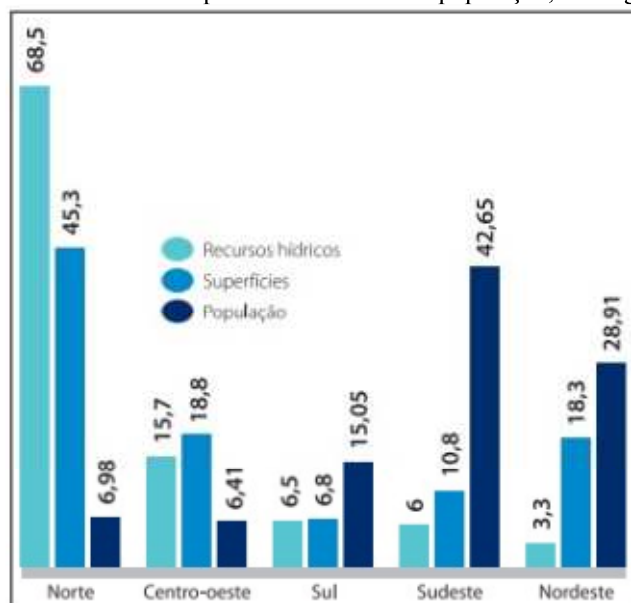
Fonte: PNRH, 2009.

Ainda de acordo com o PNRH (2009), o consumo de água no mundo é altamente variável, dependente de fatores externos aos naturais como cultura, nível de desenvolvimento do país, nível de renda das pessoas, etc. O consumo de água no mundo depende basicamente de três atividades, a agrícola, indústria e doméstica, tais dados são apresentados na Figura 3.

Figura 3:Consumo de água no mundo

Fonte: PRNH, 2009.

O Brasil é detentor de uma área de aproximadamente 8.514.876 km² e aproximadamente 200 milhões de habitantes, de acordo com o PNRH (2009) a demanda hídrica brasileira está concentrada em maior proporção nas regiões Sudeste e Nordeste do país. Enquanto a maior disponibilidade hídrica está situada na região Norte, assim como mostrado na Figura 4.

Figura 4: Distribuição dos recursos hídricos por unidade de área e população, nas regiões brasileiras (%)

Fonte: PNRH, 2009.

3.3 Crise hídrica no Brasil

Segundo Venâncio (2015), as regiões Sudeste e Nordeste do Brasil se encontra em meio a um cenário de exaustão hídrica, com isso é necessário atentar para a necessidade de mudança nos padrões de consumo dos recursos hídricos, assim como, no aprimoramento da gestão destes recursos.

De acordo com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2016), se torna necessário o comprometimento de todas as esferas da sociedade para promover e acatar medidas que venham a minimizar os efeitos da crise, cooperando assim para garantir a segurança hídrica, principalmente das regiões mais afetadas, como exemplo, as regiões Sudeste e Nordeste do Brasil.

Para que a segurança hídrica ocorra é necessário que não só a sociedade civil, mas, também o estado e a iniciativa privada se engajem neste prélio.

Segundo Yokoyama (2015), o desenvolvimento econômico da região Sudeste, observando pela ótica da geração de emprego e renda, contribui para o crescimento populacional e conseqüentemente para o aumento da demanda, sobrecarregando as reservas de recursos hídricos, porém vale salientar que de acordo com o pesquisador, a má gestão integrada dos recursos hídricos e as dificuldades de planejamento, contribuem de forma significativa para o agravamento do problema.

Já a região Nordeste apesar de não apresentar um desenvolvimento econômico tão expressivo quanto a região Sudeste do país, ocupa uma área de aproximadamente 1.561.177,8 km² (18,27%) do território nacional, da qual segundo o IBGE aproximadamente 962.857,3 km² deste total está situado na região do semiárido, mostrado na Figura 5. Delimitada em meados de 1936, segundo a Lei 1.348/51, abrange um total de 8 (oito) estados nordestinos com exceção do Maranhão, além de uma área de aproximadamente 121.490,9 km² contida no estado de Minas Gerais.

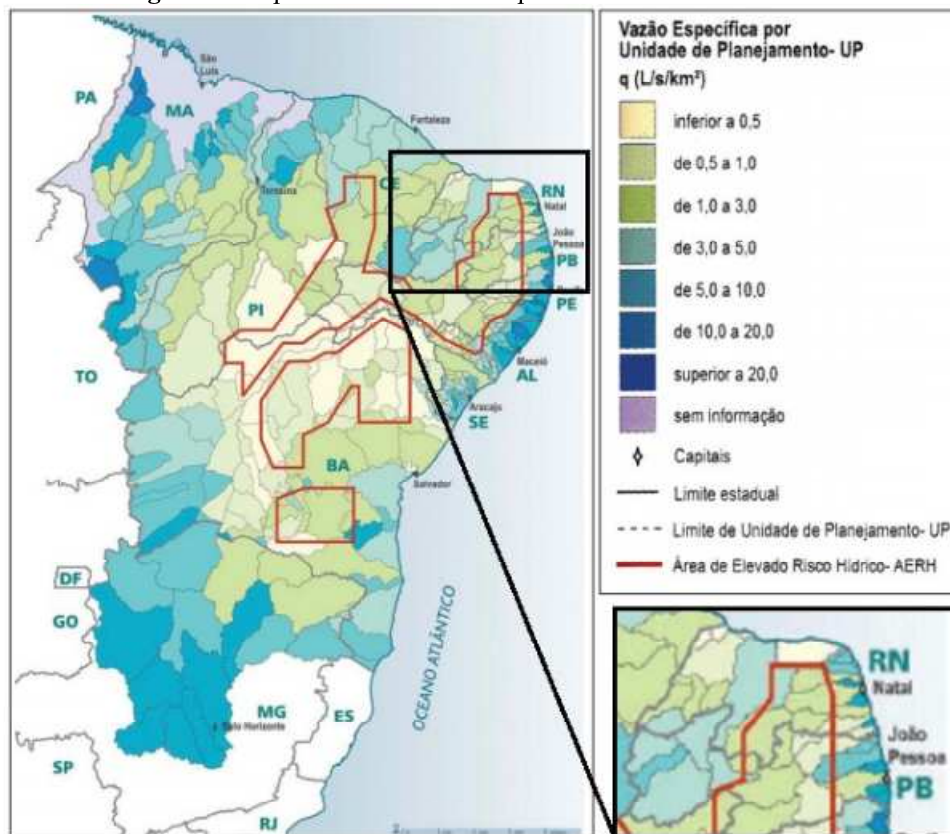
Figura 5: Área da região do Semiárido brasileiro



Fonte: CIRILO, 2008.

Esta região é caracterizada pelos baixos índices de precipitação anual, vegetação predominantemente de Caatinga, elevadas temperaturas e alta evapotranspiração. Trata-se de uma região pobre em volume de escoamento superficial de águas em rios, tal fato resulta dos baixos índices de precipitação anual pluviométrica, além de sua variabilidade temporal, e ainda das condições climáticas com elevadas temperaturas e elevada taxa de evaporação dos corpos hídricos. Com isso esta região conta com uma densa rede de rios intermitentes, com exceção de alguns rios como o Parnaíba e o Rio São Francisco, o qual é perenizado desde sua nascente na Serra da Canastra – MG (CIRILO, 2008).

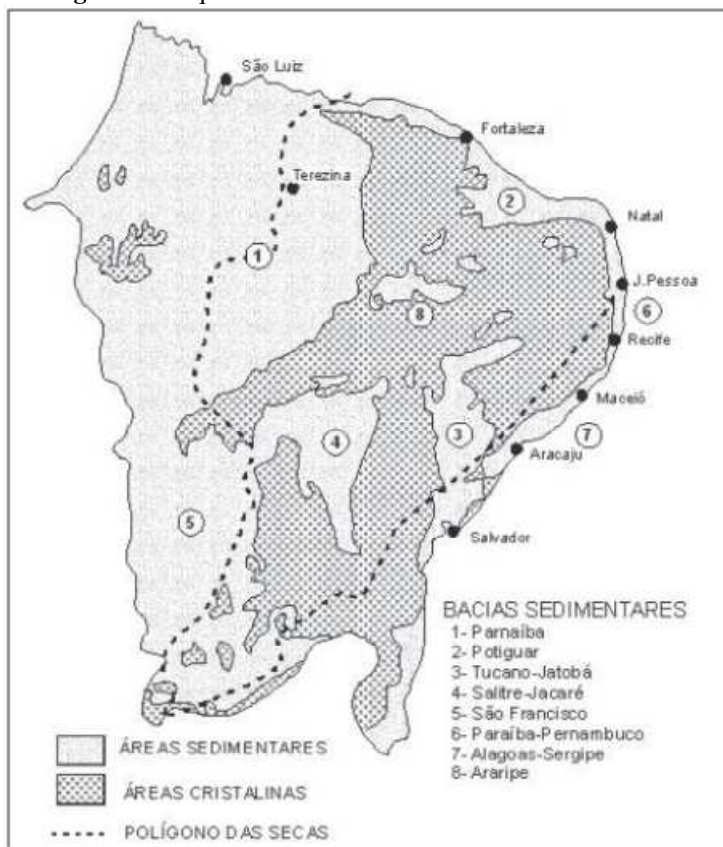
A disponibilidade hídrica superficial desta região pode ser analisada por meio da Figura 6, que apresenta um importante indicador, possível de expressar a carência de recursos hídricos de uma determinada região.

Figura 6: Disponibilidade hídrica superficial do Semiárido

Fonte: ANA, 2005.

