

INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Câmpus Caraguatatuba

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

CLAUDIA FERREIRA BRITO

ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS QUE PODEM SER ALCANÇADOS COM A SEPARAÇÃO DE REDES DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO EM UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

CARAGUATATUBA

Fevereiro/2022

CLAUDIA FERREIRA BRITO

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS QUE PODEM SER
ALCANÇADOS COM A SEPARAÇÃO DE REDES DE
ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO EM UM SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus Caraguatatuba como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Esp. Denis Bek Arruda

Coorientador 1: Esp. Arthur Alexandre Neto

Coorientador 2: Me. Emerson Roberto de Oliveira

CARAGUATATUBA

Fevereiro/2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

Brito, Claudia Ferreira
B862a Análise dos benefícios que podem ser alcançados com a separação de redes de adução e distribuição em um sistema de abastecimento de água. / Claudia Ferreira Brito. -- Caraguatatuba, 2022.
34 f. : il.

Orientador: Prof. Esp. Denis Bek Arruda.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Engenharia Civil. 2. Saneamento básico. 3. Adução. 4. Distribuição. 5. SAA. I. Arruda, Denis Bek, orient. II. Alexandre Neto, Arthur, coorient. III. Oliveira, Emerson Roberto de, coorient. IV. Instituto Federal de São Paulo. V. Título.

CDD: 624

ATA N.º 17/2022 - DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS QUE PODEM SER ALCANÇADOS COM A SEPARAÇÃO DE REDES DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO EM UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA** apresentado(a) pelo(a) aluno(a) **Claudia Ferreira Brito (CG170446X)** do Curso **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)** Os trabalhos foram iniciados às **18:00 h do dia 17/02/2022** pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros.

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito (Quando Exigido)
Denis Bek Arruda (Orientador/Presidente)	IFSP	SIM	Aprovado
Emerson Roberto de Oliveira (Examinador Interno/Coorientador)	IFSP	SIM	Aprovado
Arthur Alexandre Neto (Examinador Externo/Coorientador)		SIM	Aprovado
Rui Cesar Rodrigues Bueno (Examinador Externo)		SIM	Aprovado
Adriana Paulo de Sousa Oliveira (Examinador Externo/Suplente)	UFV	SIM	-----

Observações: Sem observações .

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do(a) candidato(a). Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[x] Aprovado(a) [] Reprovado(a) Nota (quando exigido): _____

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

IFSP - Câmpus Caraguatatuba, 19 de fevereiro de 2022

Avaliador externo: [x]Sim []Não

Assinatura:

Documento assinado eletronicamente por:

- **Denis Bek Arruda, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO**, em 19/02/2022 16:10:58.
- **Claudia Ferreira Brito, CG170446X - Discente**, em 19/02/2022 16:19:57.
- **Emerson Roberto de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/02/2022 10:18:50.
- **Adriana Paulo de Sousa Oliveira, 08251543673 - Pessoa Externa**, em 22/02/2022 17:14:23.
- **Arthur Alexandre Neto, 07560220886 - Pessoa Externa**, em 22/02/2022 18:19:42.
- **Rui Cesar Rodrigues Bueno, 03219477895 - Pessoa Externa**, em 22/02/2022 22:07:00.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 19/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 299666

Código de Autenticação: b928926cd4



ATA N.º 17/2022 - DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus, por tudo que eu conquistei, a minha mãe que fez de mim o que eu sou hoje e é o meu mundo. Preciso agradecer a paciência infinita dos meus orientadores, e me desculpar as vezes em que a minha acabou. Agradecer ao meu namorado, que é minha rocha nesses 5 anos de correria pura, e agradecer a todos os meus colegas e amigos que eu fiz no curso, especialmente aqueles que vou levar para vida inteira. E por último, mas não menos importante agradecer a todos os professores, que passaram pela minha vida ou não, eles são a profissão das profissões!

Preciso agradecer também a SABESP, que me ensinou muito em dois anos de estagio, deixando um agradecimento especial para o meu supervisor, que eu sempre digo e repito, tive muita sorte em trabalhar, me ajudou a tornar possível esse trabalho.

RESUMO

O artigo apresentado visa demonstrar os benefícios que uma adutora exclusiva pode trazer ao sistema de abastecimento de água (SAA), como modelo é utilizado o SAA Porto Novo, localizado na cidade de Caraguatatuba, Litoral Norte do estado de São Paulo. O sistema já é operante, e apresenta uma rede que encaminha água tratada do reservatório Porto Novo para o reservatório Palmeiras Norte, e no caminho alimenta uma parte do bairro Porto Novo. A cidade de Caraguatatuba, é atendida pela empresa SABESP, que está realizando um contrato que engloba obras e serviços para que a adução do reservatório deixe de abastecer as ligações. O artigo demonstra que as ações previstas irão otimizar o sistema, permitindo que as redes sejam operadas separadamente atendendo as zonas de pressão de maneira correta, como é previsto pela NBR 12.218, item 5.3.1, que estabelece as diretrizes corretas de um projeto de rede de distribuição. Com o modelo estudado pode ser adicionado na análise, benefícios combinados com a criação dos distritos de medições e controle (DMCs), que irá auxiliar a empresa na melhor gestão do abastecimento de água no SAA.

Palavras-chaves: Saneamento Básico; Adução; Distribuição; SAA.

ABSTRACT/ RESUMEN

The article intends to demonstrate the benefits that an exclusive water adductor can bring to the water supply system (WSS), being used as a model the WSS Porto Novo, located in the city of Caraguatatuba, North Coast of SP state. The system is already operational and features a network that sends treated water from the Porto Novo reservoir to the Palmeiras Norte reservoir and on the way feeds a part of the Porto Novo district. The city of Caraguatatuba is served by the company SABESP, which is carrying out a contract that includes works and services so that the adduction of the reservoir stops supplying the connections. The article demonstrates that the planned actions will optimize the system, allowing the networks to be operated separately in the correct way as foreseen by NBR 12.218, item 5.3.1, which establishes the right guidelines for a distribution network project. With the model studied benefits can be added to the analysis combined with the creation of measurement and control districts (MCDs), which will help the company to better manage the water supply in the WSS.

Palavras-chaves: Basic Sanitation; Adduction; Distribution.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. OBJETIVO GERAL.....	12
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
3. METODOLOGIA	12
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
5. CARACTERIZAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	19
6. PROPOSTA DE MELHORIA	24
7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ESPERADOS.....	29
8. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
GLOSSARIO.....	34

1. INTRODUÇÃO

O Saneamento básico engloba serviços fundamentais, visando a prevenção de doenças e a promoção da saúde pública como um todo, o que contribui com a sociedade, o meio ambiente e a economia (Lei nº 11.445 - 2007). Historicamente o Brasil apresenta fatores dificultadores para o progresso expressivo do Saneamento, como por exemplo, a falta de investimento suficiente no setor e de planejamento adequado das cidades, a dificuldade de se obter financiamentos e licenças para as obras e a deficiência na gestão das companhias de saneamento (INTC – 2019).

