



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Salah Ahmad Salah Alassar

PRINCÍPIOS DA GESTÃO DE ATIVOS APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA
ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS – RJ

Rio de Janeiro
2017



UFRJ

Salah Ahmad Salah Alassar

PRINCÍPIOS DA GESTÃO DE ATIVOS APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA
ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS – RJ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador(es): Isaac Volschan Junior

Rio de Janeiro

2017

Alassar, Salah Ahmad Salah.

Princípios Da Gestão de Ativos Aplicada Ao Sistema De Abastecimento De Água. Estudo De Caso Do Município De Duque De Caxias – RJ/ Salah Ahmad Salah Alassar – 2017. 116. : il. 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2017.

Orientador: Isaac Volschan Junior.

1. Abastecimento de Água. 2. Gestão de Ativos. 3. Indicadores. 4. Duque de Caxias. I. Volschan Jr, Isaac. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Mestrado.



UFRJ

PRINCÍPIOS DA GESTÃO DE ATIVOS APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA
ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS – RJ

Salah Ahmad Salah Alassar

Orientador(es): Isaac Volschan Junior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Isaac Volschan Junior, D. Sc., DRHIMA - EP/UFRJ.

Prof.^a Iene Christie Figueiredo, D. Sc., DRHIMA - EP/UFRJ.

Prof.^a Monica Pena, D. Sc., DRHIMA - PEA/UFRJ.

Prof.^a Monica Pertel, D. Sc., DRHIMA - PEA/UFRJ.

Rio de Janeiro

2017

À minha família e principalmente minha esposa e filho, pelo apoio, incentivo e amor incondicionais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, Senhor do universo, sem o qual nada posso, por todas as dádivas e a concretização deste trabalho;

Aos meus Pais que me apoiaram e me incentivaram durante todos esses anos. Principalmente à minha mãe, por todo o carinho e pelas cobranças constantes;

A todos os professores que contribuíram de alguma forma para a minha formação, em especial ao Professor Isaac Volschan Júnior por orientar esta tese e a Professora Iene Christie Figueiredo pelo suporte e apoio na finalização deste estudo;

Ao corpo técnico e colegas da CEDAE pela gentileza e espírito de colaboração à realização da tese;

À minha amada esposa pela paciência, apoio e incentivo;

À minha família que proporcionou uma atmosfera profícua à realização dos estudos;

Aos inúmeros amigos que me ajudaram de diversas maneiras, seja me ensinando, seja aprendendo comigo, abrindo discussões e incentivando raciocínio;

A todos que de alguma forma ajudaram e incentivaram essa tese, muito obrigado.

“Ouvi o Mensageiro de Allah (a paz e as bênçãos de Allah estejam com ele) dizer: “A primazia do sábio sobre o servo é como a primazia da lua cheia na noite sobre todos os outros planetas, e os estudiosos são herdeiros dos profetas. Os Profetas não legam Dinar ou Dirham, mas legam o conhecimento.””

Abu AL-Darda (que Allah esteja satisfeito com ele)

RESUMO

ALASSAR, Salah Ahmad Salah. **Princípios Da Gestão De Ativos Aplicada Ao Sistema De Abastecimento De Água Estudo De Caso Do Município De Duque De Caxias – RJ**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Realizou-se um estudo com o objetivo de aperfeiçoar o Sistema de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias – RJ, através da aplicação do conceito de Gestão de Ativos, visando à elaboração de um plano de ações no que diz respeito à ampliação, renovação e manutenção dos componentes estruturais do sistema de abastecimento de água. Procurou-se investigar a situação atual de abastecimento a partir de dados fornecidos pelos diversos órgãos públicos e verificou-se a problemática da intermitência ou ausência de abastecimento em grande parte do território do Município. Identificaram-se alternativas de soluções para a infraestrutura e unidades do sistema de abastecimento através da confecção de um Plano de Gestão de Ativos e proposta a utilização de indicadores integrados de desempenho que envolva a capacitação do corpo técnico e a conscientização da população quanto à importância da água.

Palavras-chave: Abastecimento de Água, Gestão de Ativos, Indicadores, Duque de Caxias.

ABSTRACT

ALASSAR, Salah Ahmad Salah. **Principles of Asset Management Applied to the Water Supply System. Case Study Of The Municipality Of Duque De Caxias - RJ.** Rio de Janeiro, 2017. Dissertation (Master degree) - Environmental Engineering Program, Polytechnic School and School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017..

A study was carried out with the objective of improving the Water Supply System of the Municipality of Duque de Caxias - RJ, through the application of the concept of asset management, aiming the elaboration of a plan of actions with regard to the expansion, renovation and maintenance of the structural components of the water supply system. It was sought to investigate the current supply situation based on data provided by the various public agencies and the problem of intermittent or lack of supply in a large part of the municipality was verified. Alternatives of solutions for the infrastructure and units of the supply system were identified through the preparation of an Asset Management Plan and proposed the use of integrated indicators of performance that involve the training of the technical staff and the awareness of the population as to the importance of Water.

Keyword: Water Supply, Asset Management, Indicators, Duque de Caxias.

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	JUSTIFICATIVA	4
3.	OBJETIVO.....	5
3.1.	GERAL	5
3.2.	ESPECÍFICOS	5
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1.	GESTÃO DE ATIVOS	6
4.1.1.	Plano de Gestão de Ativos (PGA)	10
4.1.2.	A Gestão de Ativos Aplicada ao Sistema de Abastecimento Público de Água.....	11
4.1.2.1.	Classificação dos ativos.....	12
4.1.3.	Sistema de Abastecimento.....	13
4.1.3.1.	Componentes do Sistema de abastecimento e sua vida útil.....	14
4.1.3.2.	Normas	16
4.1.4.	Caso da Portland Water Bureau (PWB).....	17
4.2.	PANORAMA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	21
4.2.1.	Indicadores de Desempenho	21
4.2.2.	SNIS - Serviço Nacional de Informação sobre Saneamento.....	23
4.2.3.	Indicadores da Gestão de Ativos.....	24
4.3.	MODELAGEM HIDRÁULICA (EPANET)	26
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
5.1.1.	Demografia.....	29
5.1.2.	Coleta e Levantamento de Informações	30
5.1.3.	O Sistema de Abastecimento de Água de Duque de Caxias	31
5.1.3.1.	Sistema Rio Guandu.....	31
5.1.3.2.	Booster da Baixada	34
5.1.3.3.	Os sistemas Acari e Taquara	34
5.1.3.4.	Adução aos reservatórios	35
5.1.3.5.	Reservatórios de Duque de Caxias	36
5.1.3.6.	Rede de Distribuição.....	39
5.2.	INDICADORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DUQUE DE CAXIAS.....	53
5.2.1.	Cobertura do Sistema.....	53
5.2.2.	Situação quanto a Macromedição, Micromedição	54
5.2.3.	Situação Quanto ao Índice de Perdas	55
5.3.	GESTÃO DE ATIVOS	56
5.3.1.	Estudo Populacional.....	57
5.3.2.	Projeção Populacional.....	57
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
6.1.	Diagnostio do Sistema de abastecimento de água do Município de Duque de Caxias	58
6.1.1.	Adução.....	58
6.1.2.	Boosters	58
6.1.3.	Reservatórios.....	58
6.1.4.	Rede de distribuição.....	59
6.1.5.	Análise Resumida das Condições Operacionais	61
6.2.	Plano de Gestão de Ativos do Sistema de Abastecimnto de Água do Município de Duque de Caxias.....	62
6.2.1.	Falhas no Desempenho no Sistema	62
6.2.1.1.	Adução	62

6.2.1.2.	Boosters.....	63
6.2.1.3.	Reservatórios.....	63
6.2.1.4.	Rede de distribuição.....	63
6.2.2.	Vida Útil Restante dos Ativos.....	63
6.2.2.1.	Adução.....	64
6.2.2.2.	Boosters.....	64
6.2.2.3.	Reservatórios.....	64
6.2.2.4.	Rede de distribuição.....	65
6.2.3.	Projeção Populacional.....	65
6.2.4.	Estratégias de Investimentos.....	68
6.2.4.1.	Medidas não estruturais.....	68
6.2.4.2.	Mediadas para PGA de Duque de Caxias.....	68
6.2.4.3.	Adução.....	70
6.2.5.	Ações Para Emergências.....	72
6.2.6.	Estimativa de Custos de Implantação de Novas Unidades e Rede.....	73
6.2.6.1.	Rede Adutora e de Distribuição.....	73
6.2.6.2.	Boosters.....	74
6.2.6.3.	Reservatórios.....	74
6.2.6.4.	Medidores.....	75
6.2.6.5.	Ligação predial.....	75
6.2.7.	Plano de Ação.....	76
6.2.8.	Análise Resumida do Plano de Gestão de Ativos do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias.....	76
6.3.	Análise qualitativa dos indicadores de interesse da base do SNIS.....	77
7.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	81
7.1.	Conclusão.....	81
7.2.	Recomendações.....	82
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
9.	APÊNDICE I.....	88
9.1.	Resultado das modelagens.....	88
9.1.1.	Setor Parque Fluminense.....	88
9.1.2.	Setor Centenário.....	93
9.1.3.	Setor 25 de Agosto.....	98

1. INTRODUÇÃO

A água como um recurso natural, apesar de renovável é finito considerando a taxa de seu uso nas diversas atividades antrópicas aliada ao desperdício e à poluição de mananciais e nascentes, que vem aumentando ao ponto que chegará a superar a taxa de renovação da água, gerando grandes preocupações com o futuro hídrico do planeta e com o manejo sustentável da água para o atendimento à demanda em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos. Isto constitui um dos maiores desafios do homem na atualidade, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade das águas oriundas, principalmente, da sua utilização indiscriminada.

Mesmo no Brasil, país considerado privilegiado por possuir 11% da água doce superficial no mundo, muitas das suas cidades sofrem pela falta de água e distribuição desigual. Além disso, o país possui mais um agravante, as ineficiências das concessionárias de água são intoleráveis e os níveis de desperdícios são por vezes incalculáveis. Segundo o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS, 2017), divulgado anualmente pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, vinculada ao ministério das Cidades, o país tratou em 2015, 42,7% do esgoto gerado, isso contribui infinitamente com a contaminação dos rios próximos as cidades.

As principais razões para as falhas encontradas no sistema de abastecimento hídrico urbano no Brasil são: a falta de planejamento na implantação e na expansão das redes e dos sistemas de controle de abastecimento de água, fato que, infelizmente, é recorrente e independe do porte destes sistemas, sejam eles aplicados a pequenos, médios ou grandes Municípios.

Os sistemas de distribuição de água são projetados e operados de maneira a atingir objetivos técnicos, ligados ao desempenho do sistema, tais como a garantia de pressões máxima e mínima, a garantia de água em quantidade suficiente para a proteção contra incêndio entre outros; e objetivos econômicos como redução dos custos associados aos componentes do sistema e aos custos operacionais.

No que diz respeito aos custos operacionais, um dos maiores é proveniente do bombeamento da água para distribuição, portanto um estudo visando o controle e a gestão da pressão na rede é a medida mais eficaz para redução de perdas no sistema de abastecimento, garantindo, contudo, que os limites mínimos regulamentados sejam respeitados.

Deve-se considerar ainda o envelhecimento das infraestruturas e equipamentos de abastecimento, que é um processo natural e inevitável. A aproximação do fim da vida útil dos componentes do sistema de abastecimento traz consigo o aumento do volume de perdas físicas de água com a ocorrência mais frequentes de rupturas e de interrupções do abastecimento para manutenção.

Apesar dos Dados do SNIS (BRASIL, 2015), indicarem que a quantidade de água distribuída aos brasileiros vem crescendo e que em termos de população total atendida, constata-se o aumento de 3,3 milhões de habitantes com novas ligações, correspondendo ao acréscimo de 2,0% na população atendida entre 2014 a 2015; o índice de perdas dos recursos hídricos tratados e distribuídos supera o impressionante número de 40%.

Em relação às perdas físicas do Sistema de Abastecimento, o índice de perdas apresentado pelo SNIS reflete não somente a falta de planejamento e o descaso das concessionárias com o recurso natural, mas também o mal estado de conservação das infraestruturas do sistema de abastecimento de água e conseqüentemente a necessidade de sua manutenção ou substituição. No entanto, a falta de uma metodologia adequada para a tomada de decisão quanto às boas práticas de investimento em infraestrutura (ampliação, manutenção e renovação), os componentes do sistema de água acabam não recebendo manutenção, dando preferência à implantação de novas unidades, o que é mais custoso e muitas vezes não elimina os problemas da infraestrutura existente.

A American Water Works Association (AWWA) faz um trabalho de acompanhamento dos problemas e tendências no setor de água desde 2004 através do estudo “O Estado da Indústria da Água” (The State of the Water Industry -SOTWI) publicado no relatório anual “O Estado da Indústria da Água-2015” (2015 AWWA State of the Water Industry Report). O estudo destacou os seguintes problemas principais:

1. O envelhecimento da infraestrutura de água, ou seja, a sua não renovação ou substituição;
2. A falta de financiamento em melhorias tecnológicas;
3. A redução da disponibilidade hídrica dos mananciais para o abastecimento de água a longo prazo;
4. A falta de compreensão pública do valor dos Sistemas de Abastecimento de Água;
5. A falta de compreensão pública do valor dos recursos hídricos;

6. A incapacidade de recuperação de custos, ou seja, uma tarifa de água não reflete com precisão o seu custo verdadeiro.

O estudo mostrou que as empresas públicas de abastecimento apresentam uma lacuna entre as necessidades financeiras dos sistemas de água e os meios para pagar os serviços de abastecimento. Portanto, a arrecadação não é o suficiente para cobrir os custos totais de prestação desses serviços, incluindo a renovação e manutenção da infraestrutura e necessidades de expansão. No que diz respeito à renovação ou substituição da infraestrutura, a questão mais importante destacada foi o não estabelecimento de uma política financeira para o reinvestimento de capital.

Como resultado, o relatório SOTWI de 2015 mostrou que a os sistemas de água estão lidando com dificuldades no gerenciamento de recursos, no desenvolvimento e proteção de recursos hídricos e na comunicação efetiva das partes interessadas. Evidenciou-se, assim a necessidade de uma gestão que forneça orientações específicas sobre onde os investimentos são mais necessários; sobre medias de desenvolver soluções sólidas e sustentáveis para os problemas identificados; e ações de integração e envolvimento proativo da comunidade nos processos.

Nesse sentido, a metodologia de Gestão de Ativos ganhou destaque como mecanismo para planejar as práticas de negócios de gerenciamento nas empresas de serviços públicos de abastecimento, abordando com êxito as preocupações citadas no Relatório da AWWA, bem como descobrir formas econômicas de abordar renovações e substituições de ativos, gerenciar melhor os recursos (físicos, financeiros, e humano), e melhorar a compreensão pública do valor de seu sistema de água.

Visando uma gestão adequada dos recursos financeiros para a renovação e manutenção dos componentes estruturais do sistema de abastecimento de água e em atendimento a Lei 11445, criada em 2007, que apresenta os princípios para o saneamento básico nacionalmente, considera saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de acordo com o art. 3º, inciso I, este trabalho trata da aplicação do conceito de Gestão de Ativos ao Sistema de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias-RJ, com o objetivo de melhoria na prestação de serviços e no desempenho sistema de abastecimento de água. Deste modo, a elaboração de um Plano de Gestão de Ativos contemplando medidas de controle, manutenção, fiscalização e renovação, apresenta-se como uma ferramenta de tomada de decisão, possibilitando a quantificação do desempenho das infraestruturas e unidades, através da caracterização dos riscos e falhas.

2. JUSTIFICATIVA

O saneamento é definido pela Lei 11.445/07 que garante o acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, desde que seja financeiramente acessível aceitável e de qualidade para todos, sem qualquer tipo de discriminação.

O Plano Nacional de Saneamento (PLANSAB), aprovado em 2013, apontou o quanto o Brasil estaria longe de atender esse direito, com déficits significativos em todos os setores do saneamento básico. Este documento mostra que 59,4% da população brasileira têm acesso a condições adequadas de abastecimento de água potável. Contudo 33,9% da população do país ainda dispõem de atendimento precário e 6,8% não dispõem de nenhum serviço prestado.

Este trabalho assume como hipótese que os problemas relacionados ao acesso à água estariam diretamente ligados ao modelo de gestão da infraestrutura e unidades do sistema de abastecimento e dos serviços de abastecimento de água, além das deficiências no planejamento e nas escolhas técnicas, bem como na forma de operação dos sistemas existentes.

Em outras palavras, este estudo visa demonstrar que a Gestão de Ativos é uma ferramenta viável à deficiente campanha de investimentos em manutenção e renovação dos componentes do sistema de abastecimento de água, através da elaboração embasada de uma lista de ações em ordem de prioridades e através do direcionamento dos investimentos em ampliações.

3. OBJETIVO

3.1. GERAL

O objetivo deste estudo é a aplicação do conceito de Gestão de Ativos ao Sistema de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias, visando à melhoria na prestação de serviços e no desempenho.

3.2. ESPECÍFICOS

- Diagnosticar o Sistema de abastecimento de água do Município de Duque de Caxias, com foco na simulação hidráulica da Rede Tronco e Reservatórios, servindo como base para a aplicação da Gestão de Ativos.
- Desenvolver o plano de Gestão de Ativos do Sistema de abastecimento de água do Município de Duque de Caxias.
- Analisar qualitativamente os indicadores de interesse da base do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) sob a ótica de indicadores gerais que requeira a metodologia de aplicação do conceito de Gestão de Ativos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. GESTÃO DE ATIVOS

De acordo com ALEGRE (2010) a Gestão de Ativos é entendida como a gestão estratégica e sustentável da infraestrutura existente, sendo desenvolvida de forma integrada, incluindo as diferentes atividades de exploração, bem como as de reabilitação e de expansão. De modo a assegurar o cumprimento dos níveis de serviço, através da adoção de uma estratégia de investimentos e de custos operacionais adequados, visando assegurar um equilíbrio entre **desempenho**, **risco** e **custo** numa perspectiva de longo prazo.

A Gestão de Ativos, ainda de acordo com ALEGRE (2010) permite:

- Oferecer uma melhor prestação de serviços ao utilizador;
- Preparar e gerir programas de investimento (melhoria da rentabilização do capital - CIP);
- Controlar custos da gestão e operação de infraestruturas;
- Publicitar e e justificar a aprovação de programas de investimento;
- Orientar os procedimentos de operação e manutenção;
- Assegurar o cumprimento de regulamentos e;
- operar com mais eficiência

A AWWA define o planeamento do gerenciamento de ativos como:

Um **conjunto integrado de processos para minimizar os custos do ciclo de vida dos ativos da infraestrutura**, com um nível aceitável de risco, ao mesmo tempo em que fornece níveis de serviço estabelecidos.

O planeamento do gerenciamento de ativos incorpora processos de finanças, engenharia e gestão para analisar o desempenho dos ativos. O desempenho e os benefícios dos ativos são avaliados pelos seus efeitos econômicos, sociais e ambientais. O objetivo de analisar recursos através dessas lentes é obter uma imagem das formas mais econômicas para manter, reparar ou substituir ativos em um nível específico de serviço.

BURNS (1999) fornece uma definição abrangente para a Gestão de Ativos: "A Gestão de Ativos de um sistema é definida pela **funcionalidade de um Ativo**, em que não são substituídos como um todo, mas sim renovados em segmentos, pela substituição de componentes individuais, mantendo a função do sistema como um todo. Têm vidas indefinidas. No entanto, as vidas econômicas podem ser atribuídas a componentes individuais de um sistema de infraestrutura".

Nessa definição é considerado que os ativos são "sistemas", não um conjunto de ativos independentes, que têm vidas indefinidas e que o seu objetivo muda ao longo do tempo, sendo direcionado pela evolução das necessidades de serviços e da tecnologia disponível. Portanto a reabilitação de uma infraestrutura deve ser vista do ponto de vista funcional. Tendo como objetivo da reabilitação, não a recuperação das características iniciais, mas sim fornecer as características necessárias para que a infraestrutura esteja de acordo com as necessidades e expectativas reais e futuras.

Brown & Humphrey (2005) propõem a seguinte definição: "A Gestão de Ativos é a arte de **equilibrar o desempenho com o custo e com o risco**. Conseguir esse equilíbrio requer apoio de três pilares de competência: gerenciamento, engenharia e informação". Esta definição demonstra que a Gestão de Ativos não pode ser vista como uma ciência exata e que depende muito do bom senso. Além disso, destaca a necessidade de equilíbrio em toda a abordagem da gestão para maximizar o desempenho da infraestrutura e minimizar os riscos associados e custos. Também é destacada a importância da engenharia para as infraestruturas de abastecimento de água, da gestão da informação e dos vários aspectos da gestão da organização: financeira, econômica, comunicacional, institucional, etc. Portanto a Gestão de Ativos requer uma colaboração multidisciplinar efetiva.

A IIMM (2006) define que "A Gestão de Ativos é **a combinação de práticas de gestão, economia, engenharia e outras aplicadas a ativos físicos** com o objetivo de fornecer o nível de serviço exigido da maneira mais econômica". E define ainda um "Gerenciamento de ativos avançados como gerenciamento de ativos que emprega modelagem preditiva, **gerenciamento de riscos e técnicas de tomada de decisão otimizadas** para estabelecer opções de tratamento de ciclo de vida de ativos e previsões relacionadas de fluxo de caixa em longo prazo". Esta definição dá atenção para a necessidade de adotar uma estrutura de planejamento de várias camadas no processo de gerenciamento de ativos, que inclui o planejamento a nível estratégico e operacional.

O documento PAS 55, uma especificação disponível publicamente, que foi emitida em 2004 pela British Standards Institution (BSI), apresentando um padrão de Gestão de Ativos, na qual define o gerenciamento de ativos como "**atividades e práticas sistemáticas e coordenadas** através das quais uma organização gerencia e aperfeiçoa seus ativos associados ao desempenho, riscos e despesas ao longo do seu ciclo de vida com a finalidade de alcançar o plano estratégico organizacional".

Pode-se, assim, destacar como vantagens da aplicação da Gestão de Ativos:

- Otimização do desempenho financeiro, através de uma melhoria do retorno do investimento e uma diminuição dos custos, ao mesmo tempo que o valor do ativo é preservado sem sacrificar os objetivos de curto ou longo prazo da organização;
- Metodologia e critérios claros e documentados para a tomada de decisões e suas prioridades;
- Melhoria dos produtos e serviços disponibilizados pela organização como resultado de um bom desempenho dos ativos;
- Demonstração transparente de cumprimento com requisitos legais, normativos e outros subscritos pela organização;
- Melhoria de reputação através do aumento da satisfação do cliente, consciência e confiança das partes interessadas;
- Melhoria da sustentabilidade organizacional através de uma gestão eficaz dos custos e desempenho de curto e longo prazo;
- Melhoria da eficácia e eficiência organizacionais através da análise, revisão e melhoria dos processos.

O *International Organization for Standardization* (ISO), fez um projeto para transformar a especificação PAS 55 em Norma, a ISO 55000, para servir de Modelo de Referência da Gestão de Ativos nas Organizações:

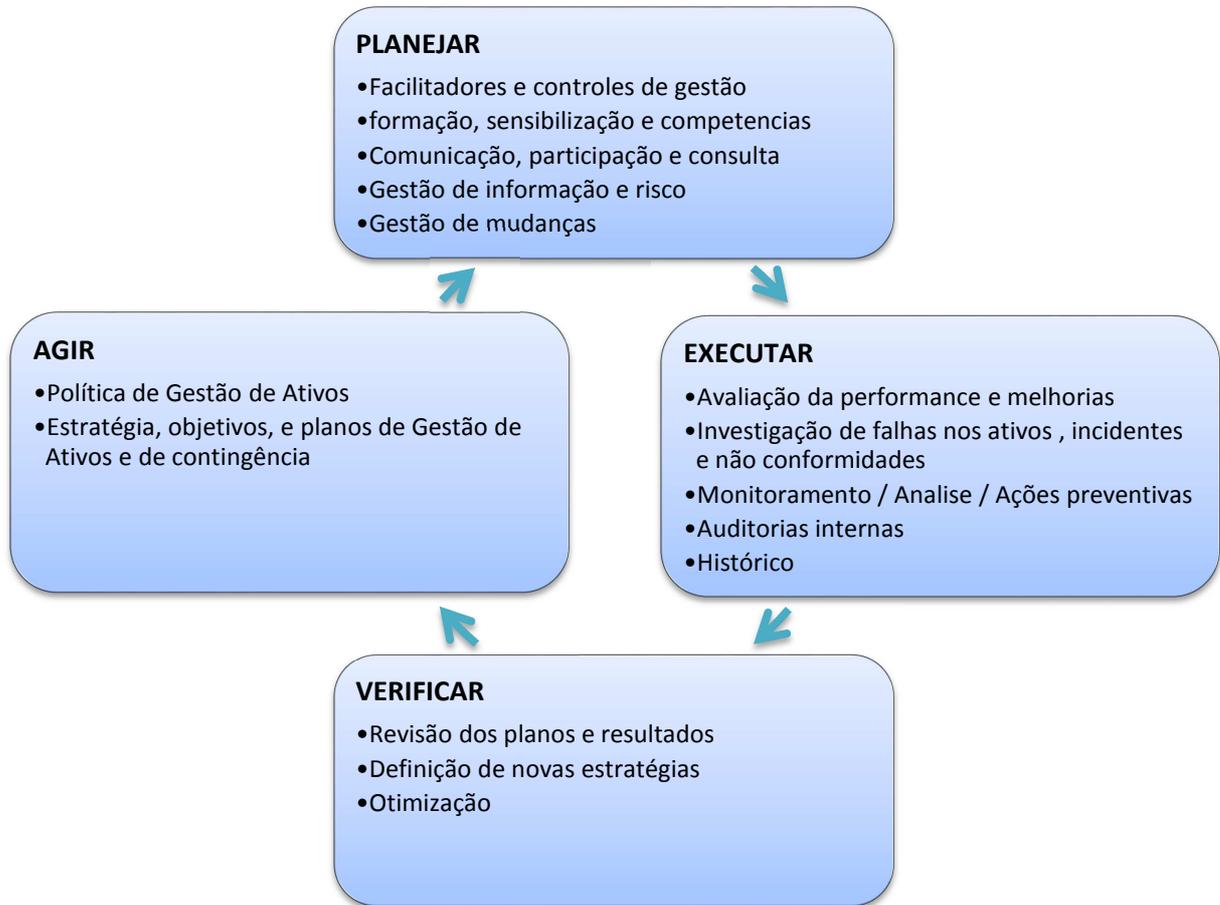
Este referencial tem o objetivo de ajudar as organizações a melhorarem a gestão dos seus ativos, integrando o foco no ciclo de vida do ativo e na geração de valor.

A família de normas ISO 55000 é constituída por:

- ISO 55000 *“Asset management. Overview, principles and terminology”* (Gestão de Ativos. Visão geral, princípios e terminologia);
- ISO 55001 *“Asset Management. Management Systems. Requirements”* (Gestão de Ativos. Sistemas de gestão. Requisitos);
- ISO 55002 *“Asset management. Management systems. Guidelines for the application of ISO 55001”*(Gestão de Ativos. Sistemas de gestão. Diretrizes para a aplicação da ISO 55001).

A Figura 1 resume a o ciclo da Gestão de Ativos segundo a ISO 55000.

Figura 1. Ciclo da Gestão de Ativos segundo a ISO 55000



Para uma análise dos conceitos básicos da ISO 55.000 faz-se necessário algumas definições:

- **Ativo físico:** é algo que tem valor real ou potencial para uma organização. Exemplos: plantas, instalações, equipamentos, estoques, ferramentas, materiais, edifícios, veículos, etc.
- **Ativos críticos:** considerando que o ativo é o que gera valor para a organização, o ativo crítico é aquele que gera maior valor dentro do escopo estabelecido. Nessa sequência, pode-se dizer que a característica de um ativo ser ou não crítico é diretamente proporcional a função que exerce no negócio da empresa. Portanto, podemos ter ativos que em determinadas empresas são considerados críticos e em outras não.
- **Vida do ativo:** é o período compreendido desde sua criação até o final de sua vida. E deve ser considerados três aspectos: (1) Vida útil (utilidade) esta é a noção óbvia de vida do equipamento, em que ele atinge um estado de

desgaste tal que esteja além de qualquer reparo razoável; (2) Vida tecnológica (obsolescência) um sistema pode tornar-se caro ou impraticável para manter, ou não ter capacidade de atender à demanda atual, mesmo que ainda seja teoricamente reparável ou operável em geral; e (3) Vida econômica (custo de operação) Um sistema pode ainda ser funcional, mas tornar-se muito caro para continuar em uso. Por exemplo: ter elevado custo de manutenção ou de reparo.

- **Ciclo de vida:** é definido como o intervalo de tempo que se inicia com a identificação da necessidade de um ativo e termina com a desativação do ativo ou quaisquer responsabilidades posteriores. Sendo que, a designação, a quantidade de etapas e sua duração, podem variar de organização para organização.
- **Depreciação:** é a mensuração da perda de valor econômico de um determinado bem provocado pelo desgaste físico ocorrido com seu uso, ação do tempo ou obsolescência. A depreciação real ou absoluta corresponde à diferença entre o valor de aquisição de um bem menos o valor pelo qual este mesmo bem poderá ser vendido após seu uso. O cálculo das depreciações pode ser feitos por diferentes métodos, todos produzindo resultados diferentes. Entretanto, a prática profissional, adota, de forma quase unânime, o método linear utilizando-se de taxas percentuais ao ano para cada categoria de bem. Essa prática decorre de acordo com a permissibilidade de dedução do valor da depreciação do lucro contábil para fins fiscais.

4.1.1. Plano de Gestão de Ativos (PGA)

O PGA deve apresentar de forma documentada, a relação entre os objetivos organizacionais e os objetivos da Gestão de Ativos, definindo o que é necessário para alcançar tais objetivos.

Deve-se manter um bom sistema de comunicação entre as partes interessadas para que haja um alinhamento das informações para garantir que todos os níveis entendam por que são implementadas as atividades dos ativos e da Gestão de Ativos.