A disponibilidade hídrica de águas subterrâneas desta região, apresentada na Figura 7, demonstra um fato ruim para a formação de aquíferos, pois este tipo de formação geológica que tem capacidade de armazenar gigantescos volumes de água é geralmente constituído por sedimentos arenosos. Porém o território nordestino é composto por aproximadamente 80% de rochas cristalinas, assim sendo, as águas subterrâneas armazenadas em aquíferos na região semiárida apresentam elevados teores de sais minerais. Mesmo assim, de acordo com Rebouças (1997) as reservas de água doce presente nas bacias sedimentares da região Nordeste, possibilita a captação de aproximadamente vinte bilhões de metros cúbicos de água anualmente. Segundo Cirilo (2008) esse volume equivale a 60% da capacidade do reservatório de Sobradinho, na Bahia (34 bilhões de metros cúbicos), principal responsável pela regularização das vazões do Rio São Francisco, ou o triplo da capacidade do açude Castanhão (6,7 bilhões de metros cúbicos) localizado no estado do Ceará.

Figura 7: Disponibilidade hídrica subterrânea do Semiárido



Fonte: CIRILO, 2008.

Ainda de acordo com Cirilo (2008), as águas subterrâneas nas reservas sedimentares do semiárido, deverá ser utilizada prioritariamente para abastecimento humano, principalmente como reserva de água potável para longos períodos de estiagem, não fazendo sentido algum considerar que tal potencialidade hídrica seja capaz de suprir as demandas agrícolas e industriais por este recurso na região.

Analisando as potencialidades hídricas subterrâneas e superficiais, a partir dos estudos do Plano Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste (PLIRHINE) (SUDENE, 1980) e Rebouças (1997), é possível conseguir indicadores de potenciais de quantidade de água por habitante por ano para as unidades desta região. Assim sendo, foi observado regiões extremamente críticas como Leste da Paraíba (1.030 m³/hab/ano), Leste Potiguar (997 m³/hab/ano), Fortaleza (846 m³/hab/ano) e Leste de Pernambuco (819 m³/hab/ano). Considere-se o parâmetro estabelecido pela ONU de 1.500 m³/hab/ano como a quantidade potencial de água mínima para o bem-estar e desenvolvimento de qualquer região.

Perante ao exposto, devido aos problemas climáticos, principalmente a irregularidade dos eventos de precipitações, a região Nordeste, mais precisamente o

semiárido nordestino tem atraído as atenções governamentais, para o desenvolvimento de projetos com potencial de amenizar os efeitos da escassez e possibilitar uma vida digna ao cidadão sertanejo. Como exemplo é possível citar os projetos de construção de cisternas de placa para armazenamento de água proveniente da ocorrência de precipitações mesmo que escassa, assim como o projeto de transposição do Rio São Francisco.

3.4 Projetos com potencial para amenizar a escassez no semiárido

Devido a escassez que assola a região do semiárido brasileiro, medidas de combate a escassez são elaborados por órgãos governamentais, assim como por entidades não governamentais, a exemplo de programas como o Programa um Milhão de Cisternas (P1MC), Operação Pipa, Programa Água Doce (PAD), Transposição do Rio São Francisco.

Segundo Pontes (2009) o início no P1MC é datado de 1999, iniciado pela Articulação do Semiárido (ASA), o P1MC é um amplo programa acima de tudo de mobilização social, que tem por objetivo proporcionar uma oportunidade aos habitantes das regiões semiárida, de viverem bem e com possibilidade de exercerem suas atividades domésticas com dignidade e higiene. Para captação de recursos, para execução do projeto houve a associação de diversas instituições, tais como, igrejas, sindicatos, entre outras. Ainda de acordo com o pesquisador cada cisterna tem um valor médio estimado em R\$ 1.500,00 com capacidade de armazenamento de até 16 mil litros de água.

O programa Operação Pipa tem como atividade de cooperação para minimização dos efeitos da escassez, a distribuição de água potável, por meio de carros pipas, para a população dos municípios da região semiárida em situação de calamidade pública. De responsabilidade militar é gerenciada pelo exército brasileiro (INSTITUTO AGROPOLO DO CEARÁ, 2012).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2017) o PAD é uma Ação do Governo Federal comandado pelo Ministério do Meio Ambiente, lançado em 2004. Possui como princípio básico o compromisso do Governo Federal de garantir água de boa qualidade a população da região semiárida. Tendo o compromisso de garantir o uso racional dos recursos hídricos, o PAD beneficia aproximadamente 100 mil pessoas em 154 localidades desta região.

Dentre todos os programas de convivência com a escassez, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, se apresenta como um projeto com elevado potencial de desenvolvimento sócio econômico para esta região. Maiores detalhes podem ser verificados no sub-tópico 3.4.1.

3.4.1 Transposição do Rio São Francisco

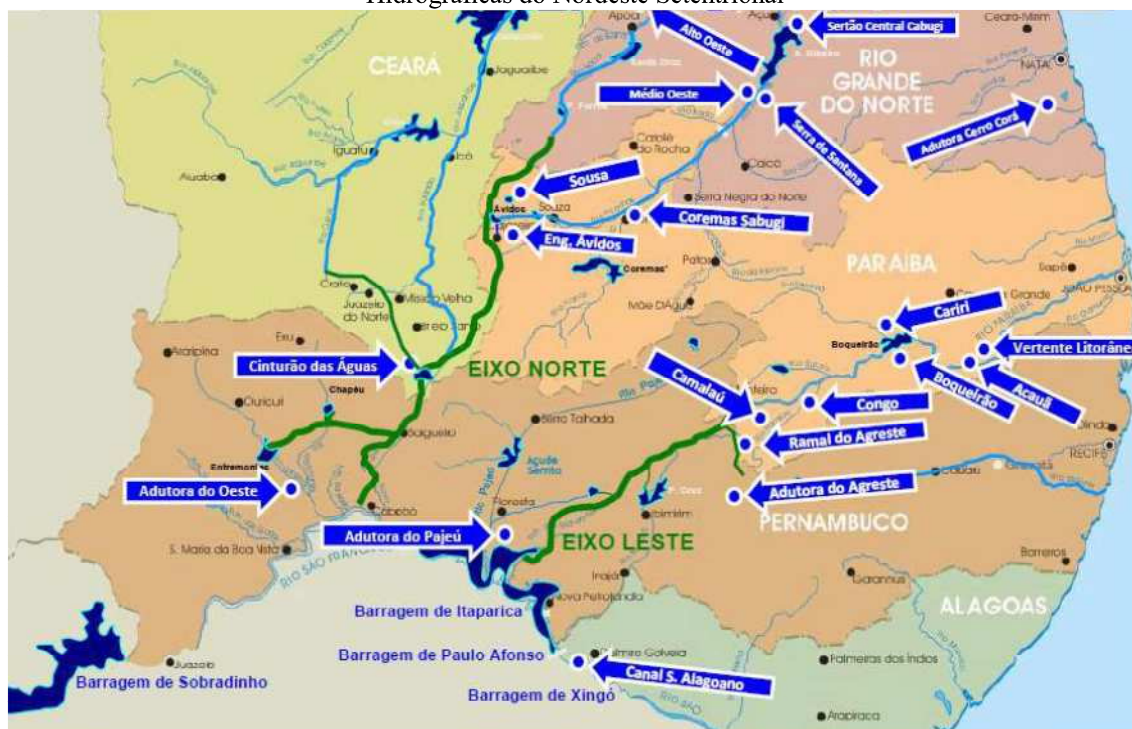
O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, conhecido popularmente com transposição do Rio São Francisco, foi idealizado em 1847, quando o engenheiro cearense Marcos de Macedo, apresentou a ideia ao imperador Dom Pedro II, desde então muito se falou sobre o projeto e dos benefícios para a vida do homem sertanejo, porém o projeto atravessou séculos como proposta, sendo planejado por diversas vezes mais de fato nunca iniciado. Somente durante o primeiro mandato (2003 à 2006), do presidente da república Luís Inácio Lula da Silva, foi que o planejamento ressurgiu, iniciando a execução em 2007 (SOARES, 2013).

O projeto é um empreendimento financiado pelo Governo Federal, administrado pelo Ministério da Integração (MI). Segundo o ministério o objetivo é assegurar a oferta de água a mais de 12 milhões de habitantes das regiões atendidas.

O projeto é composto por canais abertos em quase 100% de sua totalidade, porém, devido ao relevo desfavorável do traçado, torna-se necessário a utilização de condutos forçado para as diversas estações elevatórias.

A Transposição do Rio São Francisco, é um projeto grandioso de integração de bacias hidrográficas, com grande potencialidade hídrica e está segmentado em dois eixos (Figura 8), sendo eles o Eixo Leste e o Eixo Norte.

Figura 8: Localização dos Eixos do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional



Fonte: CSI DO SENADO FEDERAL, 2015.

O Eixo Leste de menor dimensão tem início na Barragem de Itaparica, no município de Floresta – PE, divisa dos estados da Bahia e Pernambuco. Cruza o estado do Pernambuco até desaguar no leito do Rio Paraíba, perfazendo 220 km de extensão, com um fluxo médio de 18,3 m³/s. O canal transfere parte de sua vazão nas bacias hidrográficas do Pajeú, do Moxotó e do Agreste de Pernambuco, além disso o projeto se ramifica através do ramal de interligação do Eixo Leste com a Bacia do Rio Ipojuca. Além do canal de escoamento este Eixo conta com, 5 estações de bombeamento, 5 aquedutos, 2 túneis e 9 reservatórios, tais como Poção, Epitácio Pessoa e Acauã.