O presente artigo trata-se de um estudo de caso na cidade de Caraguatatuba, no Litoral Norte do estado de São Paulo (figura 1), que possui população estimada, de acordo com o IBGE, de 125.194 habitantes, em 2021, sendo que em épocas de veraneio, a população chega a triplicar.

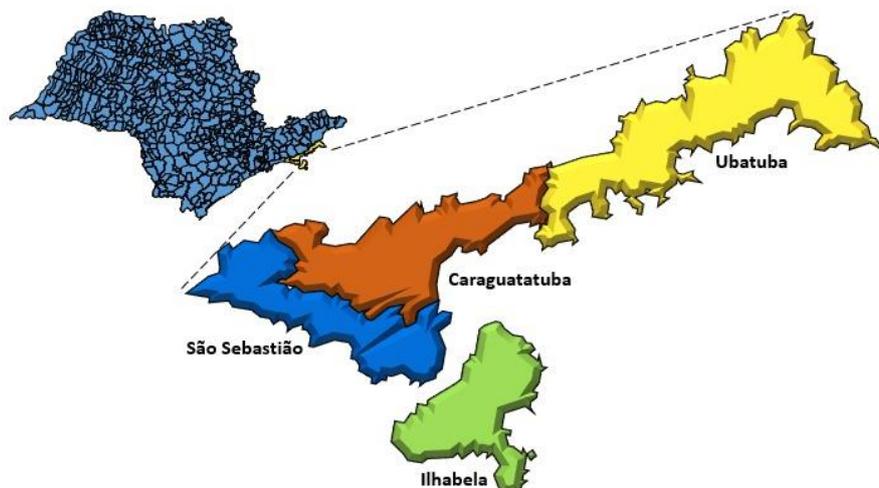


Figura 1 - Localização da cidade Caraguatatuba em São Paulo.

Fonte: SABESP

O estudo analisa uma rede de distribuição que também opera como uma adutora para um reservatório. O abastecimento da cidade é dividido em quatro sistemas de abastecimento de água (SAA): Porto Novo, Guaxinduba, Massaguaçu e Tabatinga.

O SAA Porto Novo é o principal da cidade, conta com o processo de tratamento de coagulação, floculação, flotação, filtração, desinfecção, alcalinização e fluoretação. A partir da Estação de Tratamento de Água (ETA)

Porto Novo, um sistema de bombeamento aduz água tratada para o reservatório de mesmo nome. Desta reservação, por bombeamento, a água tratada é encaminhada para os reservatórios Porto Novo e Palmeiras Norte e para as estações elevatórias de água tratada (EEAT) e boosters, que complementam a distribuição. (SABESP-2014) Na figura 2 é possível observar essa configuração.

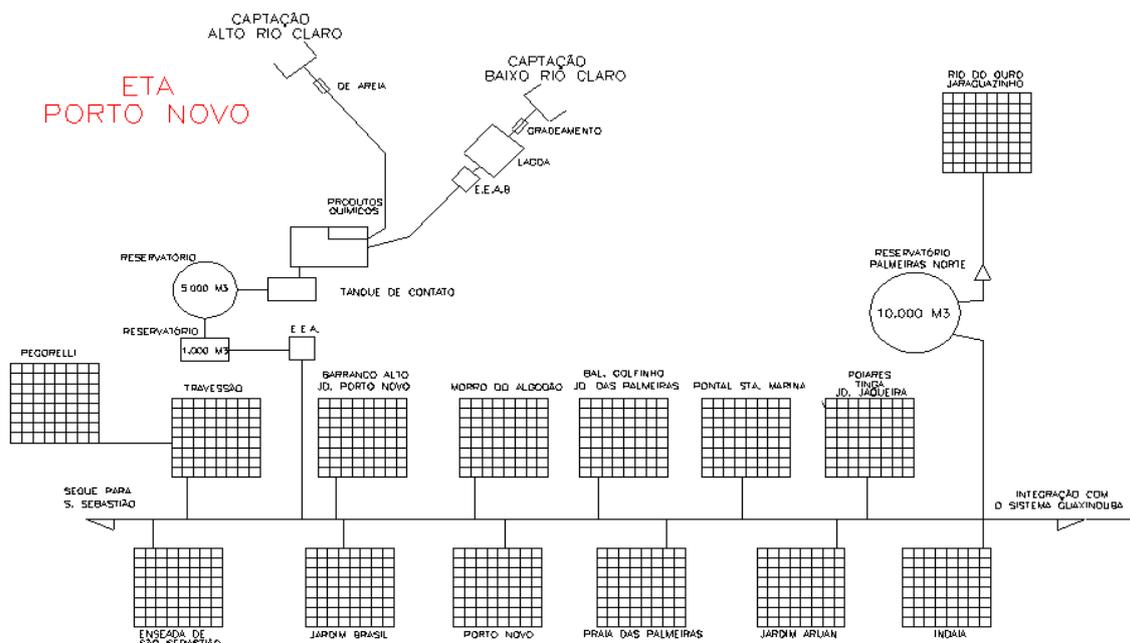


Figura 2: Sistema de abastecimento de água Porto Novo.

Fonte: SABESP

As tubulações responsáveis pelo transporte de água entre a ETA e as instalações são chamadas adutoras, representada por exemplo como a tubulação que encaminha a água já tratada da ETA até o reservatório Palmeiras Norte. O ideal é que seja uma linha exclusiva, sem ramificações de abastecimento, isso por que qualquer imprevisto que possa causar uma interrupção nessa linha, como alguma manutenção, ou um grande vazamento, afeta o abastecimento de toda a população ligada a essa adutora. Na figura 2 é possível verificar que esse não é o caso na ETA Porto Novo.

Visando melhorar a situação, há várias implantações propostas no relatório SABESP, para que seja possível abastecer a população com uma maior eficiência, dentre elas um prolongamento que tornará possível transformar a adutora mista em exclusiva para o reservatório Palmeiras Norte.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar e compreender as implicações da separação de redes entre adução para um reservatório e a distribuição para os imóveis em um sistema hidráulico, tendo como base a situação do município de Caraguatatuba.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analisar quais são os benefícios diretos e indiretos da separação das redes de adução e distribuição;
- Avaliar a importância da prática desse conceito, de separação de redes, para fornecer parâmetros para o melhor desempenho do SAA.

3. METODOLOGIA

O artigo foi concebido como natureza a pesquisa aplicada, ou seja, foram utilizados conceitos teóricos para analisar a aplicação de uma ação prática específica, aqui retratada como a melhoria de um sistema de tratamento de água ao modificar uma rede mista, que funciona como adutora e distribuição, para se tornar uma adutora exclusiva.