O PGA deve ser um desdobramento plano estratégico da empresa para cada ativo ou cada conjunto de ativos dentro do portfólio do sistema de Gestão de Ativos, no qual é incluída a análise do impacto das ações em cada fase do ciclo de vida e as necessidades perante as próximas etapas do ciclo de vida.

Ainda, deve-se prever um plano especial para emergências ou contingências para os ativos críticos, de forma a prever soluções para casos catastróficos ou de grande impacto, com o fornecimento de respostas planejadas para as possíveis falhas dos ativos críticos resultantes de eventos independentes ou coincidentes, com a previsão de substituição rápida do ativo por outro reserva ou como contornar o problema de modo imediato.

4.1.2. A Gestão de Ativos Aplicada ao Sistema de Abastecimento Público de Água

A AWWA acredita que as empresas de serviços de água devem adotar uma abordagem proativa e sustentável para a gestão de seus ativos ao longo do ciclo de vida do ativo, que começa com o planejamento; continua por meio da operação e manutenção; e incorpora a reabilitação, substituição e disposição adequada de ativos.

A Gestão de Ativos, dentro de um serviço de abastecimento de água, deve ser uma componente chave para garantir que o sistema continue fornecendo na quantidade e qualidade adequada de água potável, de modo confiável e considerando a relação custo-benefício. Fixando diretrizes e padrões de aproveitamento máximo na utilização e manutenção dos ativos da organização, desde o momento em que são adquiridos até o momento em que são descartados. E ainda, priorizar investimentos e concentra esforços nos ativos mais críticos, que sustentam os processos da organização.

Resumidamente, a Gestão de Ativos num sistema de abastecimento, de acordo com ALEGRE (2010), pode ser definida pelos seguintes passos:

- 1 Análise do contexto e dos objetivos estratégicos.
- 2 Caracterização do estado atual das infra-estruturas existentes, incluindo o cadastro atualizado e a avaliação do estado operacional e de conservação das infra-estruturas.
- 3 Avaliação do valor dos ativos
- 4 Identificação dos componentes mais críticos do sistema para assegurar o desempenho requerido, de modo sustentável, e o estabelecimento de medidas mitigadoras do risco.
- 5 Estimativa das solicitações de serviço no horizonte de projeto, incluindo a previsão da evolução populacional.
- 6 Definição dos objetivos estratégicos em curto e médio prazo, com identificação dos indicadores para a avaliação do respectivo cumprimento.

- 7 Obras e ações necessárias para atingir os objetivos, identificando as intervenções para reabilitação dos sistemas existentes e obras de expansão.
- 8 Programa de operação e manutenção do sistema, incluindo os principais serviços a realizar.
- 9 Programa de prevenção de riscos.
- 10 Plano de investimentos, que inclua o cronograma físico e financeiro das obras e a especificação de formas de financiamento.

4.1.2.1. Classificação dos ativos

Um sistema de abastecimento é constituído pelos seguintes ativos principais: Captação, Estação de Tratamento de Água, Estação Elevatória, Adutoras, Reservatórios e Rede de Distribuição.

Os ativos do sistema de abastecimento de água foram classificados segundo a metodologia da AWWA, em ativos críticos e não críticos (Tabela 1):

Tabela 1. Classificação dos Ativos

Classificação do Ativo	Tipo	Ativo
Ativos não Críticos	Equipamentos e Unidades	Edificações
		Máquinas e Equipamento
		Ferramentas
		Equipamentos de Informática
		Móveis e Utensílios
		Terrenos
		Veículos
	Reservatórios	
	Intangível	Softwares
		Programas de Informática
Programas de conscientização		
Ativos Críticos	Equipamentos e Unidades	Captação e Barragens
		Sistemas de Tratamento
		Estações Elevatórias de grande capacidade
		Adutoras
		Rede de Distribuição
Ligações Prediais Hidrometradas		

4.1.3. Sistema de Abastecimento

Além de ser um bem natural indispensável à vida, a água, é de grande importância para suprir atividades básicas do dia a dia, sendo o sistema de abastecimento de água essencial para permitir ao consumidor acesso à água de qualidade.

A implantação e adequada operação do sistema de abastecimento de água, segundo BEZERRA (2013) deve levar em consideração alguns aspectos sanitários, sociais e econômicos descritos a seguir:

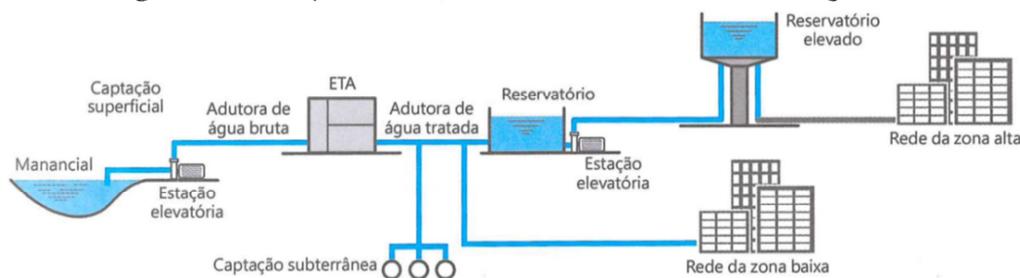
- Melhoria nas condições sanitárias;
- Diminuição dos custos saúde pública;
- Diminuição na mortalidade, principalmente a infantil;
- Aumento da expectativa de vida da população;
- Diminuição da incidência de doenças transmitidas pela água;
- Aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos;
- Incentivo industrial, no qual a água é utilizada com matéria-prima ou meio de operação;

De acordo com BEZERRA (2013), os sistemas de abastecimento de água (SAA) são infraestruturas responsáveis pelo transporte de água à população com regularidade, segurança e qualidade, sendo constituídos pelas seguintes unidades: manancial e captação; estação elevatória; estação de tratamento; adução de água; reservação e setor de distribuição. De acordo com a lei 11.445/2007:

O sistema de abastecimento de água consiste num conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição. (Lei 11.445/2007).

A Figura 2 ilustra os componentes funcionais que podem compor um sistema de abastecimento de água

Figura 2. Componentes de um sistema de abastecimento de água



Fonte: BEZERRA (2013)

4.1.3.1. Componentes do Sistema de abastecimento e sua vida útil

- Manancial

De acordo com TSUTIYA (2006) é o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Devem-se considerar aspectos relacionados à quantidade de água para atender a demanda de água no período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário.

- Captação

A captação é o conjunto de unidades e equipamentos, instalados junto ao manancial, com a finalidade de captar a água destinada ao sistema de abastecimento de água (ABNT, 1992a). Sua concepção, projetos e obra devem assegurar a quantidade e qualidade da água captada, em qualquer época do ano. No desenvolvimento de um projeto deve-se, também, planejar facilidades de operação e manutenção ao longo do tempo (TSUTIYA, 2006).

A captação pode ser realizada em mananciais:

- a) Superficiais: em rios, córregos, lagos ou represas.
- b) Subterrâneos: como drenos, poços, galerias, filtrantes etc.

- Estação elevatória

Uma estação elevatória é um conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores responsáveis por fornecer energia para transportar a água ou recalá-la para pontos distantes ou elevados, quando não é possível fazê-lo por gravidade. Um sistema de bombeamento é geralmente composto por um sistema de sucção, um conjunto moto bomba e uma tubulação de recalque (BEZERRA, 2013).

Como não existe documento de referência no Brasil para definir um período de vida útil em saneamento, pode-se tomar como base o “Estudo de Vida Útil Econômica e Taxa de Depreciação” (ANEEL-2000), para definir um período de vida útil para o sistema de painéis, no qual foi apresentado um período de vida útil para Painéis Elétricos de **30 anos**, considerando as características construtivas, os critérios de manutenção e as anormalidades (elevação de temperatura d, curto-circuito, etc.) que podem causar danos aos equipamentos, consequentemente reduzindo a vida útil dos mesmos.

Já para o Conjunto Motor Bomba, pode-se fazer analogia ao gerador, citado no relatório da ANEEL-2000, no qual adota uma vida útil de **30 anos**, desde que mantida uma manutenção preventiva.

- Adução

A adução é o conjunto de canalizações, conexões e peças especiais destinadas a transportar a água entre as unidades do sistema de abastecimento que precedem a rede de distribuição. Não é responsável pela distribuição da água aos consumidores, mas podem existir derivações que são as sub- adutoras.

As Adutoras são geralmente em ferro fundido ou em aço, portanto, sua vida útil poderia ser considerada como indeterminada. No entanto, não existe documento de referência no Brasil para definir um período de vida útil em saneamento, para tanto, pode-se tomar como base o “Estudo de Vida Útil Econômica e Taxa de Depreciação” (ANEEL-2000), no qual foi adotado um período de vida útil para condutos forçados de **30 anos**, desde que seguido um programa de monitoramento e manutenção.

- Estação de tratamento de água

A estação de tratamento de água (ETA) é a unidade do sistema de abastecimento com o objetivo de condicionar a água bruta encontrada na natureza a uma qualidade mínima para atender as diversas necessidades de uso. BARROS (1995) salienta que para o abastecimento público de água deve-se ter uma qualidade de tratamento de forma a atender aos padrões de qualidade exigidos pelo Ministério da Saúde (Portaria 2914/11), a fim de garantir adequadas condições de saúde pública; tornar a água adequada a serviços domésticos; garantir a saúde bucal, através da fluoretação; e a proteger o sistema de abastecimento de água dos efeitos danosos da corrosão e da deposição de partículas no interior das tubulações.

- Reservatório

Os reservatórios tem a finalidade de manter a regularidade do abastecimento compensando a diferença entre o pico de consumo e a adução; promover um abastecimento contínuo durante períodos de manutenção e paralização do sistema de abastecimento; armazenar água para combate a incêndios; regularizar as pressões disponíveis nas redes. (BEZERRA, 2013)

A vida útil de uma unidade de reservação pode ser considerada como indeterminada, se mantida uma manutenção constante, principalmente do revestimento interno e externo.

Há situação que o reservatório deverá ser ampliado para atender uma população futura. No entanto, isso não significa necessariamente o fim do ciclo de vida da unidade existente, pois seu descarte dependerá das condições de implantação do novo reservatório.

Sendo Assim pode-se adotar o valor de **40 anos**, desde que seguidas às manutenções preventivas e o horizonte de projeto.

- Rede de distribuição

A Segundo TSUTIYA (2006), a rede de distribuição é a unidade do sistema constituída por um conjunto de tubos que objetivam conduzir a água para os pontos de consumo.

A rede de distribuição pode ser categorizada em dois tipos de condutos:

- a) condutos principais;
- b) condutos secundários.

Condutos principais são as canalizações de maior diâmetro, responsáveis pela alimentação de condutos secundários, e são dispostas obedecendo a diferentes traçados.

Para redes de distribuição em ferro fundido pode-se adotar um período de **30 anos**, assim como para adutoras.

Já para tubulações em PVC, de acordo com LIMA (2010), em seu estudo de avaliação do ciclo de vida dos tubos de PVC produzidos no Brasil, determinou que em média a vida útil da tubulação é de **100 anos**.

4.1.3.2. Normas

Abaixo são apresentadas as Normas brasileiras da ABNT para elaboração dos projetos de um sistema de abastecimento de água

- NBR12211:1992 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento e de Água;
- NBR12212:2006 – Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea;
- NBR12213:1992 – Projeto de Captação de Água de Superfície para abastecimento Público;
- NBR12214:1992 – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público;
- NBR12215:1991 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público;
- NBR12216:1992 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público
- NBR12217:1994 – Projeto de Reservatório de distribuição de Água para Abastecimento Público

- NBR12218:2017 – Projeto de Rede de distribuição de Água para Abastecimento Público

4.1.4. Caso da Portland Water Bureau (PWB)

A seguir é apresentado o programa de Gestão de Ativos da empresa Portland Water Bureau, responsável pelo sistema de abastecimento de água da cidade de Portland, Oregon – EUA. Os planos descrevem os ativos da agência, recomendam estratégias para manter, renovar e substituir a infraestrutura do sistema de água ao menor custo com a melhor combinação de benefícios e fornecer previsões para futuras despesas da mesa para efetuar as recomendações.

Em 2004, o Portland Water Bureau (PWB) estabeleceu um grupo formal de Planejamento de Gerenciamento de Ativos, encarregado de coletar informações sobre ativos do sistema de água e fornece recomendações para melhorar o investimento da empresa em recursos de manutenção e projetos. O grupo forneceu casos de negócios e estimativas de custos iniciais, criando e implementando um quadro para avaliar o risco de negócios, fornecendo treinamento e orientação a outros funcionários.

Como parte desse esforço, o escritório juntou-se à *International Water Association / Water Services Association of Australia* (Associação Internacional de Água / Associação de Serviços de Água da Austrália ou IWA-WSAA). A IWA-WSAA estabeleceu que três fatores fundamentais para promover a melhoria da Gestão de Ativos dentro de um utilitário:

- Estabelecimento de indicadores de desempenho;
- Identificar de forma crítica oportunidades de economia de custos;
- Compreender as melhores práticas e como elas se relacionam com a melhoria do desempenho.

Em simultâneo com os primeiros esforços de Gestão de Ativos foi desenvolvido o plano estratégico 2008-2011 da agência. Os primeiros 24 níveis de serviço do plano estratégico foram adotados como um elemento primário do plano estratégico. Essa abordagem elevou a visibilidade dos principais níveis de serviço e ajudou a integrá-los no trabalho de melhoria de desempenho em toda a agência.

A partir de 2005, os gerentes de ativos da PWB criaram um instrumento capaz de determinar a exposição ao risco de falha de ativos em termos sociais, ambientais e financeiros. Este instrumento, a Matriz de Avaliação de Riscos (Figura 3) foi aplicada a todos os principais

recursos da agência como meio de avaliar, priorizar e apoiar a tomada de decisões sobre projetos.

Figura 3. Matriz de Avaliação de Riscos

Probabilidade	Consequências					Chave E = Extremo A = Alto M = Médio B = Baixo MB = Muito Baixo
	1 Muito Baixa	2 Baixa	3 Moderada	4 Alta	5 Muito Alta	
Muito Baixa (1)	MB	MB	B	M	M	
Baixa (2)	MB	MB	M	M	A	
Moderada (3)	B	B	A	A	E	Baixo
Alta (4)	B	M	A	E	E	
Muito Alta (5)	B	M	A	E	E	

Fonte: <https://www.portlandoregon.gov/cbo/article/576747>. Acesso em 06 jul 2017

Entre 2008 e 2010, o grupo de gerenciamento de ativos desenvolveu um modelo com orientações extensas, informações sobre fontes de dados, diretrizes para análise estruturante e exemplos extraídos de outros planos de gerenciamento de ativos. E foram coletadas as informações sobre status e condição de ativos. Em 2009, foi elaborado um guia e treinamento para outros funcionários da agência no desenvolvimento de casos de negócios para planos de projetos. Os resultados das análises de casos de negócios ajudaram a direcionar os escassos recursos para os esforços que proporcionam os maiores benefícios ao menor custo. Em 2012, 14 planos de Gestão de Ativos estavam concluídos incluindo infraestrutura, sistemas de dados, instalação de válvulas, grandes medidores e reservatórios.

Deste modo a Gestão de Ativos implementada pela PWB gerou uma abordagem de gerenciamento de risco para avaliação de ativos, de modo a refinar prioridades entre os muitos ativos que a agência administra, com a identificação dos ativos que representam riscos mais elevados, assim norteando as ações de mitigação de riscos. Além disso, com as análises de casos comerciais, a PWB pôde evitar custos injustificáveis ou de alto risco com baixo benefício.

A seguir é apresentado um breve resumo do Plano de Gestão de Ativos adotado pela PWB:

1. Introdução: A introdução fornece uma descrição clara do propósito do ativo e do escopo da classe de ativos.
2. Níveis de serviço: Planejamento dos níveis de serviço e metas de carga de trabalho para cada ativo. A informação sobre o desempenho dos ativos foi extraída dos relatórios trimestrais dos resultados do programa orçamentário. Incluindo recomendações para

melhorias nos níveis de serviço decorrentes das análises e informações coletadas durante o desenvolvimento do Plano de Gestão.

3. Inventário de ativos e valor de substituição: Descrição detalhada do ativo e seu valor de reposição. O valor de reposição do ativo foi baseado nas médias estimadas de todos os custos para planejar, projetar e construir o ativo. Dependendo do ativo, os custos foram baseados em registros de construção passados ajustados pela inflação, médias da indústria ou combinações dos dois.
4. Condição e utilização: Detalhamento da condição e da utilização do ativo. O Plano de Gestão de Ativos considerou o fato de a maioria dos ativos serem enterrados ou em locais difíceis de acessar, a condição do ativo (e, em alguns casos, a utilização), portanto, foi estimada. Por exemplo: a condição de ativos para alguns ativos enterrados (como tubulações e válvulas) foi estimada a partir da idade do ativo. A condição dos ativos foi usada para estabelecer a probabilidade de falha de acordo com a Matriz de Risco (Apresentada anteriormente na Figura 3).
5. Modos de falha e vida útil do ativo: Determinação dos modos de falha e vida esperada para cada categoria de ativos. Foram estudados e analisados os fatores que influenciam os modos de falha, como o material do ativo, o uso e a localização. Os modos de falha foram classificados em termos de capacidade, precariedade do atendimento aos níveis de serviço, obsolescência e fim de vida útil. Nesse item, também foram analisadas as ações que poderiam ser tomadas como medidas de proteção, atualização de um ativo para os padrões sísmicos atuais, ou relocação ou fortalecimento de ativos vulneráveis - para prolongar a vida útil restante.
6. Exposição ao risco: Análise do nível de risco comercial que o bem representa. A exposição ao risco do negócio é calculada usando a probabilidade de ocorrência de falha multiplicada aos impactos subsequentes à falha. Os impactos subsequentes à falha foram expressos como custos que levam em conta os efeitos ambientais, sociais e financeiros. Como exemplo pode-se considerar que os ativos que fornecem água aos hospitais podem ter um maior impacto social ou ainda crítico comparado aos ativos que servem água somente para áreas residenciais. Além disso, foram considerados níveis de riscos diferenciados para ativos da mesma categoria, levando em conta os impactos de as falha. A avaliação pôde supor que uma estação de bombeamento chave ou principal pode receber uma classificação mais alta na Matriz de Avaliação de Riscos, comparado a uma estação de bombeamento de pequeno porte.
7. Manutenção, reparação e substituição: Definição de estratégias de manutenção, reparo e substituição e proposição de novas estratégias. As novas estratégias destinam-se a

economizar recursos, reduzir riscos e otimizar processos. As estratégias se concentram em ativos com alto impacto ao falhar. Neste item foram descritos os tipos de manutenção preventiva.

8. Previsão de orçamento: Estimativa dos recursos necessários para implementação das propostas de atividades de manutenção, reparo e substituição.
9. Plano de melhoria: Fornecimento de um roteiro para melhorar o esforço da Gestão de Ativos em geral. Foram listadas as recomendações para mudanças nos níveis de serviços, abordagens para avaliação de condição, análise de modos de falha, avaliações de risco, manutenção, reparo ou estratégias de substituição. De modo a elaborar uma análise de lacunas de dados que devem ser coletados ou dados que devem ser centralizados ou normalizados.

Como resultado da Gestão de Ativos a PWB moldou estratégias e abordagens para recursos do sistema de água. Os Planos de Gestão de Ativos gerados forneceram informações de ativos relevantes para um período de tempo específico embasando as tomadas de decisões. A Tabela 2 apresenta um resumo de alguns dos benefícios obtidos pela PWB:

Tabela 2. Benefícios da Gestão de Ativos observados no estudo de caso PWB

Problema do recurso	Abordagem original	Abordagem do gerenciamento de ativos	Benefício líquido
Substituição da estação de bombas	Substituir a estação da bomba pelo custo de US\$ 6 milhões*	Substituir apenas o sistema elétrico obsoleto. Novas bombas mais eficientes não são justificadas. Projeto de US \$ 1 milhão*	Economia de US \$ 5 milhões*
Tubo Apoiado sob ponte	Não inspecionado	Inspeção de tubos críticos, com alto impacto na falha. Falha iminente identificada.	Evitado um custo potencial de US \$ 5 milhões de falha de tubulação (inclui custos sociais)*
Tubo Apoiado sob ponte - fora do alinhamento	Não inspecionado	Inspeção de tubos críticos, com alto impacto na falha. Falha iminente identificada.	Evitado um custo potencial de US \$ 10 milhões de falha de tubulação (inclui custos sociais)*
Substituição de tanque	Substitua o tanque no valor de US \$ 600.000*	Nos próximos 25 anos, use conexão de emergência para a zona de pressão adjacente. Instale o regulador de pressão por US \$ 100.000*	Evitado US \$ 500,000 custo por 25 anos*
Tanque corroído no parque público	Continue a usar	Tirado de serviço para evitar riscos, sem impacto no fornecimento.	Evita o risco de segurança provável para os próximos 20 anos

* Valores de referência para o ano de 2015

Fonte: <https://www.portlandoregon.gov/cbo/article/576747>. Acesso em 06 jul 2017

4.2. PANORAMA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

4.2.1. Indicadores de Desempenho

De acordo com ALEGRE (2006) um indicador de desempenho é uma medida quantitativa da eficiência e da eficácia de determinado aspecto de uma unidade gestora ou da prestação de um serviço, traduzindo os aspectos mais relevantes da atividade e contribuindo para uma análise mais simplificada ao longo do tempo.

Indicadores de desempenho são dados ou informações que representam um determinado fenômeno e servem para medir ou analisar um processo ou seus resultados. Os indicadores auxiliam na compreensão e no controle de um determinado processo, bem como contribuir para a definição de metas e desempenhos. Os Indicadores, a partir de uma análise sistêmica, propiciam orientação e embasamento para tomadas de decisões importantes para melhor gerir sistemas.

Os objetivos da criação de um banco de indicadores, em geral, são:

- planejamento e execução de políticas públicas de saneamento;
- orientação da aplicação de recursos;
- conhecimento e avaliação do setor saneamento;
- avaliação de desempenho dos prestadores de serviços;
- aperfeiçoamento da gestão;
- orientação de atividades regulatórias e de fiscalização; e
- exercício do controle social.

A seguir é apresentada uma lista dos indicadores de desempenho fundamentais para a análise de um sistema de abastecimento de água:

Indicadores de desempenho e da qualidade de serviços são ferramentas úteis para o monitoramento de desempenho, que pode ser otimizado por ações que contemplem inspeção e manutenção, calibração de instrumentos e renovação/reabilitação. Os Indicadores podem considerar:

- Cobertura
- Pressão e continuidade de serviço
- Qualidade da água
- Reclamações
- Conscientização

Além destas, outros também podem ser considerados na Gestão de Ativos:

Indicadores de Recursos Hídricos – É um indicador Ambiental, não apropriado para avaliar a eficiência da gestão técnica dos sistemas de distribuição. São dados referentes à eficiência na utilização dos recursos hídricos, expondo a disponibilidade de recursos hídricos.

Indicadores de Recursos Humanos – Estes indicadores referem-se aos recursos humanos, com dados organizados do número de colaboradores nos diversos setores da organização. A partir da análise deste tipo de indicador teremos acesso à quantidade de funcionários e sua distribuição, bem como à sua qualificação.

Indicadores de Infraestruturas – Revelam o tipo e o número de infraestruturas que a empresa dispõe, bem como dá indicação das suas funções. De referir infraestruturas de tratamento, reservação, bombeamento, adução e distribuição. São referidos também dados

informativos do número e tipo de equipamentos hidráulicos, eficiência dos medidores distribuídos pela rede, bem como sensores de pressão e a automação e controle.

Indicadores Operacionais – são indicadores de qualidade de operacionalidade, inspeções e manutenções de infraestruturas e equipamentos, incluindo sua regularidade e calibração de instrumentos.

Indicadores de Qualidade de Serviços – Estes são indicadores de qualidade no processo (água é distribuída dentro dos valores mínimos aceitáveis de pressão e regularidade) e no produto (qualidade da água fornecida). Além disso, revelam número de reclamações (devendo existir sempre a política de responder às reclamações, em especial resposta a reclamações escritas).

Indicadores Econômicos Financeiros – Estes indicadores exprimem dados relativos a receitas, custos, composição dos custos correntes por tipo de custo, por tipo de função de entidade gestora e por tipo de atividade. Revela a composição dos custos de capital, o preço médio de venda da água, indicadores de eficiência, liquidez e rentabilidade.

4.2.2. SNIS - Serviço Nacional de Informação sobre Saneamento

O SNIS, criado em 1996, é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro. O Sistema possui uma base de dados que contém informações coletadas anualmente e convertidas em indicadores sobre a prestação de serviços de Água e Esgotos e de Manejo de Resíduos Sólidos Urbano.

O SNIS é uma base de dados aberta e disponibiliza informações dos prestadores de serviços dos Municípios brasileiros, apresentado a série histórica de 17 anos, cuja última atualização ocorreu no ano de 2017, referente ao levantamento de dados de 2015.

A Metodologia do SNIS considera uma tipologia de prestadores de serviços apoiada em três características básicas:

- A abrangência da sua atuação, diferenciando os prestadores pela quantidade e complexidade dos sistemas de provimento dos serviços, tanto os sistemas físicos como os político/institucionais e os espaciais/geográficos;
- A natureza jurídico-administrativa, diferenciando os prestadores do ponto de vista da formalidade legal e administrativa a que estão submetidos em todas as dimensões da sua atuação; e

- Os tipos de serviços de saneamento que são oferecidos aos usuários (abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejos de resíduos sólidos urbanos).

4.2.3. Indicadores da Gestão de Ativos

Segundo ALEGRE (2006), os sistemas de indicadores de desempenho de um plano de Gestão de Ativos deverão ser constituídos por informação sobre os aspectos que podem condicionar o valor dos indicadores utilizados, mas que não dependem de ações de gestão de curto prazo e por fatores explicativos que ajudem a interpretar os valores dos indicadores e a identificar medidas de melhoria.

Cabe citar alguns indicadores utilizados, de acordo com as referências pesquisadas, pela Gestão de Ativos. Sendo que, dentre os diversos sistemas de indicadores publicados, destacam-se os da Internacional Water Association (IWA), por conterem um leque de opções, estarem definidos com clareza e constituírem uma referência internacional que permite futuras comparações com outros sistemas e entidades (ALEGRE 2006).

- indicador proposto por ALEGRE (2007):

Valor da Infraestrutura – é obtido pela divisão entre o valor atual do ativo pelo valor da sua respectiva substituição. Em termos matemáticos é traduzido pela seguinte expressão:

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{CS_i \cdot vr_i}{vu_i} \right)}{\sum_{i=1}^n CS_i}$$

Em que:

IVI = Valor da Infraestrutura;

n = n.º total de ativos;

CS_i = custo de substituição do ativo i ;

vr_i = vida útil residual do ativo i ;

vu_i = vida útil do ativo i ;

O IVI apresenta valores da ordem dos 50% para infraestruturas estabilizadas, onde as intervenções de reabilitação compensam a depreciação por envelhecimento. Se o IVI for muito superior a 50% então tal é um indicador de que:

- a) a rede é ainda “nova”;

- b) a rede embora “antiga” atravessa uma fase de crescimento;
- c) a entidade gestora está a sobre investir em reabilitação.

Se o IVI for muito inferior a 50%, tal indicia que a rede se encontra mais envelhecida do que aquilo que devia e está carenciada de investimentos em termos de reabilitação.

- Indicadores propostos por BARATA (2008)

Idade Média da Rede – é a soma ponderada da idade de cada componente (considerando a data de entrada em funcionamento), pelo seu comprimento, dividindo pelo comprimento total da rede. Este valor é então a idade média ponderada de todos os componentes da rede, em que o fator de ponderação é o comprimento. Em termos matemáticos é traduzido pela seguinte expressão:

$$IMR = \frac{\sum_{i=1}^n (id_i \cdot c_i)}{\sum_{i=1}^n c_i}$$

em que:

IMR = Idade Média da Rede;

n = n.º total de ativos;

id_i = idade do ativo i ;

c_i = comprimento do ativo

Indicador de Prioridade de Intervenção – Este indicador avalia a prioridade de intervenção no componente e é utilizado como elemento auxiliar no estabelecimento da lista de prioridades de intervenção. A lista de prioridades de intervenção resulta da ordenação das prioridades de intervenção.

Indicador de Importância Sistémica – Este indicador avalia a importância de determinado componente na rede de abastecimento. Este indicador é utilizado como elemento auxiliar no estabelecimento da lista de prioridades de intervenção.

Em termos conceituais, quanto maior for a importância sistémica do componente, mais cedo essa mesma deverá receber intervenção.

- Indicador proposto por VANIER (2000),

Custo de Manutenção Recomendado – o Custo de Manutenção Recomendado é definido como o montante que é necessário investir na rede (ou qualquer outra

infraestrutura), para compensar a depreciação dos seus componentes. Este conceito fará sentido apenas em termos de valores globais da rede, isto é, trata-se de uma indicação de qual o montante global a investir em manutenção/reabilitação/substituição.

Este indicador pode ser subdividido em dois:

- Custo de manutenção pelo valor de produção: relação entre o custo total de manutenção e a produção total no período;

- Custo de manutenção pelo valor de reposição: relação entre o custo total de manutenção de um ativo e o valor de compra desse ativo novo;

- Indicadores propostos por TAVARES (1999)

TAVARES (1999) propôs alguns Indicadores com base no monitoramento da manutenção no âmbito industrial, que podem ser incorporados para a indústria de Saneamento como:

Tempo Médio entre falhas – relação entre o ativo e seu tempo de operação e numero total de falhas detectadas nesse ativo, no tempo observado;

Tempo Médio para Reparo– relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de ativos com falha e o número total de falhas detectadas nesses ativos no período observado;

Disponibilidade do Equipamento – tempo total par a execução do reparo somado ao tempo em que o ativo ficou indisponível;

4.3. MODELAGEM HIDRÁULICA (EPANET)

Desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o software EPANET é um dos muitos programas utilizados para a modelagem de sistemas hidráulicos, permitindo realizar diversas simulações dinâmicas e estatísticas, envolvendo o comportamento hidráulico e a qualidade da água no sistema de distribuição.