O Eixo Norte de maiores dimensões que o Eixo Leste, tem início nas imediações da cidade de Cabrobó – PE, no próprio leito do Rio São Francisco, e segue por 400 quilômetros, cruzando os estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, ao longo do percurso a água abastecerá os interiores dos estados a partir dos rios Salgado e Jaguaribe, no Ceará; Apodi, no Rio Grande do Norte e Piranhas-Açu, na Paraíba e Rio Grande do Norte até desaguar no Oceano Atlântico na costa Norte Rio-Grandense e Cearense. Dimensionado e projetado com uma capacidade de operação de 99 m³/s, porém irá operar com uma vazão contínua de 16,4 m³/s, destinado ao consumo

humano e dessedentação de animais, além da atividade agrícola, principal fonte de renda das comunidades rurais.

Os proveitos esperados com o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é atender a demanda hídrica da população existente além de promover o desenvolvimento sócio econômico da região. Para que tal objetivo seja alcançado, é necessário que haja a interligação dos interiores com os canais Norte e Leste da Transposição.

3.5 Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açú

A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açú (Figura 9), está localizada entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, na região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas $38^{\circ} 75'$ e $36^{\circ} 17'$ (Longitude Oeste), e $5^{\circ} 06'$ e $7^{\circ} 83'$ (Longitude Sul). Possui uma vasta área de drenagem de aproximadamente 43.683 km², sendo que deste total, 60% é de domínio do estado da Paraíba e 40% do estado do Rio Grande do Norte.

Figura 9: Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açú



Fonte: ANA, 2014.

A divisão política-administrativa da bacia, conta com um total de 147 municípios, destes 47 pertencem ao estado do Rio Grande do Norte e o restante encontra-se dentro da fração paraibana da bacia.

O principal rio da bacia é o Rio Piranhas-Açu, de domínio federal uma vez que nasce no município de Bonito de Santa Fé, no Estado da Paraíba, e segue seu curso natural pelo Estados do Rio Grande do Norte, desaguando no Oceano Atlântico, na Costa Potiguar. Trata-se de uma importante bacia para os Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, pois é nela que estão localizados a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, o reservatório Engenheiro ávidos e o sistema de reservatórios Coremas-Mãe D'Água, considerado estratégico para o desenvolvimento socioeconômico destes Estados (AESAs, 2014).

Os principais afluentes da bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, são os Rios, Piancó, Seridó, Espinharas, Pataxó, entre outros. De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), o Rio Piranhas apresenta duas nascentes, considerando os aspectos geográficos, a nascente está localizada no município de Bonito de Santa Fé, fronteira dos estados da Paraíba e Ceará. Considerando os aspectos relacionados a maior área de drenagem, sua nascente se localiza na região conhecida como Serra de Piancó, tendo como afluente o Rio Piancó.

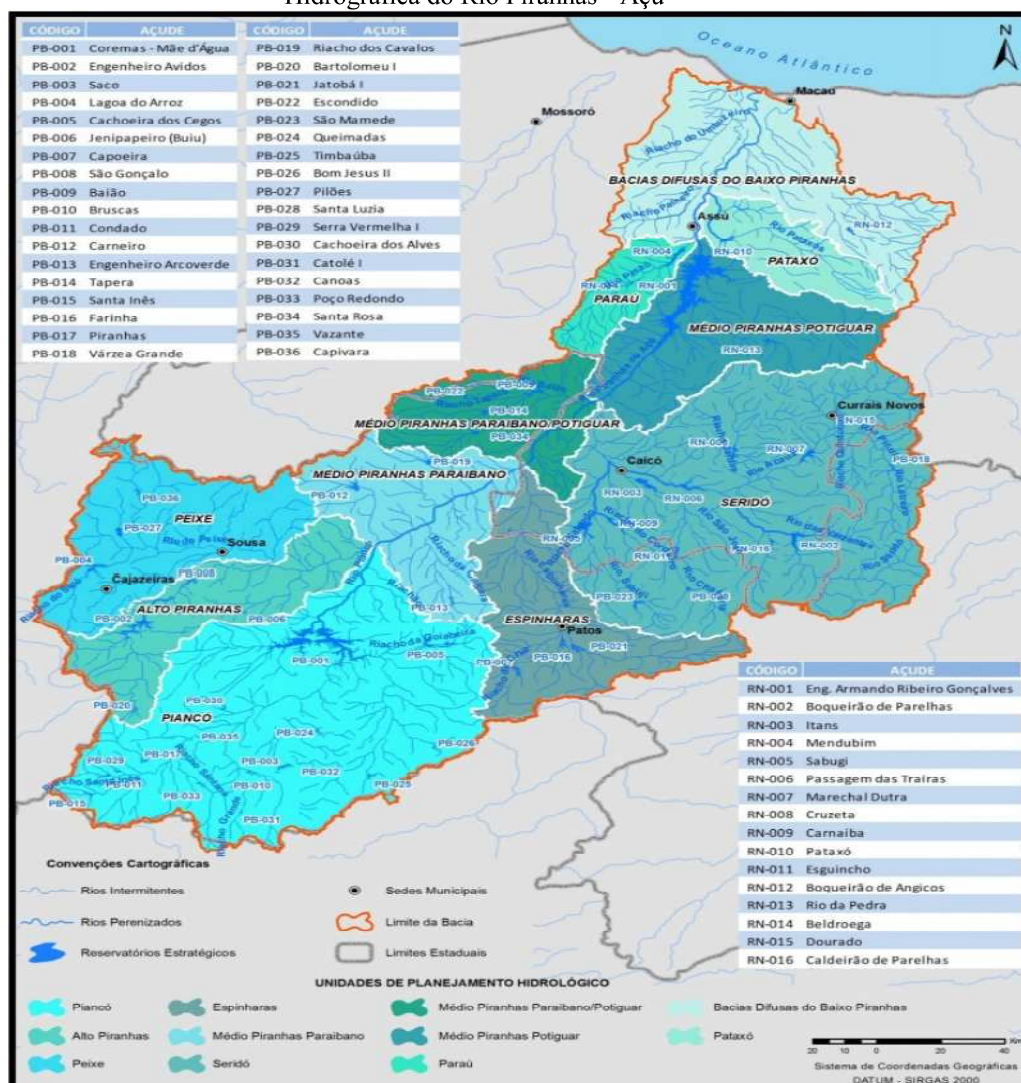
Na fração paraibana o rio Piranhas forma um sistema hidrográfico, composto pelas sub-bacias hidrográficas do Rio do Peixe, Piancó e em parte do Rio Espinharas e Seridó.

Já a fração norte-rio-grandense, do Rio Piranhas inicia seu percurso interceptando os limites estaduais no município de Jardim de Piranhas - RN, tornando-se o receptor das águas drenadas pela sub-bacia do rio Espinhara e Seridó. Ao adentrar a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, importante regulador de vazão, o rio Piranhas recebe o nome de Rio Piranhas-Açu, dando nome a bacia hidrográfica federal.

Devido à situação constante de escassez vivida pela bacia Piranhas-Açu, não possibilita a perenização de seus afluentes, com isso para regulamentação da vazão do rio Piranhas-Açu, foram construídos 52 reservatórios com capacidade estimada de 5.658,70 hm³. Dentre estes, destaca-se três grandes reservatórios, sendo na fração paraibana da bacia, o complexo Coremas/Mãe-D'Água e Engenheiro Ávidos, e na Fração pertencente ao Rio Grande do Norte a barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Juntos são responsável por cerca de 70% da capacidade de armazenamento da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu.

A bacia do Piranhas-Açu encontra-se dividida em 11 unidades de planejamento hidrológico (UPH) mostrado na Figura 10 e tabela 2, como se pode observar com a caracterização das UPH's, a Piancó é a segunda de maior área, ficando atrás apenas da Seridó.

Figura 10: Reservatórios estratégico de regulamentação de vazão e divisão das UPH's da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas - Açu



Fonte: ANA, 2014.

Tabela 1: Unidades de Planejamento Hidrológico

UPH	Area (Km ²)	Area (%)	Nº de Municípios	Nº de Sedes	Rio principal
Piancó	9.207	21,1%	41	30	Piancó
Alto Piranhas	2.562	5,9%	19	8	Piranhas
Peixe	3.428	7,8%	23	17	Rio do Peixe
Espinharas	3.291	7,5%	28	13	Espinharas
Médio Piranhas Paraibano	2.894	6,6%	24	11	Piranhas-Açu
Seridó	9.923	22,7%	44	29	Seridó
Médio Piranhas Paraibano/Potiguar	2.245	5,1%	14	6	Piranhas-Açu
Médio Piranhas Potiguar	3.536	8,1%	19	5	Piranhas-Açu
Paraú	974	2,2%	8	2	Paraú e Piranhas-Açu
Pataxó	1.954	4,5%	11	5	Pataxó e Piranhas-Açu
Bacias Difusas do Baixo Piranhas	3.668	8,4%	15	6	Piranhas-Açu
Bacia	43.683	100	147	132	

Fonte: ANA, 2014.

3.5.1 UPH do Rio Piancó

Dentre as UPH's existente na bacia, vale destaque para UPH do Piancó, devido comporta o complexo Coremas/Mãe-D'Água, com capacidade estimada segundo o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) em 1.358.000.000 m³.

A UPH Piancó esta situada no extremo sudoeste do estado da Paraíba, mantendo fronteiras com o estado de Ceará em sua parte oeste e com o estado do Pernambuco ao sul, ao norte e ao leste faz fronteira com as UPH's Alto e Médio Piranhas e UPH Espinharas, respectivamente. Como mostrado na Tabela 2, possui uma área de 9.207 km² e tem o Rio Piancó como seu principal afluente.