O problema foi abordado de modo qualitativo, a SABESP disponibilizou dados referentes ao consumo da população, e informações sobre os volumes produzidos na ETA, sendo que esses registros são coletados diariamente pela empresa.

É importante salientar que fugindo a regra geral da abordagem qualitativa, o objetivo da pesquisa apresentada é demonstrar a importância de uma adutora exclusiva, o que se aplica em diversas situações e não somente no sistema aqui estudado.

Um material de suma importância para esse trabalho, foi um relatório contratado em 2014 pela SABESP, que tinha como objetivo a elaboração de

projetos para setorização dos sistemas de abastecimento de água em todo o Litoral Norte de São Paulo.

Esse relatório foi realizado pelas empresas GEASANEVITA Engenharia e Meio Ambiente e ENOPS Engenharia, e apresenta a caracterização do município, incluindo o detalhamento de todo o SAA, o estudo populacional e de demanda, e foram realizadas projeções de consumo até 2040, contando com modelo hidráulico, onde foi analisado e testado melhorias para todos os municípios, o que resultou em um relatório citando diversas intervenções.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Atualmente a SABESP opera o sistema de abastecimento de água existente em Caraguatatuba, o sistema público conta com 60.556 ligações em agosto de 2021, dados disponibilizados pela SABESP. Para que a água seja distribuída com qualidade e eficiência, existem quatro SAA, que podem ser divididos em captação, adução, tratamento e distribuição da água potável para a população.

O trabalho irá estudar trechos do SAA Porto Novo, que é abastecido pela ETA Porto Novo, a mesma é projetada para atender uma vazão de 550 L/s, ela faz parte de um sistema integrado, o qual contempla o SAA Guaxinduba, localizado em Caraguatatuba, e o SAA São Francisco, localizado em São Sebastião.

Como é possível identificar na figura 3, pode-se dividir o abastecimento em três zonas, o que é abastecido somente pelo SAA Porto Novo, outro abastecido em conjunto do SAA Porto Novo e o SAA Guaxinduba, alimentado pela ETA Guaxinduba, e a área que é abastecido pelo SAA Porto Novo e o SAA São Francisco, alimentado pela ETA São Francisco. (SABESP-2022)



Figura 3 - Zona de abastecimento da ETA Porto Novo

Fonte: Imagem retirada e adaptada do software Google Earth

Após o tratamento na ETA a água é direcionada para o reservatório Porto Novo, que se localiza no mesmo terreno da ETA, e deste é encaminhada para as estações elevatórias de água tratada e booster que complementam a distribuição, também é abastecido o reservatório Palmeiras Norte (que além de abastecer a população, envia água para o reservatório Benfica).

Na outra via, por meio de uma estação elevatória, a água é enviada para o município de São Sebastião, se encaminhando para o reservatório do Arpoador, reservatório Pontal da Cruz, reservatório Olaria e o reservatório Itatinga e auxilia o abastecimento da zona da ETA São Francisco. (SABESP-2019)

Os bairros abastecidos pela ETA Porto Novo em Caraguatatuba começam no bairro do Perequê Mirim e termina no bairro Centro, abrangendo os bairros Pereque Mirim Alto, Pegorelli, Pereque Mirim Baixo, Travessão, Barranco Alto/Porto Novo Alto, Porto Novo, Jd Sindicatos, Morro do Algodão, Indaia, Jaqueira, Rio de Ouro, Jaraguazinho, Ponte Seca, Indaia de Cima, Tinga Alto, Jd das Gaivotas, Polares, Jd Maristela/Jd Samambaia, Aruan, Sta Marina, Golfinho, Jd Britania, Praia das Palmeiras Alto, Praia das Palmeiras Baixo, Centro/Estrela D'Alva e Jd Primavera (SABESP-2019).

Os bairros abastecidos pela ETA Porto Novo em São Sebastião vão do Canto do Mar até o bairro Cigarras, abastecendo pelo caminho os bairros Canto

do Mar, Enseada , Jaraguá, Cigarras, Figueira, São Francisco, Morro do Abrigo, Portal do Olaria, Arrastão, Reserve Du Moulin, Pontal da Cruz, Praia Deserta, Porto Grande, Centro, Praia Preta, Topôlandia, Olaria, Itatinga, Varadouro e Praia Grande. (SABESP-2022)

Sendo assim, o sistema integrado abastece cerca de 29 bairros em Caraguatatuba, e 20 bairros em São Sebastião, totalizando 49 bairros, o que significa que 59% dos bairros atendidos são de Caraguatatuba e 41% de São Sebastião. Nas figuras 4 e 5 é possível identificar as zonas.



Figura 4 - Zona de abastecimento da ETA Porto Novo em Caraguatatuba (12,9 km de orla)

Fonte: Imagem retirada e adaptada do software Google Earth



Figura 5 - Zona de abastecimento da ETA Porto Novo em São Sebastião (17,7 km de orla)

Fonte: Imagem retirada e adaptada do software Google Earth

Atualmente na ETA Porto Novo há três conjuntos de motobombas (CMBs):

- Booster CDP que abastece exclusivamente o centro de detenção provisório (CDP);
- Booster CARAGUA que abastece a região Sul que faz divisa com o município de São Sebastião, a região da ETA Porto Novo até a região do bairro Indaiá de Caraguatatuba e o reservatório Palmeiras Norte;
- Booster SÃO SEBASTIÃO que abastece os bairros Pereque Mirim, Travessão e fornece água para vários bairros do município de São Sebastião.

A adutora que será estudada, aduz a água da ETA Porto Novo até o reservatório Palmeiras Norte. A distância entre os dois pontos é de aproximadamente 9,5 km, atualmente ao longo de sua extensão a adutora abastece além do reservatório, a rede de distribuição de alguns bairros próximos a ETA (SABESP-2022). Na figura 6 é possível visualizar o traçado da rede e qual a área que é abastecida pela mesma.