De acordo com o GOMES (2010) esse programa permite a obtenção de valores de vazão, pressão nos nós e alturas de água em cada reservatório de nível variável além de calcular as concentrações de diversas espécies químicas presentes na rede durante a simulação. É um modelo de simulação bem aceito na comunidade científica por apresentar um código-fonte aberto a leitura e plausível de alteração como o usuário queira.

O EPANET modela um sistema de distribuição de água como sendo um conjunto de trechos ligados a nós, que constituem os componentes físicos do sistema. Os trechos representam bombas, tubulações e válvulas de controlo, enquanto que os nós representam junções, consumos de água, reservatórios de nível fixo e reservatórios de nível variável. Os nós são pontos da rede onde os trechos se ligam entre si e onde há entrada e saída de água. As bombas transferem energia para o escoamento, aumentando a sua carga hidráulica. As tubulações transportam a águas para os vários pontos, ocorrendo o escoamento dos locais com carga hidráulica mais elevada para os locais com menor carga hidráulica. As válvulas limitam a pressão ou a vazão num dado ponto da rede. Os reservatórios de nível fixo (RNF) representam um volume de armazenamento de água de capacidade ilimitada e carga hidráulica constante, enquanto que os reservatórios de nível variável (RNV) possuem uma capacidade de armazenamento limitada e o volume de água pode variar ao longo da simulação.

Para além dos componentes físicos existem os componentes não físicos tais como curvas padrão, padrões e controlos, que descrevem o comportamento e os aspectos operacionais de um sistema de distribuição de água.

O EPANET é útil para criar modelos de simulação para sistemas de abastecimento de água a componentes hidráulicos bem como para a qualidade da água. Sendo que o cálculo da perda de carga é feita utilizando, de acordo com a preferência do usuário, as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning.

Esta aplicação contribui para aplicação de técnicas e metodologias de gestão que permitam reduzir riscos para a saúde humana e o ambiente. Os seus principais objetivos são:

- desenvolvimento de metodologias de prevenção e de controlo;
- projeção de qualidade da água em sistemas públicos de abastecimento;
- apoio à decisão no âmbito de regulamentos e de políticas;
- fornecer suporte técnico e proporcionar a transferência de informação que assegure a implementação eficaz de decisões e regulamentações ambientais;e
- Ajudar os gestoras de sistemas de abastecimento de água a compreender melhor os movimentos e transformações a que a água está sujeita através dos sistemas de distribuição.

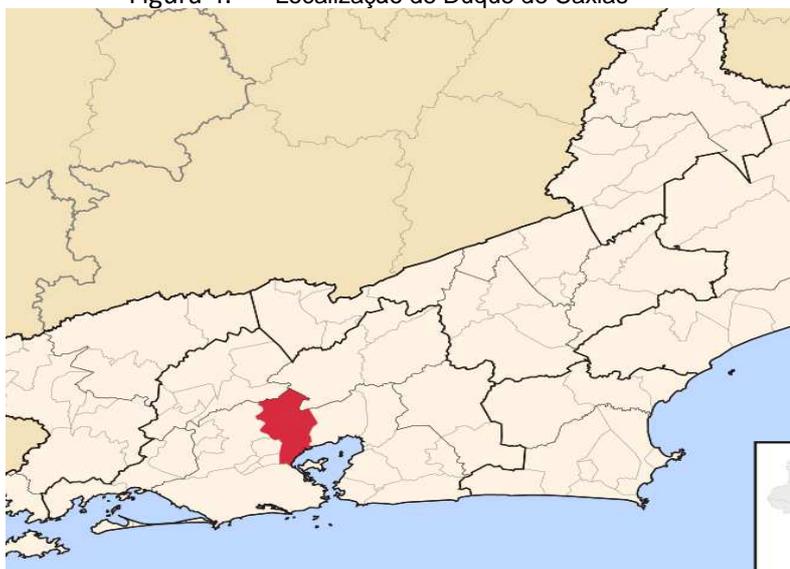
5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com o IBGE, Duque de Caxias localizado na Baixada Fluminense e Município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Figura 4), tem os Rios Iguaçu e Rio Sarapuí como os principais cursos hídricos. Sendo banhado pelas águas dos rios: Sapucaí, Saracuruna, Sapucaí e Capivari.

Ainda de acordo com o IBGE, O território do Município é quase totalmente urbanizado, dista cerca de 20 km da capital do Estado e tem uma área de 468 km². E tem como principais vias de acesso a Washington Luiz e Presidente Dutra e as Avenidas Brasil e Linha Vermelha. Além disso, Duque de Caxias, é considerado o terceiro Município mais populoso do Estado do Rio de Janeiro, sendo até o ano de 1943, integrante do Município de Nova Iguaçu, e mais tarde elevado à categoria de Município e recebendo seu nome atual por meio do Decreto de Lei nº 1.055 de 31 de dezembro do mesmo ano.

Figura 4. Localização de Duque de Caxias



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Duque_de_Caxias_\(Rio_de_Janeiro\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Duque_de_Caxias_(Rio_de_Janeiro)) – acesso 05/11/2016.

O Município é constituído de 4 distritos (Figura 5):

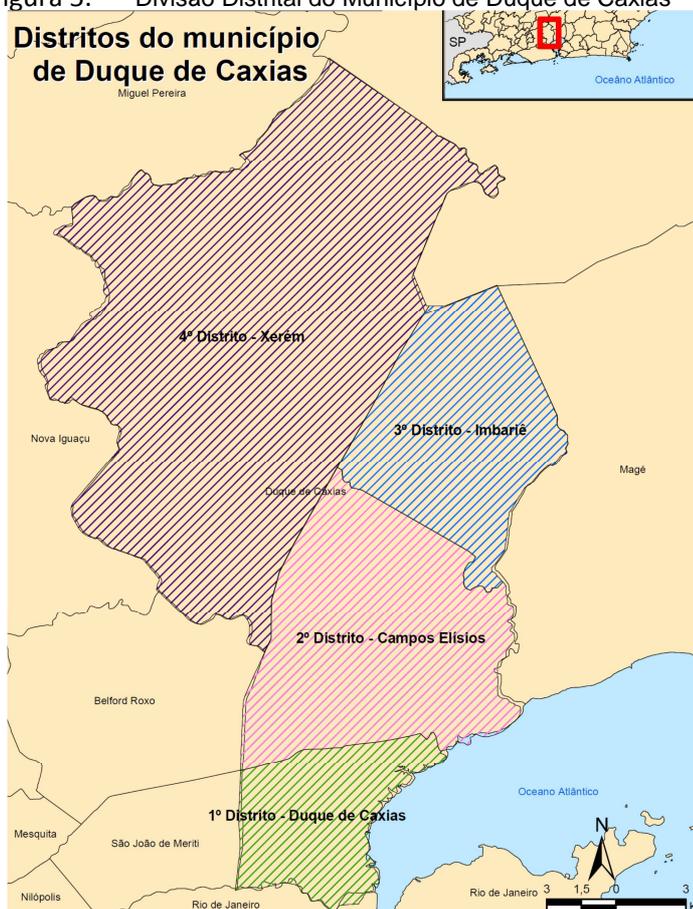
1º DISTRITO de Duque de Caxias, composto pelos bairros: Jardim 25 de Agosto, Parque Duque, Periquitos, Vila São Luiz, Gramacho, Sarapuy, Centenário, Centro, Dr. Laureano, Olavo Bilac, Bar dos Cavaleiros, Jardim Gramacho.

2º DISTRITO Campos Elíseos, composto pelos bairros: Jardim Primavera, Saracuruna, Vila São José, Parque Fluminense, Campos Elíseos, Cangulo, Cidade dos Meninos, Figueira, Chácaras Rio-Petrópolis, Chácara Arcampo, Eldorado.

3º DISTRITO Imbariê, composto pelos bairros: Santa Lúcia, Santa Cruz da Serra, Imbariê, Parada Angélica, Jardim Anhangá, Santa Cruz, Parada Morabi, Taquara, Parque Paulista, Parque Equitativa, Alto da Serra, Santo Antônio da Serra.

4º DISTRITO e Xerém, composto pelos bairros: Xerém, Parque Capivari, Mantiqueira, Jardim Olimpo, Lamarão, Amapá.

Figura 5. Divisão Distrital do Município de Duque de Caxias



Fonte: Lab-Gis-PUC-Rio; 2009.

5.1.1. Demografia

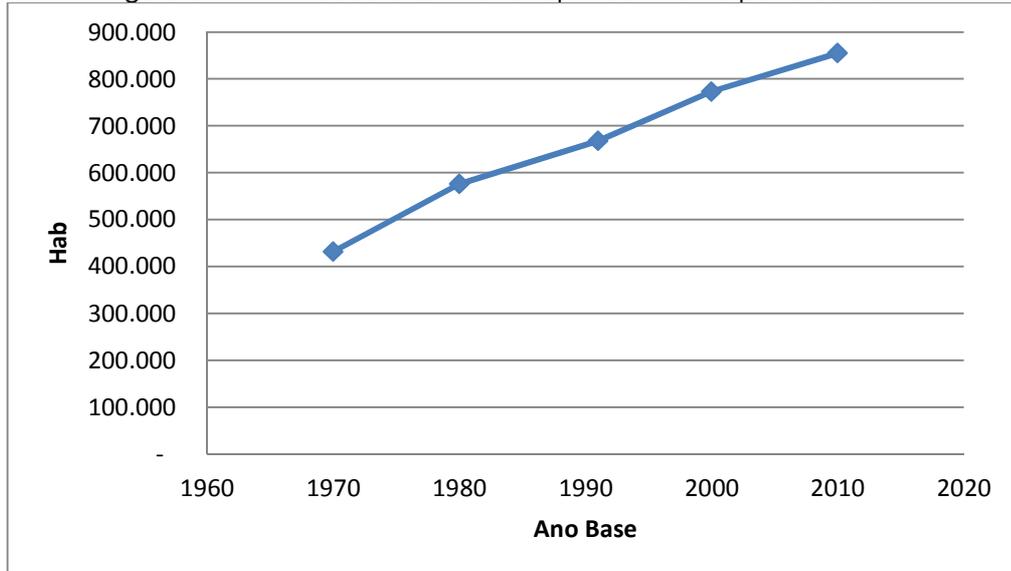
O Histórico populacional (Tabela 3 e Figura 6) para esse estudo foi obtido a partir dos dados fornecidos pelo IBGE, que por meio dos censos demográficos realizados nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, permitindo a análise de projeção populacional.

Tabela 3. Evolução Populacional de Duque de Caxias

Ano	Censo	Crescimento
1970	431.397	
1980	575.814	33,48%
1991	667.821	15,98%
2000	772.998	15,75%
2010	855.048	10,61%

Fonte: IBGE

Figura 6. Histórico do Crescimento Populacional de Duque de Caxias



5.1.2. Coleta e Levantamento de Informações

Cabe ressaltar que esta pesquisa acadêmica foi baseada nas seguintes fontes:

- Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Relativamente: RELATÓRIO FINAL, 1985;
- Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ), 2011;
- Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía De Guanabara – PSAM, 2011;
- Documentos produzidos pela CEDAE;
- Artigos científicos e entrevistas semiestruturadas com técnicos e gestores da CEDAE.

Foi constatada, ao longo da pesquisa, uma grande dificuldade na obtenção de bibliografia, pois de acordo com o relato dos gestores, os órgãos públicos sofrem da inexistência de informações ou bancos de dados formais sobre o sistema de abastecimento. Somado a isso, a ausência de resposta formal da CEDAE quanto à situação de abastecimento de Duque de Caxias, o que tornou a coleta de informações mais difícil.

Para o diagnóstico da rede existente do sistema de abastecimento de Duque de Caxias utilizou-se do programa EPANT para a realização da modelagem e verificação da situação atual das pressões e vazões dos setores nos quais foram confirmada a existência de rede de distribuição.

5.1.3. O Sistema de Abastecimento de Água de Duque de Caxias

Duque de Caxias é abastecido por três sistemas principais: Guandu, Acari e Taquara. O Primeiro Distrito (Duque de Caxias) e parte do Segundo Distrito (campos elísios), situados entre os rios Sarapuí e Iguaçú, são abastecidos pelo Sistema Guandu através da Adução Principal da Baixada Fluminense, que abastece os Municípios de Nova Iguaçu, Mesquita, Belford Roxo e São João de Meriti primeiramente. A parte do Segundo Distrito que está do lado esquerdo da margem do Sarapuí, o Terceiro e o Quarto Distritos (Imbariê e Xerém, respectivamente) são abastecidos pelos Sistemas Acari e Taquara (Figura7 - página 29).

A produção de água e os mananciais num sistema de abastecimento de água podem ser considerados Ativos Críticos, pois a falha na produção traz perdas para a concessionária de grande vulto, da mesma forma, se não houver água disponível nas represas e nos mananciais, todo processo de abastecimento companhia estará completamente comprometido.

5.1.3.1. Sistema Rio Guandu

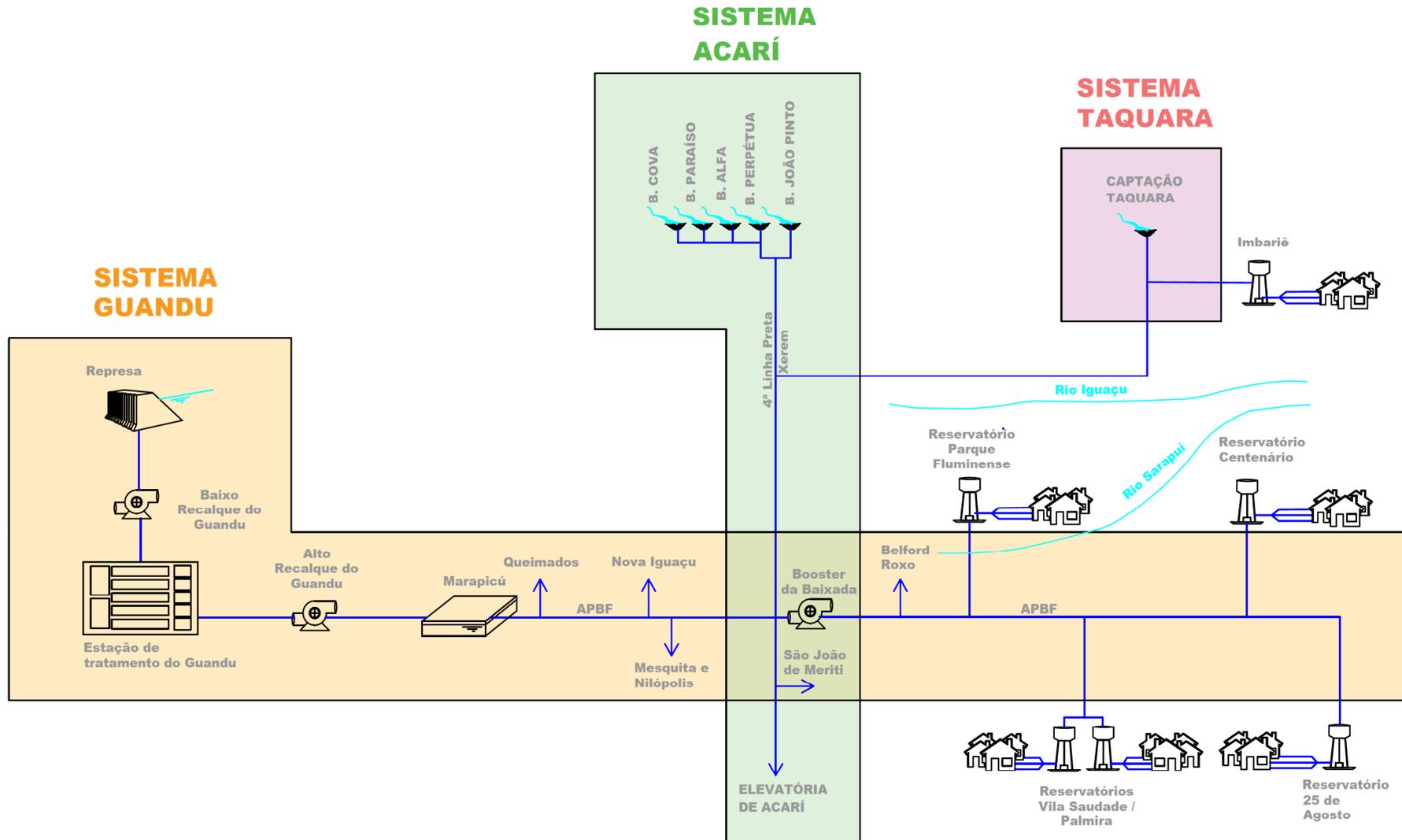
O Rio Guando é o manancial do qual é captada a maior parcela da água de abastecimento para grande parte da Baixada Fluminense, incluindo o Município de Duque de Caxias.

Toda água captada do Rio é tratada na Estação de Tratamento do Guandu que resumidamente é composta por duas plantas:

- a) VETA - planta mais antiga, implantada em três fases (1956, 1963 e 1966), compreendendo módulos de igual capacidade (4,63 m³/s/módulo), e cuja vazão total é 13,9 m³/s. Em 1974, sua capacidade nominal foi elevada para 24,0 m³/s com a modernização e alteração do processo, sem que tenha havido ampliação de área construída.
- b) NETA - segunda planta do sistema Guandu foi construída numa etapa única e encontra-se em operação desde 1982. Sua capacidade nominal projetada é de 16,0 m³/s, entretanto, pelas características de configuração dos processos utilizados, esse limite de produção não é alcançado.

A água tratada é armazenada no Reservatório do Marapicú e então transportada pela Adutora Principal da Baixada (APBF) o abastecimento da Baixada Fluminense, incluindo Duque de Caxias.

Figura 7. Esquemático do Sistema de Abastecimento de Duque de Caxias



Fonte: Alassar (2017)

5.1.3.2. Booster da Baixada

Localizado na divisa entre os Municípios de Belford Roxo e Nova Iguaçu, o Booster da Baixada faz parte do sistema de Abastecimento da Baixada Fluminense, sendo responsável por introduzir energia na APBF para abastecer os reservatórios a jusante dele, inclusive os reservatórios de abastecimento na área do Município de Duque de Caxias. No entanto esse Booster (considerando que este não recebe reformas desde a década de 1980) sofre com essa falta de manutenção para seu pleno funcionamento. Suas especificações técnicas estão descritas na Tabela 4

Tabela 4. Informações técnicas do Booster da Baixada

Booster principal da Baixada	
Vazão	3.000L/s
Altura Manométrica Total	50,0m
Bomba	5 Conj. Moto-bomba de 800HP.
Diâmetro de Sucção	800 mm
Diâmetro de Recalque	800 mm
Diâmetro do Barrilete	1500 mm

Este Booster, diferente de outras elevatórias ou Boosters de menor capacidade, é um Ativo Crítico, pois sua falha pode ser muito desastrosa, já que seu papel é essencial para a injeção de energia no transporte de água para o município de Duque de Caxias.

5.1.3.3. Os sistemas Acari e Taquara

Com o intuito inicial de atender ao Município do Rio de Janeiro, antiga capital federal, o Sistema Acari foi construído entre os anos de 1877 e 1909. Ele é constituído por cinco linhas de ferro fundido (conhecidas como linhas pretas) que captam água na Serra do Tinguá, levando águas das nascentes até a antiga capital federal (Santa Rita, 2009).

Em 1975, logo depois da fusão dos estados do Rio de Janeiro e da Guanabara, e da criação da CEDAE, o Sistema Acari, que atendia parte do Rio de Janeiro e a Baixada, foi reestruturado para passar a atender exclusivamente esta região (Britto, 1995).

Atualmente, como o aumento do consumo devido ao crescimento populacional e a oferta de água irregular pertinente às épocas de cheia e estiagem, a sua área de influência é limitada as regiões próximas das captações dos Municípios de Nova Iguaçu e Duque de Caxias, chegando, no máximo, a abastecer algumas áreas no Município de Belford Roxo.

A quarta (Xerém) e quinta (Mantiqueira) linhas deste sistema tem origem nas Captações de Cova, Paraíso, Alfa, Perpétua e João Pinto, atendendo os seguintes bairros

(Todos pertencentes a Duque de Caxias): Campos Elíseos, Saracuruna, Jardim Primavera, Parque Eldorado, Santa Cruz da Serra, Nova Campinas, Parque Paulista, Barro Branco, Chácara Maria Helena, Pilar, Figueira e Chácara Rio-Petrópolis.

Com captação na ETA da Taquara, o Sistema da Taquara é isolado dos demais sistemas e tem, de acordo com dados da CEDAE (<http://www.cedae.com.br/>, acesso em 17/08/2016), capacidade nominal de 100 litros por segundo, sendo que não possuindo comunicação com os demais sistemas, abastecendo o Reservatório de Imbariê. Suas águas são distribuídas para os seguintes bairros: Vila Sapê, Imbariê, Santa Lúcia, Parada Angélica e Taquara.

5.1.3.4. Adução aos reservatórios

O município de Duque de Caixas apresenta uma série de dificuldades técnicas para seu abastecimento, uma vez que a pressão na rede do sistema é muito baixa, decorrente da sua localização na a ponta do abastecimento da Baixada Fluminense.

A Adutora Principal da Baixada Fluminense (APBF) tem início no Reservatório do Marapicu, com aproximadamente 41,51 km de extensão, termina no Reservatório Centenário em Duque de Caxias. É composta por dois tipos de tubos: tubos de chapa de aço revestida e tubos de concreto. Tendo em vista esse fato, além da redução do seu diâmetro, a mesma foi subdividida em sete trechos (Plano Diretor 1985):

1º trecho - tubos de chapa de aço revestida com 2000 mm de diâmetro, começando no Reservatório do Marapicu, com aproximadamente 9,81 km de extensão;

2º trecho - tubos de chapa de aço revestida, com 1750 mm de diâmetro e aproximadamente 9,41 km de extensão;

3º trecho - tubos de concreto, com 1750 mm de diâmetro e aproximadamente 7,20 km de extensão;

4º trecho - tubos de chapa de aço revestida, com 1750 mm de diâmetro e aproximadamente 0,95 km de extensão;

5º trecho - tubos de chapa de aço revestida, com 1500 mm de diâmetro e aproximadamente 6,66 km de extensão;

6º trecho - tubos de chapa de aço revestida, com 900 mm de diâmetro e aproximadamente 2,13 km de extensão;

7º trecho - tubos de chapa de aço revestida, com 800 mm de diâmetro e aproximadamente 5,35 km de extensão, chegando ao Reservatório Centenário (1º distrito), em Duque de Caxias.

Além da APBF que abastece os reservatórios de Parque Fluminense, Centenário, 25 de Agosto, Vila Saudade e Palmira (também nomeada como Olavo Bilac.

É importante dizer que a jusante do 4º trecho da APBF existe uma elevatória, denominada "Booster" da Baixada, composta de 05 conjuntos moto-bombas de 800 HP, sendo um reserva, vazão nominal de 1 m³/s e altura manométrica de 50 mca.

No entanto, em virtude do elevado número de derivações existentes na APBF, além das ligações clandestinas, a APBF aduz uma vazão superior à planejada, a fim de atender a vazão máxima horária, resultando em uma grande perda de carga nos trechos situados à montante e à jusante do Booster da Baixada comprometendo, assim, sua operação. Consequentemente, a alimentação de alguns reservatórios fica prejudicada. Agrega-se a isto, o acelerado padrão de crescimento populacional verificado nessas regiões, determinando uma elevação de demanda impossível de ser atendida através da infraestrutura de abastecimento existente.

5.1.3.5. Reservatórios de Duque de Caxias

O Plano Diretor – 1985 planejou um total de 12 reservatórios, para o armazenamento de água do sistema de distribuição do município de Duque de Caxias, sendo que muitos destes ainda estão em fase de concepção. Além disso, alguns reservatórios construídos encontram-se fora de operação e necessitando de reformas.

Portanto, para atender as localidades que atualmente não contam com reservação, o Departamento de Operações da CEDAE utiliza-se de distribuição em marcha (interligações com a rede adutora) a partir de algumas adutoras que cortam a área; sobreposição de setores que possuem reservatórios; e manobras com alternância na frequência do abastecimento.

A seguir serão apresentados alguns dos reservatórios de Duque de Caxias construídos

- Centenário, cap. 4 x 2.500 m³;

De acordo com dados da CEDAE o reservatório está em carga e funcionando adequadamente. As Figuras 8 e 9 são fotos das câmaras do reservatório e sua caixa de válvulas, respectivamente.

Figura 8. Foto das unidades do reservatório Centenário (capturada por ALASSAR, em 13/04/2016)



Figura 9. Foto da caixa de válvulas do reservatório Centenário (capturada por ALASSAR, em 13/04/2016)



- Vila Saudade / Palmira (Olavo Bilac), capacidade total. 10.000 m³;

De acordo com dados da CEDAE o Reservatório sofre “by pass”.

- Parque Fluminense, cap. 10.000 m³;

De acordo com dados da CEDAE o Reservatório está em carga e funcionando adequadamente.

- Vinte Cinco de Agosto, cap. 18.500 m³

De acordo com dados da CEDAE o Reservatório 25 de Agosto está em carga e operando adequadamente. As Figuras 10 e 11 são fotos das câmaras do reservatório e seu barrilete de entrada/saída, respectivamente.

Figura 10. Foto das unidades do reservatório 25 de agosto (capturada por ALASSAR, em 13/04/2016)

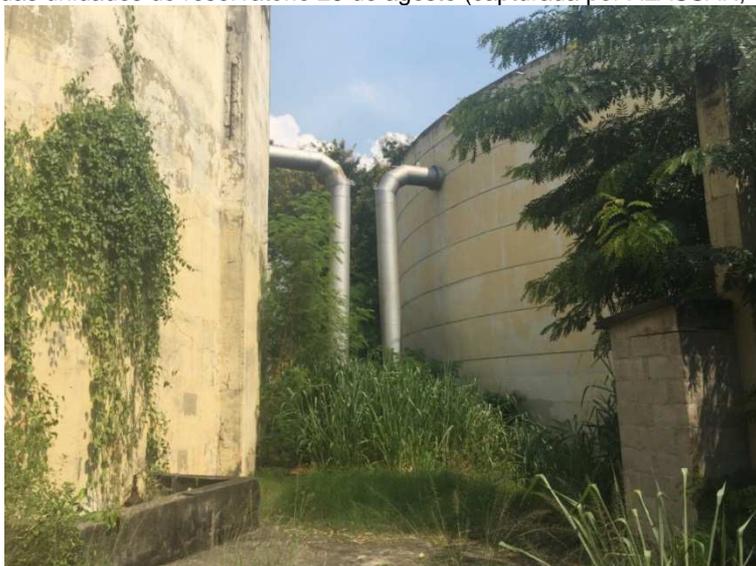


Figura 11. Foto do barrilete de entrada / saída do reservatório 25 de agosto (capturada por ALASSAR, em 13/04/2016)



- Imbariê, cap. 2.500 m³;

De acordo com dados da CEDAE o Reservatório está em carga e operando.

É importante destacar que esses reservatórios foram construídos com a verba do Programa de Despoluição da Baía da Guanabara (PDBG). No entanto, em função da demora para sua colocação em operação, essas unidades sofreram com dezenas de ações de vandalismo, retardando o funcionamento.

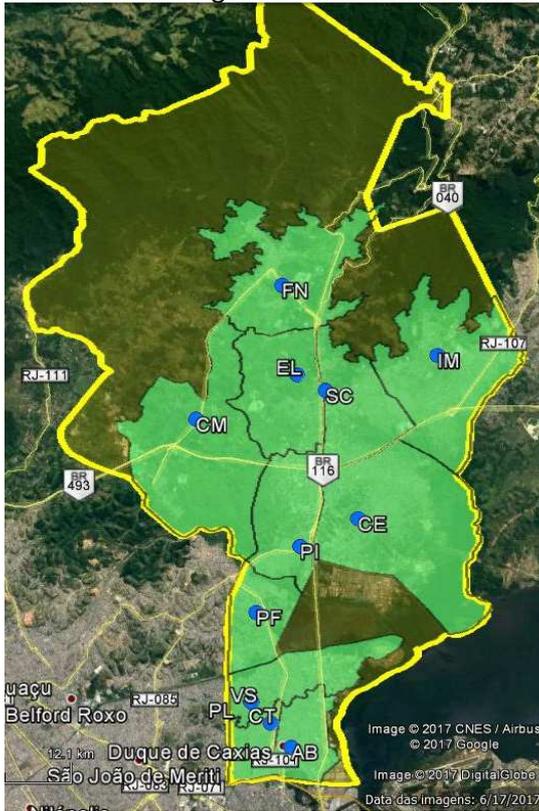
5.1.3.6. Rede de Distribuição

É importante destacar que as informações da rede de distribuição serão apresentadas por setor de distribuição. Porém a base de dados da rede de distribuição é imensa e desorganizada, com fonte e agentes dispersos e muitas vezes inacessíveis, com isso, os dados apresentados a seguir se basearam nos documentos de licitação ou em depoimentos de funcionários da concessionária.

No que diz respeito a setores de distribuição, o Programa de Despoluição da Baía da Guanabara (PDBG), no seu Segmento Água, iniciou a implantação das obras relativas à Setorização do Sistema de Distribuição da Baixada Fluminense, o qual consistiu na execução de um conjunto de obras de assentamento de adutoras e subadutoras, de redes de distribuição e de ligações prediais, incluindo a construção de 13 novos reservatórios, previstos no “Estudo de Otimização” realizado para a CEDAE em 1985.

Esse primeiro estudo de setorização da Baixada está contido nos relatórios do extenso trabalho intitulado “*Troncos Distribuidores de Água – Estudos de Otimização*” – Tomos de 1 a 98– “*Caracterização das Áreas de Reserva*” – Tomos I, II, III e IV do Relatório de Diagnóstico dos Sistemas Existentes, de 2003 realizado pelo CNEC. Este estudo sofreu pequenas alterações e adaptações posteriores apresentadas por técnicos da CEDAE em 2011, devido principalmente ao fato de que algumas áreas de reserva selecionadas sofreram invasões de casas irregulares (comunidades carentes), inviabilizando a construção dos mesmos nos locais e nas cotas consideradas. As Figuras 12 e 13, apresentam os limites de cada setor de distribuição e sua localização por Distrito. A Tabela 5 mostra a situação atual do setor de abastecimento e os bairros atendidos por ele.