A Sub-Bacia do Piancó é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 150 mil habitantes, não apenas da região do Piancó, mas, de toda a região de influência da adutora Coremas/Sabugi, maior adutora do estado da Paraíba em operação.

A adutora Coremas/Sabugi, abastece cerca de 19 municípios do Vale do Espinhara e Vale do Sabugi, captando água do leito do Rio Piancó no município de São Bentinho. Porém, devido aos longos períodos de escassez hídrica vivenciada pela sub-bacia, o complexo Coremas/Mãe D'Água não tem capacidade de atender a demanda da população, indústrias e atividades agrícolas atendidas pela adutora, ficando esta operando em sistema de racionamento. Além disso, o complexo abastecido pelo Rio Piancó, não receberá as águas da transposição do Rio São Francisco.

Mesmo a bacia hidrográfica sendo a receptora das águas do Eixo Norte da Transposição, o rio receptor será o Rio Piranhas, na altura do reservatório Engenheiro Ávidos no município de Cajazeiras – PB, deixando assim o Rio Piancó principal afluente da Sub-Bacia do Piancó, sem benefício algum da transposição, e conseqüentemente o complexo Coremas/Mãe D' Água, permanecendo assim sem solução para o problema enfrentado no abastecimento público das cidades atendidas pela adutora Coremas/Sabugi.

3.6 Linha Adutora para abastecimento público

Linhas adutora são definidas por Netto (1998), como o conjunto de canalizações responsável por transportar água entre o ponto de captação e as unidades de distribuição de um sistema de abastecimento público, que antecede à rede de distribuição.

Ainda segundo o pesquisador, em função da água conduzida, as linhas adutoras podem ser denominadas, como adutora de transporte de água bruta ou adutora de transporte de água tratada. Conforme a energia empregada para a movimentação do fluido, poderá ocorrer linhas por gravidade, linha de recalque ou linhas mistas.

As linhas adutoras em geral não apresentam distribuição em marcha, a menos que existam sangrias para abastecimento de pontos interiores. Trata-se de um conjunto hidráulico de extrema importância para o abastecimento urbano, visto que, em caso de sua intermitência todo o sistema entra em colapso.

Constituídas basicamente com tubulações de PVC, ferro fundido, polietileno, P.R.F.V, aço soldado, entre outros.

Para o dimensionamento deste conjunto hidráulico são empregados basicamente as equações fundamentais da hidráulica, normatizado pela NBR 12215/91, tendo como documentos complementares as seguintes normatização.

- NBR – 12211 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;
- NBR – 12213 – Projeto de captação de água de superfícies para abastecimento público;
- NBR – 12214 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.

As linhas adutoras são obras hídricas que apresentam impactos ambientais relativamente pequenos, trata-se de uma obra que ocupa grandes distância, porém de

pequena seção transversal, geralmente instalada em áreas de domínio público dentro dos limites de áreas de servidão das rodovias.

Quando comparada a outras obras hídricas, como a construção de reservatórios em geral, dispensa a necessidade de grandes áreas desapropriadas, grandes áreas de alagamento, destruição de fauna e flora. Analisando positivamente, permite o abastecimento público de áreas remotas e distantes de grandes reservatórios, tem preço de instalação moderado, facilidade de projeto, etc.

4 METODOLOGIA

Perante a necessidade de atender a demanda hídrica da área abastecida pela adutora Coremas/Sabugi, o presente trabalho foi desenvolvido a partir da análise de mapas fornecidos pelo portal de geoprocessamento da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e pela Comissão de Serviço de Infraestrutura do Senado Federal.

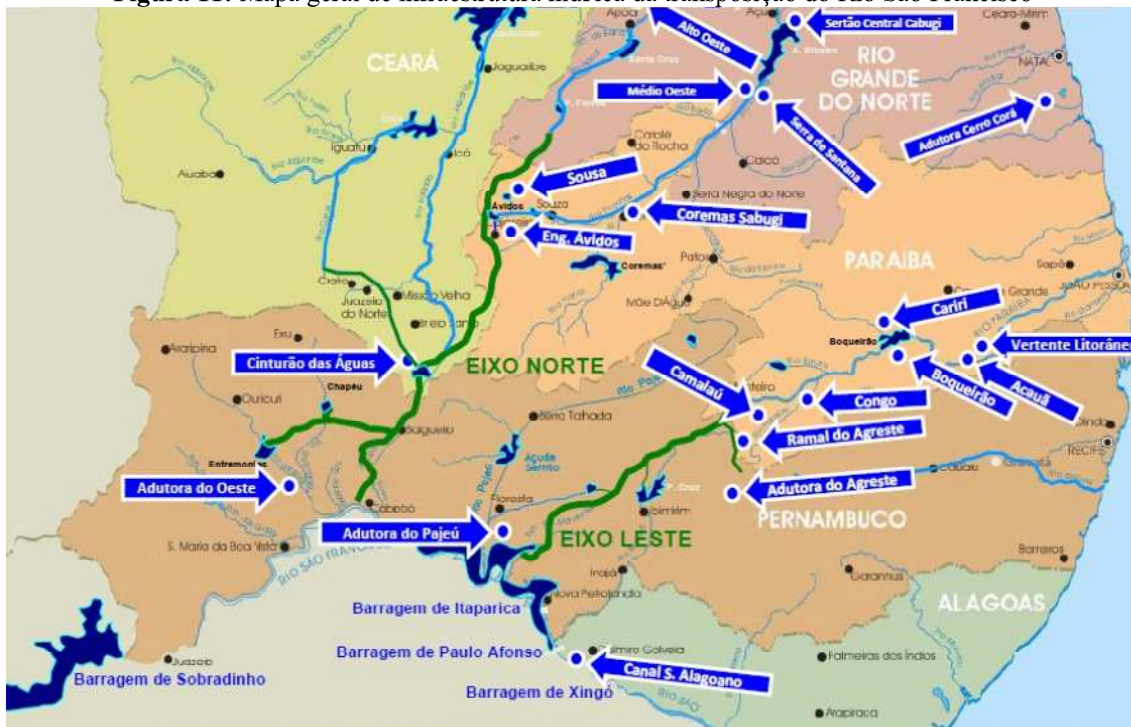
4.1 Proposta de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi

Neste trabalho é proposto o projeto de interligação da adutora Coremas/Sabugi, com o canal do Eixo Norte da Transposição do Rio São Francisco. A elaboração da proposta, do sistema da ampliação da adutora foi realizada com base nos seguintes mapas: influência das adutoras dentro do estado da Paraíba (ANEXO A) e mapa geral de infraestrutura hídrica.

Inicialmente foi considerada a área de influência das adutoras dentro do estado da Paraíba (ANEXO A), pode ser observar que, a adutora Coremas/Sabugi apresenta a maior influência em função de sua área. A mesma é abastecida pelo reservatório Coremas/Mãe-D'água, o qual em longos períodos de escassez não suporta a demanda por água da população de aproximadamente 150 mil habitantes, além das atividades industriais e agrícolas existentes nos municípios atendidos. Diante disto, a necessidade de ampliação desta linha adutora para receber as águas do projeto de transposição do Rio São Francisco, é eminente.

Posteriormente foi analisado o mapa geral de infraestrutura hídrica da transposição do Rio São Francisco, no qual se considera os percursos trilhados pelos canais do Eixo Norte e do Eixo Leste da Transposição do Rio São Francisco dentro dos estados contemplados pela obra, assim como, os reservatórios que serão atendidos. A Figura 11 apresenta os percursos das águas da transposição do Rio São Francisco dentro do estado da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará. A partir deste mapa foi possível escolher o ponto onde será proposta a interligação da linha adutora Coremas/Sabugi com o canal do Eixo Norte da transposição, no leito do Rio Piranhas-Açu principal receptor das águas proveniente do Eixo Norte dentro do estado da Paraíba, a partir do reservatório engenheiro Ávidos, município de Cajazeiras - PB.

Figura 11: Mapa geral de infraestrutura hídrica da transposição do Rio São Francisco



Fonte: SENADO FEDERAL, 2013.

4.2 Proposta de projeto básico da adutora de ampliação

4.2.1 Localização

A linha adutora Coremas/Sabugi está localizada nas Mesorregiões do Sertão e Borborema do estado da Paraíba.

Está contida entre as coordenadas geográficas, apresentadas na Tabela 3.

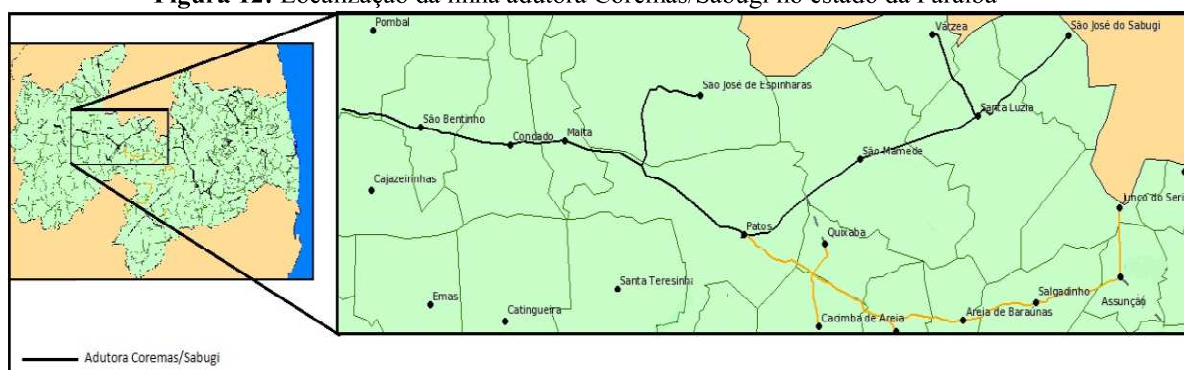
Tabela 2: Localização geográfica da Adutora Coremas/Sabugi

Adutora Coremas/Sabugi	
Captação	Ponto final de abastecimento
leito do rio Piancó, município de São Betinho/PB	município de Junco do Seridó/PB
Latitude	
6°-59'-30"-S	6°-51'-44"-S
Longitude	
36°-42'-53"-O	37°-50'-47"-O

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Sua área de influência abrange 19 municípios, com captação no município de São Bentinho, beneficiando os municípios de Pombal, Vista Serrana, Cajazeirinhas, Condado, Malta, São José de Espinharas, Patos, Quixaba, São Mamede, Santa Luzia, Várzea, São José do Sabugi, Cacimba de Areia, Passagem, Areia de Baraúnas, Salgadinho, Assunção, sendo finalizada no município de Junco do Seridó, o qual ainda não é abastecido, porém contemplado pelo projeto, aguardando a execução das obras.