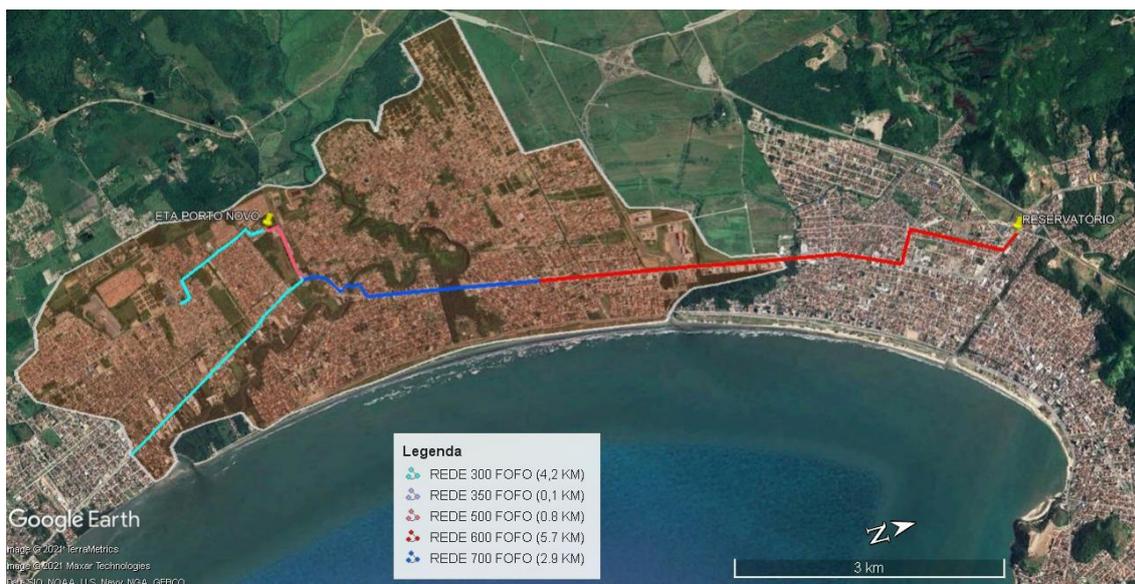


Figura 6 - Área abastecida pela rede que abastece o reservatório Palmeiras Norte

Fonte: Imagem retirada e adaptada do software Google Earth

Quando a ETA Porto Novo foi construída por meados de 1996, a distribuição era realizada por gravidade, ainda não havia o reservatório Palmeiras Norte para auxiliar na distribuição. Nessa época a SABESP não dispunha de equipes com dedicação exclusiva focadas no Litoral Norte, até que em 1999 foi instalado uma superintendência na região.

Antes da criação da superintendência do Litoral Norte, os quatro municípios eram administrados pela equipe SABESP do Litoral Sul do estado de São Paulo, depois foi passado para a equipe do interior do estado, e por último a equipe do Vale do Paraíba.

Devido a essa situação os problemas no Litoral Norte só eram identificados em épocas de alta demandas (veraneio), a população flutuante aumentava o consumo e o abastecimento não supria o consumo, resultando em muitas chamadas de falta d'água, porém assim que a situação normalizava os administradores focavam seus esforços nos locais mais próximos a eles.

Durante a concepção da ETA os responsáveis acreditavam que os CMBs elevariam o custo das obras e poderiam apresentar muitos problemas de manutenção. Devido a cidade ser litorânea a mesma apresenta cotas baixas, o que resulta numa cidade plana, e assim foi possível montar o SAA com o abastecimento por gravidade.

Porém, a cidade de Caraguatatuba sofreu uma grande expansão ao longo dos anos, o que pode ser notado na figura 7, gráfico elaborado com os dados do SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática. Devido ao aumento da demanda foram necessárias melhorias nos sistemas, que incluiu a implantação do reservatório Palmeiras Norte, e a implantação dos conjuntos motobombas para alimentação das redes, desde a construção da ETA (1996), até hoje (2022) a população foi duplicada.

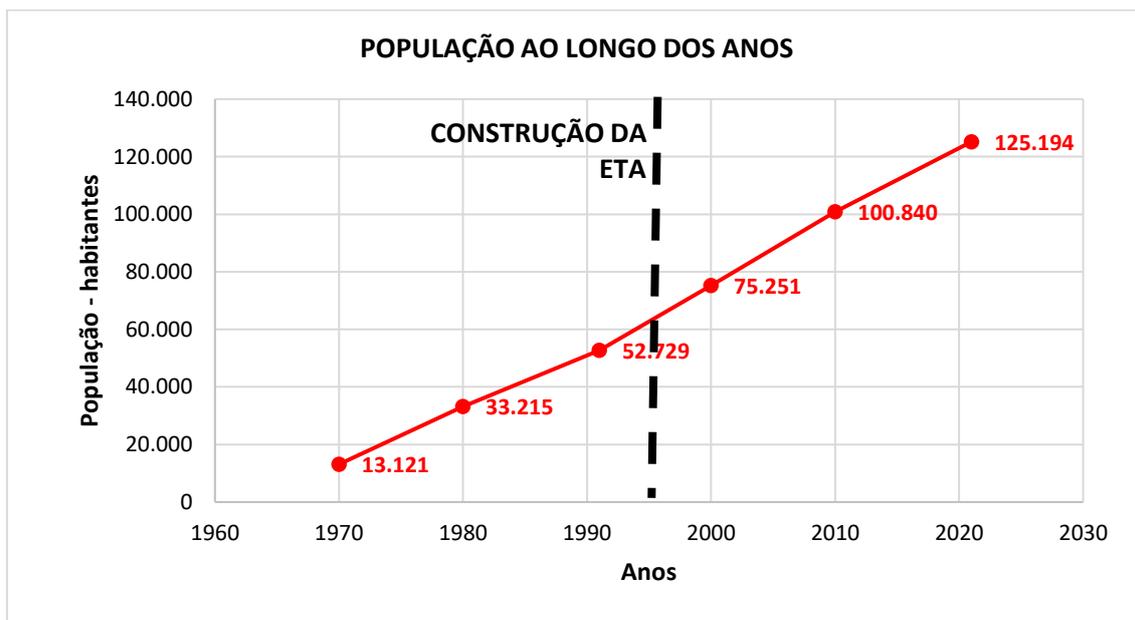


Figura 7 Crescimento populacional do município de Caraguatatuba

Fonte: IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra. Dados atualizados em 01/2022.

Segundo o IBGE, a população estimada em 2021 em todo o Litoral Norte de São Paulo (Caraguatatuba, São Sebastião, Ubatuba e Ilhabela) é de 345.844 habitantes. Baseados em dados da concessionária Tamoios, responsável pela operação e manutenção da Rodovia dos Tamoios, estrada que conecta as cidades São José dos Campos e Caraguatatuba, a principal entrada para o Litoral Norte, as cidades receberam durante o período da virada do ano de 2021 para 2022 (23/12 a 01/01) 160.115 carros, considerando 4 pessoas por veículo resulta numa estimativa da população flutuante de 640.460, em todo o Litoral Norte, ou seja durante esse período o litoral norte teve sua população aproximadamente triplicada.

Portanto, a situação atual traz alguns problemas operacionais, principalmente durante a alta temporada, ou quando é necessária alguma manutenção no reservatório que a adutora abastece.

5. CARACTERIZAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O reservatório Palmeiras Norte fora da alta temporada pode operar até o nível mínimo de 30%, e conseguir se recuperar em condições normais com eficiência, porém na alta temporada, para atender o aumento da demanda, a operação deve manter o nível mínimo em pelo menos 65%, devido a dificuldade de recuperar o sistema caso o nível caia abaixo disso.

O fato da adução do reservatório também trabalhar como rede de distribuição, traz como consequência uma limitação do sistema. Isso por que aumentar a vazão para que o abastecimento equalize com o consumo do reservatório, faz com que toda a rede seja pressurizada, e como a rede tem as ramificações que abastecem a região sul de Caraguatatuba, que é um sistema com redes antigas e ligações irregulares localizadas pelo caminho, há o risco de tais redes não suportarem a pressão e resultar em um rompimento em alguns pontos da tubulação.