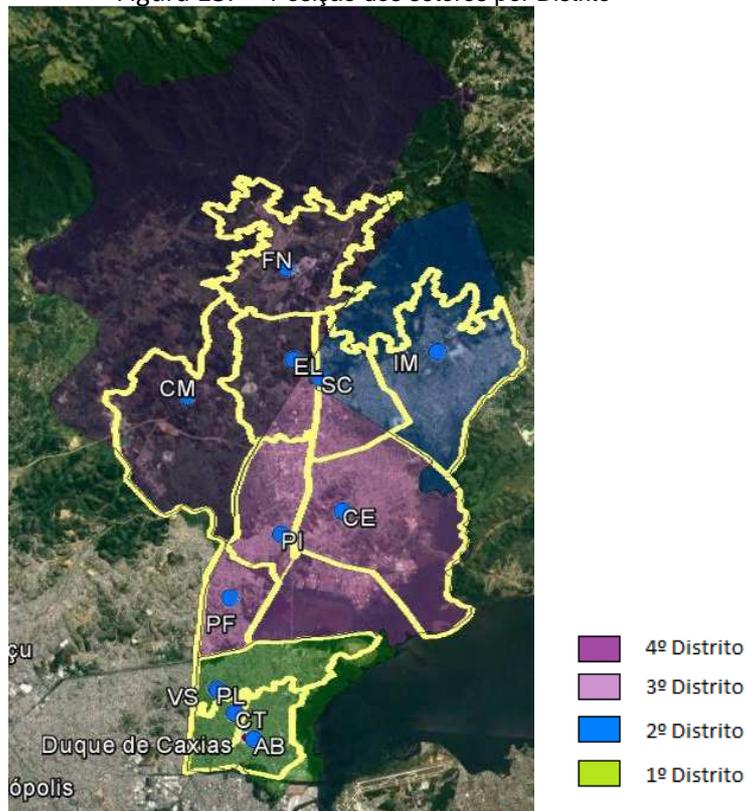
Figura 12. Setores de Distribuição de Duque de Caxias



Sigla	Sector de Abastecimento
CM	Cidade dos Meninos
FN	Fabrica Nacional de Motores
EL	EL Dorado
SC	Santa Cruz da Serra
IM	Imbariê
CE	Campos Elísios
PI	Pilar
PF	Parque Fluminense
PL	Palmira
VS	Vila Saudade
CT	Centenário
AB	25 de Agosto

Fonte: Google Earth, 2017.

Figura 13. Posição dos setores por Distrito



Fonte: Google Earth, 2017.

Tabela 5. Setores de abastecimento / Bairros

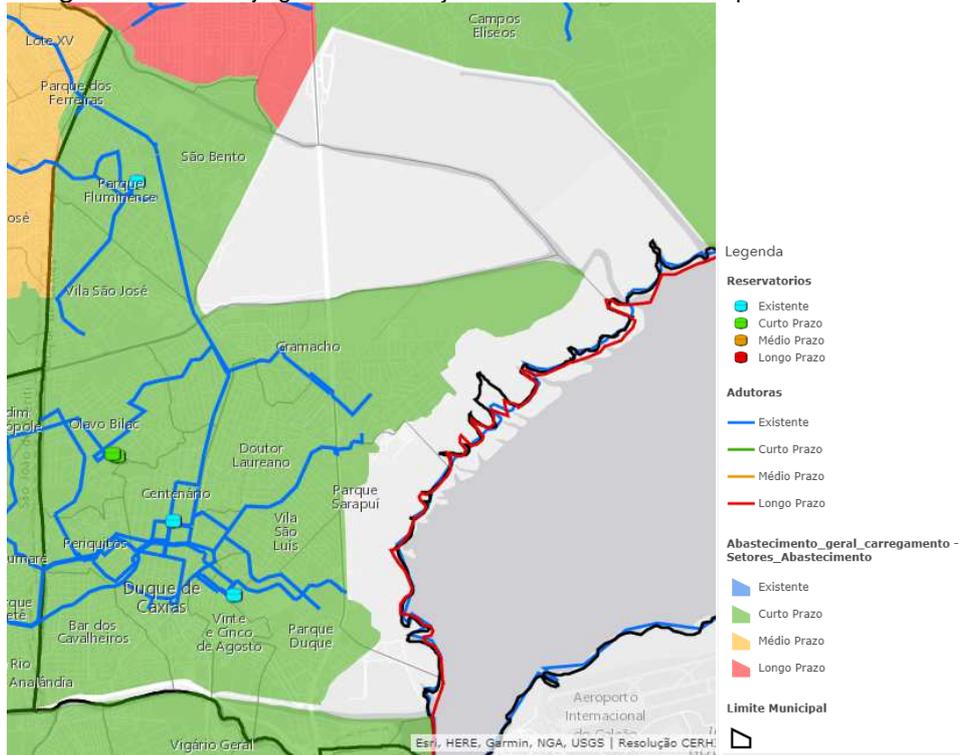
Sigla	Setor de Abastecimento	Situação	Bairros
CM	Cidade dos Meninos	Previsto Plano Diretor	Lamarão / Capivari / Chácaras Rio-Petrópolis / Cidade dos Meninos / Amapá
FN	Fabrica Nacional de Motores	Previsto Plano Diretor	Xerém / Mantiqueira
EL	EL Dorado	Previsto Plano Diretor	Mantuirira / Santo Antônio / Santa Cruz da Serra / Parque Eldorado / Chácaras Rio- Petrópolis
SC	Santa Cruz da Serra	Previsto Plano Diretor	Santo Antônio / Santa Cruz da Serra / Cidade Parque Paulista / Chácaras Arcampo
IM	Imbariê	Em operação	Parada Angélica / Taquara / Imbariê / Barro Branco / Cidade Parque Paulista / Jardim Anhangá / Parada Morabi / Santa Lúcia
CE	Campos Elísios	Previsto Plano Diretor	Saracuruna / Jardim Primavera / Parada Morabi / Cângulo / Campos Elíseos
PI	Pilar	Previsto Plano Diretor	Chácaras Rio-Petrópolis / Figueira / Cidade dos Meninos / Pilar
PF	Parque Fluminense	Em operação	Pilar / São Bento / Parque Fluminense / Vila São José
PL	Palmira	Desativado	Gramacho / Doutor Laureano / Olavo Bilac
VS	Vila Saudade	Desativado	Olavo Bilac / Centenário / Doutor Laureano / Periquitos / Gramacho
CT	Centenário	Em operação	Centenário / Olavo Bilac / Periquitos / Centro / Bar dos Cavalheiros
AB	25 de Agosto	Em operação	Doutor Laureano / Vila São Luís / Centro / Parque Duque / Parque Sarapuí / Vince e Cinco de Agosto / Bar dos Cavalheiros

Para os 1º Distrito de Duque de Caxias e o setor de Parque Fluminense, com exceção do setor de Palmira / Vila Saudade (Olavo Bilac), foram obtidos dados confiáveis da situação das redes de distribuição das plantas do projeto básico da “AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA PARA O MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS- 1ª etapa” (Proc. Nº E-17/100.358/2014) onde se pode identificar a rede de distribuição de água existente, assim como a rede de distribuição de água prevista no projeto citado.

Com as informações adquiridas da rede de distribuição foi possível realizar sua simulação hidráulica com o objetivo de diagnosticar o sistema existente, assim, servindo como base para a aplicação da Gestão de Ativos (Ver Apêndice I). Já para as áreas restantes não foram obtidos dados de rede completas ou ainda eram inexistentes.

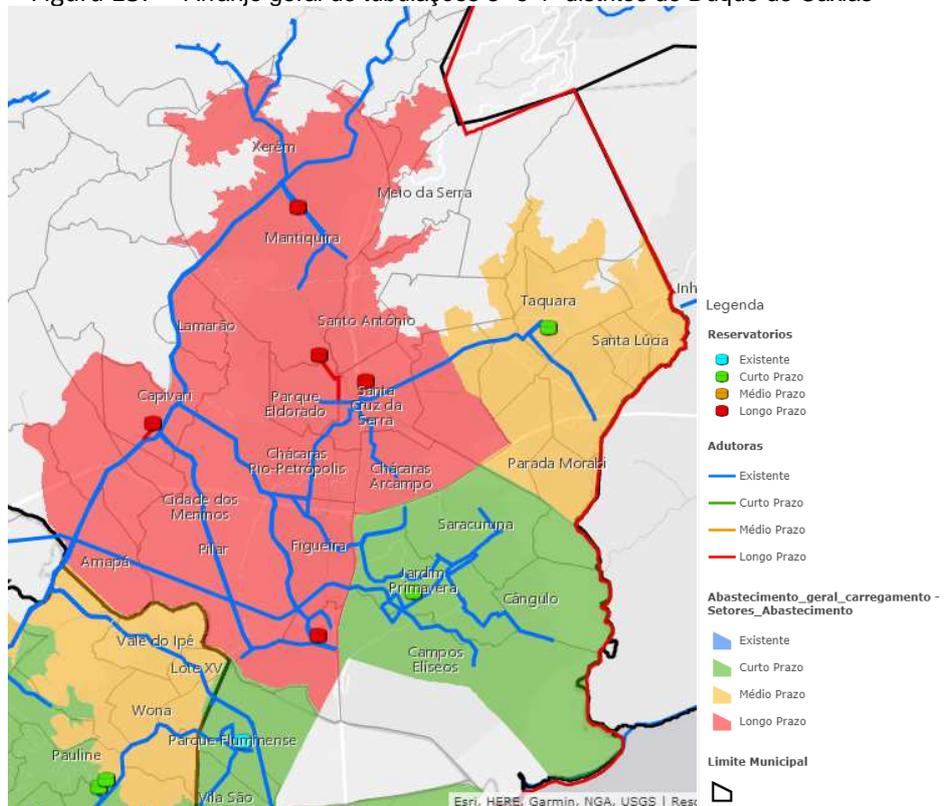
As Figuras 14 e 15, obtidas do banco de dados do Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM, retratam o arranjo de algumas tubulações. No entanto não foi possível acessar as informações de caracterização como diâmetro, comprimento, material etc.

Figura 14. Arranjo geral de tubulações 1º e 2º distritos de Duque de Caxias



Fonte: <https://psam.maps.arcgis.com/> (acesso dia 22/06/2016).

Figura 15. Arranjo geral de tubulações 3º e 4º distritos de Duque de Caxias



Fonte: <https://psam.maps.arcgis.com/> (acesso dia 22/06/2016).

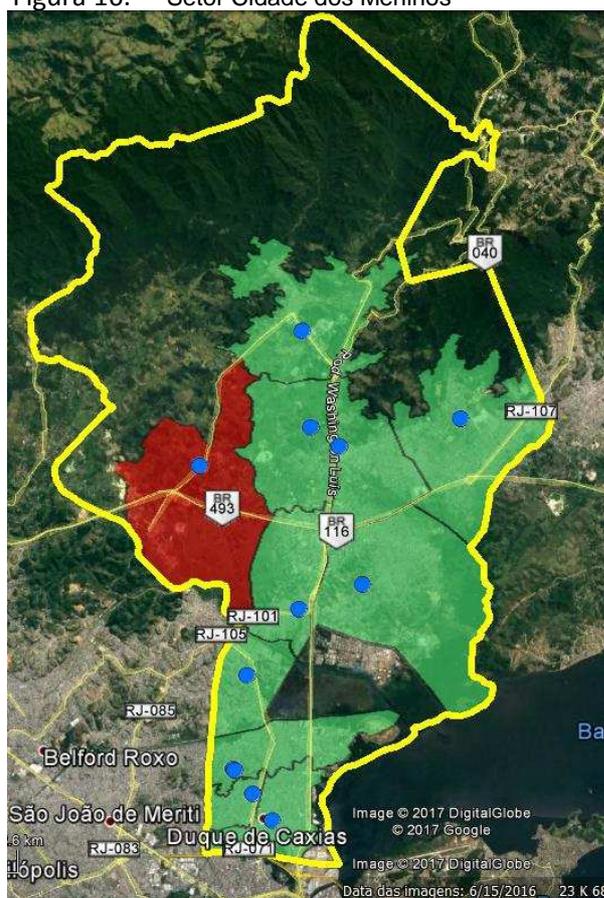
A Rede de Distribuição é um ativo crítico, pois são responsáveis por fazer com que a água chegue aos seus usuários finais (gerando receita). Os principais ativos que atuam para que o negócio de distribuição aconteça são: tubulações, sistemas de proteção, controle e supervisão, medidores e sistemas de manobra.

A seguir será apresentada a situação atual dos setores de abastecimento de Duque de Caxias construídos

- Setor Cidade dos Meninos

O setor Cidade dos Meninos (Figura 16) não tem reservatório implantado e nem quantidade suficiente de rede de distribuição comparada à população residente. Segundo dados do PSAM, a região possui um abastecimento precário e toda água é proveniente das 4ª e 5ª linhas pretas (Xerém e Mantiqueira) por meio de uma tubulação que cruza o setor. O abastecimento da Região é dado principalmente por poços, nascentes pequenas ou carros pipa.

Figura 16. Setor Cidade dos Meninos

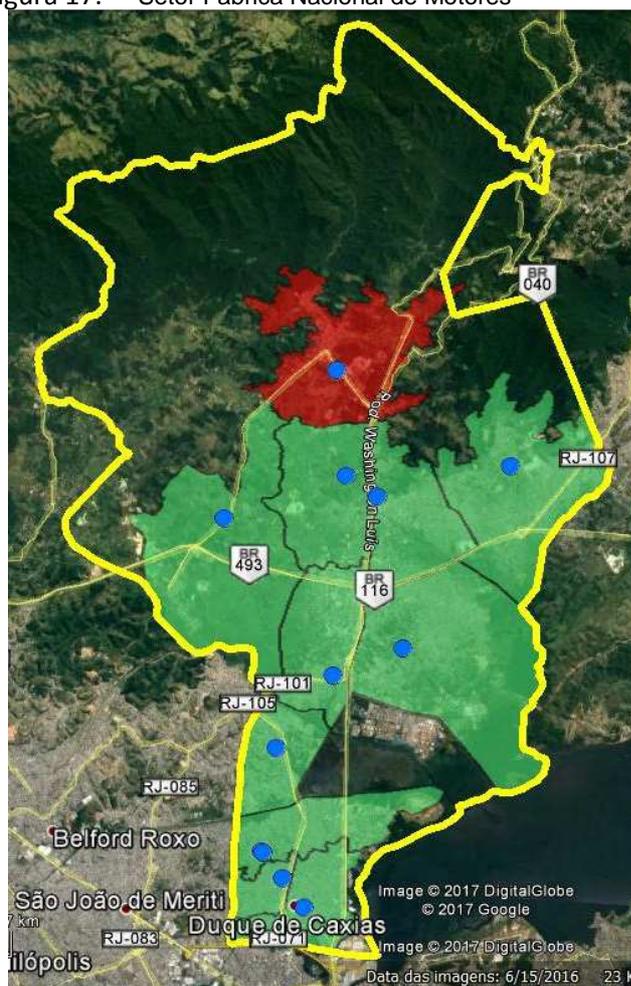


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Fabrica Nacional de Motores

Assim como o setor Cidade dos Meninos o setor Fabrica Nacional (Figura 17) de Motores não tem reservatório implantado e nem quantidade suficiente de rede de distribuição comparada à população residente. Segundo dados do PSAM, a região possui um abastecimento precário e toda água é proveniente das 4ª e 5ª linhas pretas (Xerém e Mantiqueira). O abastecimento da região é dado principalmente por poços, nascentes pequenas ou carros pipa.

Figura 17. Setor Fabrica Nacional de Motores

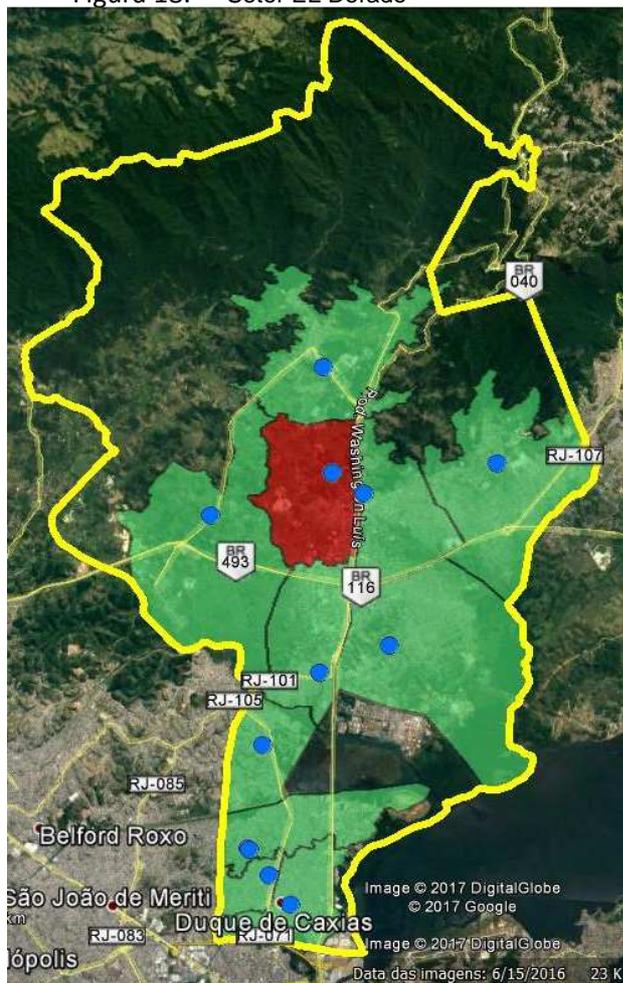


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor EL Dorado

O setor EL Dorado (Figura 18) não tem reservatório implantado e nem quantidade suficiente de rede de distribuição comparada à população residente. Segundo dados do PSAM, a região possui um abastecimento precário e toda água é proveniente das 4ª e 5ª linhas pretas (Xerém e Mantiqueira). O abastecimento da Região é dado principalmente por poços, nascentes pequenas ou carros pipa.

Figura 18. Setor EL Dorado

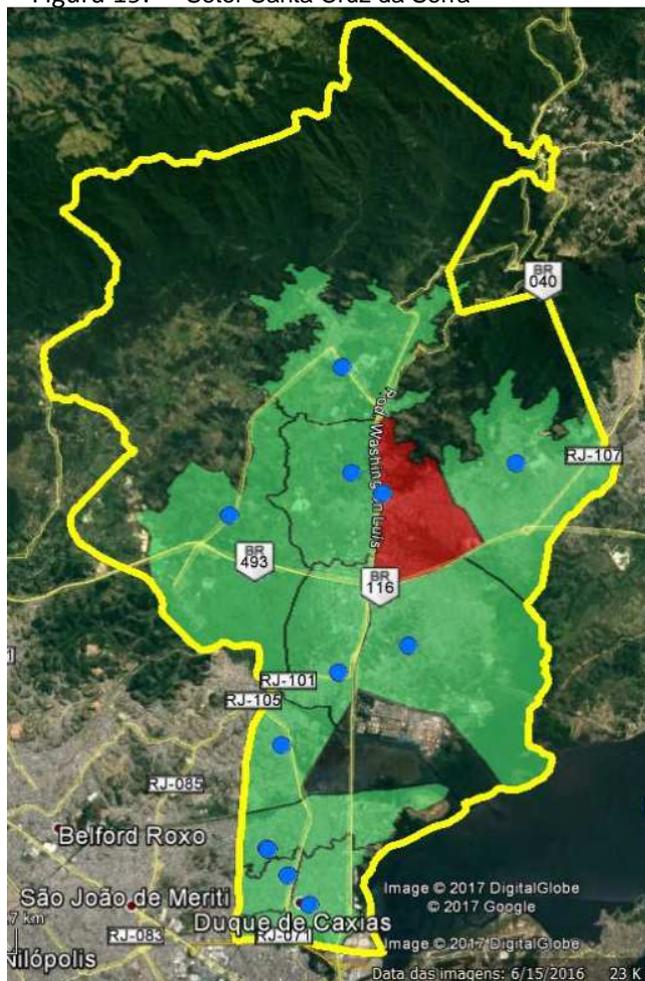


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Santa Cruz da Serra

O setor Santa Cruz da Serra (Figura 19) não tem reservatório implantado e nem quantidade suficiente de rede de distribuição comparada à população residente. Segundo dados do PSAM, a região possui um abastecimento precário e toda água é proveniente das 4ª e 5ª linhas pretas (Xerém e Mantiqueira). O abastecimento da Região é dado principalmente por poços, nascentes pequenas ou carros pipa.

Figura 19. Setor Santa Cruz da Serra

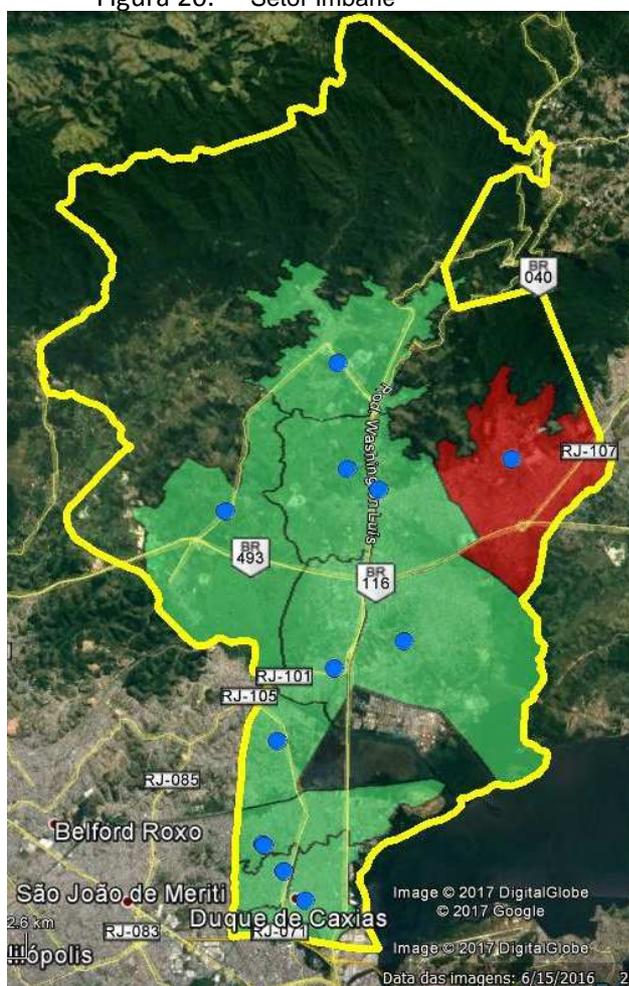


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Imbariê

O setor Imbariê (Figura 20) é abastecido pela Captação de Taquara, não foi possível obter informações confiáveis. No entanto, de acordo com funcionários da concessionária, o Sistema da Taquara é isolado, não possuindo comunicação com os demais, e composto pela captação e pela ETA da Taquara, o reservatório de Imbariê e rede de distribuição. Além disso, o quadro técnico da CEDAE informou que atualmente não realiza a cobrança da água nessa região, pois, além de estar com problemas na captação devido à seca prolongada, a represa apresentou por diversas vezes contaminação por cianobactéria, o que obrigou a companhia a interromper o abastecimento em diversas ocasiões (Nowaski, 2015). Não foi possível obter dados para caracterizar a rede de distribuição do Setor

Figura 20. Setor Imbariê

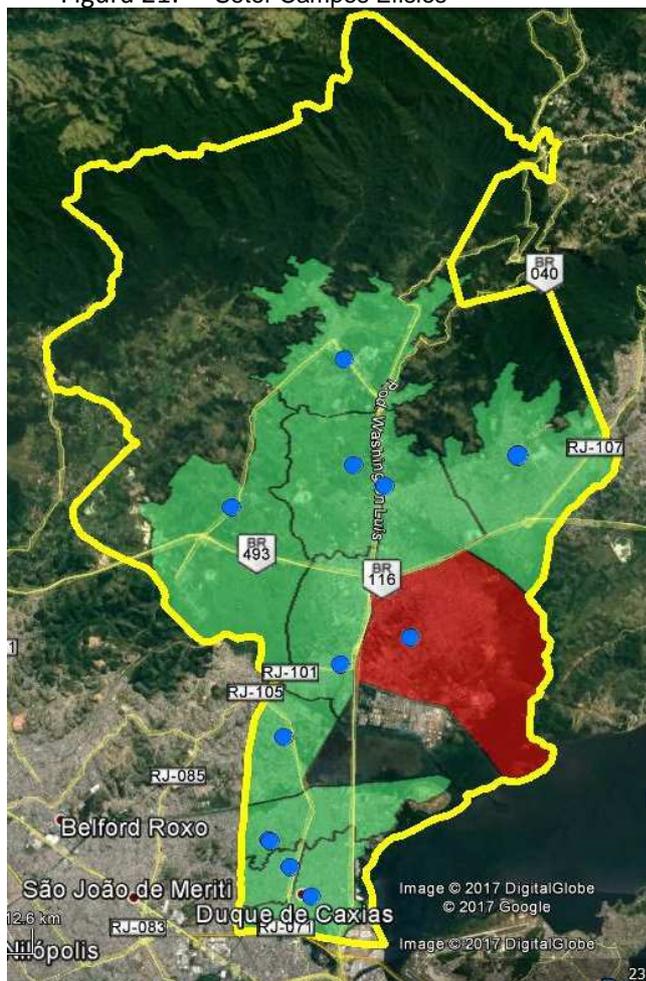


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Campos Elísios

O setor Campos Elísios (Figura 21) não tem reservatório implantado e nem quantidade suficiente de rede de distribuição comparada à população residente. Segundo dados do PSAM, a região possui um abastecimento precário e água é proveniente das 4ª e 5ª linhas pretas (Xerém e Mantiqueira).

Figura 21. Setor Campos Elísios

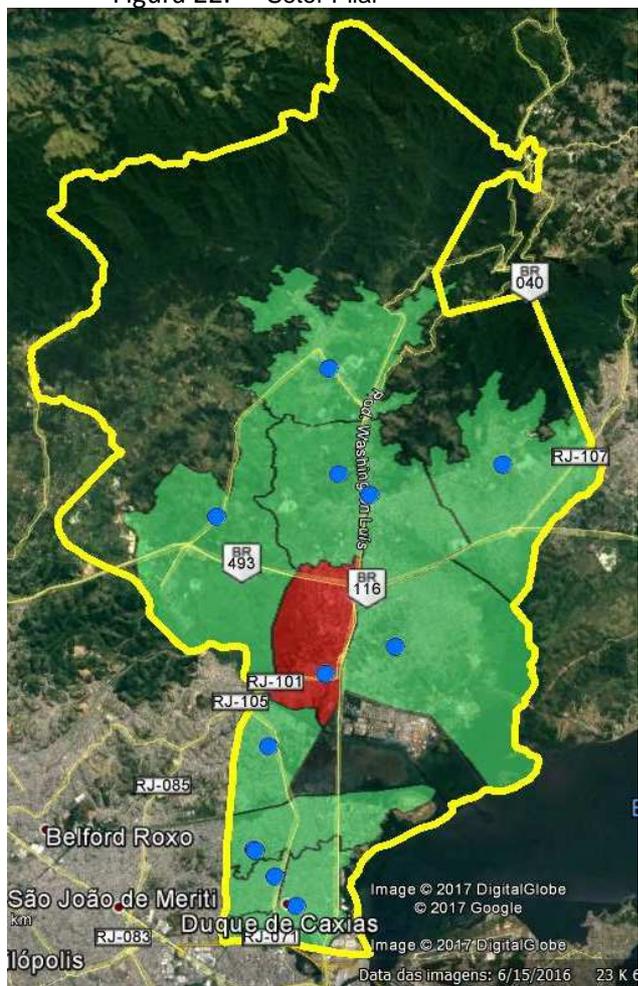


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Pilar

O setor Pilar (Figura 22) não tem reservatório implantado e nem quantidade suficiente de rede de distribuição comparada à população residente. Segundo dados do PSAM, a região possui um abastecimento precário derivado da APBF.

Figura 22. Setor Pilar

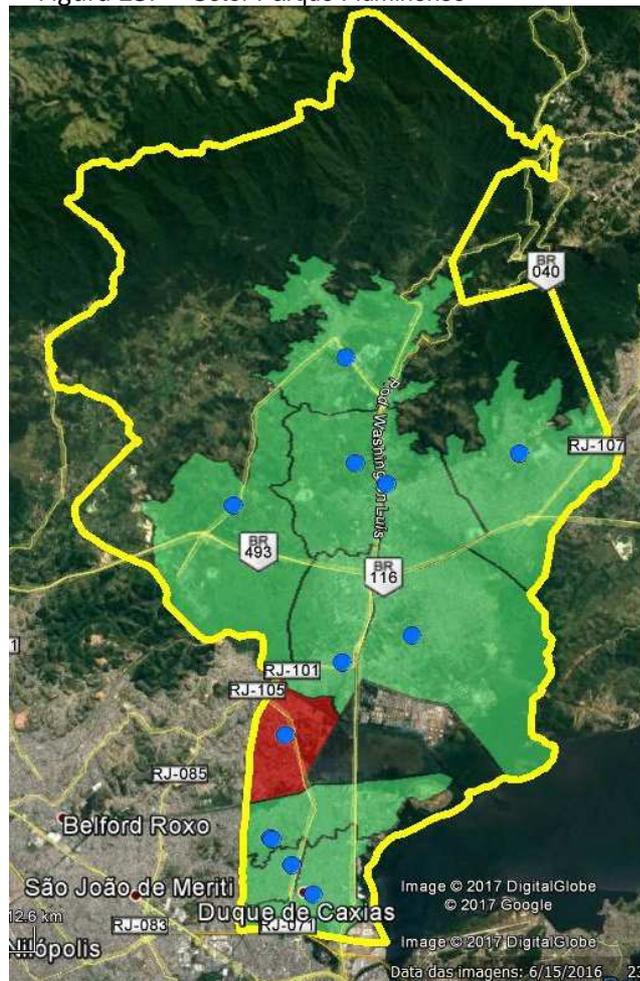


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Parque Fluminense

A partir dos dados coletados do projeto básico da “AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA PARA O MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS- 1ª etapa” (Proc. Nº E-17/100.358/2014) pôde-se identificar a rede de distribuição de água existente e elaborar a modelagem hidráulica do cenário atual do setor Parque Fluminense (Figura 23).