Figura 12: Localização da linha adutora Coremas/Sabugi no estado da Paraíba



Fonte: Elaborado a partir de dados da AESA 2015.

4.2.2 População

Segundo estimativa 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), atualmente a linha adutora abastece aproximadamente 150 mil habitantes, residentes nos municípios atendidos.

4.2.3 Condições Sanitárias

Se trata de uma adutora de água bruta, suprindo assim as demandas da população residentes nos municípios atendidos, possibilitando assim que as medidas de tratamento de água continuem sendo as já existentes, no ponto de captação, em operação no leito do Rio Piancó.

4.2.4 Elementos para elaboração do projeto

4.2.4.1 Estimativa da população

Não será considerada estimativa de população para este projeto, pois se trata de uma ampliação apenas no que diz respeito à captação, sem que haja a incorporação de novos usuários a serem beneficiados devido à ampliação, mantida assim a população estimada quando da concepção do projeto já em operação.

4.2.4.2 Estimativa do consumo

De acordo com a 4ª reunião extraordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu (CBH), realizada no município de Pombal/PB, a vazão captada pela linha adutora Coremas/Sabugi, dar-se da seguinte forma:

- Vazão captada: 287,22 l/s;
- Vazão outorgada: 390,83 l/s.

A ampliação da linha adutora tem o objetivo de alterar seu ponto de captação, sem que haja a inclusão de novos pontos de consumo, sendo assim para efeitos de cálculo deste projeto a vazão a ser utilizada será a outorgada de 390,83 l/s que é a máxima vazão permitida para captação, visando assegurar o controle quantitativo e qualitativo do uso racional dos recursos hídricos da área, pois a vazão da adutora existente é suficiente para o horizonte de projeto.

4.2.4.3 Concepção do sistema

A ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi consiste apenas na alteração do seu ponto de captação, em condições críticas de escassez, do reservatório Coremas/Mãe D'Água em suprir a demanda por água da população abastecida pela referida linha adutora.

Devido ao reservatório não ser contemplado pelo projeto de transposição do Rio São Francisco, foi proposto à ampliação da linha adutora, alterando o seu ponto de captação do leito do Rio Piancó no município de São Bentinho/PB, para o leito do Rio Piranha-Açu no município de Pombal/PB, o qual é o principal receptor das águas do Eixo Norte da transposição no estado da Paraíba. A captação ocorrerá a fio d'água, através de uma barragem de nível, que são estruturas galgáveis em que o eixo do maciço intercepta a seção transversal de um curso d'água, objetivando a elevação do nível de água a montante, com o objetivo de garantir a regularização do nível para as estruturas de captação.

Para efeitos do traçado, será desconsiderado o uso do solo ao longo do caminamento, devido a dificuldades em informações.

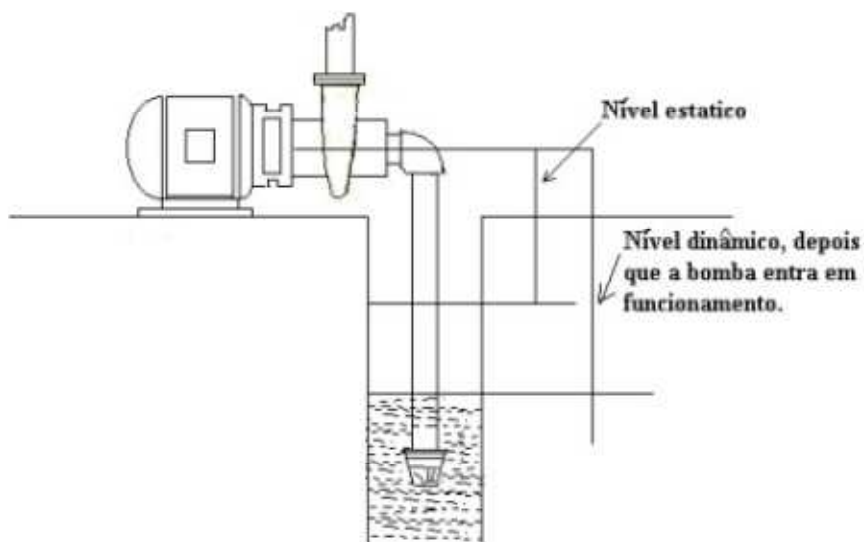
Serão mantidos os valores de vazão atual da linha adutora. Visto que a ampliação não incluirá novos pontos de consumo, servirá apenas para possibilitando a interiorização das águas vindas da transposição do Rio São Francisco, uma vez que a vazão de operação da adutora é suficiente para abastecer os usuários durante o horizonte de projeto.

Com relação ao sistema de bombeamento, o mesmo será projetado apenas para a rede de ampliação, visto que o sistema já existente é capaz de continuar a operação a partir do ponto atual de captação.

Foram utilizados dados de relevo e cotas, necessários para determinação de parâmetros como altura manométrica, altura geométrica e extensão da rede (L_f), foram coletados a partir do portal de Geoprocessamento da AESA, com auxílio do software AutoCad 2017, versão educacional.

Para efeito do dimensionamento do conjunto motor – bomba, neste estudo desconsiderou-se o nível dinâmico do poço de sucção. Este parâmetro consiste no nível de água considerado como sendo o ponto de equilíbrio entre a vazão do poço e a vazão de recalque da bomba, como mostrado na Figura 13.

Figura 13: Nível dinâmico de um poço de sucção



Fonte: Jaborandy, 2008.

O projeto básico (APENDICE) foi elaborado a partir do software Revit 2017, versão educacional.

4.3 Proposta de projeto básico da tomada de água para derivação de vazão de uma corrente natural

Seguindo orientações da European Small Hydropower Association (ESHA, 2004), foi escolhido um trecho com curvas suaves e velocidade moderada. Com relação à localização no corpo hídrico, a tomada de água projetada é do tipo lateral, localizada no lado externo do trecho curvo do curso do Rio Piranhas–Açu.

Para regularização do nível de água no trecho onde ocorre a derivação foi proposto o barramento do curso de água natural por meio de barragem de nível.

O tipo de tomada de água escolhido foi a tomada de água do tipo canal de derivação, a qual deriva a água de seu curso natural por meio de superfície livre para outros circuitos hidráulicos, transportando a água para o poço de sucção.

5 RESULTADOS E DISCURSÃO

5.1 Proposta de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi

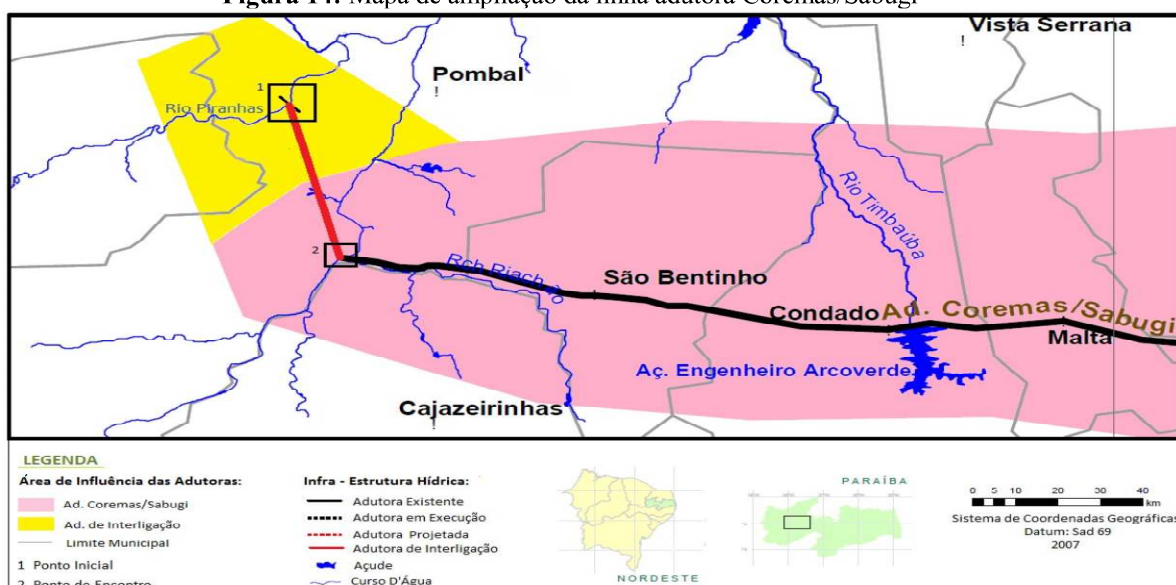
Através dos mapas da AESA e da comissão de infraestrutura hídrica do senado federal, foi possível indicar uma proposta para atender à problemática. Trata-se da ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi. Com início proposto no Sudoeste do município de Pombal – PB, a partir do Rio Piranhas efluente da Bacia Hidrográfica Rio Piranhas-Açu, receptor das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.