Um fato importante de atenção, é o sistema de distribuição operar com a pressão elevada o ano inteiro, já que quando a cidade não está no período de temporada, a pressão na rede deveria diminuir, devido a diminuição do consumo, porém, devido a distância entre a ETA e o reservatório Palmeiras Norte, de aproximadamente 9,5 km a pressão na rede não pode ser diminuída, por causa da necessidade de sobrepujar a perda de carga relativa a essa distância.

Em época de veraneio, quando o sistema visa abastecer a população e aduzir o suficiente para o reservatório, o CMB opera em um intervalo de 25 a 35 mca, quando fora da temporada e com o nível do reservatório satisfatório, a pressão no CMB pode cair para o intervalo de 10 a 25 mca, quando o objetivo é o aumento do nível do reservatório o CMB opera com 25 mca.

A alta de pressão na rede de abastecimento não tem apenas o rompimento da rede de distribuição como problema, a pressurização também aumenta as vazões dos vazamentos existentes no caminhamento da tubulação da rede, acarretando maiores perdas no sistema, podendo causar falsas interpretações do SAA, como indicar um aumento de consumo, quando na verdade a água está sendo perdida.

Um exemplo de falsa interpretação no sistema, ocorreu em agosto de 2021. Foi necessário realizar a limpeza do reservatório Palmeiras Norte no dia 14/08, e devido à restrição de pressão a recuperação do nível do reservatório foi de 4 dias, o que significa 4 dias com a rede pressurizada no limite e os vazamentos consumindo uma parcela maior da água.

Na figura 8 são apresentados 2 gráficos de Volume Produzido (VP), é possível perceber o impacto causado em ambos os gráficos, o primeiro é referente ao setor Porto Novo, e o segundo referente ao Município de Caraguatatuba, é possível identificar que no dia 14 devido ao esvaziamento do reservatório, que ficou sem receber água durante a limpeza, o VP diminuiu e em seguida como o reservatório teve de ser recuperado aos poucos foi voltando gradualmente aos valores normais.

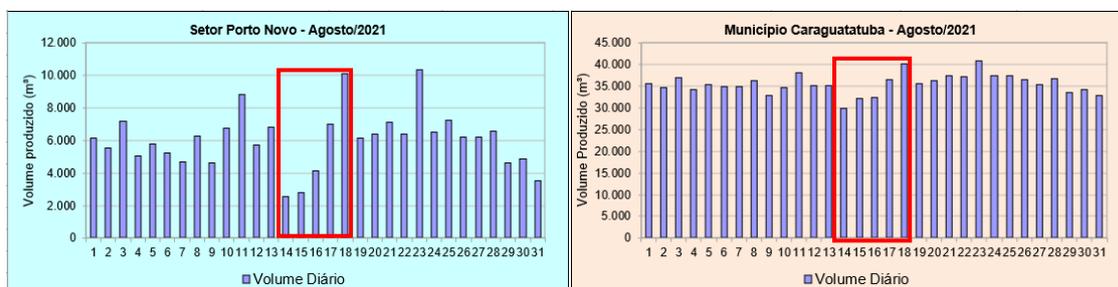


Figura 8 A esquerda o gráfico de volume produzido em agosto de 2021 no Setor Porto Novo. A direita o gráfico de volume produzido em agosto de 2021 no Município de Caraguatatuba.

Fonte: SABESP

Atualmente, início de 2022, a SABESP está realizando testes no sistema atual, durante a madrugada, visando o melhor entendimento do sistema para melhorar a operação, quando o consumo da população chega ao seu mínimo, é possível realizar testes importantes na adutora do reservatório, um exemplo foi realizado na madrugada do dia 08/02.

O recalque do reservatório foi ajustado para permanecer com a pressão de 28 mca, entre as oito da noite e a meia noite, e após esse horário até as seis horas da manhã, a pressão foi diminuída para operar fixa em 25 mca, no início do teste o reservatório apresentava nível de 68%, após o período foi observado o incremento de 28%, alcançando 96% de nível (SABESP-2022).

Portanto, fora da época de temporada foi observado que durante uma madrugada operando com essa média de pressão, é possível abastecer pelo menos 28% do reservatório.

Durante todo o teste foi possível acompanhar a pressão na rede de distribuição, devido ao monitoramento no ponto de controle, que fica localizado a 2,2 km do ponto crítico (figura 9), o ponto crítico em um SAA é o local que irá sofrer o primeiro desabastecimento em caso de falha na distribuição, geralmente ele é o parâmetro para que a pressão na malha de rede esteja sempre de acordo com a norma.



Figura 9 - Localização do Ponto de Controle e Ponto Crítico do sistema

Fonte: Imagem retirada e adaptada do software Google Earth

Observando o gráfico na figura 10, é possível perceber que a pressão na rede de distribuição apresentou valores aproximados de 13 a 24 mca, tendo como média a pressão de 21 mca o que é considerado um valor muito alto, isso porque o ponto de controle está localizado muito próximo ao final do sistema, o que significa que as redes de distribuição mais próximas a ETA poderiam estar sendo sobrecarregadas.

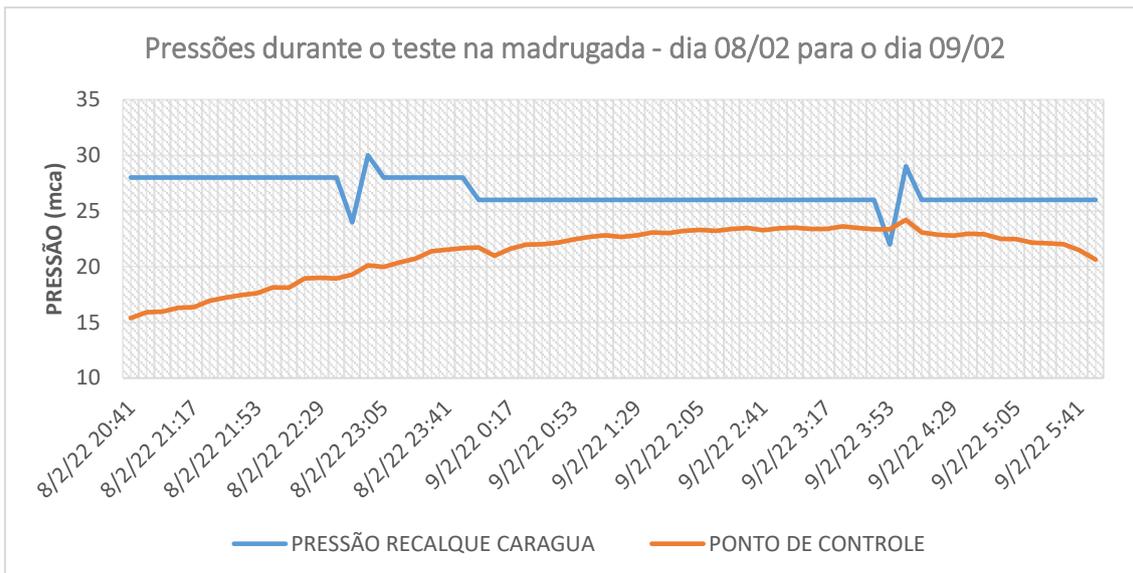


Figura 10 - Gráfico demonstrando as pressões durante o teste de madrugada

Fonte: Dados retirados do sistema supervisorio SABESP (2022)

Após o término desse teste, foi iniciado um segundo teste, porém agora ao invés de o foco ser o preenchimento do reservatório, a pressão que foi fixada como parâmetro é a do ponto de controle, que operou com o valor fixo de 13 mca, valor dentro da NBR.