Figura 23. Setor Parque Fluminense

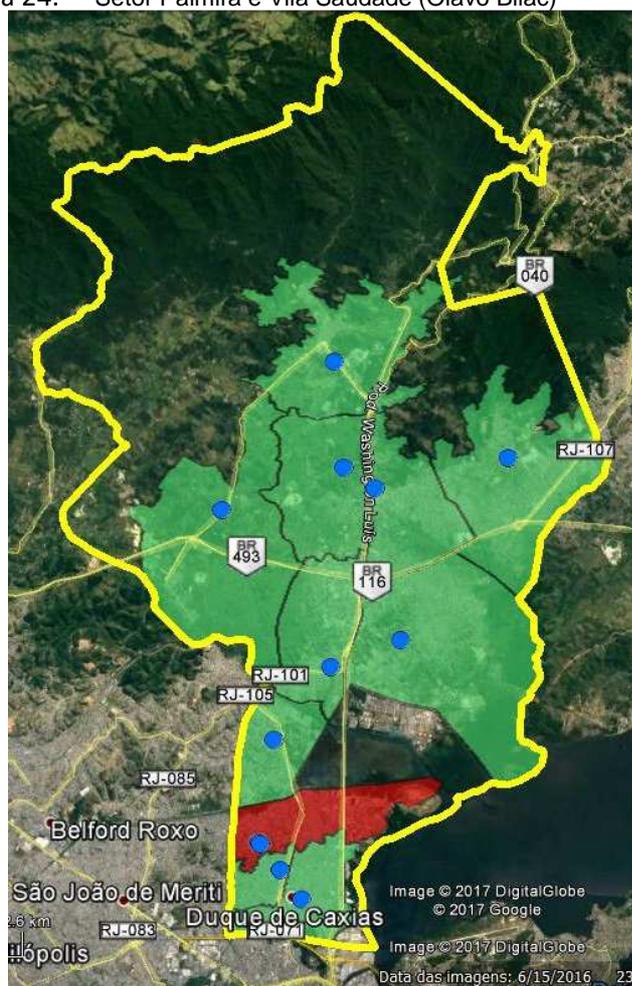


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Palmira e Vila Saudade (Olavo Bilac)

O setor Olavo Bilac (Figura 24), apesar de ter um reservatório implantado, não dispõe de informações quanto à rede de distribuição existente. Este setor é abastecido regularmente com água originada da APBF.

Figura 24. Setor Palmira e Vila Saudade (Olavo Bilac)

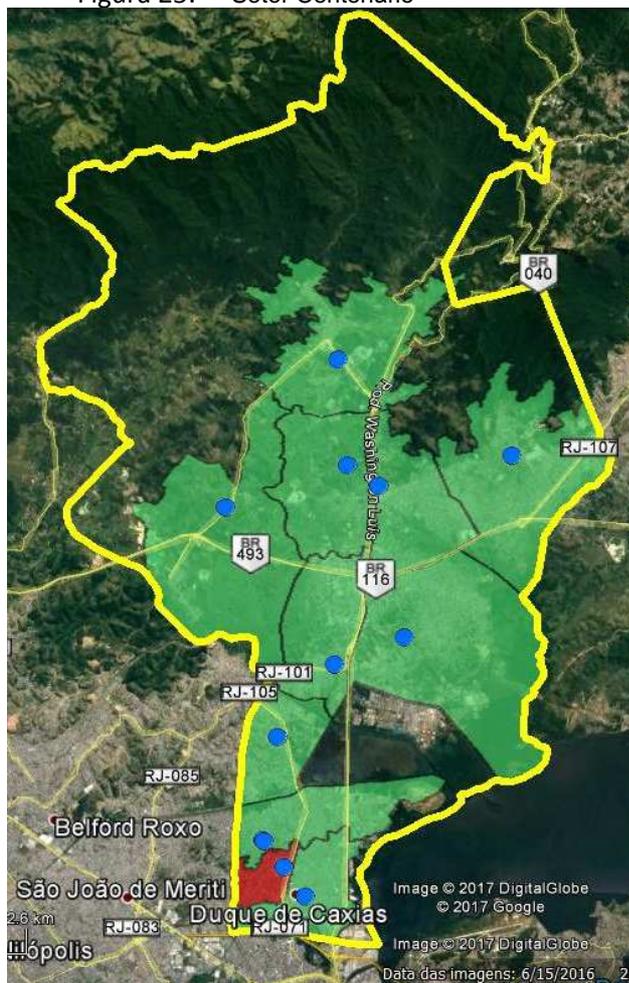


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor Centenário

A partir dos dados coletados do projeto básico da “AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA PARA O MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS- 1ª etapa” (Proc. Nº E-17/100.358/2014) pôde-se identificar a rede de distribuição de água existente e elaborar a modelagem hidráulica do cenário atual do setor (Figura 25).

Figura 25. Setor Centenário

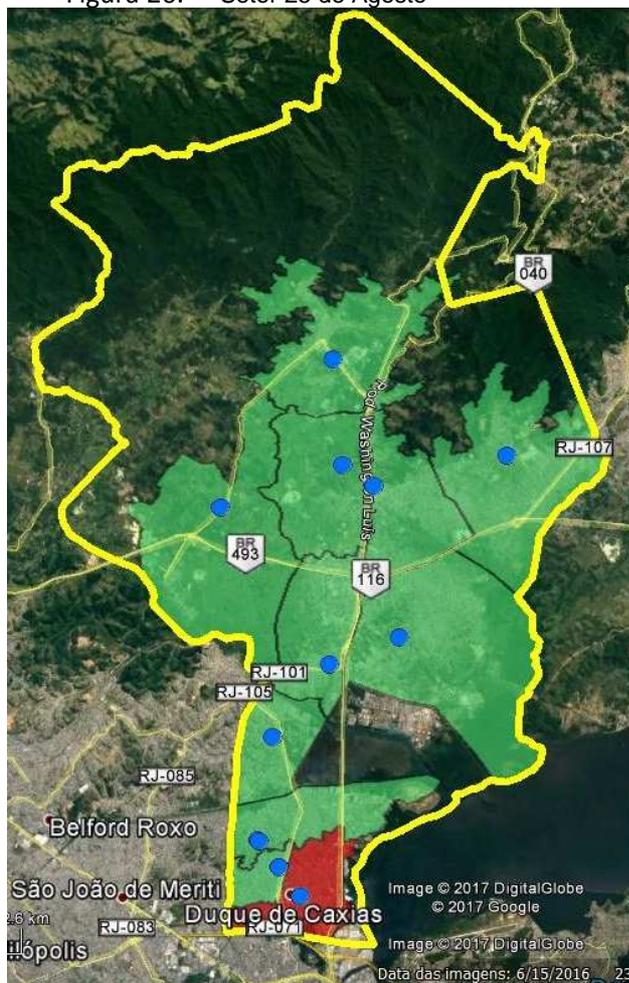


Fonte: Google Earth, 2017.

- Setor 25 de Agosto

A partir dos dados coletados do projeto básico da “AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA PARA O MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS- 1ª etapa” (Proc. Nº E-17/100.358/2014) pôde-se identificar a rede de distribuição de água existente e elaborar a modelagem hidráulica do cenário atual do setor(Figura 26).

Figura 26. Setor 25 de Agosto



Fonte: Google Earth, 2017.

5.2. INDICADORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DUQUE DE CAXIAS

Para a verificação de desempenho do sistema de abastecimento de água é essencial à utilização de indicadores que reflitam a realidade da operação do sistema. Nesse sentido, serão apresentados os indicadores a serem considerados neste plano de gestão de ativos.

5.2.1. Cobertura do Sistema

O IN023 - Índice de atendimento urbano de água é um Indicador calculado por meio da divisão da população urbana atendida com abastecimento de água pela população urbana do

Município. A fórmula utilizada para apuração dos valores do índice de atendimento urbano de água é:

$$IN_{023}(\%) = \frac{\text{População urbana atendida com abastecimento de água}}{\text{População urbana do(s)município(s)atendidos com abasteciemnto de água}} = \frac{AG026}{G06a}$$

Onde:

AG026: Valor da população urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência. Corresponde à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços. Caso o prestador de serviços não disponha de procedimentos próprios para definir, de maneira precisa, essa população, o mesmo poderá estimá-la utilizando o produto da quantidade de economias residenciais ativas de água (AG013), na zona urbana, multiplicada pela taxa média de habitantes por domicílio do respectivo município, obtida no último Censo ou Contagem de População do IBGE.

G06a: População urbana do município atendido pelo prestador de serviços com abastecimento de água. Em geral, é calculada a partir de projeções do Censo Demográfico ou de dados e taxas de crescimento obtidos com base nos últimos Censos realizados pelo IBGE.

Dentro do Plano de Gestão este Indicador reflete o mercado consumidor não alcançado, ou seja, fontes novas de receita.

5.2.2. Situação quanto a Macromedição, Micromedição

A macromedição (IN011) refere-se à quantificação de volume de água operacionalizada ao longo de diferentes pontos e operadores hidráulicos dos sistemas de abastecimento. Enquanto a micromedição (IN009) refere-se à quantificação do volume de água consumida pelo usuário em determinado ponto de abastecimento. As fórmulas utilizadas para cálculo dos Índices são:

$$IN_{011}(\%) = \frac{\text{Volume de água macromedido} - \text{volume de água exportado}}{\text{Volume de água disponibilizado para distribuição}} = \frac{AG012 - AG019}{VD}$$

Onde:

AG012: Quantidade Valor da soma dos volumes anuais de água medidos por meio de macromedidores permanentes: na saída da ETA(s), da(s) UTS(s) e do(s) poço(s), bem como no(s) ponto(s) de entrada de água tratada importada, se existirem. Unidade: 1.000 m³/ano.

AG019: Quantidade Volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) ou em UTS(s)), transferido para outros agentes distribuidores. Deve estar computado nos volumes de água consumido e faturado, nesse último caso se efetivamente ocorreu faturamento. Unidade: 1.000 m³/ano.

VD: Corresponde ao volume de água disponibilizado para distribuição. Volumes de água (produzido + tratado importado – tratado exportado).

$$IN_{009}(\%) = \frac{\text{Quantidade de ligações ativas de água micromedidas}}{\text{quantidade de Ligações Ativas de água}} = \frac{AG004}{AG002}$$

Onde:

AG004: Quantidade de ligações ativas de água, providas de hidrômetro, que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência

AG002: Quantidade de ligações ativas de água à rede pública, providas ou não de hidrômetro, que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência

Dentro do Plano de Gestão este Indicador reflete a necessidade da companhia em investir em programas de fiscalização e controle como meio de assegurar o melhor emprego dos recursos, prevenir ou reduzir fraudes, desperdícios ou abusos, contribuindo assim para o cumprimento das metas.

5.2.3. Situação Quanto ao Índice de Perdas

O SNIS determina o índice de perdas através da relação entre o volume produzido disponibilizado (volume produzido subtraindo o volume de serviço) e o volume consumido, esse critério é chamado de perda total.

$$IP(\%) = \frac{Q_{prod} - Q_{cons}}{Q_{prod}} \cdot 100 = \frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG006 + AG018 - AG024}$$

Onde:

AG006: Volume anual de água disponível para consumo. É a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na unidade de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na saída da ETA. Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva entrada do sistema de distribuição. Unidade: 1.000 m³/ano.

AG018: Volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) ou em UTS(s)), recebido de outros agentes fornecedores. Unidade: 1.000 m³/ano.

AG024: Valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado. As águas de lavagem das ETA não devem ser consideradas. Unidade: 1.000 m³/ano.

AG010: Volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido (AG008), o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviços. Unidade: 1.000 m³/ano.

Dentro do Plano de Gestão este Indicador reflete o estado de conservação da rede de distribuição, portanto a necessidade de intervenções de manutenção e de investimentos para substituição de um Ativo considerado crítico.

5.3. GESTÃO DE ATIVOS

O diagnóstico realizado nesse estudo tem intuito de apresentar informações para permitir a preposição de um plano de Gestão de Ativos para a otimização do sistema de abastecimento de água do Município de Duque de Caxias. Este trabalho foi baseado, sobretudo, nas informações disponíveis do Plano Diretor, nas visitas de campo realizadas em Novembro de 2016 e no PSAM – Estudo Regional de Saneamento Básico – SEA, além dos indicadores do SNIS apresentados anteriormente no item 5.2

O PGA apresentado neste estudo conterà uma classificação dos ativos dentro de uma matriz de risco (ver item 4.1.4) e sugerirá um plano de ação de investimentos, com os respectivos custos, para a melhoria no sistema de abastecimento de Duque de Caxias.

5.3.1. Estudo Populacional

Para o PGA um estudo populacional serve de elemento balizador, oferece um cenário futuro adequado para o planejamento e dimensionamento dos componentes futuros dos sistemas de água, principalmente quando da análise da necessidade de ampliação do atendimento. Estes sistemas devem ser projetadas para atender a uma determinada população correspondente ao crescimento demográfico em certo número de anos. A esse período de tempo, chama-se período de projeto ou horizonte de projeto, sendo adotados 20 anos para este estudo.

5.3.2. Projeção Populacional

Tomando como base os dados anteriormente apresentados (item 5.1.1), foram realizadas projeções da população urbana da Área de Projeto para o ano de 2035 (período de projeto), das diversas alternativas foi adotado o método de Polinomial de 2ª ordem por apresentar a mais elevada projeção para o final do horizonte de 20 anos.

Deve-se considerar que os métodos matemáticos consideram apenas uma tendência do comportamento populacional, não considerando fatores que podem interferir fortemente na curva de crescimento, como por exemplo, mudanças políticas e socioeconômicas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Diagnóstico do Sistema de abastecimento de água do Município de Duque de Caxias

O diagnóstico do sistema de abastecimento de água de Duque de Caxias se baseou, conforme detalhado na metodologia (item 5.1.2) em avaliação em loco, dados levantados junto à concessionária e modelagem hidráulica utilizando o EPANET. Os resultados encontrados são discutidos a seguir.

6.1.1. Adução

Devido à elevada quantidade de ligações irregulares e a falta do seu controle e fiscalização, muitas adutoras operam em marcha, ou seja, como tronco distribuidor. Deste modo é dificultado o abastecimento controlado da região, impossibilitando a detecção de problemas associados às demandas locais.

A elevada complexidade do sistema de adução torna dificultosa a operação do sistema adutor na Baixada Fluminense como um todo, inclusive o sistema alimentador de Duque de Caxias, por causa das múltiplas fontes de produção de água e sua intermitência. A falta de um controle das vazões e pressões da rede (Macro medição) também contribui para dificuldade maior de operação do sistema de adução, pois não se quantifica efetivamente os volumes consumidos pelos setores de distribuição, e ainda não se detecta vazamentos como descargas com mau funcionamento ou reservatórios com extravasamentos contínuos.

6.1.2. Boosters

Não foi possível visitar ou obter informações dos boosters que influenciam no abastecimento de Duque de Caxias. Portanto não foi possível identificar as dificuldades ou problemas existentes. No entanto, pode-se citar que um booster precisa de manutenção continua por ser uma unidade que funciona ininterruptamente e sofre dos problemas pertinentes a motores elétricos e vida útil dos equipamentos eletromecânicos.

6.1.3. Reservatórios

Falta de segurança encontrada em muitas das áreas próximas a essas infraestruturas contribui para uma maior dificuldade na manutenção da qualidade da água, assim como do serviço prestado.

Foram registrados problemas contínuos de vandalismos e furtos, que tiram de operação grande parte dos equipamentos dos reservatórios, configurando-se em enormes

danos ao patrimônio público. Como solução para tal infortúnio a CEDAE termina por realizar um “by pass” do reservatório.

A Tabela 6, como já apresentado anteriormente, demonstra a lista dos reservatórios que atualmente encontram-se inoperantes.

Tabela 6. Reservatórios inoperantes

Sigla	Setor de Abastecimento	Situação	Volume
PL	Palmira	Desativado	2.500m ³
VS	Vila Saudade	Desativado	7.500m ³

Considerando que o volume atual dos reservatórios existentes seja suficiente para atender as demandas diárias dos setores implantados, a não operação dos reservatórios de Palmira e Vila Saudade traz, conseqüentemente, um déficit na capacidade de Reserva na ordem de 13% (Tabela 7), quando comparado ao volume total dos reservatórios existentes.

Tabela 7. Reservação

Volume de Reservatórios totais em 2010	Volume de Reservatórios em Operação em 2010	Demanda de Reservação em 2010 16	Déficit em 2010
42.500 m ³	32.500 m ³	37.461 m ³	13%

Deve-se considerar os setores de distribuição, previstos no Plano Diretor, possuem apenas projeto para implementação de reservatório como é o caso dos seguintes setores de Distribuição: Pilar, Campos Elísios, Fábrica Nacional de Motores, Eldorado, Cidade dos Meninos, Santa Cruz da Serra.

6.1.4. Rede de distribuição

Inicialmente deve-se destacar que os setores Cidade dos Meninos, Fabrica Nacional de Motores, Eldorado, Santa Cruz da Serra, Campos Elisios e Pilar, convivem com dois cenários : abrangência de rede de distribuição pouco significativa e abastecimento precário onde ela existe. Portanto não é possível diagnosticar a rede de modo confiável.

Nos outros Setores faltam dados precisos em relação à localização da rede existente dificultando cadastro confiável ou, ainda, a identificação de conexões irregulares.

Além disso, e em função da intermitência do abastecimento ou a não existência dos reservatórios, a concessionaria acaba por intercalar ou sobrepor setores de abastecimento para minimizar este problema e, no entanto, trazendo prejuízo ao controle na rede.

Em certas áreas, onde ocorrem pressões muito baixas, existem consumidores que, indevidamente, instalam bombas succionando água da distribuição, alterando as pressões na rede, o que dificulta ainda mais o esquema de manobras, além de colocar em risco a qualidade da água distribuída

A inexistência de cadastro da tubulação assentada impede a identificação de sua idade, postergando sua substituição, aumentando a susceptibilidade de vazamentos

Os modelos matemáticos da rede existente (Apêndice I) aplicados aos setores Parque Fluminense, Centenário e 25 de Agosto, indicam abastecimento precário, obrigando a operação da CEDAE a adotar um regime de manobras na rede de distribuição. Assim, algumas áreas acabam recebendo água durante algumas horas por dois ou três dias na semana. A seguir serão resumidos os resultados da modelagem dos setores supracitados:

- Setor Parque Fluminense

Os resultados da modelagem hidráulica identificam a existência de diversos nós com pressões abaixo dos 10mca recomendado por Norma (Tabela 21), retratando um problema no abastecimento na região (bairro de Vila São José). Ao compararmos o nível de água do reservatório (NA 40m) com as cotas do terreno do setor, deduz-se que o NA 40m é suficiente para atender todo o Setor, portanto a origem do problema está na elevada perda de carga na rede, alcançando valores de 60,2m/km. O detalhamento da modelagem deste setor encontra-se no Apêndice I, item 9.1.1.

- Setor Centenário

Pela modelagem as pressões estão entre de 10mca e 50mca (recomendado por Norma) com a exceção do nó 5 (Tabela 23, que se encontra próximo ao reservatório na cota 42m (NA do Reservatório 45m), isto demonstra que a região do entorno do reservatório sofre com baixas pressões.

As velocidades encontram-se abaixo dos 3m/s e a perda de carga abaixo de 8m/km. Portanto a rede de distribuição está adequada e bem dimensionada para o abastecimento do setor. O detalhamento da modelagem deste setor encontra-se no Apêndice I, item 9.1.2.

- Setor 25 de Agosto

Existem diversos nós com pressões abaixo dos 10mca mínimo recomendada por Norma (Tabela 25), demonstrando um problema no abastecimento na região. Com destaque par aos bairros de Bar dos Cavaleiros, Centro e Doutor Laureano. Ao comparar-se o nível de

água do reservatório (NA 53m) com as cotas do terreno do setor, deduz-se que o NA 53m é suficiente para atender todo o setor. Portanto a origem do problema está na elevada perda de carga na rede que alcançam 75,38m/km. O detalhamento da modelagem deste setor encontra-se no Apêndice I, item 9.1.3.

6.1.5. Análise Resumida das Condições Operacionais

Em relação às adutoras pode-se constatar que estas se encontram operando de maneira regular, já que aduzem água tratada sem a ocorrência de acidentes. É importante enfatizar a indefinição da faixa de domínio da adutora da linha de Xerém e Mantiqueira, integrantes das Cinco Linhas Pretas do Sistema Acari, uma vez que diversos trechos, esta foi absorvida pelos terrenos e edificações particulares. Isso dificulta ações de manutenção e possibilitando derivações clandestinas cujas localizações e diâmetros são desconhecidos.

Existem inúmeras queixas e reclamações feitas pela população, no que diz respeito às faltas frequentes de água. Em razão a CEDAE realiza um o grande número de manobras efetuadas pelo distrito de abastecimento, como rotina de operação. Conforme informado no Estudo Regional de Saneamento Básico-PSAM, essas manobras efetuadas também visam minimizar algumas restrições impostas pelo sistema existente, tais como: insuficiência de cota piezométrica; necessidade de atendimento de setores deficitários e falta de reservação setorial adequada.

Apesar de o Plano Diretor ditar uma delimitação nas áreas sob influência dos reservatórios, os Setores de Abastecimento, essa delimitação na prática não é respeitada. É comum compensar a falta de disponibilidade de água num setor retirando água de outro.

Dados apurados no ano 2006, referentes ao ano de 2000, do estudo sócio econômico dos municípios do Rio de Janeiro (publicado pelo Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro) apresentariam o seguinte panorama do Município de Duque de Caxias:

- 69,3% dos domicílios com acesso à rede de distribuição, 27,9% com acesso à água através de poço ou nascente e 2,7% possui outra forma de acesso, sendo o total distribuído de 90 000 m³/d, dos quais 74% passam por tratamento convencional e o restante por simples desinfecção.
- 57,1% dos domicílios tem acesso a rede coletora de esgoto, 20,9% têm fossa séptica, 4,3% utilizam fossa rudimentar, 13,2% estão ligados a uma vala, e 3,5% são lançados in natura em corpos hídricos.

- 88,9% dos domicílios com coleta regular de lixo, 3,6% têm seu lixo jogado em terreno baldio ou logradouro, e 6,8% são queimados. O total de resíduos sólidos coletados é de 730 toneladas por dia, cujo destino são 4 vazadouros a céu aberto (lixões), 4 vazadouros em áreas alagadas, 4 aterros controlados, 4 aterros sanitários e 4 aterros de resíduos especiais.

Constatou-se que 86,5% da população caxiense é atendida com abastecimento de água, mesmo que de maneira intermitente, apesar dos problemas averiguados no sistema de abastecimento. Neste caso, a inexistência de volume de reservação não se mostrou fator limitante para o abastecimento. Isso demonstra que no Plano de Gestão de Ativos a reservação não deva ser priorizada. Contudo sua importância no controle das vazões de adução não pode ser tecnicamente subestimada.

Uma análise mais precisa no Município de Duque de Caxias, requer a utilização de dados confiáveis quanto à rede de distribuição existente. Porém, alguns benefícios para a população estão presentes.

6.2. Plano de Gestão de Ativos do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias

6.2.1. Falhas no Desempenho no Sistema

Para medir a exposição ao risco de falha é necessário criar um indicador que reflita a experiência da concessionária e seu histórico de falhas. Sendo assim, este estudo propõe, a exemplo do caso de Portland¹, uma Matriz de Avaliação de Riscos (Tabela 8) para ser aplicado a todos os principais ativos do sistema de abastecimento de Duque de Caxias.

Tabela 8. Matriz de Avaliação de Falhas

Probabilidade de Falha	Impacto da Falha		
	Baixo	Médio	Alto
Baixo	1	2	3
Médio	2	3	4
Alto	3	4	5

6.2.1.1. Adução

A falta de controle de medição e o fato das adutoras trabalharem em marcha (como troncos distribuidores) contribuem para o aumento do risco de falha (vazamentos) podendo ser avaliado como risco médio, e o impacto de seu não funcionamento é o interrompimento do abastecimento, portanto alto. No entanto, considerando que em Duque de Caxias, grande

¹ Ver Item 4.1.2.3

parte das residências possuem cisternas ou caixas d'água, e que a resposta da CEDAE para a manutenção em grandes adutoras é razoavelmente rápido, pode-se diminuir seu impacto para médio.

- Índice na Matriz de avaliação: 3

6.2.1.2. Boosters

O porte do booster que influencia o abastecimento de Duque de Caxias (Booster da Baixada) lhe dá um destaque no sistema. No entanto como não foi possível verificar suas condições, não há como avaliar seu risco de falhas. Entretanto considerando o impacto no abastecimento, a mão-de-obra especializada necessária para sua manutenção e o elevado valor monetário das peças de reposição, este pode ser classificado como de alto impacto.

- Índice na Matriz de avaliação: 5

6.2.1.3. Reservatórios

Os reservatórios de distribuição existentes em Duque de Caxias são estruturas em concreto armado e, apesar da manutenção precária, estão em carga. Sendo assim, considerou-se seu risco de falha baixo. Lembrando que a função principal de um reservatório de distribuição é servir de reforço ao abastecimento durante a hora de maior consumo, e que a maioria das residências no Município tem suas caixas d'água, o impacto de sua falha também foi interpretado como baixo.

- Índice na Matriz de avaliação: 1

6.2.1.4. Rede de distribuição

A ausência de micro medição e de fiscalização sobre ligações clandestinas e vazamentos faz com que a rede de distribuição tenha um elevado risco de falhas. Todavia sendo o impacto de seu não funcionamento de efeito isolado, este pode ser considerado baixo.

- Índice na Matriz de avaliação: 2

6.2.2. Vida Útil Restante dos Ativos

Estimar a vida útil efetiva de um ativo é a prática chave de gerenciamento de ativos, apesar da clara dificuldade em determinar o término da vida útil de um ativo enterrado ou, em muitos casos, inacessível. Essa incerteza afeta a confiabilidade do planejamento financeiro a longo prazo, pois ao ser capaz de identificar o momento em que o componente irá atingir o fim

de vida útil, na aplicação dessa metodologia, permitirá calcular o risco específico de cada componente, reduzindo os custos e melhorando o desempenho das unidades e equipamento. O gestor poderá, de forma segura, postergar as intervenções e programar o momento mais propício para atuar, capturando com isso os benefícios da manutenção preditiva e do aproveitamento de outros serviços na instalação.

Existem várias abordagens disponíveis para avaliar a piora na condição física de um tubo, como depreciação, perda de seção etc. Essas abordagens podem ajudar a estimar o ciclo de vida de um tubo. No entanto, a ausência de dados de condição física foi um obstáculo para a realização desta estimativa neste estudo.

6.2.2.1. Adução

As tubulações de adução implantadas pela CEDAE, em sua maioria, são em ferro fundido ou em aço (APBF), portanto, sua vida útil pode ser considerada como indeterminada. Este é o caso das Linhas pretas que, apesar de terem sido implantadas entre os anos de 1877 a 1909, estão funcionando até hoje.

Contudo as adutoras trabalham em marcha e sofrem com as ligações clandestinas, causando diversos vazamentos que muitas vezes inviabilizam a operação da adutora. Nestas situações o propósito de transportar a água até um reservatório fica prejudicado, além dos problemas associados à perda de carga devido à diminuição de seção do tubo por incrustações.

Nesse sentido, pode-se considerar que todas as adutoras que procedem o abastecimento de água de Duque de Caxias, atualmente, necessitam de manutenção ou substituição, conseqüentemente já alcançaram o final de sua vida útil.

6.2.2.2. Boosters

Deve-se considerar, vida tecnológica dos equipamentos eletromecânicos (obsolescência), pois um sistema pode tornar-se caro ou impraticável para manter, ou não ter capacidade de atender à demanda atual, mesmo que ainda seja teoricamente reparável ou operável em geral.

Como não foram obtidos dados consistentes quanto a situação atual dos Boosters de Duque de Caxias não há como estimar sua vida útil restante.

6.2.2.3. Reservatórios

Considerando a operação inadequada dos reservatórios de Duque de Caxias, já relatados anteriormente, sua vida útil restante depende do nível e custo da revitalização necessária comparada ao custo da implantação de um novo reservatório.

6.2.2.4. Rede de distribuição

A falta de dados referentes às informações da rede existente impossibilita a determinação da vida útil restante desse ativo. No entanto, como se pode perceber nos modelos matemáticos aplicados para rede existente dos setores Parque Fluminense, Centenário e 25 de Agosto (Apêndice I), esta estrutura não cumpre com seu papel adequadamente.

6.2.3. Projeção Populacional

Com base na projeção populacional adotada (item 5.4.2) foram elaboradas as Tabelas 9 e 10 que apresenta a densidade por Setor de Distribuição de Água ao longo do horizonte de projeto adotado.