O mapa exposto na Figura 14, apresenta a proposta da extensão da linha adutora, com um comprimento de aproximadamente 10 km para a integração da linha adutora Coremas/Sabugi, com o Rio Piranhas-Açu principal receptor das águas do Eixo Norte da Transposição do Rio São Francisco.

O trecho escolhido para fazer a captação de água no leito do Rio Piranhas por meio de barragem de nível, se justifica por se tratar de um trecho com curvas suaves e consequentemente velocidade moderada.

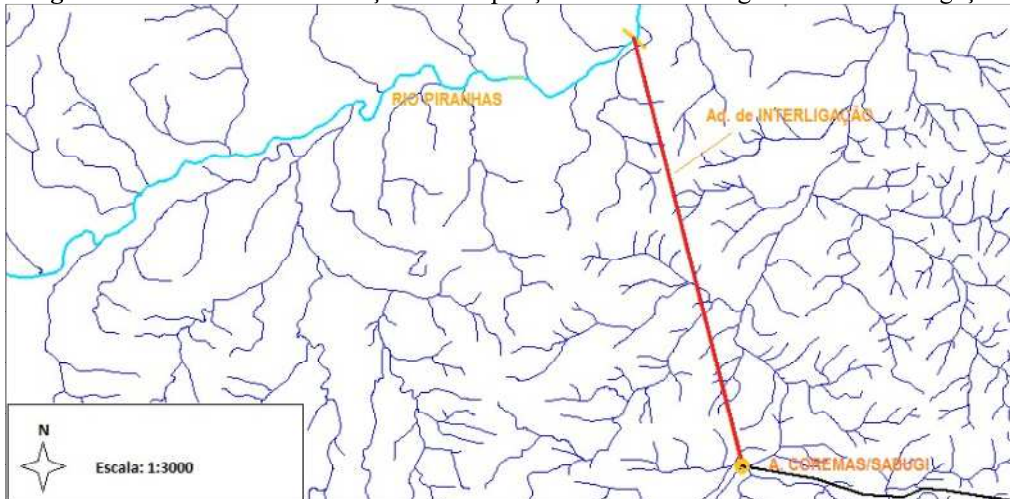
Ressalta-se que a proposta de traçado da adutora não considerou o uso do solo ao longo do seu caminhamento. A Figura 15, apresenta o detalhamento em escala adequada da ampliação da referida linha adutora.

Figura 14: Mapa de ampliação da linha adutora Coremas/Sabugi



Fonte: Elaborado a partir de dados da AESA, 2015.

Figura 15: Detalhamento do traçado da ampliação da adutora de água bruta de interligação



Fonte: Elaborado a partir de dados da AESA, 2015.

5.2 Proposta de projeto básico da adutora de ampliação

5.2.1 Parâmetros técnicos

- Tipo de barramento: barragem de nível;
- Tipo de tomada de água: canal de derivação;
- Vazão captada: 287,22 l/s, 0,287 m³/s, 1.033,2 m³/dia;
- Vazão outorgada: 390,83 l/s, 0,39 m³/s, 1.404 m³/dia;
- Diâmetro de sucção: 500mm.

Para o dimensionamento hidráulico do sistema de ampliação, adotou-se a fórmula continuidade de Darcy - Weisbach.

- Cálculo da velocidade

$$V = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

$$V = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{0,39 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 0,25^2} = 1,99 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Cálculo do número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (2)$$

Sendo,

ρ a densidade do fluido;

μ a viscosidade dinâmica do fluido.

$$Re = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1,99m}{s} \cdot 0,5m}{1,002 \times 10^{-3} N \cdot \frac{s}{m^2}} = 993.013,97 = 9,9 \times 10^5$$

Regime turbulento, usado Swamee e Jain, devido ao número de Reynoulds está entre 5×10^3 a 5×10^6 . Com isso o fator de atrito de Darcy-Weisbach, é dado pela Eq. 3.

- Fator de atrito de Darcy-Weisbach

$$F = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,2} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (3)$$

$$F = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,5mm}{3,2} + \frac{5,74}{(9,9 \times 10^5)^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,02$$

A determinação deste parâmetro, permite determinar a perda de carga, segundo a Eq. 4

- Cálculo da perda de carga

$$\Delta h = \frac{F \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \quad (4)$$

$$\Delta h = \frac{0,02 \cdot 10000m \cdot 1,99m/s^2}{0,5m \cdot 2 \cdot 9,81m/s^2} = 79,93m$$

- Cálculo da altura geométrica

$$Hg = (212 - 188) = 24m$$

- Perda de carga total

$$h = h_g + \Delta h \quad (5)$$

$$h = 24 + 79,93 = 103,93m$$

Com o valor da perda de carga determinado foi possível determinar a potência necessária do conjunto motor bomba, segundo a Eq. 6.

- Cálculo da Potência do conjunto motor-bomba

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot h}{n} \quad (6)$$

$$P = \frac{\frac{9,81m}{s^2} \cdot 0,39m^3/s \cdot 103,93m}{0,75} = 530,17 \text{ kw} = 710,97 \text{ CV}$$

5.3 Projeto básico da tomada de água para derivação de caudal de uma corrente natural para um conduto forçado

O sistema de tomada de água foi projetado conforme mostrado na Figura 16, para regularização do nível de água do rio, foi proposto um barramento do tipo barragem de nível a jusante da estrutura de tomada de água.

O sistema foi projetado para derivação por meio de tomada de canal de derivação, composto inicialmente por um sistema de grades, dimensionado segundo as especificações técnicas ABNT NBR 11213.

De acordo com a referida norma fica estabelecido que o espaçamento das barras verticais é determinado em função da menor passagem de água no equipamento a ser protegido. Assim sendo, como a linha autora Coremas/Sabugi apresenta diâmetros de tubulações de aproximadamente 500 mm, foi projetado um sistema de grades composto por duas sessões conforme projeto em anexo, a primeira composta por um gradeamento grosso com espaçamento entre as barras verticais de 50cm conforme ABNT NBR 11213, seguido da segunda etapa, composta por um gradeamento médio com espaçamento de barras verticais de 25cm.

Posteriormente ao sistema de gradeamento, foi projetado o sistema de comportas de serviços, projetado para possibilitar interrupção do fluxo de água quando o sistema necessitar de manutenção, assim como, possibilitar o funcionamento do sistema perante a operações de limpeza, visto que todo o sistema foi projetado com células separadas.

Para o dimensionamento deste sistema deverá obedecer às especificações técnicas da ABNT NBR 8883/2010.

Finalizando o sistema inicial de derivação por meio de tomada de água do tipo canal de derivação, foram propostos dois canais de desarenadores para garantir a operação do sistema, segundo as especificações técnicas as ABNT NBR 12213/1992.

O dimensionamento foi regido pela equação da continuidade Eq. 7.

$$Q = V.A \quad (7)$$

Parâmetros fixados segundo Haller e Pádua (2010).

- Diâmetro do grão a ser removido, $Dg = 0,20mm$;
- Velocidade de sedimentação equivalente do grão $Vs = 2,4 m/s$;
- Velocidade de decaimento longitudinal do grão $Vl \leq 0,3 m/s$.

Determinação da base (b) e largura útil (Lu) do desarenador, a partir da Eq. 7, utilizando a velocidade de sedimentação.

$$0,39 \frac{m^3}{s} = 0,024 \frac{m}{s} \cdot b \cdot L$$

Sendo,

$$L = 4b \quad (8)$$

$$16,25 m^2 = b \cdot 4b =$$

$$b = 2m$$

Assim de acordo com a Eq.8 é possível determinar a largura do desarenador.

$$L = 8m$$

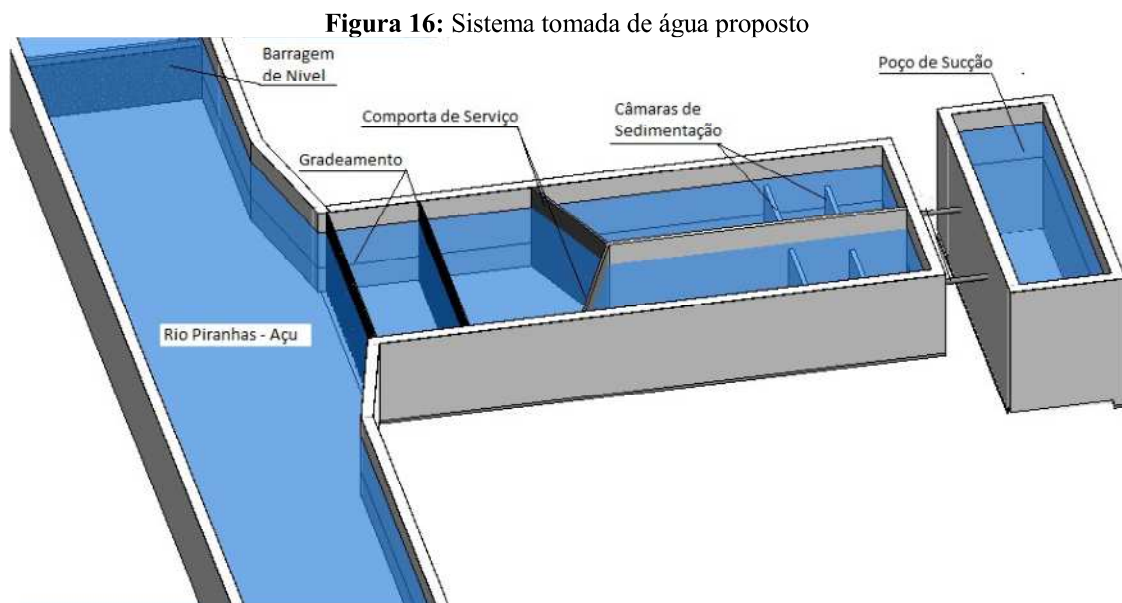
Segundo as especificações técnicas para determinação da largura útil do desarenador é necessário a adição de um fator de segurança conforme Eq. 9.

$$Lu = 1,5.L = 1,5 \cdot 8m = 12m$$

Determinação da altura (h) do desarenador, a partir da Eq. 7, utilizando a velocidade de decaimento longitudinal.

$$0,39 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot b \cdot h$$

$$h = 0,60 \text{m}$$



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2017.