O que significa que ao invés de a bomba ter que recalcar 28 ou 25 mca continuamente, o recalque irá variar de acordo com o ponto de controle, sempre com o objetivo de alcançar o valor fixado no mesmo. Com esse teste foi possível montar a o gráfico apresentado na figura 11.

Tabela 1 - Resumo dos dados obtidos nos testes

TESTES	PONTO DE CONTROLE			RECALQUE CARAGUA		
	MAIOR PRESSÃO	MENOR PRESSÃO	PRESSÃO MÉDIA	MAIOR PRESSÃO	MENOR PRESSÃO	PRESSÃO MÉDIA
1	24 mca	15 mca	21 mca	28 mca	26 mca	27 mca
2	20 mca	12 mca	14 mca	25mca	7 mca	17 mca

6. PROPOSTA DE MELHORIA

Visando melhorar a situação, há todo um estudo de setorização que irá dividir o setor de abastecimento do Porto Novo em Distritos de Medição e Controle (DMC), incluindo a proposta de um prolongamento e a instalação de um booster, sendo possível transformar a adutora em um abastecimento exclusivo para o reservatório Palmeiras Norte, o que irá aperfeiçoar a operação do sistema, visto que poderão ser mantidas pressões diferentes nas redes de distribuição e na adutora (SABESP – 2014).

Na figura 12 é possível visualizar onde será o prolongamento proposto, além do prolongamento serão fechados diversos registros no caminho da rede para que a água da adutora não se misture mais com a da distribuição direta da população.



Figura 12 Acima é apresentada a configuração atual da rede, e abaixo o prolongamento proposto para melhoria do sistema

Fonte: Imagem retirada e adaptada do software Google Earth

Atualmente esse prolongamento foi concluído parcialmente, o prolongamento ainda não se encontra em operação, devido ao novo CMB não ter sido instalado, e as outras elevatórias que irão abastecer a população, também ainda não terem sido finalizadas. É possível identificar na figura 13, as obras realizadas (SABESP – 2021).



Figura 13 Fotos do prolongamento realizado

Fonte: SABESP

Para que a rede consiga operar de modo exclusivo, além de deixar a rede livre, e instalar um CMB exclusivo para o reservatório Palmeiras Norte, serão implantados dois novos CMB que irão substituir adução hoje realizada por essa linha, sendo que a nova configuração será demonstrada abaixo:

- Booster Caragua Sul continuará abastecendo a região sul de Caraguatatuba;
- Booster CDP que irá continuar abastecendo exclusivamente o CDP;
- EEAT Palmeiras Norte que será o abastecimento exclusivo para o reservatório Palmeiras Norte;
- Booster Porto Novo que irá abastecer toda a região do Porto Novo;
- EEAT São Sebastião que irá abastecer a parcela de São Sebastião.

Vale ressaltar, que esses novos CMB de distribuição, serão o abastecimento do setor Porto Novo, tais CMB serão de suma importância para que sejam criados os DMC dentro do setor, que são áreas perfeitamente delimitadas, permanentemente isoladas, e geralmente com apenas uma entrada. Que permitirão gerenciar as pressões e vazões em áreas de menor abrangência, facilitando a operação da rede (SABESP – 2014).

Os DMCs agem como uma ferramenta de gestão, com as áreas delimitadas e estanques é possível, com os números de economias de água ativas dentro dessas delimitações, calcular o consumo médio do local, o que serve de parâmetro para identificar vazamentos nos locais, diminuindo assim as perdas no sistema.

As perdas dentro de um SAA são comuns, é considerado uma perda, toda a água que é tratada, mas não é contabilizada (micromedida) nos pontos de consumo. As perdas podem ser classificadas de duas formas, perdas aparentes e perdas reais ou físicas. O primeiro caso acontece quando ocorre falha no volume micro medido e/ou faturado, devido a irregularidades, deste modo a água é consumida, porém não é faturada pelas empresas, um exemplo desse tipo de perda são ligações clandestinas e hidrômetros descalibrados (Tardelli - 2015).

No segundo caso, perdas reais ou físicas, acontecem em sua maior parte nas redes de distribuição, são os casos de vazamentos nas tubulações e redes. Essa situação pode ser classificada ainda em mais três categorias, que podem ser vistas na figura 14; Vazamentos inerentes, que são difíceis de localizar e podem ocorrer nas conexões do sistema; Vazamentos invisíveis ou subterrâneos, podem ser identificados utilizando equipamentos especiais, que geralmente não afloram a superfície; E os vazamentos visíveis, que afloram a superfície e podem chegar a grandes volumes (Tardelli - 2015).

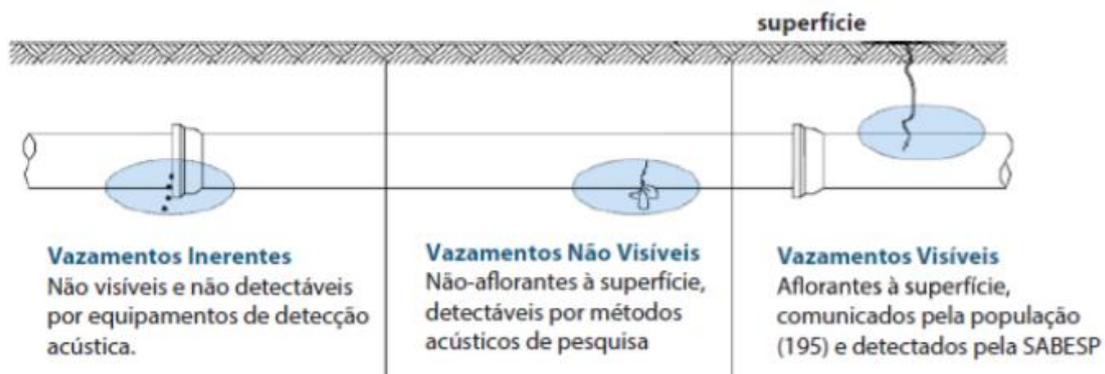


Figura 14 Perdas reais ou físicas – Tipos de vazamentos

Fonte: Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água (Tardelli,2015)