Tabela 9. Crescimento populacional por Setor de abastecimento – Parte 1 de 2

Setor de Abastecimento	2015			2020			2025		
	População Residente	Índice de Atendimento ⁽¹⁾	População Abastecida	População Residente	Índice de Atendimento ⁽¹⁾	População Abastecida	População Residente	Índice de Atendimento ⁽¹⁾	População Abastecida
	Hab.	%	Hab.	Hab.	%	Hab.	Hab.	%	Hab.
25 de Agosto	156.183	86,24	134.692	169.458	89,74	152.072	180.391	93,24	168.197
Campos Elíseos	133.400		115.044	144.739		129.888	154.077		143.661
Centenário	64.497		55.622	69.979		62.799	74.494		69.458
Cidade dos Meninos	12.624		10.887	13.697		12.291	14.580		13.595
Eldorado	36.318		31.321	39.406		35.363	41.948		39.112
Fáb. Nac. de Motores	47.625		41.072	51.673		46.371	55.007		51.288
Imbariê	111.474		96.135	120.949		108.540	128.752		120.048
Palmira	93.207		80.382	101.130		90.754	107.655		100.377
Parque Fluminense	81.890		70.622	88.851		79.735	94.583		88.190
Pilar	62.611		53.996	67.933		60.963	72.316		67.428
Santa Cruz da Serra	57.499		49.587	62.386		55.985	66.411		61.921
Vila Saudade	25.401		21.906	27.560		24.733	29.338		27.355
Total	882.729		761.287	957.761		859.495	1.019.552		950.630

⁽¹⁾ Foi Adotado um aumento do índice de atendimento de 3,5% a cada 5 anos

Tabela 10. Crescimento populacional por Setor de abastecimento – Parte 2 de 2

Setor de Abastecimento	2030			2035		
	População Residente	Índice de Atendimento ⁽¹⁾	População Abastecida	População Residente	Índice de Atendimento ⁽¹⁾	População Abastecida
	Hab.	%	Hab.	Hab.	%	Hab.
25 de Agosto	188.981	96,74	182.821	195.229	100	195.229
Campos Elíseos	161.414		156.152	166.750		166.750
Centenário	78.041		75.497	80.621		80.621
Cidade dos Meninos	15.274		14.777	15.779		15.779
Eldorado	43.945		42.513	45.398		45.398
Fáb. Nac. de Motores	57.626		55.748	59.531		59.531
Imbariê	134.883		130.486	139.342		139.342
Palmira	112.781		109.104	116.509		116.509
Parque Fluminense	99.087		95.857	102.363		102.363
Pilar	75.760		73.290	78.264		78.264
Santa Cruz da Serra	69.573		67.305	71.873		71.873
Vila Saudade	30.735		29.733	31.751		31.751
Total	1.068.102			1.033.282		1.103.411

⁽¹⁾ Foi Adotado um aumento do índice de atendimento de 3,5% a cada 5 anos

6.2.4. Estratégias de Investimentos

Com a averiguação dos problemas no serviço de abastecimento de água é possível definir estratégias de investimento para revitalizá-lo e ampliar os ativos do Sistema de Abastecimento.

6.2.4.1. Medidas não estruturais

1. Implantação e operação de novos sistemas e mecanismos de gestão dos serviços mais eficientes, utilizando abordagens espacialmente integradas, envolvendo os governos municipais, estadual e federal, além da concessionária;
2. Atualização e consolidação da base de dados cadastrais das infraestruturas existentes, produzindo um aumento do conhecimento sobre o sistema,
3. Criação e manutenção de um sistema integrado de monitoramento dos recursos hídricos (macro e micro medição), associado a um sistema de informação dos serviços de saneamento com estudos aplicados e pesquisa;
4. Programas intensivos de integração e sensibilização da sociedade civil através de iniciativas de educação, formação e informação (considerando que atualmente a CEDAE já pratica timidamente¹);
5. Avaliação sistemática e revisão do Plano Diretor, através da análise do grau de realização do mesmo e da incidência desta no estado do sistema de saneamento e dos recursos hídricos do Município.

Além disso deve ser considerada como medida fundamental a capacitação e qualificação do quadro de funcionários da CEDAE, fortalecendo a UniverCEDAE, um instituto criado no plano estratégico da companhia para atender esta demanda da empresa.

6.2.4.2. Medidas para elaboração do PGA de Duque de Caxias

As medidas elencadas aqui, estruturais ou não, são baseadas no diagnóstico do sistema de abastecimento de água de Duque de Caxias (item 6.1) esquematizado na Figura 7, anteriormente apresentada.

- Recuperação da Infra estrutura Existente

¹ Programas: Toda gota conta(2015), Esbanja e Manera (2015) e Revista cuidando do Plante (2012).

A existência de infraestruturas para a distribuição de água na região torna necessário avaliar a situação da unidade antes de propor uma (re) ativação, pois podem não se encontrar em condição de operar. Portanto, é indispensável a recuperação e readequação de toda a infraestrutura de saneamento existente (Reservatórios de Palmira e Vila Saudade, tubulações com vazamentos, etc.) de modo a permitir a modernização dos equipamentos.

- Fortalecimento do Programa de Redução de Perdas

Como foi verificado pelos dados do SNIS a CEDAE tem, até o ano 2015, um índice de perdas de 40,65%. Portanto é fundamental o fortalecimento do Programa de Redução de Perdas, proporcionando uma maior eficiência e eficácia dos sistemas de abastecimento de água e reduzindo custos.

A melhoria do índice de perdas é alcançada através de um programa que combata as perdas físicas (vazamentos em tubulações, equipamentos e estruturas do sistema) e não físicas (volumes decorrentes de imprecisão de micromedição, falhas na gestão comercial, furtos de água e fraudes que também correspondem a volume de água consumido, porém não medidos).

Segundo GOMES (2009), Um Programa de redução de perdas deve conter as seguintes ações:

Ações para redução de perdas reais.

- a) Gerenciamento da infra-estrutura;
- b) Implantação de obras de ressetorização;
- c) Controle de pressões;
- d) Agilidade e qualidade do reparo de vazamentos.

Ações para redução de perdas aparentes.

- a) Gerenciamento da micromedição;
- b) Gerenciamento da macromedição;
- c) Combate a fraudes e ligações clandestinas;
- d) Melhoria do cadastro comercial e do processo de apuração de consumo.

Ações para melhoria dos sistemas de informação e gestão.

- a) Implantação de sistemas de Gestão Comercial, Operacional e de Macromedição/Micromedição geográficamente referenciados.

Ações complementares.

- a) Desenvolvimento de Indicadores;
- b) Estudos isolados para Favelas e área invadidas;
- c) Qualificação e certificação de profissionais;
- d) Divulgação.

- Proteção dos Mananciais.

Adoção de medidas de proteção da Represa da Taquara, pois este sofre constantemente influências antrópicas diversas contribuindo para a poluição das águas captadas.

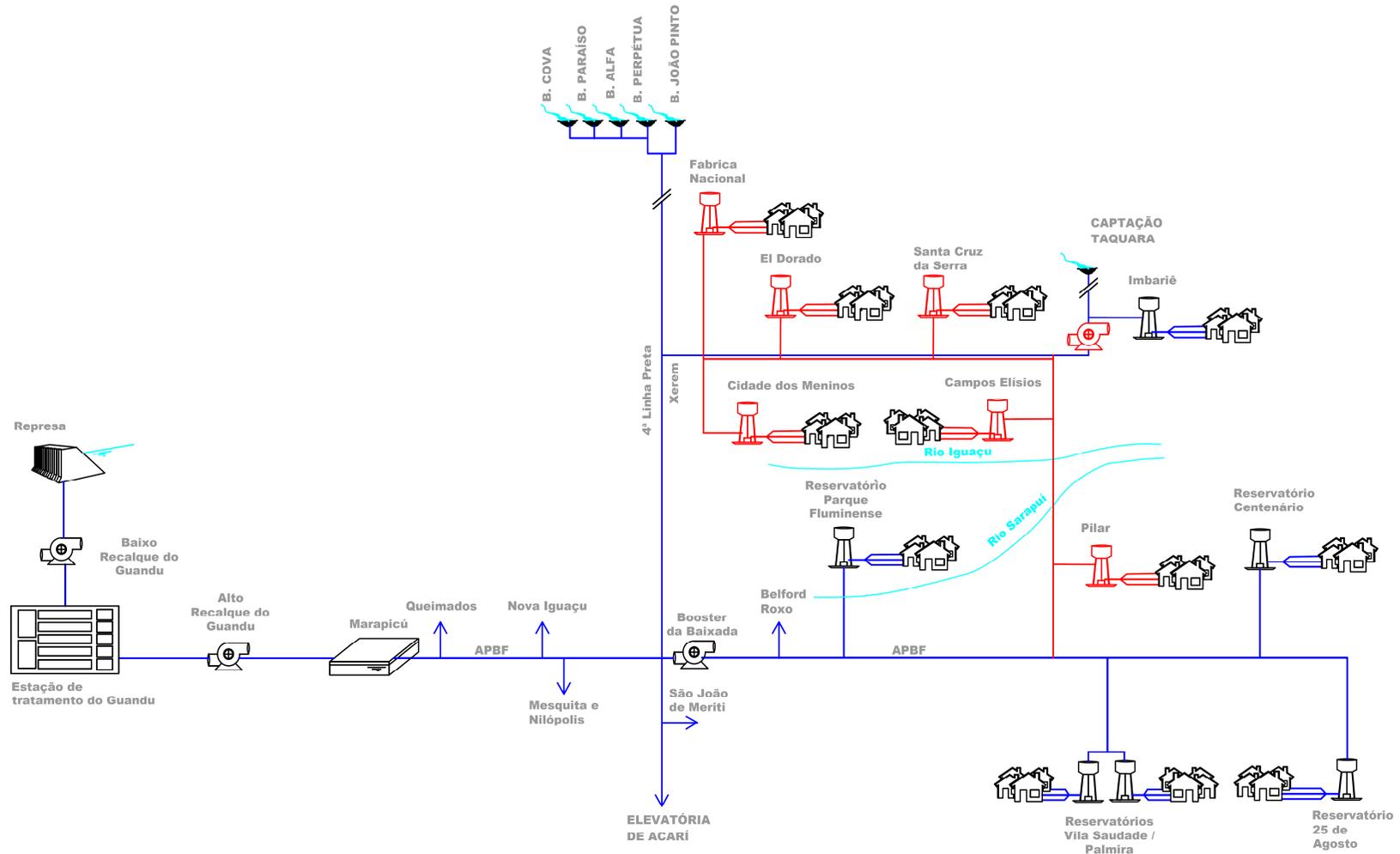
6.2.4.3. Adução

Em curto prazo, recomenda-se a verificação das Adutoras que operam irregularmente como tronco distribuidor e sua substituição ou eliminação das ligações irregulares.

Para médio e longo prazo e seguindo o Plano Diretor é preciso iniciar a implantação das adutoras previstas e a implementação da Macromedição para o aumento do controle das vazões e pressões da rede.

A Figura 27 apresenta um esquema de adutoras e reservatório, para o Município de Duque de Caxias, previsto pelo Plano Diretor.

Figura 27. Esquema de Adução e Reservação proposto pela Revisão do Plano Diretor.



6.2.5. Ações Para Emergências

Um sistema de abastecimento está passível de situações de emergência e contingência, portanto, como é presumido de um PGA, é apresentada uma série de ações a serem tomadas associadas as suas causas geradoras:

Problema 1: Danificação de equipamentos

Ações:

- 1- Identificação dos equipamentos danificados e avaliação;
- 2- Contato imediato com o setor de manutenção e reparos;
- 3- Execução de manobra necessarias para o reestabelecimento do abasteciemento.

Problema 2: Vandalismo

Ações:

- 1- Contato imediato com a Polícia e o setor de segurança patrimonial;
- 2- Execução de reparos necessários aos equipamentos danificados;
- 3- Cálculo e consequente manobra do sistema de abastecimento entre os setores de distribuição para atendimento total da população.

Problema 3: Rompimento da Rede

Ações:

- 1- Isolamento da área e interrupção do abastecimento do trecho com vazamento;
- 2- Comunicação do fato para a população e administração pública;
- 3- Execução do reparo e reestabelecimento do abasteciemento.

Problema 4: Vazamento de materiais poluidores à montante das captações

Ações:

- 1- Identificação e isolamento das areas atingidas e da população do entorno na área;
- 2- Comunicação à população, polícia e órgãos ambientais responsáveis;
- 3- Remoção do poluente do sistema de abastecimento

- 4- Monitoramento constante da qualidade de água até que volte ao padrão de potabilidade.

As ações de emergência e contingência apresentam a necessidade real de contínuo monitoramento do sistema. Além disso, deve-se sempre destacar o papel de fundamental na relação entre Concessionária dos Sistemas de Distribuição com as diversas instituições públicas capazes de contribuir para a prevenção ou remediação dos possíveis problemas a serem enfrentados na operação dos mesmos.

6.2.6. Estimativa de Custos de Implantação de Novas Unidades e Rede

Conforme as informações fornecidas pela AGENERSA, os serviços de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias estão a cargo da Companhia Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE. E segundo as informações do próprio sítio da CEDAE, estão em andamento obras para ampliar o abastecimento de água de Duque de Caxias.

As obras são resultantes de um investimento, da ordem de R\$ 3,4 bilhões, que faz parte do Programa de Abastecimento na Baixada Fluminense. A Tabela 11 descreve a obra de saneamento em andamento atualmente em Duque de Caxias. Destaca-se que R\$57.140.216,69 já estão sendo investidos pela concessionária.

Tabela 11. Obras em andamento no Município de Duque de Caxias

Título do Projeto	Descrição	População Beneficiada	Valor
RM6124 - Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água de Diversas Localidades do Município de Duque de Caxias (1ª Etapa)	Ampliação do sistema de abastecimento de água dos sistemas 25 de Agosto, Olavo Bilac, Parque Fluminense e Centenário, através do assentamento de adutora e de novas redes de distribuição.	511.814 hab.	R\$ 57.140.216,69

6.2.6.1. Rede Adutora e de Distribuição

Para os custos de reposição de rede foram utilizadas as informações do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que é indicado pelo Decreto 7983/2013, e estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia.

A partir dos dados de déficit de rede definidos no SNIS (2015), pode-se prever a expansão da rede de distribuição. Assim, utilizando as informações de população atendida, a quilometragem de rede existente e o número de ligações existentes, estima-se infraestrutura necessária para o atendimento total da população da área de projeto (Tabela 12).

Tabela 12. Estimativa de quantidades de tubos novos

	2015	2020	2025	2030	2035
População total atendida com abastecimento de água (Habitantes)	761.287	859.495	950.630	1.033.282	1.103.411
Quantidade de ligações ativas de água (Ligações)	153.394	173.182	191.545	208.199	222.330
Extensão da rede de água (km)	1.277,92	1.442,77	1.595,76	1.734,50	1.852,22
Rede Nova	0	164,85	317,84	456,58	574,30
Custos totais (R\$)	0	1.236.358,52	2.383.768,22	3.424.304,34	4.307.192,57

Fonte: SNIS 2015

6.2.6.2. Boosters

Em Função da falta de informações consistentes desta estrutura, o custo dos Booster não foi considerado neste PGA.

6.2.6.3. Reservatorios

Com a projeção populacional, e considerando a subdivisão por setor de abastecimento previsto no plano diretor, pode-se calcular os Volumes necessários até 2035 (Tabela13).

Tabela 13. Volume Existente x Volume Necessario 2035

Setor de abastecimento	Volume existente 2015	Volume necessário em 2035	Déficit ou superávit	Volume Projetado
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
25 de Agosto	18.500	18.449	51	0
Campos Elíseos	-	15.758	-15.758	3 unidades de 5.000
Centenário	10.000	7.619	2.381	2.500
Cidade dos Meninos	-	1.491	-1.491	2.500
Eldorado	-	4.290	-4.290	5.000
Fáb. Nac. de Motores	-	5.626	-5.626	5.000
Imbariê	-	13.168	-13.168	3 unidades de 5.000
Palmira /Vila Saudade	7.500+ 2.500	14.011	-4.011	5.000
Parque Fluminense	10.000	9.673	327	0
Pilar	-	7.396	-7.396	5.000 + 2.500
Santa Cruz da Serra	-	6.792	-6.792	5.000 + 2.500
Total	71.000	104.272	-33.272	

Para esta estimativa foi adotado um reservatório retangular em concreto armado com 2 unidades considerando os volumes de 2.500 e 5.000m³ (Tabela 14).

Tabela 14. Custos de implantação de reservatórios (EMOP 2015)

Volume	Custo
(m3)	(R\$)
2.500	2.810.000,00
5.000	4.553.000,00

Assim, o custo total de implantação dos reservatórios previstos para 2035 é de: R\$43.111.000,00.

6.2.6.4. Medidores

Como Indicado pelo PGA devem ser instalados medidores de vazão para adequado controle do consumo na rede. A Tabela 15 apresenta a estimativa de custo de implantação de medidores eletromagnético de inserção considerando fornecimento e instalação. Este equipamento se adapta a diferentes diâmetros, requerendo apenas sua calibração.

Tabela 15. Custos de implantação de medidor eletromagnético de inserção (EMOP 2015)

Medidor	Custo
(Un)	(R\$)
Medidor eletromagnético de inserção DN 100 a 2000 - fornecimento e instalação	17.265,12

O custo total de implantação dos medidores previstos para 2035, considerando um medidor para cada tubulação de entrada de reservatório e uma subdivisão dos setores em 5 subáreas de abastecimento (micromedição), é de: R\$1.139.497,92.

6.2.6.5. Ligação predial

Como Indicado pelo PGA para o aumento da arrecadação e a sustentabilidade do negócio, devem ser instaladas as ligações prediais com seus respectivos hidrômetros para adequado controle do consumo. A Tabela 16, apresenta a estimativa de custo de implantação de ramal predial com hidrômetro e caixa de proteção considerando fornecimento e instalação.

Tabela 16. Custos de implantação de ramal predial (EMOP 2015)

Ligação predial	Custo
(Un)	(R\$)
Ramal predial de água em PVC RQ 1/2", inclusive cavalete e hidrômetro e caixa de proteção para hidrômetro de 3m ³	286,7

O custo total de implantação dos medidores previstos para 2035, considerando um medidor para cada tubulação de entrada de reservatório e uma subdivisão dos setores em 5 subáreas de abastecimento (micromedicação), é de: R\$1.139.497,92.

6.2.7. Plano de Ação

O PGA tem como resultado final a preposição de ações e intervenções de acordo a situação diagnosticada, a vida útil restante dos ativos e o plano estratégico da concessionária. A partir das propostas de intervenção já elencas anteriormente, a Tabela 17 apresenta o plano de ação em ordem de prioridades como resultado da Gestão de Ativos. A ordem de prioridades estabelecida nessa tabela se baseia na Matriz de Avaliação de Falhas elaborada no item 6.2.1.

Tabela 17. Plano de Ação

Ordem de prioridade	Ação	Custos (EMOP-2015)
1	Ampliação da rede de distribuição nos setores que já possuem reservatórios funcionando adequadamente (Setores: 25 de Agosto, Centenário, Parque Fluminense e Imbariê).	R\$ 57.140.216,69 (obras em andamento)+R\$ 543.925,19 (Imbariê)
2	Implantação de novas ligações prediais concomitante a um programa de controle e fiscalização	R\$63.742.011,00 ⁽¹⁾
3	Programas de conscientização intensivo, com participação direta da população e campanhas para aumento da receita.	_(1)
4	Revitalização das adutoras e reservatórios existentes	_(2)
5	Campanha de implantação de macro e micro medidores	R\$ 1.139.497,92
6	Implantação de novas adutoras e reservatórios	R\$1.254.422,46(Rede) +R\$6.132.3000 (Reservação)
7	Revitalização e implantação da Rede de Distribuição nos setores de Pilar, Campos Elísios, Fábrica Nacional de Motores, Eldorado, Cidade dos Meninos e Santa Cruz da Serra.	R\$ 2.508.844,92

⁽¹⁾ Calculado para o fim de plano – ano 2035

⁽²⁾ Não foram estimados custos de implantação de programas de conscientização

⁽³⁾ Não foram estimados custos de reforma

Para o fim de plano seriam necessários, aproximadamente R\$ 1.87.651.918,18 para o atendimento com abastecimento de água de 100% da população de Duque de Caxias, sem considerar os custos com reformas de estruturas e programas de conscientização.

6.2.8. Análise Resumida do Plano de Gestão de Ativos do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Duque de Caxias.

O Plano de Gestão de Ativos permitiu alinhar as necessidades das partes interessadas, desde gestor da companhia à operação, identificar as necessidades da empresa quanto aos ativos dentro do município e analisar os riscos e as carências das unidades. Com isso pode-se priorizar os trabalhos e definir alterações na estrutura organizacional para o alcance dos

resultados. Para tanto, a Gestão de Ativos requer a participação e comprometimento dos gestores de manutenção conjuntamente com todas as áreas de operação, suprimentos, RH, etc.

Além disso, é importante dar maior atenção à comunicação com o cliente, que não é feito pela CEDAE no Município. O plano prevê um aumento nas campanhas de conscientização da população quanto à importância do Sistema de Abastecimento de Água, pois isto traria diversos benefícios como:

6.3. Análise qualitativa dos indicadores de interesse da base do SNIS

O monitoramento dos indicadores definidos pelo SNIS é um mecanismo importante para a avaliação sistemática da eficiência das ações desenvolvidas pela CEDAE. O uso de indicadores permite ainda aperfeiçoar e racionalizar as atividades de fiscalização, além de poder gerar diagnósticos anuais, que podem ser utilizados como instrumento de informações para a formulação de políticas públicas no setor.

O SNIS firma-se na publicitação dos resultados do desempenho dos prestadores de serviços e na sua comparação com as demais entidades do mesmo setor. As entidades gestoras que apresentam um fraco desempenho ficam 'embaraçadas' e, por conseguinte, terão propensão a corrigir os desvios manifestados.

Contudo, para a Gestão de Ativos os Indicadores propostos pelo SNIS trazem duas limitações: dados do SNIS não são certificados já que a auto declaração pode reduzir o nível de confiabilidade dessas informações; defasagem de aproximadamente dois anos entre o período de coleta de informações e a divulgação dos dados do SNIS, o que dificulta análises em curto espaço de tempo, impossibilitando a rápida proposição de respostas aos problemas detectados nos indicadores.

Para este estudo foram destacados somente três indicadores do SNIS:

- Cobertura do Sistema

Na Tabela 18 é apresentado o histórico de cobertura do sistema de abastecimento de água de Duque de Caxias de 2010 a 2015, de acordo com o SNIS.

Tabela 18. População total residente e população total atendida com abastecimento de água

Ano	G12A - População total residente do(s) Município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE.	AG001 - População total atendida com abastecimento de água	IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água
	(Habitantes)	(Habitantes)	(percentual)
2015	882.729	761.287	86,5
2014	878.402	757.774	86,6
2013	873.921	747.377	85,8
2012	867.067	741.398	85,8
2011	861.158	735.489	85,7
2010	855.048	727.600	85,4

Fonte: SNIS2010 a 2015

Pode-se verificar que o percentual de atendimento à população caxiense vem aumentando ao longo dos anos, evidenciando um incremento da cobertura dos serviços sendo que o maior índice de atendimento foram no ano de 2015.

Considerando os indicadores do SNIS sobre os dados referentes ao atendimento do serviço de abastecimento de água da população que, em 2015, 13,5% da população não é atendida, portanto devem-se limitar os objetivos de ampliação do sistema de abastecimento do Plano de Gestão ao mercado consumidor não alcançado.

- Macromedição, Micromedição

Na Tabela 19 é apresentado o histórico de macro e micromedição do sistema de abastecimento de água de Duque de Caxias de 2010 a 2015, de acordo com o SNIS.

Tabela 19. Histórico da quantidade de ligações de água no Município de Duque de Caxias

Ano	AG021 - Quantidade de ligações totais de água	AG002 - Quantidade de ligações ativas de água	AG004 - Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	Micromedição em Relação às Ligações ativas de água	AG012 - Volume de água macromedido	IN011_AE - Índice de macromedição
	(Ligações)	(Ligações)	(Ligações)	(percentual)	(1.000 m ³ /ano)	(percentual)
2015	164.692	153.394	58.239	35,36%	108.794,00	100
2014	164.192	152.952	59.810	36,43%	103.017,00	100
2013	162.538	151.369	58.141	35,77%	103.244,00	99,54
2012	160.254	151.085	54.140	33,78%	89.083,00	99,47
2011	160.008	150.939	53.845	33,65%	88.372,00	99,47
2010	158.886	149.961	53.584	33,72%	89.843,28	100

Fonte: SNIS2010 a 2015

De acordo com o SNIS o histórico da micromedição não é completo, com 35,36% em 2015.o que pode ser traduzido como índices de perdas elevados. Já para a macro medição é de 100% em 2015.

Além de permitir a avaliação das perdas de água através da elaboração de balanços hídricos, entre água fornecida, consumida e perdida; consegue discretizar a parcela que corresponde a perdas reais da que corresponde a perdas aparentes. Estes Indicadores refletem a necessidade da companhia em investir nos programas de fiscalização e controle como meio de assegurar o melhor emprego dos recursos, prevenir ou reduzir fraudes, desperdícios ou abusos, contribuindo assim para o cumprimento das metas.

No planejamento estratégico do Plano de Gestão de Ativos é relevante avaliar os principais componentes do balanço hídrico para o entendimento a global do sistema em análise. Torna-se fundamental ainda elaborar balanços hídricos para o sistema hidráulico principal e para cada uma das áreas de análise (setores de abastecimento), desde que as perdas de água sejam um dos critérios elegidos para a decisão.

- Índice de Perdas

Na Tabela 20 é apresentado o histórico de Vazões e perdas do sistema de abastecimento de água de Duque de Caxias de 2010 a 2015, de acordo com o SNIS.

Tabela 20. Histórico de vazões e perdas de água

Ano	Vazão de água produzida	Vazão de água consumida	Vazão de água faturada	IN049_AE - Índice de perdas na distribuição
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(percentual)
2015	3,45	1,95	1,08	40,65
2014	3,27	1,94	1,08	37,6
2013	3,29	1,94	1,06	38,03
2012	2,84	1,93	1,06	28,54
2011	2,82	1,92	1,06	28,24
2010	2,85	1,74	1,04	33,3

Fonte: SNIS2010 a 2015

A partir dos dados do SNIS para a área de interesse desse estudo, pode-se perceber claramente o progressivo aumento no índice de perdas (percentual de perdas), alcançando 40,65% em 2015.

A avaliação de perdas de água é muito relevante no contexto do Plano de Gestão de Ativos, pois elevadas perdas reais decorrentes de fugas e extravasamentos traduz-se uma deficiente condição física do sistema, sendo a sua avaliação uma forma indireta de identificar a existência e gravidade das deficiências.

A avaliação de perdas de água é, por estas razões, uma forma de ajudar a definir prioridades de intervenção e é importante como forma de manutenção do sistema, por permitir detectar e corrigir deficiências em componentes enterrados.

7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusão

Como os sistemas de abastecimento são dependentes das infraestruturas e unidades (Ativos), é razoável que a estrutura das empresas de água tende a aumentar e, por consequência, os custos fixos com manutenção e operação, também aumentam. É relevante salientar que os custos são resultados de decisões estratégicas tomadas no passado. Estratégias equivocadas podem resultar em investimentos equivocados. Neste caso, quando a estratégia não dá certo, os custos aumentam e a receita não é gerada da forma esperada. Custos de estrutura são, quase sempre, irreversíveis ou a reversibilidade é lenta e quase nunca recupera o capital investido.

No estudo de caso apresentado neste trabalho, foi possível verificar que a Concessionária de água sofre com a falta de informações e dados de sua própria infraestrutura, ou seja, não tem o conhecimento do impacto médio da depreciação acumulada sobre o sistema de abastecimento e, ainda, a busca destes dados é uma tarefa complexa e com resultados incertos. É relevante destacar que este estudo apresenta algumas limitações que devem ser levadas em consideração, como a falta de indicadores confiáveis e indicadores direcionados a Gestão de Ativos.

Foram verificadas precariedade e deficiência no sistema de distribuição de água na área urbana do Município de Duque de Caxias, cujos principais pontos verificados a partir da pesquisa foram:

- a) Elevada quantidade de ligações irregulares e a falta de um controle e fiscalização nas adutoras operam em marcha, dificultando o controle e a detecção de problemas associados às demandas locais.
- b) A falta de um controle das vazões e pressões da rede (macro e micro medição) trazendo uma dificuldade maior na operação do sistema, pois não se tem efetivamente os volumes consumidos por setor de distribuição e ainda dificultando investigações de vazamentos.
- c) Há um crescente descrédito da população com relação à prestação dos serviços públicos de abastecimento de água, principalmente da concessionária.
- d) Apesar de previstos pelo Plano Diretor, não existem reservatórios implantados em volume suficiente para compensar a vazão horária máxima.
- e) Diversos setores não têm rede de distribuição implantada, inviabilizando o abastecimento público formal.

- f) faltam dados precisos em relação a localização da rede existente
- g) Áreas de abrangência dos reservatórios previstos no PDA não são respeitadas.
- h) As modelagens hidráulicas, nos setores de distribuição onde existe rede, comprovam que o abastecimento é precário.

A gestão dos ativos demonstrou ainda que a quantidade de infraestruturas e unidades de abastecimento de água está longe do desejado, pois ainda não conseguem garantir a correta execução dos serviços de distribuição de água. Portanto, para mudar essa situação é preciso intervenções na atual prestação dos serviços, a fim de atender os anseios da população e satisfazer suas necessidades.

A metodologia de gestão de ativos elencou as ações prioritárias e apresentou os custos para implementação das ações, contudo houve a dificuldade da análise de custos do booster por não ter disponíveis as informações necessárias para uma estimativa adequada de quantidade e potências necessárias para atender a rede e suprir a falta de pressões.

Ainda assim, foi possível ter uma noção da dimensão dos custos para a ampliação e revitalização do sistema de abastecimento de água de Duque de Caxias objetivando a globalização do acesso a água.

O estudo dos indicadores do SNIS confirmou o diagnóstico de precariedade na prestação dos serviços de abastecimento de água, contudo deve-se considerar que os indicadores do SNIS não são adequados para refletir a real situação do município devido a não certificação dos índices e a defasagem em 2 anos.

Assim, verificou-se que para a Gestão de Ativos, além dos dados informados pelo SNIS, que apesar de relevantes, não são suficientes para a organização de um plano de gestão, assim, há a necessidade de coleta de dados para o desenvolvimento de indicadores ligados à metodologia de Gestão de Ativos para o sistema de abastecimento, abordando o desempenho no nível da organização com as condições econômicas, ambientais e sociais.

Também foi proposta a utilização de indicadores integrados de desempenho que envolva a capacitação do corpo técnico e a conscientização da população quanto à importância da água.

7.2. Recomendações

O trabalho desenvolvido nesta dissertação de mestrado revelou-se uma grande oportunidade para abordar a temática da Gestão de Ativos, emergente em diversas

instituições pelo mundo. A sua aplicação no Município de Duque de Caxias, resultou num maior conhecimento da infraestrutura existente e na identificação de fragilidades relativamente à qualidade dos dados existentes.