6 CONCLUSÃO

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional apresenta-se em um primeiro momento como uma solução para mitigar a frequente crise hídrica na região semiárida paraibana. O projeto tem potencial de minimizar efeitos da escassez sobre a vida do homem sertanejo, proporcionando o desenvolvimento das atividades de subsistência da população atendida, além de possibilitar o progresso das atividades agrícolas e industriais nos estados atendidos pelo referido projeto. Mas para que haja condições operacionais concretas e possíveis, se faz necessário que haja a integração dos canais do Eixo Norte e o Eixo Leste da Transposição com os interiores dos estados.

A proposta de uma adutora se executada irá contribuir para o melhoramento no abastecimento de aproximadamente 150 mil habitantes, residentes nos municípios paraibanos já abastecidos pela linha adutora Coremas/Sabugi, bem como proporcionar o desenvolvimento socioeconômico da região.

A proposta consistiu no projeto de ampliação da linha adutora para integração com as águas da transposição do Rio São Francisco, por meio do Rio Piranhas-Açu, por fim, o projeto proposto se apresenta como uma alternativa com potencial de mitigar os efeitos da escassez, em parte da região sertão e Borborema paraibano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Geoportal**. Disponível em <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento>> . Acessado em: 20 set. 2015.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Nordeste – Abastecimento urbano de água**. Brasília, DF, 2005.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu**. Brasília, DF, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.211 NB 587– Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**. Rio de Janeiro, RJ, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.213 – Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.214 – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.215 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, RJ, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, RJ, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, RJ, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8883 – Cálculo e Fabricação de Comportas Hidráulica**. Rio de Janeiro, RJ, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 112.13 – Grade de Tomada de Água para Instalações Hidráulica - Cálculo**. Rio de Janeiro, RJ, 2001.
- BRASIL. **Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional**. Ministério da Integração Nacional, Brasília, DF, 2000. 10v.
- CASTRO, C. N. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. **Eficiência no Uso da Água**, 2016. Disponível em: <<http://cebds.org/publicacoes/?filtro=cebds>> . Acessado em 13 de março de 2017.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇU. **4º Reunião Extraordinária**. Pombal, PB, 2015.

CIRILO, A. J. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2008.

ESHA - European Small Hydropower Association. **Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant**, ESHA, 2004

GONÇALVES, J. I. C. **Estudo de uma Tomada de água em modelo reduzido**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2013.

GUERRA, A. J. T & GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

HALLER, L. & PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

INSTITUTO BIOMA. **Construção de Cisternas de Placa em Santa Quitéria**, 2010. Disponível em: <<http://institutobioma.blogspot.com.br/2010/12/instituto-bioma-constroi-cisternas-de.html>> . Acessado em 30 de março de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2010.shtm> . Acessado em 22 de março de 2017.

INSTITUTO AGROPOLO DO CEARÁ. **O Caminho das Águas nas Rotas dos Carros-Pipa**. Fortaleza, CE, 2012.

JABORANDY, S. **Curso de Bombas Hidráulicas**. Brasil, 2008.

MELO, C. R. **Análise do eixo leste da transposição do rio São Francisco face aos cenários de uso previstos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2010. 201 p.

MMA/ANA, Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas. **GEO Brasil – Recursos Hídricos: Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. MMA, ANA. Brasília, DF, 2007.

MONTENEGRO, S. M. G. L et al. **Influência do Modelo Hidrológico na Avaliação da Sustentabilidade dos Recursos Hídricos a Cenário de Mudanças Climáticas em Região Semiárida**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Classes de países em termos da oferta de água**. New York, Relatório técnico, 2000.

PONTES, E. T. M & MACHADO, T. A. **Programa Um Milhão de Cisternas Rurais no Nordeste Brasileiro: Políticas Públicas, Desenvolvimento Sustentável e**

Convivência com o Semiárido . XIX Encontro de Geografia Agrária, São Paulo, SP, 2009.

PNRH – PLANO NACIONAL DE RECURSOS HIDRICOS. **Água um recurso cada vez mais ameaçado**. Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2009.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural**. Estudos Avançados. 2001.

REBOUÇAS, A. C. **Proteção dos Recursos Hídricos**. Revista de Direito Ambiental. A. 8, n 32, out./dez. São Paulo, 2003.

REBOUÇAS, A.C. **Água na Região Nordeste: Desperdício e Escassez**. Estudos Avançados, São Paulo, SP, 1997.

ROCHA, F. A et al. **Reuso de Águas Residuárias na Agricultura: A Experiência Israelense e Brasileira**. Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer, Goiânia, GO, 2011.

SCHEIBE, V. A. C. **O regime constitucional das águas**. Revista de Direito Ambiental. A 7, n 25, jan./mar. São Paulo, SP, 2002.

SENADO FEDERAL – **Comissão de serviços de infraestrutura**. Plano nacional de segurança hídrica. Brasília, DF, 2013.

SENADO FEDERAL. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Comissão de Serviços de Infraestrutura, Brasília, DF, 2013.

SENADO FEDERAL. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Comissão de Serviços de Infraestrutura, Brasília, DF, 2015.

GUARIENTI, L. P. **Projeto Técnico: Sistema de Abastecimento de Água**. Fontoura Xavier, RS, 2010.

SILVA, N. L. A et al. **Impactos Socioeconômicos do Projeto Cisternas II em Comunidades do Município de Ibipêba, Bahia**. Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer, Goiânia, GO, 2013.

SOARES, EDMILSO. **Seca no Nordeste e a Transposição do Rio São Francisco**. Geografia, Vol. 9, nº 2, Belo Horizonte, MG, 2013.

SUDENE. **Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste**, Recife, PE, 1980.

TUCCI, C. E. M. BRAGA, B. **Clima e recursos hídricos no Brasil**. ABRH. Porto Alegre, RS, 2003.

USGS – SCIENCE FOR A CHANGING WORLD. **O ciclo da água**. Reston, Virgínia, EUA, 2016.

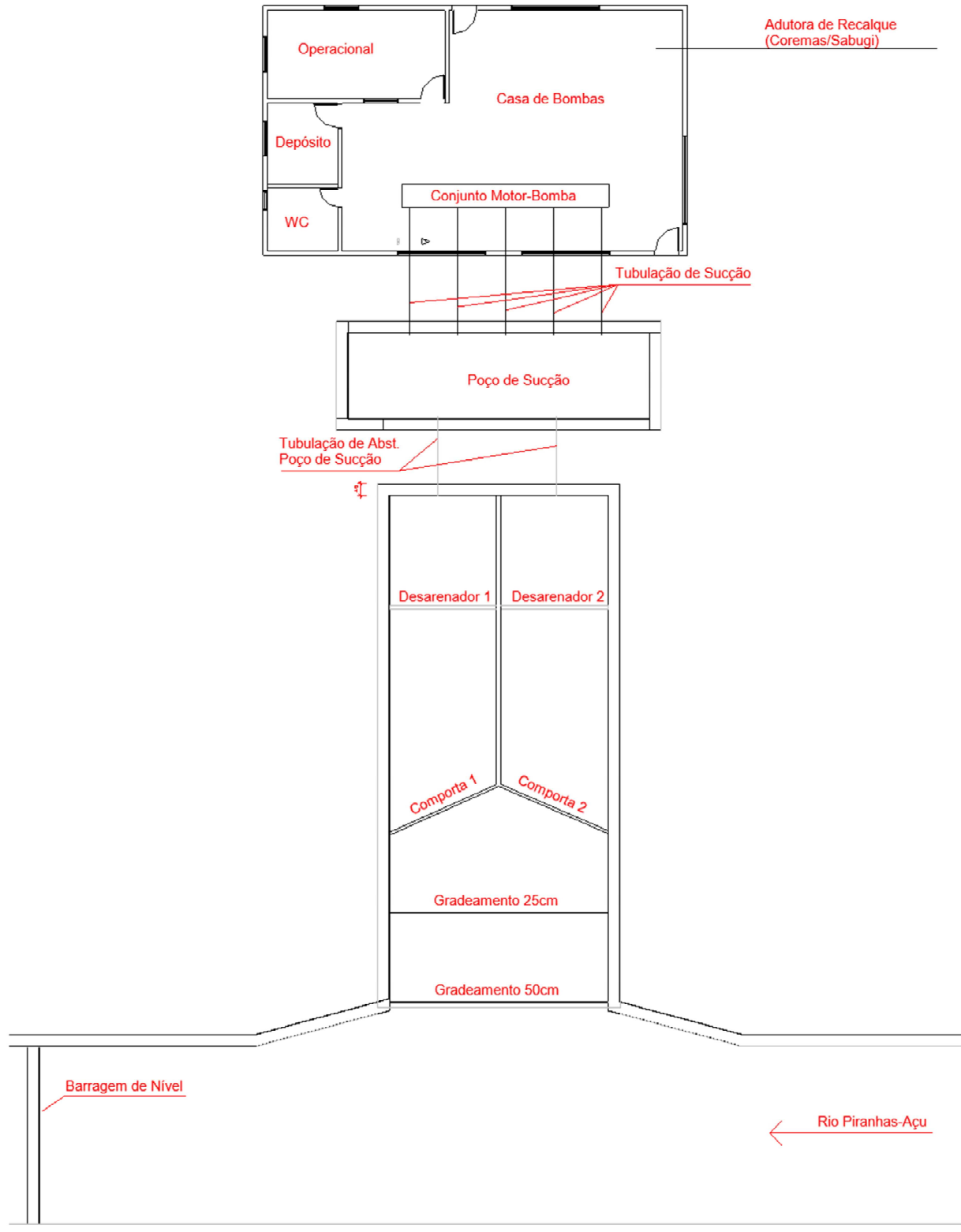
US EPA – AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Ciências e Tecnologias**, 2010. Disponível em: <<http://espanol.epa.gov/espanol/ciencia-y-tecnologia>> . Acessado em 13 de março de 2017.