Na figura 15 a seguir é possível identificar os DMCs que serão implantados no setor Porto Novo, a obra de adução aqui estudada, só poderá entrar em funcionamento quando as obras de abastecimento também estiverem concluídas. O DMC 1 será abastecido pelo CMB Caragua Sul (Amarelo), o 2 pelo CMB do CDP (Roxo), e o 3,4 e 5 serão abastecidos pelo CMB Porto Novo (Verde, azul e marrom):

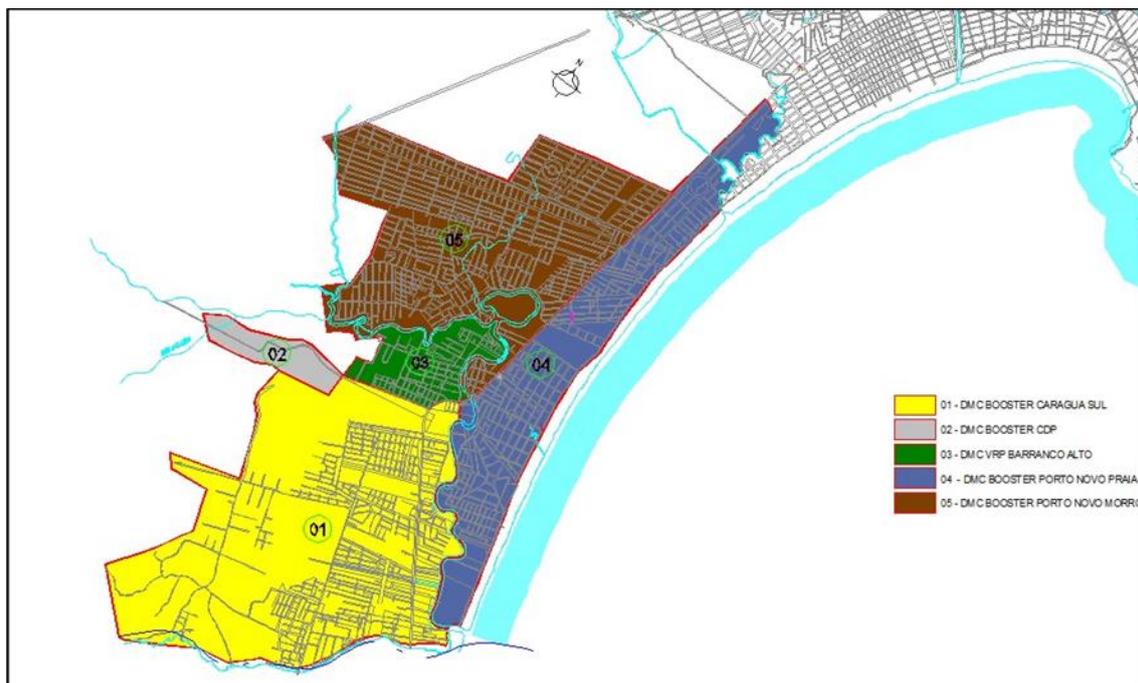


Figura 15 DMCs planejados para o setor Porto Novo

Fonte: Relatório Sabesp

7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ESPERADOS

Com essas modificações é esperado que a operação do sistema seja otimizada, já que com as redes separadas será possível controlar as pressões nas tubulações de distribuição de acordo com a demanda de consumo, não mais se preocupando com o abastecimento do reservatório, atendendo assim as recomendações de pressão de operação da NBR 12.218/2017 que trata de projetos de redes de distribuição de água para abastecimento público, e tem definições relevantes para analisarmos.

A NBR 12.218/2017 dita que a pressão estática mínima na rede é de 10 mca, e a pressão estática máxima é de 40 mca, podendo chegar a 50 mca em locais com topografias acidentadas, salvo locais com justificativa técnica (item 5.3.1). A pressão estática na rede representa a pressão em determinado ponto da tubulação sob condição de consumo nulo.

Com os testes realizados entre os dias oito, nove e dez de fevereiro fica visível que as pressões de operação ideais do sistema de adução e de distribuição são diferentes (tabela 2). Portanto, após as implantações de melhorias o abastecimento e a adução poderão operar sempre na sua melhor configuração.

Tabela 2 Análise dos resultados dos testes realizados pela SABESP

Resultados	PONTO DE CONTROLE			RECALQUE CARAGUA		
	MAIOR PRESSÃO	MENOR PRESSÃO	PRESSÃO MÉDIA	MAIOR PRESSÃO	MENOR PRESSÃO	PRESSÃO MÉDIA
1 – Pressão fixa na bomba de recalque	24 mca	15 mca	21 mca	28 mca	26 mca	27 mca
2 – Pressão fixa no ponto de controle	20 mca	12 mca	14 mca	25 mca	7 mca	17 mca
Valor ideal	14 mca	12 mca	13 mca	Dependendo do nível do reservatório Palmeiras Norte		

Com o melhor controle das pressões dentro da área de abastecimento, é possível otimizar o uso do sistema, já que irá diminuir a aplicação de pressões

altas desnecessárias nas redes de abastecimento, abrandando a solicitação da rede e diminuindo o risco de rompimento de redes devido a fadiga dos materiais.

Uma outra melhora esperada se reflete no custo operacional da EEAT, considerando que atualmente o booster funciona 24 horas por dia, devido ao abastecimento da população, segundo a SABESP a nova EEAT poderá ser desligada em alguns períodos estratégicos.

O investimento previsto para essas ações diretamente ligadas a adução do reservatório Palmeiras Norte, teve o seu custo estimado em R\$2,85 milhões, e após as implantações foi calculado uma economia mensal de R\$6.969,44. Tal valor economizado, se reflete apenas no valor economizado com relação ao gasto de energia dos CMB.

Como o relatório data de 2014/2015 é importante tentar atualizar os valores para os dias atuais, utilizando o site do IBGE para atualizar os valores de acordo com a inflação, temos um aumento de custo para R\$ 4,33 milhões e uma economia mensal de R\$ 10.588.

A adução do reservatório estará programada de acordo com o nível de operação do reservatório, significando que haverá parâmetros de nível mínimo e máximo para ligar e desligar o CMB, o que irá reduzir os custos de energia, e de manutenção devido a redução do desgaste da bomba. E nas redes de adução o custo operacional se vê reduzido quando a rede não precisará mais operar no limite máximo, reduzindo custos de manutenção.

Há melhorias indiretas que se devem além da separação de rede, a adoção dos DMCs no setor estudado. Com os DMCs efetivamente montados, a SABESP poderá iniciar um sistema de estudo mais eficiente para localizações de vazamentos e ligações clandestinas, sendo que, com o valor aproximado que será consumido, é possível acompanhar de perto o consumo, e caso o volume macro medido dos DMCs ultrapassem a quantia calculada, pode-se direcionar equipes procurando irregularidades em uma área pequena, facilitando o encontro de fraudes e vazamentos.