Portanto, para uma Gestão de Ativos adequada de um sistema de abastecimento é recomendado analisar o sistema como um todo (eficiência energética, falhas no abastecimento, nível de perdas), conjuntamente com uma análise dos ativos (desempenho individual do ativo, causas de falhas, nível de manutenção adequado).

Por outro lado, mesmo que todos os ativos desempenhassem bem a sua função, isso não significa, necessariamente, que o sistema funciona no ponto desejado. Pela sua própria definição, se um sistema é um conjunto de entidades que interagem entre si, o problema poderá residir não nas entidades (ativos), mas na interação entre as mesmas. Por exemplo, um conjunto motor-bomba poderá estar em bom estado de conservação, no entanto, não estar ajustado às condições de pressão a montante.

A CEDAE cujo negócio está fundamentado na operação de ativos físicos, a Gestão de Ativos traz uma inovação quanto à vida do ativo, não mais limitada no período entre aquisição e descarte, mas compreendida desde a especificação do ativo até as responsabilidades remanescentes do descarte.

Portanto Recomenda-se a adoção destas práticas pela CEDAE, o que resultará, a curto médio e longo prazo, na melhoria do desempenho técnico, econômico e financeiro; diminuição de riscos e passivos; transparência, segurança e rastreabilidade dos investimentos; além de favorecer a captação e distribuição de investimentos ao longo do tempo.

Para complementar a lista de indicadores necessários para uma adequada gestão de ativos, este estudo recomenda a coleta de dados para a criação de indicadores específicos para o sistema de abastecimento de água que envolva a capacitação do corpo técnico e a conscientização da população quanto à importância da água:

Capacitação de funcionário: relação do número de funcionários e sua capacitação;·.

Período de treinamento: relação entre homens-hora gastos em treinamento e os homens-hora disponíveis;

Proveito da conscientização: verificação da eficiência dos programas de conscientização e o nível de relevância do sistema de abastecimento no cotidiano da população.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público: NBR 12 218, 1994.

CEDAE. Companhia Estadual Águas e Esgotos - RJ. Plano diretor de abastecimento de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro; critérios para fixação da capacidade dos reservatórios de distribuição de água de abastecimento de cidades. ENGEVIX, Rio de Janeiro, 1984.

COMMITTEE REPORT: BUSINESS PRACTICES TO HELP UTILITIES BETTER MANAGE ASSETS. 2016 American Water Works Association, AWWA ASSET MANAGEMENT COMMITTEE. Disponível em: <https://www.portlandoregon.gov/cbo/article/576747>. Acesso em 06 jul 2017

2015 AWWA STATE OF THE WATER INDUSTRY REPORT. 2015, American Water Work Association. Disponível em: www.awwa.org/solutions. Acesso em: 06 jul 2017

ABREU, M. R.; NASCIMENTO, A. V.; SILVA, J. M.; SANTOS, D. R.; GASPAR, P. C. S. Melhoria da Eficiência Operacional do Setor de Abastecimento Campo Belo e Redução de Perdas Através de Resetorização e Gestão das Pressões. In Anais: 25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, Pernambuco, 2009.

ALEGRE, H. HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R.. Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água. IWA, IRAR, LNEC. Lisboa, Portugal, 2004.

ALEGRE, H. Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, Programa de investigação e programa de pós-graduação apresentados para a obtenção do título de “Habilitado para o Exercício de Funções de Coordenação de Investigação Científica”, LNEC. Lisboa, Portugal, 2006.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J.M.; CABRERA JR., E., CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R.. Performance indicators for water supply services, second edition, Manual of Best Practice Series, IWA Publishing, Londres,2006.

ALEGRE, H; Strategic Infrastructure Asset Management: Concepts, ‘schools’ and industry needs, LESAM 2007, IWA e LNEC, Lisboa 17-19 Outubro, 2007.

VANIER, D. J. . Advanced asset management: tools and techniques, APWA International Public Works Congress, Louisville, 2000, <http://osp.mans.edu.eg/elbeltagi/Infra%201-3%20ADVANCED%20ASSET.pdf>

TAVARES,L.A. Administração Moderna da Manutenção. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

BARATA, P. "Construção de um modelo de gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento público de água." Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (área de especialização em Engenharia Municipal) MSc., Universidade do Minho, 2008

ALMEIDA, Sônia Regina dos Santos. A Percepção do Usuário na Avaliação do Ciclo de Vida das Baterias de Telefone Celular. 2015. 118 f.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio

de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2015.

ANDRADE, Elen Conceição Leal de. Estudo De Caso Do Abastecimento D'água Do Município De Santarém No Pará. 2015. 71f. . Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará – Belém, Pará, 2015.

ASSET MANAGEMENT PLANNING AT THE PORTLAND WATER BUREAU - Overview of PWB Asset Management Planning. Jun 2013. Disponível em <https://www.portlandoregon.gov/water/article/473693>. Acesso em: 06 jul 2017

AWWA. Water Audits and Loss Control Programs, Manual of Water Supply Practices, M36. 3 ed. Denver, American Water Works Association, USA, 2009.

AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDES, M.F.; ARAUJO, R.; ITO, A.E. Manual de hidráulica; 9.ed. São Paulo: E. Blücher, 2015.

BOIÇA, Wilson A. Leal. Diagnóstico Sócio Ambiental Do Município De Duque De Caxias – Disponível em: http://www.nima.puc-rio.br/sobre_nima/projetos/Caxias/apostilas.html Acesso em: 15 out. de 2016.

BRITTO, Ana Lúcia Nogueira De Paiva; QuintsIr, Suyá; Maiello, Antonella 321acesso Diferencial À Água Em Duque De Caxias – RJ: Quem Define Os Caminhos Da Água Na MetrÓpole?. 2012. 12f. Universidade Federal do rio de Janeiro – Rio de Janeiro, RJ, 2012.

BRITTO, Ana Lucia; Formiga Johnsson, Rosa Maria; Ferreira Carneiro, Paulo Roberto Abastecimento Público E Escassez Hidrossocial Na MetrÓpole Do Rio De Janeiro Ambiente & Sociedade, vol. XIX, núm. 1, enero-marzo, 2016, pp. 185-207 Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade Campinas, Brasil, 2016.

CEDAE. Companhia Estadual Águas e Esgotos – RJ. Serviços de Revisão do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Relativamente aos Municípios Atendidos pelos Sistemas Guandu, Ribeirão das Lajes e Acari.. CNEC, 2005.

CEDAE. Companhia Estadual Águas e Esgotos. Estrutura Tarifária de Agosto de 2009. Tarifa 1 – Área B (Zona Oeste) com ou sem cobrança de esgoto. Categoria: Domiciliar (conta mínima). <http://www.cedae.com.br/>. Acesso em 17/08/2016.

CEDAE. Site Companhia Estadual Águas e Esgotos. Disponível em <http://www.cedae.com.br/>. Acesso em 17/08/2016.

COSTA, S. A. B.; Côrtes, L. S.; Coelho, T.; Freitas, M. M. Indicadores Em Saneamento: Avaliação da Prestação dos Serviços de Água e de Esgoto em Minas Gerais. Rev. UFMG, belo horizonte, v. 20, n.2, p. 334-357, jul./dez. 2013

Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP), Catálogo de Referência / Boletim Mensal de Custos - 2015.

GOMES, HEBER P. Abastecimento de Água – o Estado da Arte e Técnicas Avançadas 1ª edição revisada Editora UFPB, João Pessoa, Brasil, 2007, 386p

GOMES, HEBER P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento 2ª edição revisada Editora UFPB, João Pessoa, Brasil, 2009, 145p

GOMES, Heber Pimentel. Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética. 1ª Edição. 366p. ISBN 978-85-7745-607-9 – João Pessoa, Editora Universitária/UFPB - João Pessoa, Brasil, 2010

GUIMARÃES, N. C.; ALMEIDA, M. B. L.; PIMENTEL, M. Avaliação de Ações para Controle de Pressão e Redução das Perdas na Rede de Abastecimento de Água de Ribeirão das Neves – Minas Gerais. In Anais: 25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, Pernambuco – 2009

GUMIER, Carlos César Aplicação de modelo matemático de simulação otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento. 2005. 161f. Dissertação (Mestrado me Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, SP, 2005.

HARZER, Jorge Harry. O Impacto Da Depreciação Na Gestão Dos Custos De Uma Empresa Prestadora De Serviço Público De Abastecimento De Água Frente Ao Pronunciamento Técnico 27 Do Comitê De Pronunciamentos Contábeis. Revista perspectivas contemporâneas, v. 9, n. 2, p. 75-95, jul./dez. 2014. disponível em:<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/perspectivascontemporaneas>. acesso em 16/01/2017

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Características da população e dos Municípios – Resultado do Universo: Censo Demográfico, 2010.

INFORMAÇÕES SOCIOECONÔMICAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – SEBRAE – Rio de Janeiro, RJ, 2010 Disponível em <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/rj?codUf=20>. Acesso em 18 jul. 2016

LIMA, D.S. Avaliação Do Ciclo De Vida Dos Tubos De PVC Produzidos No Brasil. 2010 L732a, Monografia de Graduação - Unesp, Campus de Rio Claro - SP, Rio claro ,2010

NAKAGAWA, Alessandra Keiko. Caracterização do Consumo de Água em Prédios Universitários: o Caso da UFBA. 2008. 183p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica – Salvador, 2008.

NOWASKI, Marcelo. Marcelo Nowaski: entrevista concedida à equipe do Laboratório de Estudos de Águas Urbanas [junho/2015]. Entrevistadora: Suyá Quintslr.

PAINEL REGIONAL: BAIXADA FLUMINENSE / Observatório. Sebrae/RJ. 16 p -- Rio de Janeiro : SEBRAE/RJ, 2015.

Pena, Mônica M. Aplicação E Análise Da Metodologia Da IWA Para O Controle De Perdas No Sistema De Abastecimento De Água Da Baixada De Jacarepaguá/RJ, Tese de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ - 2010

PENA. M. M.. O saneamento na cidade do Rio de Janeiro: uma abordagem histórica e perspectivas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico. Ministério das Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=302:plansab&catid=84&Itemid=113>. Acesso em: 15 out. de 2016.

PNRH. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Bacia Atlântico Sudeste/LT_RJ. Disponível em: <http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>. Acesso em 20/09/2016.

PSAM – Estudo Regional De Saneamento Básico. Secretaria do Meio Ambiente (SEA) Relatório 8 - Disponível em: www.rj.gov.br > Home > Secretaria de Estado do Ambiente – SEA. Acesso 14 jul 2016.

SILVA, Neusa Aparecida Sales. Pesquisa de indicadores para gestão de sistemas abastecimentos de água. 2003. 188f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Campinas, SP, 2003.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada-IPEA.

SOUSA, Eliana Cristina De. Estudos Para Determinação Do Nível Econômico De Vazamento Na Rede De Distribuição De Água Da Zona Baixa De Maceió. 2011. 148 F. Dissertação (pós-graduação) - Universidade Federal De Alagoas. Programa De Pós –Graduação Em Recursos Hídricos – Alagoas,2013.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Estudos Socioeconômicos dos Municípios – Edição 2006. Disponíveis no sítio <http://www.tce.rj.gov.br>.

THE BENEFITS OF ASSET MANAGEMENT TO THE PORTLAND WATER BUREAU JUN 2015. Disponível em: www.portlandoregon.gov/water. Acesso em: 06 jul 2017.

TSUTIYA, MILTON T. Abastecimento de água 3ª edição Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo, 2006, XIII-643p.

WOOD, Andrew; Lence, Barbara J. Assessment of water main break data for Asset Management. Jul 2006. Journal AWWA 98:7. Disponível em: <https://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/15485.aspx>. Acesso em: 06 jul 2017.

9. APÊNDICE I

9.1. Resultado das modelagens

9.1.1. Setor Parque Fluminense

Figura 28. Modelagem hidráulica setor Parque Fluminense – Nós e Pressão

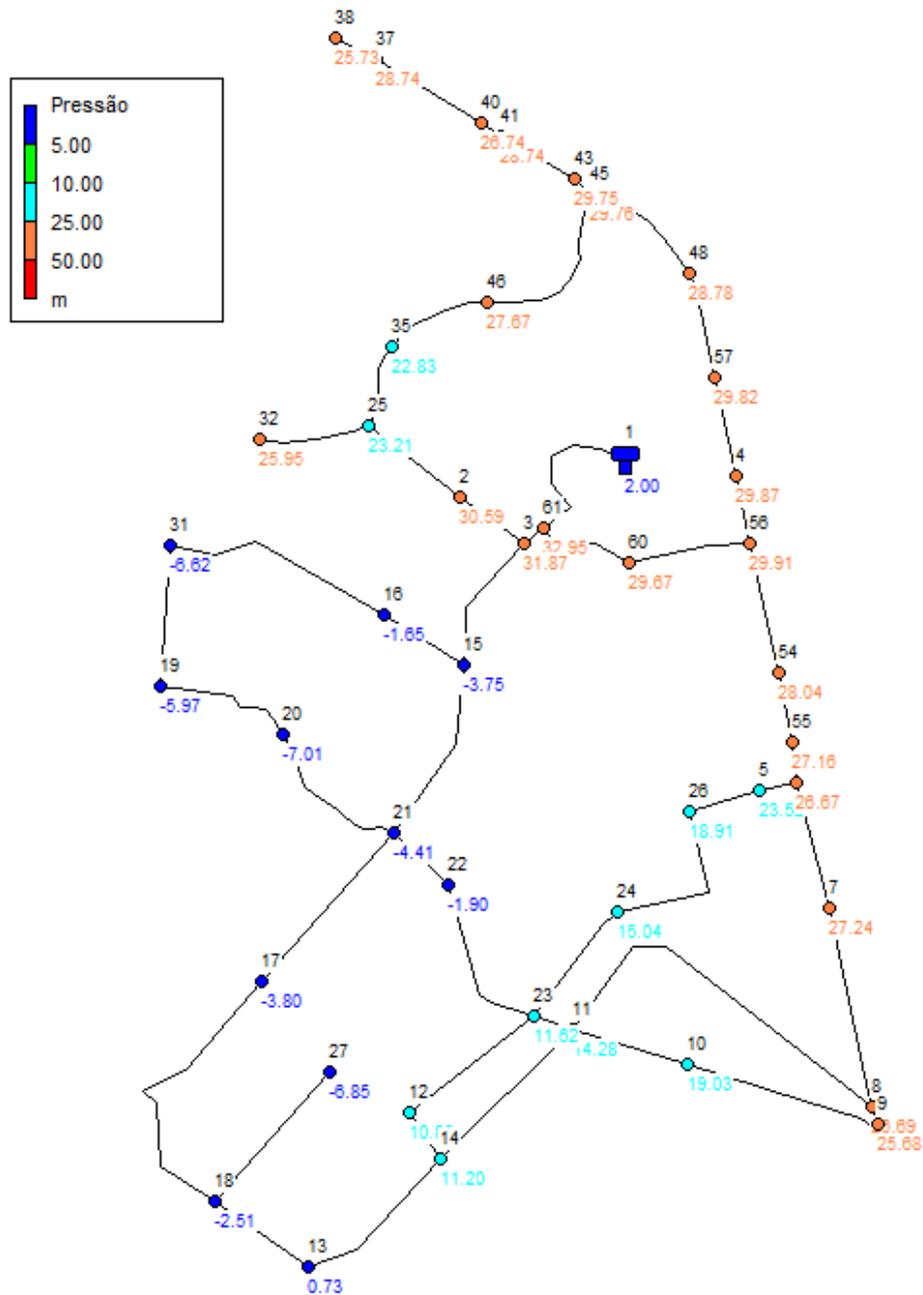


Figura 29. Modelagem hidráulica setor Parque Fluminense – Trechos e Velocidade

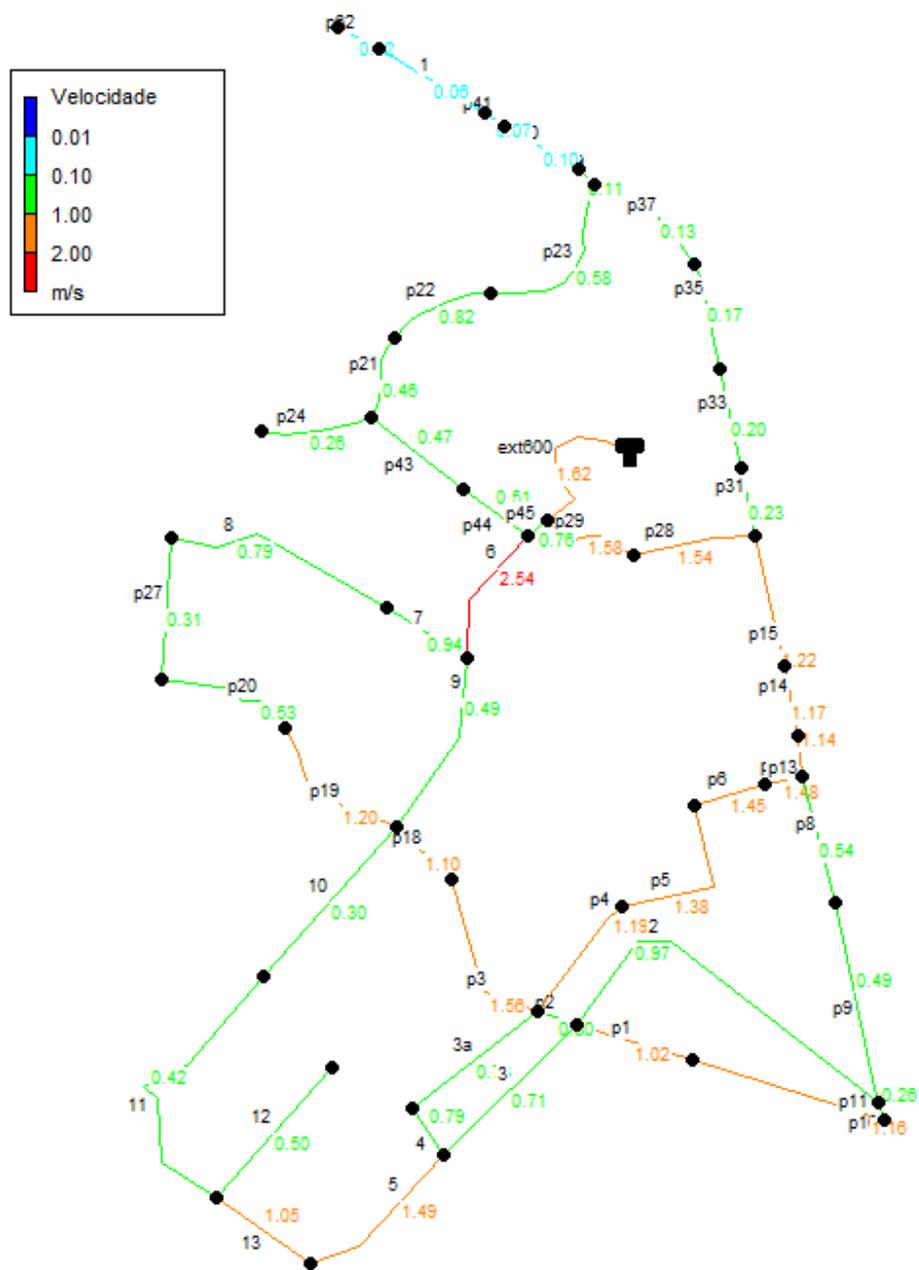


Tabela 21. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 10	3	4,5	19,03
Nó 11	4	14,72	14,28
Nó 23	6	8,7	11,62
Nó 22	8	14,35	-1,9
Nó 24	6	13,17	15,04
Nó 26	8	5,3	18,91
Nó 5	6	2,26	23,52
Nó 6	4	12,81	26,67
Nó 7	3	9,78	27,24
Nó 8	3	15,15	26,69
Nó 9	4	14,69	25,68
Nó 55	4	4,89	27,16
Nó 54	4	9,6	28,04
Nó 56	4	19,14	29,91
Nó 21	8	10,02	-4,41
Nó 20	4	11,8	-7,01
Nó 19	2	20,61	-5,97
Nó 25	15	18,64	23,21
Nó 35	15	6,56	22,83
Nó 46	8	7,77	27,67
Nó 45	4	22,52	29,76
Nó 32	12	8,03	25,95
Nó 31	2	19,42	-6,62
Nó 60	7	7,21	29,67
Nó 61	6	0	32,95
Nó 4	4	4,68	29,87
Nó 57	4	7,06	29,82
Nó 48	5	7,7	28,78
Nó 43	4	1,32	29,75
Nó 41	5	5,85	28,74
Nó 40	7	1,21	26,74
Nó 37	5	9,22	28,74
Nó 2	8	5,46	30,59
Nó 3	7	4,09	31,87
Nó 38	8	3,13	25,73
Nó 12	5	12,7	10,86
Nó 13	3	13,81	0,73
Nó 14	4	14,54	11,2
Nó 15	8	15,57	-3,75
Nó 16	4	15,42	-1,65
Nó 17	7	14,03	-3,8
Nó 18	3	31,72	-2,51

Tabela 21. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 27	6	8,8	-6,85
RNV 1	40	-457,95	2

Tabela 22. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação p1	340,41	200	31,92	1,02	11,04
Tubulação p2	92,48	200	25,23	0,8	7,14
Tubulação p3	473,37	200	48,91	1,56	24,33
Tubulação p4	371,62	300	-84,1	1,19	9,21
Tubulação p5	486,43	300	-97,27	1,38	12,06
Tubulação p6	195,8	300	102,57	1,45	13,31
Tubulação p7	83,43	300	-104,83	1,48	13,86
Tubulação p8	361	500	-106,46	0,54	1,18
Tubulação p9	559,39	500	96,68	0,49	0,99
Tubulação p10	29,84	500	51,11	0,26	0,3
Tubulação p11	542,5	200	36,42	1,16	14,09
Tubulação p13	103,92	500	224,1	1,14	4,70
Tubulação p14	180,39	500	-228,99	1,17	4,89
Tubulação p15	354,44	500	-238,59	1,22	5,28
Tubulação p18	196,44	200	34,56	1,10	12,79
Tubulação p19	435,72	200	37,84	1,20	15,13
Tubulação p20	376,89	250	26,04	0,53	2,55
Tubulação p21	242,33	300	32,47	0,46	1,58
Tubulação p22	286,77	200	25,91	0,82	7,50
Tubulação p23	494,4	200	18,14	0,58	3,88
Tubulação p24	296,59	200	8,03	0,26	0,86
Tubulação p27	384,25	150	5,43	0,31	1,69
Tubulação p28	337,48	500	-302,28	1,54	8,18
Tubulação p29	266,13	500	-309,49	1,58	8,55
Tubulação p31	172,77	500	44,55	0,23	0,24
Tubulação p33	260,67	500	39,87	0,20	0,19
Tubulação p35	284,35	500	32,81	0,17	0,13
Tubulação p37	337,02	500	25,11	0,13	0,08
Tubulação p39	48,63	500	20,73	0,11	0,06
Tubulação p40	216,09	500	19,41	0,10	0,05
Tubulação p41	44,83	500	13,56	0,07	0,03
Tubulação p43	318,9	400	-59,14	0,47	1,18
Tubulação p44	201,72	400	-64,6	0,51	1,39
Tubulação p45	37,33	500	-148,46	0,76	2,19
Tubulação p62	115,71	500	3,13	0,02	0,00
Tubulação 3a	468,88	300	51,72	0,73	3,74
Tubulação 1	314,74	500	12,35	0,06	0,02
Tubulação ext600	420,00	600	457,95	1,62	7,26
Tubulação 2	1130,00	200	30,42	0,97	10,1
Tubulação 3	537,00	200	22,39	0,71	5,73
Tubulação 4	122,00	250	39,02	0,79	5,4

Tabela 22. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 5	510,00	200	46,88	1,49	22,49
Tubulação 6	575,00	200	79,77	2,54	60,20
Tubulação 7	200,00	200	29,41	0,94	9,48
Tubulação 8	717,00	150	13,99	0,79	9,72
Tubulação 9	370,00	300	34,79	0,49	1,8
Tubulação 10	518,00	300	21,48	0,3	0,74
Tubulação 11	896,00	150	7,45	0,42	3,03
Tubulação 12	325,00	150	-8,80	0,50	4,12
Tubulação 13	275,00	200	-33,07	1,05	11,79

9.1.2. Setor Centenário

Figura 30. Modelagem hidráulica setor Centenário – Nós e Pressão

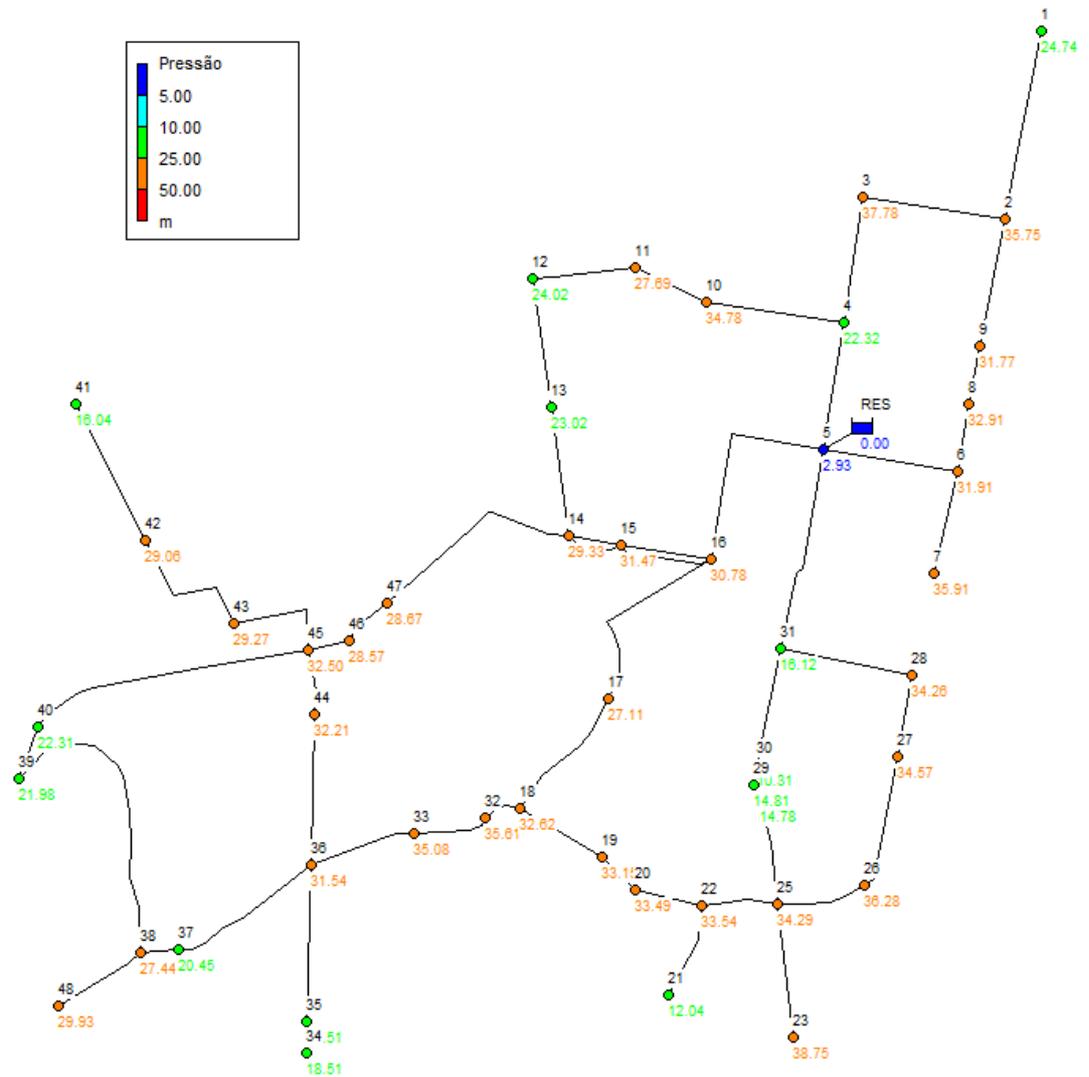


Figura 31. Modelagem hidráulica setor Centenário – Trechos e Velocidade

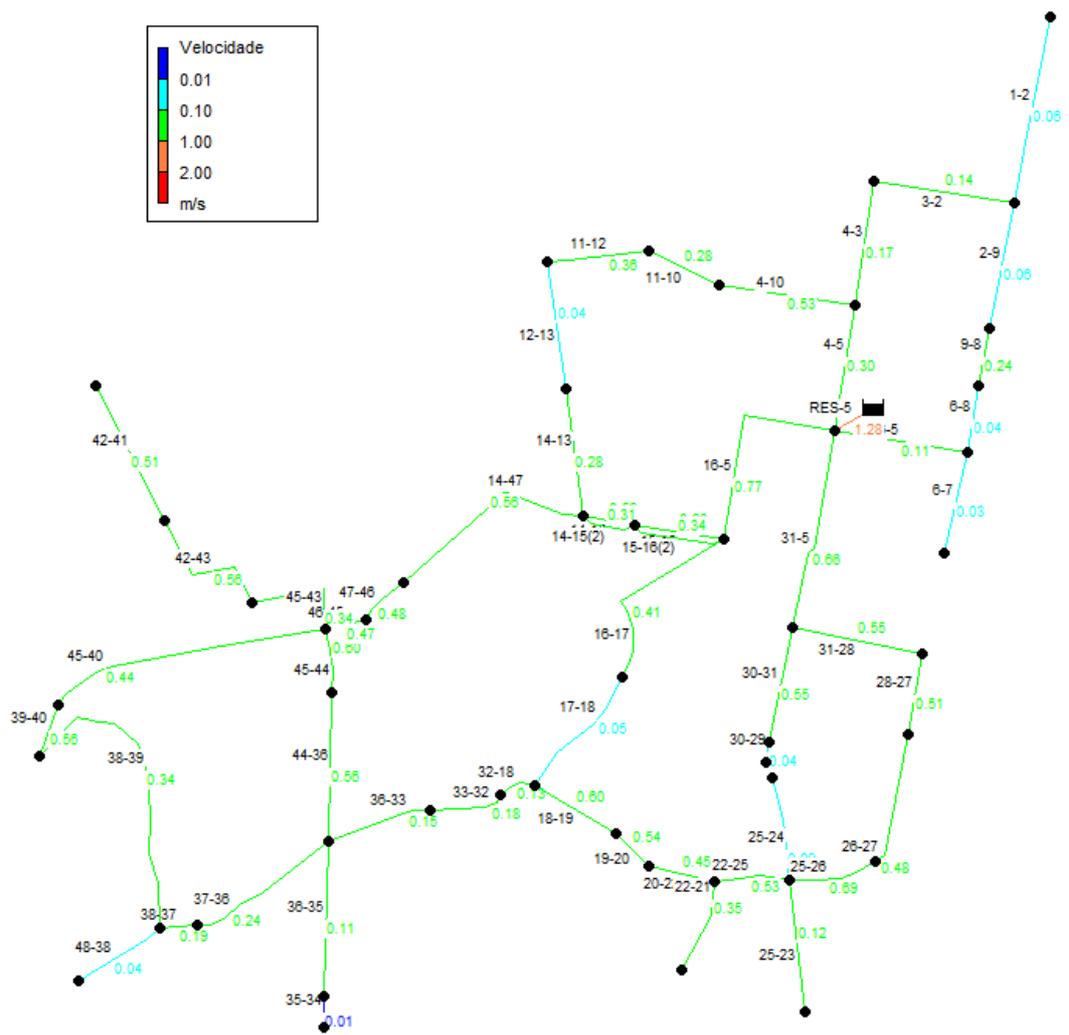


Tabela 23. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 48	11,50	8,20	29,93
Nó 38	14,00	18,77	27,44
Nó 37	21,00	9,54	20,45
Nó 36	10,00	15,29	31,54
Nó 33	6,50	4,32	35,08
Nó 32	6,00	1,74	35,61
Nó 35	22,00	9,38	19,51
Nó 44	10,00	3,53	32,21
Nó 45	10,00	2,05	32,50
Nó 18	9,00	8,44	32,62
Nó 19	9,00	9,90	33,15
Nó 20	9,00	4,89	33,49
Nó 22	9,00	3,42	33,54
Nó 25	8,50	5,32	34,29
Nó 26	7,00	8,01	36,28
Nó 24	28,00	6,37	14,78
Nó 30	32,50	8,96	10,31
Nó 31	28,00	12,51	16,12
Nó 28	9,50	7,85	34,26
Nó 27	9,00	4,71	34,57
Nó 5	42,00	-	2,93
Nó 6	13,00	7,98	31,91
Nó 7	9,00	6,03	35,91
Nó 8	12,00	3,68	32,91
Nó 9	13,00	3,20	31,77
Nó 2	9,00	16,05	35,75
Nó 3	7,00	7,49	37,78
Nó 4	22,50	7,49	22,32
Nó 10	9,00	8,12	34,78
Nó 11	16,00	2,23	27,69
Nó 12	19,00	7,68	24,02
Nó 13	20,00	7,67	23,02
Nó 14	14,00	5,55	29,33
Nó 47	14,00	15,99	28,67
Nó 46	14,00	2,79	28,57
Nó 16	13,00	13,34	30,78
Nó 15	12,00	9,51	31,47
Nó 1	20,00	11,63	24,74
Nó 40	18,00	17,65	22,31
Nó 42	12,00	8,58	29,06
Nó 43	13,00	6,55	29,27
Nó 41	23,50	9,09	16,04