VENANCIO, D. F. V et al. **A Crise Hídrica e Sua Contextualização Mundial**, Goiania, GO, 2015.

XAVIER, T. B. S. **Estudos Climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza, CE,. 2001.

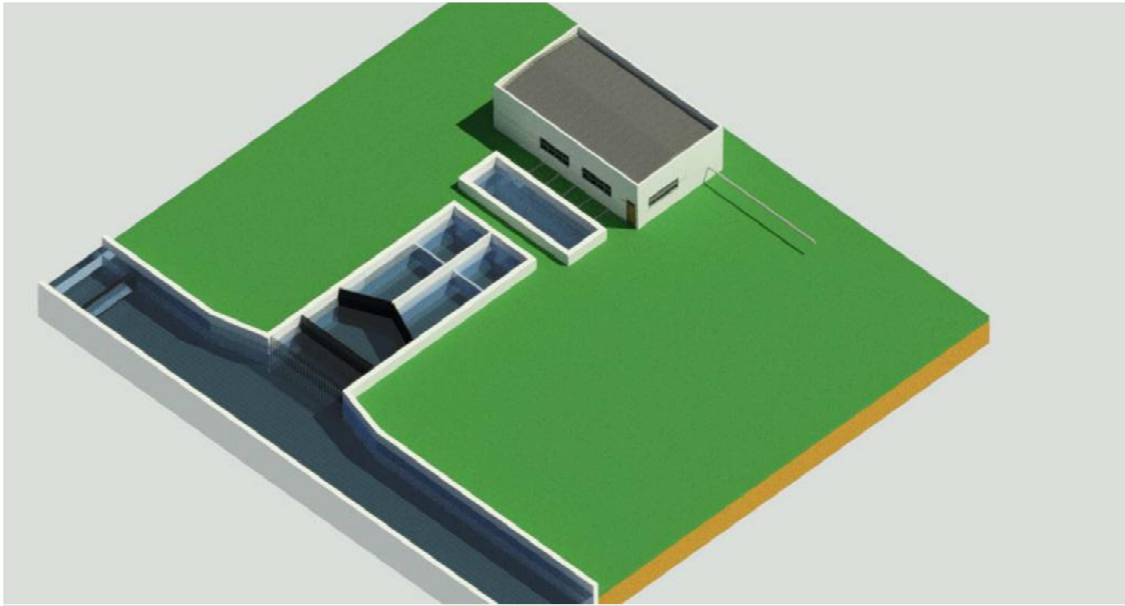
YOKOYAMA. L et al, **A Crise Hídrica e a Disponibilidade de Água Para as Necessidades Humanas**. RQI, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

APÊNDICE

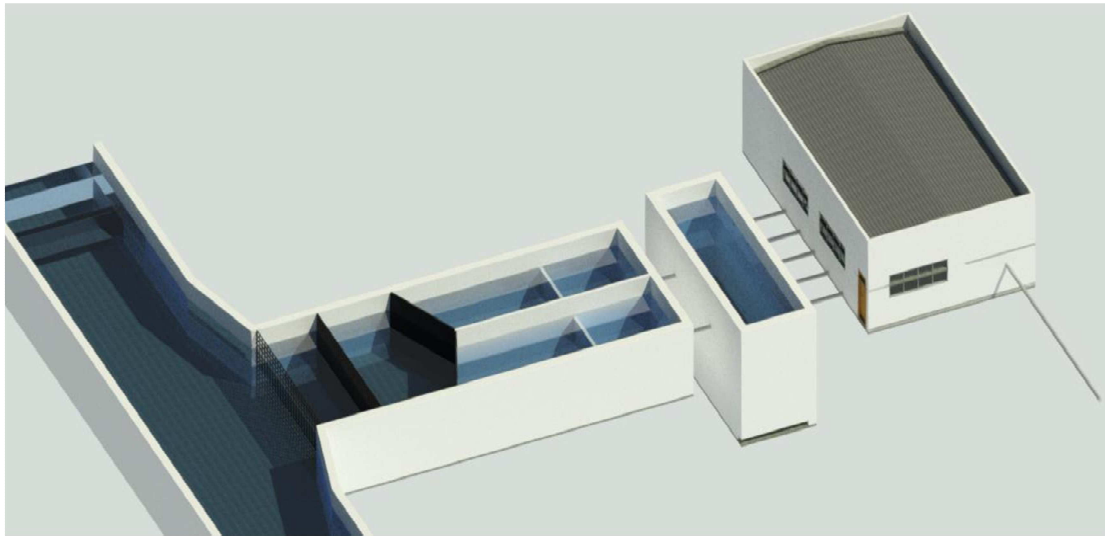


PLANTA BAIXA
Escala: Não Definida

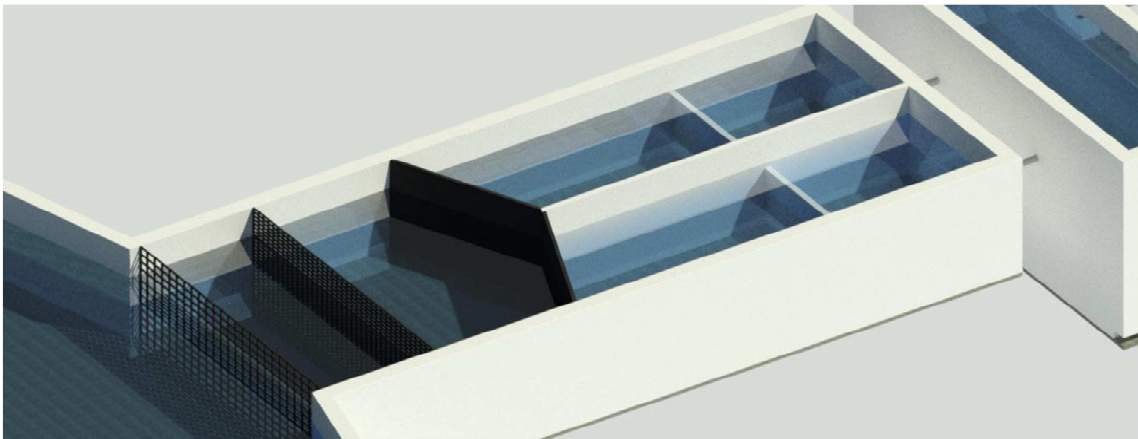
Fotografia do sistema proposto de tomada de água por canal de derivação



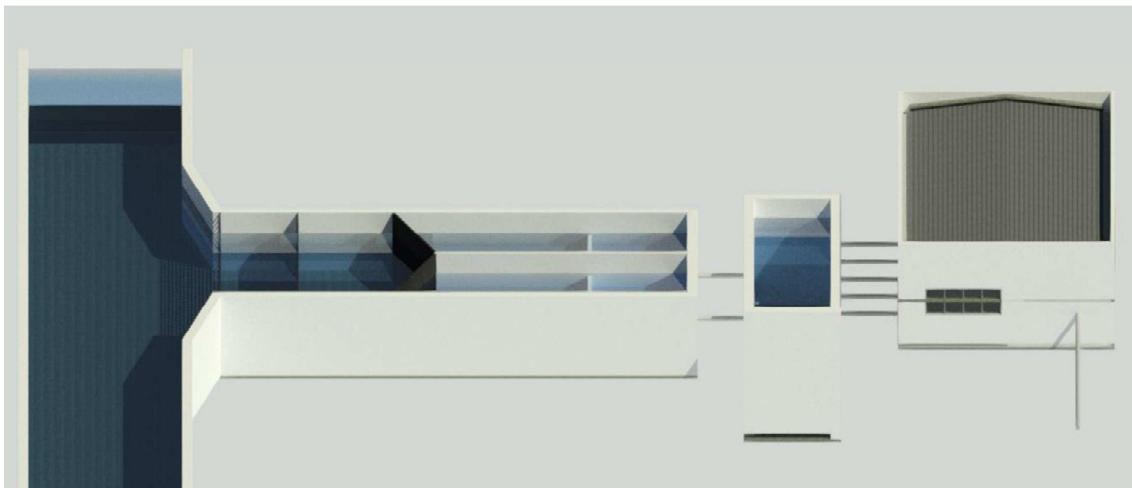
Fotografia do sistema proposto de tomada de água por canal de derivação



Ampliação do sistema de gradeamento, comportas e desarenadores



Fachada Leste



Fachada Oeste