Com o controle de vazamentos mais efetivo e a operação do sistema otimizada, o relatório de setorização do sistema prevê uma redução do volume mensal produzido de 4.281 m³/mês, considerando o custo médio de produção

do m³ de R\$ 1,45 (SABESP - 2021), essa diminuição de VP aponta mais uma economia mensal de R\$ 6.207,45.

8. CONCLUSÕES

É perceptível que as melhorias alcançadas podem ser replicadas em qualquer sistema que adote as modificações propostas, um ponto a ficar atento, são as melhorias que decorrem não apenas da separação das redes, mas que envolvem a criação dos DMCs, já que principalmente as melhorias com relação a diminuição de perdas, serão mais eficazes com as duas soluções em prática. As três principais melhorias relacionadas diretamente com a modificação da malha de rede são:

- O melhor controle do abastecimento da população;
- A otimização da rede adutora, possibilitando a operação mais ampla, sem as restrições de outrora;
- Melhora no custo operacional dos CMB, tanto os custos de energia, quanto de manutenção devido a redução do desgaste da bomba.

Há melhorias que podem ser atribuídas ao sistema específico, mas que com a aplicação dos DMCs, como será realizado em Caraguatatuba, podem ser replicadas em outros sistemas, como o estudo mais eficiente para localizações de vazamentos e fraudes no sistema.

Em suma, é possível concluir que todas as melhorias alcançadas serão essenciais para a operação futura do SAA, sendo que os impactos são previstos em muitas áreas da gestão do sistema. Se enquadrando na melhor eficiência na utilização das redes, redução do custo operacional e custos de manutenção, e melhora na localização de vazamentos.

É interessante mencionar que esse não é um caso único na superintendência do Litoral Norte, em todas as unidades da SABESP é comum encontrar sistemas com redes adutoras que também tem a função de abastecimento. Um dos objetivos do artigo é demonstrar que caso tenham a oportunidade de aplicar essa melhoria nos sistemas, a intervenção irá trazer

diversos benefícios para a operação do SAA, melhorando a qualidade e eficiência do atendimento aos seus usuários.

Como já mencionado, atualmente as obras relacionadas a este trabalho foram concluídas parcialmente, o prolongamento descrito já foi executado, porém as novas EEAT e CMB não foram concluídas. Portanto, ainda não foi possível verificar a melhoria em ação, assim o artigo deixa uma oportunidade para que uma outra pesquisa confirme futuramente os resultados finais das ações aqui descritas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm/>.

Acesso em: 08 de ago. de 2021

[2] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Unidade de negócios do Litoral Norte. **Relatório Operacional 2021**. São Paulo, 2021

[3] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Unidade de negócios do Litoral Norte. **Relatório de elaboração de projetos para setorização de sistemas de abastecimento de água na unidade de negócio Litoral Norte – RN para o programa corporativo de redução de perdas de água**. São Paulo, 2015

[4] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Unidade de negócios do Litoral Norte. **Relatório Complementar de Avaliação da Eficiência Energética**. São Paulo, 2015

[5] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Unidade de negócios do Litoral Norte. **Relatórios anuais (2019) São Sebastião e Caraguatatuba**. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=253>> Acessado em 18 de janeiro de 2022

- [6] Conheça a história do saneamento básico e tratamento de água e esgoto. **EOS Organização e Sistemas**, 2019. Disponível em:< <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua-funcionamento/> >. Acesso em: 20 de set. de 2021
- [7] Entenda a realidade do saneamento básico no Brasil. **Portal da indústria**, 2020. Disponível em:< <http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/saneamento-basico/>>. Acesso em: 08 de ago. de 2021
- [8] Fundação Nacional de Saúde, **FUNASA**. Cadernos temáticos saneamento básico. Brasília, DF, 2016. Disponível em:< <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento+de+%C3%81gua+Pot%C3%A1vel.pdf/c42e2752-7de2-4a0b-a751-fa352f1bdb3?version=1.0>>. Acesso em: 08 de ago. de 2021
- [9] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caraguatatuba/panorama> > Acessado em 08 de ago. de 2021
- [10] População do Litoral Norte de SP ultrapassa 345 mil habitantes em 2021, estima IBGE. **TAMOIOS NEWS**, 2021. Disponível em:< <https://tamoiosnews.com.br/noticias/populacao-do-litoral-norte-de-sp-em-2021-ibge/> >. Acesso em: 20 de set. de 2021
- [11] Por que o Brasil é tão atrasado no saneamento básico? **INCT ETES Sustentáveis**, 2019. Disponível em:< <https://etes-sustentaveis.org/por-que-brasil-atrasado-saneamento/>>. Acesso em: 20 de set. de 2021
- [12] REIS, Alan Lima. Índice de perdas de água em sistemas de distribuição e consumo médio por pessoa dia. **TECSUS**, 2021. Disponível em:< <https://tecsus.com.br/blog/indice-de-perdas-de-agua-em-sistemas-de-distribuicao-e-consumo-medio-por-pessoa-dia/>>. Acesso em: 20 de set. de 2021
- [13] Sistema de abastecimento de água: funcionamento e projeção. **EOS Organização e Sistemas**, 2020. Disponível em:< <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua-funcionamento/> >. Acesso em: 20 de set. de 2021

[14] Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, **SNIS**. Painel de informações sobre saneamento. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>>. Acesso em: 10 de jan. de 2022

[15] TARDELLI FILHO, Jairo (Ed.). **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: Abes, 2015. 108 p.

[16] TOMOTUKI TSUTIYA, Milton (3ª Ed.). **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica. 2006. 643 p.

GLOSSARIO

BOOSTER / EPAT – É uma estação pressurizadora de água e tem como objetivo recalcar a água e manter a rede pressurizada para abastecimento contínuo de água, dentro das pressões e vazões definidas em projetos.

CMB – Conjunto Motobomba, conjunto de bombas utilizados para impulsionar o líquido atendendo aos parâmetros de projeto.

DMC - Distritos de Medição e Controle, é uma técnica para analisar e controlar um sistema de distribuição de água, consiste em dividir uma rede de abastecimento de água em áreas menores e macromedidas, sendo que deve ser uma área estanque e ter apenas uma entrada de água.

EEAT - Estação Elevatória de Água Tratada, É uma estação pressurizadora de água e tem como objetivo recalcar a água de um reservatório até outro reservatório, dentro das pressões e vazões definidas em projetos.

ETA - Estação de Tratamento de Água, tem como principal objetivo garantir os padrões de potabilidade ao consumo humano da água distribuída a população.

SAA - Sistema de Abastecimento de Água, conjunto de obras e instalações para atender uma determinada população, beneficiando os indivíduos que a compõem.

VP – Volume Produzido, volume macromedido da água que é produzida pelas ETAs.