Tabela 23. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 39	18,50	0,85	21,98
Nó 17	14,50	12,28	27,11
Nó 29	28,00	0,70	14,81
Nó 23	4,00	8,33	38,75
Nó 21	30,00	6,16	12,04
Nó 34	23,00	0,86	18,51
RNF RES	45,00	-360,68	-

Tabela 24. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 48-38	215,23	500	-8,20	0,04	0,01
Tubulação 38-37	65,93	500	-37,73	0,19	0,17
Tubulação 37-36	364,64	500	-47,27	0,24	0,26
Tubulação 36-33	238,00	400	-18,61	0,15	0,14
Tubulação 33-32	165,10	400	-22,93	0,18	0,20
Tubulação 36-35	358,17	350	10,24	0,11	0,09
Tubulação 44-36	346,27	350	54,19	0,56	1,93
Tubulação 45-44	134,93	350	57,72	0,60	2,17
Tubulação 32-18	66,44	500	-24,67	0,13	0,08
Tubulação 18-19	210,00	300	-42,17	0,60	2,57
Tubulação 19-20	186,91	350	-52,07	0,54	1,79
Tubulação 20-22	45,36	400	-56,96	0,45	1,10
Tubulação 22-25	173,82	400	-66,54	0,53	1,47
Tubulação 25-24	243,31	300	6,37	0,09	0,08
Tubulação 30-31	266,05	150	-9,66	0,55	4,90
Tubulação 31-28	299,72	500	107,13	0,55	1,20
Tubulação 28-27	180,09	500	99,28	0,51	1,04
Tubulação 26-27	305,83	500	-94,57	0,48	0,95
Tubulação 31-5	477,75	500	-129,30	0,66	1,70
Tubulação 6-5	304,96	500	-22,00	0,11	0,06
Tubulação 6-7	230,54	500	6,03	0,03	0,01
Tubulação 6-8	140,74	500	7,99	0,04	0,01
Tubulação 9-8	122,31	150	-4,31	0,24	1,10
Tubulação 2-9	290,11	150	-1,11	0,06	0,09
Tubulação 3-2	323,08	500	26,57	0,14	0,09
Tubulação 4-3	286,25	500	34,06	0,17	0,14
Tubulação 4-5	286,23	500	-58,33	0,30	0,39
Tubulação 4-10	310,05	200	16,78	0,53	3,36
Tubulação 11-10	85,30	200	-8,66	0,28	0,99
Tubulação 11-12	293,42	150	6,43	0,36	2,31
Tubulação 12-13	292,84	200	-1,25	0,04	0,03
Tubulação 14-13	291,84	200	8,92	0,28	1,04
Tubulação 14-47	514,97	500	110,51	0,56	1,27
Tubulação 47-46	106,71	500	94,52	0,48	0,95
Tubulação 16-5	509,58	500	-151,05	0,77	2,26
Tubulação 14-15	100,94	500	-115,17	0,59	1,37
Tubulação 15-16	197,79	500	-123,69	0,63	1,56
Tubulação 14-15(2)	111,27	200	-9,81	0,31	1,24
Tubulação 15-16(2)	208,53	200	-10,80	0,34	1,48

Tabela 24. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 1-2	444,43	500	-11,63	0,06	0,02
Tubulação 46-45	78,36	500	91,73	0,47	0,90
Tubulação 45-40	674,19	150	7,74	0,44	3,25
Tubulação 42-43	327,86	200	-17,67	0,56	3,69
Tubulação 42-41	347,16	150	9,09	0,51	4,38
Tubulação 38-39	651,32	200	10,76	0,34	1,47
Tubulação 39-40	32,30	150	9,91	0,56	5,14
Tubulação 16-17	469,08	100	3,22	0,41	4,61
Tubulação 17-18	322,33	500	-9,06	0,05	0,01
Tubulação 45-43	250,16	300	24,22	0,34	0,92
Tubulação 30-29	26,76	150	0,70	0,04	0,04
Tubulação 25-23	318,22	300	8,33	0,12	0,13
Tubulação 22-21	235,24	150	6,16	0,35	2,13
Tubulação 35-34	32,68	350	0,86	0,01	-
Tubulação 25-26	203,25	400	-86,56	0,69	2,39
Tubulação RES-5	15,14	600	360,68	1,28	4,67

9.1.3. Setor 25 de Agosto

Figura 32. Modelagem hidráulica setor 25 de Agosto – Nós e Pressão

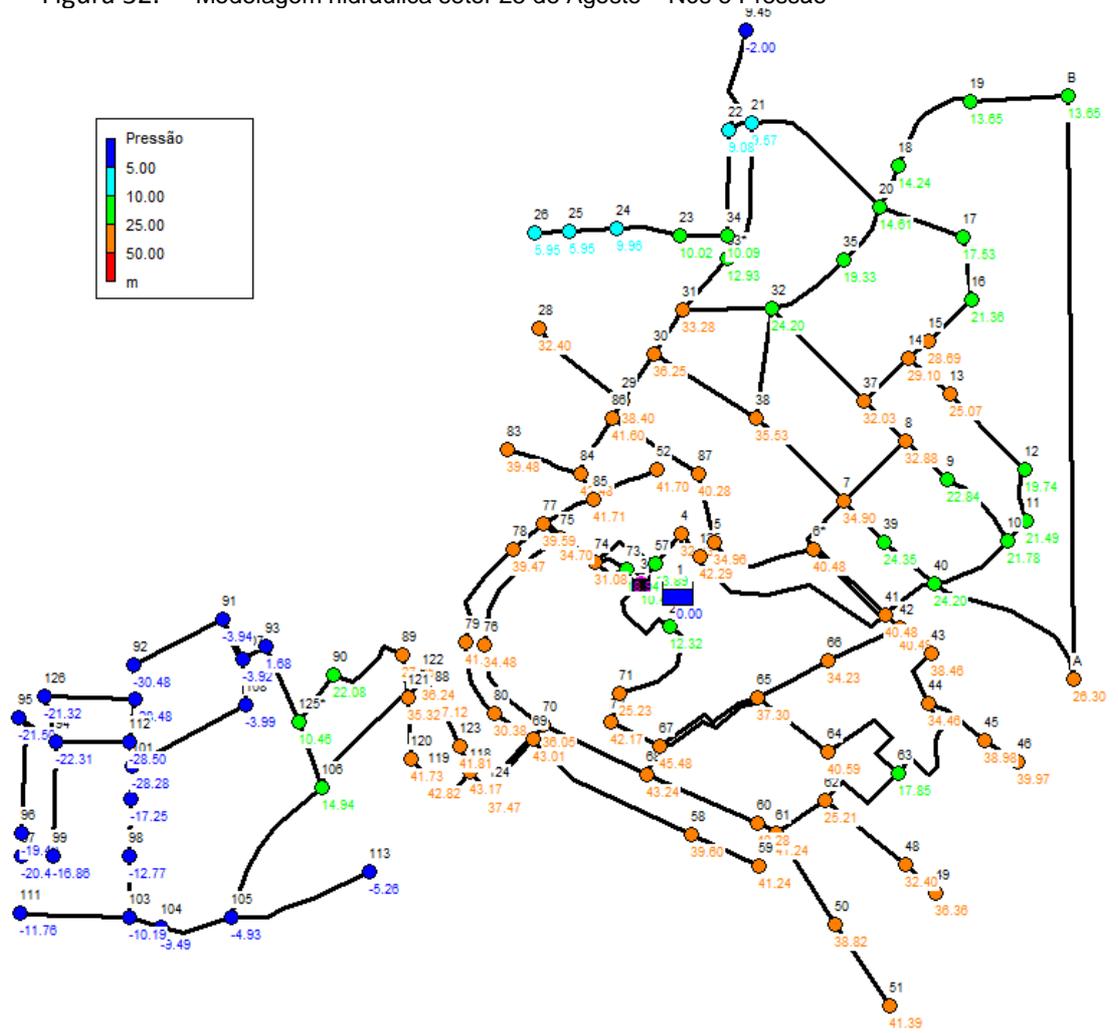


Figura 33. Modelagem hidráulica setor 25 de Agosto – Trechos e Velocidade

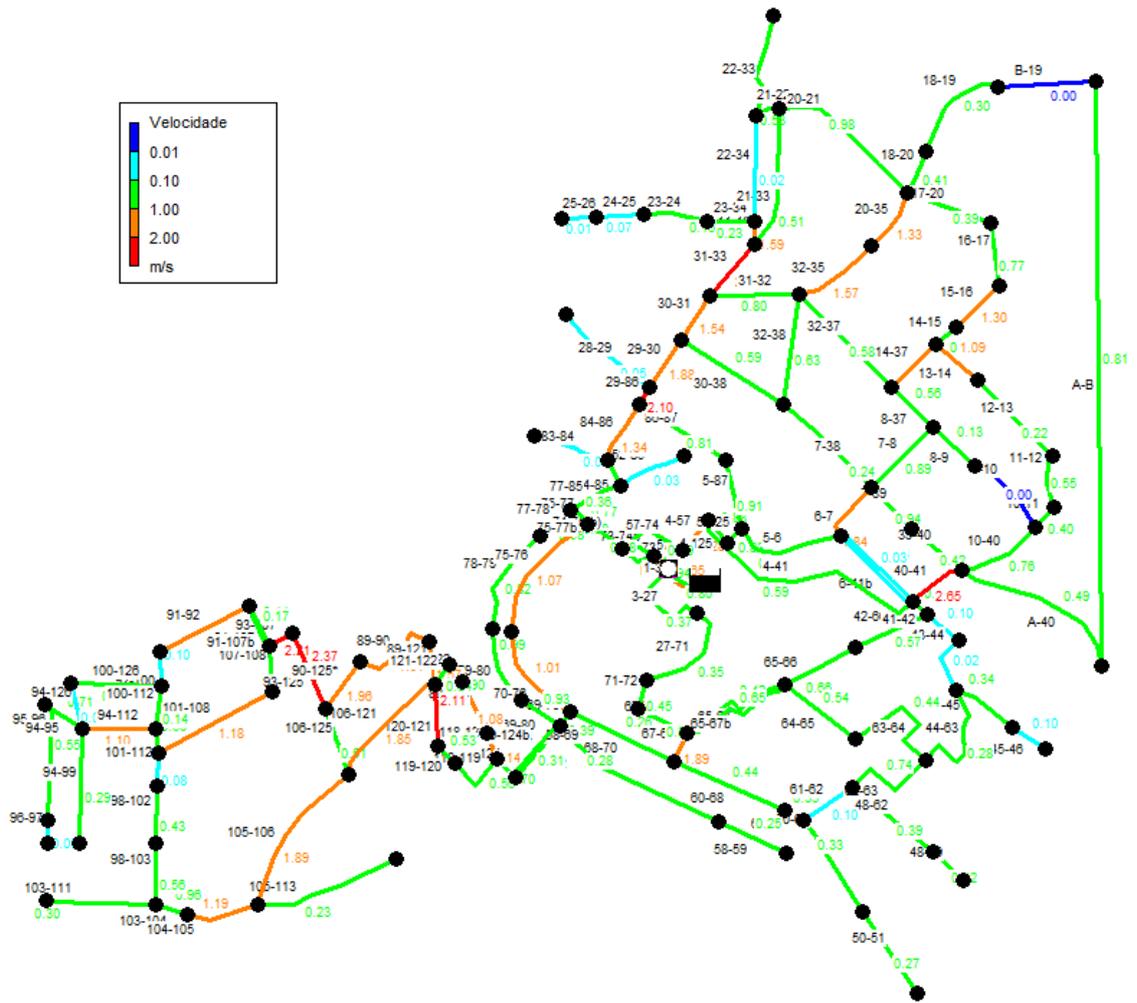


Tabela 25. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo L/s	Pressão m
	m		
Nó 3	42,00	5,00	10,46
Nó 57	38,00	2,84	13,89
Nó 73	33,00	6,00	18,94
Nó 74	20,00	5,00	31,08
Nó 75	16,00	5,00	34,70
Nó 77	11,00	13,00	39,59
Nó 78	11,00	10,70	39,47
Nó 83	10,00	6,05	39,48
Nó 84	7,00	2,27	42,48
Nó 80	17,00	6,05	30,38
Nó 124	8,00	12,50	37,47

Tabela 25. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo L/s	Pressão m
	m		
Nó 118	2,00	3,78	43,17
Nó 119	2,00	6,43	42,82
Nó 105	3,00	10,77	-4,93
Nó 104	3,00	7,18	-9,49
Nó 103	3,00	3,02	-10,19
Nó 111	4,00	9,45	-11,76
Nó 97	5,00	2,27	-20,40
Nó 96	4,00	7,37	-19,40
Nó 99	4,00	9,26	-16,86
Nó 98	5,00	3,97	-12,77
Nó 102	9,00	11,00	-17,25

Tabela 25. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 101	20,00	10,77	-28,28
Nó 100	20,00	3,21	-28,48
Nó 108	3,00	2,27	-3,99
Nó 107	3,00	5,21	-3,92
Nó 93	3,00	4,91	1,68
Nó 125*	8,00	5,67	10,46
Nó 106	3,00	14,74	14,94
Nó 95	8,00	2,84	-21,50
Nó 94	10,00	8,51	-22,31
Nó 126	9,00	6,62	-21,32
Nó 92	22,00	7,56	-30,48
Nó 113	3,00	11,34	-5,26
Nó 91	3,00	5,00	-3,94
Nó 112	20,00	1,32	-28,50
Nó 79	8,00	7,56	41,14
Nó 76	14,00	7,56	34,48
Nó 70	10,00	1,70	36,05
Nó 90	5,00	10,40	22,08
Nó 89	7,00	4,16	27,95
Nó 69	3,00	10,52	43,01
Nó 68	3,00	2,84	43,24
Nó 67	6,00	10,40	45,48
Nó 123	2,00	1,89	41,81
Nó 88	3,00	5,70	37,12
Nó 122	3,00	1,89	36,24
Nó 85	8,00	7,37	41,71
Nó 52	8,00	6,62	41,70
Nó 4	18,00	5,00	32,73
Nó 87	8,00	9,00	40,28
Nó 32	12,00	16,07	24,20
Nó 19	7,00	9,45	13,65
Nó 20	7,00	4,91	14,61
Nó 18	7,00	3,40	14,24
Nó 21	5,00	23,25	9,57
Nó 22	5,00	8,51	9,08
Nó 9,45	16,00	9,45	-2,00
Nó 16	3,00	9,45	21,36
Nó 17	5,00	6,62	17,53
Nó 35	7,00	7,56	19,33
Nó 33*	4,00	5,10	12,93
Nó 34	4,00	10,51	10,09
Nó 23	4,00	4,73	10,02

Tabela 25. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 24	4,00	2,84	9,96
Nó 25	8,00	7,18	5,95
Nó 26	8,00	1,51	5,95
Nó 31	4,00	4,54	33,28
Nó 30	4,00	4,35	36,25
Nó 29	6,00	10,89	38,40
Nó 28	12,00	9,45	32,40
Nó 38	3,00	16,88	35,53
Nó 15	3,00	10,89	28,69
Nó 14	3,00	4,91	29,10
Nó 37	3,00	15,31	32,03
Nó 8	3,00	6,22	32,88
Nó 9	13,00	3,97	22,84
Nó 13	3,00	15,35	25,07
Nó 12	8,00	13,61	19,74
Nó 11	8,00	2,84	21,49
Nó 10	8,00	11,15	21,78
Nó 7	4,00	5,48	34,90
Nó 40	8,00	4,73	24,20
Nó 39	8,00	9,26	24,35
Nó 42	8,00	15,00	40,49
Nó 43	10,00	5,29	38,46
Nó 44	14,00	4,53	34,46
Nó 6*	8,00	7,00	40,48
Nó 46	8,00	1,70	39,97
Nó 45	9,00	4,35	38,98
Nó 49	8,00	3,78	36,36
Nó 121	3,00	6,80	35,32
Nó 120	3,00	1,89	41,73
Nó 51	3,00	8,51	41,39
Nó 50	6,00	7,56	38,82
Nó 48	12,00	8,32	32,40
Nó 61	4,00	4,00	41,24
Nó 60	5,00	8,00	40,28
Nó 62	20,00	4,16	25,21
Nó 63	31,00	9,45	17,85
Nó 59	4,00	7,94	41,24
Nó 58	6,00	12,10	39,60
Nó 72	10,00	8,06	42,17
Nó 71	27,00	5,29	25,23
Nó 27	40,00	7,75	12,32
Nó 65	13,00	10,40	37,30

Tabela 25. Tabela da Rede - Nós

Identificador do Nó	Cota	Consumo	Pressão
	m	L/s	m
Nó 66	15,00	6,21	34,23
Nó 64	9,00	6,43	40,59
Nó 125	8,00	9,00	42,29
Nó 5	15,00	5,21	34,96
Nó 86	5,00	5,67	41,60
Nó A	5,00	36,63	26,30
Nó B	7,00	25,52	13,65
Nó 41	8,00	15,00	40,48
RNF 1	53,00	-873,41	-

Tabela 26. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 103-104	70,00	200	-30,09	0,96	9,90
Tubulação 103-111	500,00	200	9,45	0,30	1,16
Tubulação 96-97	120,00	300	-2,27	0,03	0,01
Tubulação 98-103	160,00	200	17,62	0,56	3,68
Tubulação 98-102	210,00	200	13,65	0,43	2,29
Tubulação 101-102	230,00	200	2,65	0,08	0,11
Tubulação 101-108	500,00	200	-37,09	1,18	14,58
Tubulação 107-108	120,00	400	-39,36	0,31	0,56
Tubulação 93-107	120,00	200	-69,56	2,21	46,71
Tubulação 104-105	310,00	200	-37,27	1,19	14,71
Tubulação 105-113	600,00	250	11,34	0,23	0,55
Tubulação 105-106	570,00	200	59,38	1,89	34,86
Tubulação 95-96	390,00	150	-9,64	0,55	4,88
Tubulação 94-95	150,00	150	-12,48	0,71	7,87
Tubulação 94-126	150,00	300	4,21	0,06	0,04
Tubulação 92-100	190,00	400	12,42	0,10	0,04
Tubulação 91-92	400,00	150	19,98	1,13	18,83
Tubulação 100-126	350,00	75	-2,41	0,55	10,96
Tubulação 94-112	300,00	200	34,46	1,10	12,72
Tubulação 101-112	70,00	250	-28,98	0,59	3,11
Tubulação 100-112	70,00	250	-6,80	0,14	0,21
Tubulação Res-3	100,00	800	834,26	1,66	5,43
Tubulação 3-57	90,00	700	636,58	1,65	6,31
Tubulação 3-73	120,00	250	46,26	0,94	4,35
Tubulação 73-74	230,00	250	31,93	0,65	3,73
Tubulação 74-75	140,00	700	402,74	1,05	2,70
Tubulação 75-77	90,00	700	260,71	0,68	1,21
Tubulação 77-78	90,00	500	113,91	0,58	1,34
Tubulação 78-79	400,00	400	103,21	0,82	3,32
Tubulação 79-80	320,00	350	95,65	0,99	5,52
Tubulação 118-124	200,00	600	197,20	0,70	1,53
Tubulação 118-119	340,00	600	157,70	0,56	1,01
Tubulação 91-107	120,00	200	-3,47	0,11	0,18
Tubulação 93-125	260,00	200	-74,47	2,37	53,01
Tubulação 90-125*	300,00	250	-96,21	1,96	28,73
Tubulação 89-90	550,00	300	106,61	1,51	14,30
Tubulação 75-76	410,00	400	134,49	1,07	5,41
Tubulação 70-76	500,00	400	126,93	1,01	4,86
Tubulação 69-70	90,00	700	150,66	0,39	0,44
Tubulação 69-80	280,00	350	89,60	0,93	4,89
Tubulação 68-70	400,00	350	-25,43	0,26	0,47

Tabela 26. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 67-68	150,00	200	-59,47	1,89	34,95
Tubulação 69-124	330,00	600	204,24	0,72	1,63
Tubulação 94-99	490,00	200	9,26	0,29	1,12
Tubulação 106-125	170,00	200	-16,08	0,51	3,10
Tubulação 118-123	100,00	200	35,72	1,14	13,60
Tubulação 88-123	300,00	200	33,83	1,08	12,30
Tubulação 88-122	100,00	200	28,13	0,90	8,74
Tubulação 83-84	320,00	500	6,05	0,03	0,01
Tubulação 84-85	120,00	500	-137,28	0,70	1,90
Tubulação 77-85	390,00	500	151,27	0,77	2,27
Tubulação 52-85	350,00	500	6,62	0,03	0,01
Tubulação 4-57	200,00	500	251,34	1,28	5,81
Tubulação 22-33	500,00	300	9,45	0,13	0,16
Tubulação 21-22	150,00	200	16,56	0,53	3,27
Tubulação 20-21	680,00	200	30,82	0,98	10,35
Tubulação 18-20	180,00	200	12,92	0,41	2,07
Tubulação 18-19	500,00	200	9,52	0,30	1,17
Tubulação 16-17	200,00	150	13,54	0,77	9,16
Tubulação 17-20	350,00	150	6,92	0,39	2,64
Tubulação 32-35	400,00	200	49,29	1,57	24,69
Tubulação 20-35	260,00	200	41,73	1,33	18,14
Tubulação 33-34	80,00	150	28,17	1,59	35,58
Tubulação 23-34	150,00	300	16,26	0,23	0,44
Tubulação 23-24	250,00	300	11,53	0,16	0,23
Tubulação 24-25	380,00	400	-8,69	0,07	0,03
Tubulação 25-26	80,00	400	-1,51	0,01	-
Tubulação 21-33	550,00	150	8,99	0,51	4,29
Tubulação 31-33	270,00	150	42,26	2,39	75,38
Tubulação 30-31	240,00	350	-147,90	1,54	12,37
Tubulação 29-30	230,00	350	-181,30	1,88	18,04
Tubulação 28-29	500,00	500	9,45	0,05	0,01
Tubulação 31-32	340,00	400	-101,10	0,80	3,19
Tubulação 30-38	550,00	250	29,06	0,59	3,13
Tubulação 32-38	510,00	200	19,84	0,63	4,57
Tubulação 15-16	300,00	150	-22,99	1,30	24,41
Tubulação 14-15	100,00	250	-33,88	0,69	4,16
Tubulação 14-37	260,00	250	-58,00	1,18	11,25
Tubulação 32-37	580,00	350	-55,57	0,58	2,02
Tubulação 8-37	230,00	200	-17,74	0,56	3,72
Tubulação 8-9	210,00	200	3,97	0,13	0,23
Tubulação 13-14	230,00	150	19,22	1,09	17,51

Tabela 26. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 11-12	350,00	150	9,74	0,55	4,98
Tubulação 12-13	370,00	150	-3,87	0,22	0,90
Tubulação 10-11	150,00	200	-12,58	0,40	1,97
Tubulação 9-10	230,00	200	-	-	-
Tubulação 10-40	380,00	200	23,73	0,76	6,38
Tubulação 39-40	50,00	150	-7,35	0,42	2,95
Tubulação 7-39	490,00	150	-16,61	0,94	13,37
Tubulação 7-8	350,00	200	27,93	0,89	8,62
Tubulação 42-43	280,00	300	7,04	0,10	0,09
Tubulação 43-44	230,00	300	1,75	0,02	0,01
Tubulação 44-45	230,00	150	6,05	0,34	2,06
Tubulação 45-46	90,00	150	1,70	0,10	0,20
Tubulação 89-121	220,00	300	110,77	1,57	15,35
Tubulação 121-122	120,00	200	-26,24	0,84	7,68
Tubulação 120-121	240,00	300	-149,38	2,11	26,70
Tubulação 119-120	100,00	600	-151,27	0,53	0,93
Tubulação 50-51	450,00	200	-8,51	0,27	0,95
Tubulação 48-49	200,00	200	-3,78	0,12	0,21
Tubulação 60-68	650,00	300	31,19	0,44	1,47
Tubulação 60-61	50,00	300	23,19	0,33	0,85
Tubulação 50-61	400,00	250	16,07	0,33	1,04
Tubulação 48-62	440,00	200	-12,10	0,39	1,83
Tubulação 61-62	220,00	200	3,12	0,10	0,15
Tubulação 62-63	420,00	150	-13,14	0,74	8,66
Tubulação 44-63	380,00	200	8,83	0,28	1,02
Tubulação 58-59	420,00	200	7,94	0,25	0,84
Tubulação 58-69	640,00	300	-20,04	0,28	0,65
Tubulação 69-124b	330,00	150	-5,46	0,31	1,63
Tubulação 67-72	260,00	500	-164,46	0,84	2,65
Tubulação 71-72	110,00	700	-172,52	0,45	0,56
Tubulação 27-71	282,00	800	-177,81	0,35	0,31
Tubulação 3-27	410,00	800	-185,56	0,37	0,34
Tubulação 42-66	320,00	300	40,14	0,57	2,34
Tubulação 65-66	350,00	300	46,35	0,66	3,06
Tubulação 64-65	340,00	300	37,85	0,54	2,10
Tubulação 63-64	500,00	300	31,42	0,44	1,49
Tubulação 65-67	550,00	200	13,16	0,42	2,14
Tubulação 65-67b	550,00	400	81,44	0,65	2,14
Tubulação 6-7	290,00	200	57,68	1,84	33,03
Tubulação 4-125	150,00	500	172,11	0,88	2,88
Tubulação 5-125	220,00	500	163,11	0,83	1,53

Tabela 26. Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento	Diâmetro	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação 5-87	360,00	350	87,35	0,91	4,67
Tubulação 5-6	470,00	350	70,55	0,73	3,14
Tubulação 7-38	470,00	200	7,66	0,24	0,79
Tubulação 86-87	440,00	350	78,35	0,81	3,81
Tubulação 84-86	300,00	350	-128,96	1,34	9,60
Tubulação 91-107b	120,00	400	-21,51	0,17	0,18
Tubulação 29-86	100,00	350	201,64	2,10	21,96
Tubulação 73-74b	230,00	150	8,33	0,47	3,73
Tubulação 57-74	330,00	700	382,41	0,99	2,46
Tubulação 106-121	610,00	200	-58,05	1,85	33,42
Tubulação B-19	350,00	500	0,07	-	-
Tubulação A-B	2.500,00	200	-25,45	0,81	4,26
Tubulação 1-3(b)	100,00	250	39,15	0,80	5,43
Tubulação 74-75(b)	140,00	200	14,93	0,48	2,70
Tubulação 22-34	450,00	300	1,40	0,02	-
Tubulação 75-77b	90,00	250	-17,46	0,36	1,21
Tubulação 6-41	430,00	350	3,52	0,04	0,01
Tubulação 6-41b	430,00	300	2,35	0,03	0,01
Tubulação 41-42	40,00	350	-18,10	0,19	0,25
Tubulação 4-41	1.250,00	400	74,23	0,59	1,80
Tubulação 40-41	250,00	200	-83,20	2,65	65,08
Tubulação A-40	700,00	400	62,08	0,49	1,29