



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



JOÃO EDSON ALVES DOS SANTOS

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO  
ALTERNATIVO DE ÁGUA POR CAMINHÃO PIPA ATRAVÉS DA  
IMPLANTAÇÃO DE NOVOS PONTOS DE CARREGAMENTO**

Maceió

2023

JOÃO EDSON ALVES DOS SANTOS

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO  
ALTERNATIVO DE ÁGUA POR CAMINHÃO PIPA ATRAVÉS DA  
IMPLANTAÇÃO DE NOVOS PONTOS DE CARREGAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves.

Maceió  
2023

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237p Santos, João Edson Alves dos.  
Proposta de otimização do serviço de abastecimento alternativo de água por caminhão pipa através da implantação de novos pontos de carregamento / João Edson Alves dos Santos. - 2023.  
59 f. : il.

Orientador: Marllus Gustavo Passos Neves.  
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 57-59.

1. Desabastecimento. 2. Carros-pipa - Medidas emergenciais. 3. Filas. I.  
Título.

CDU: 628.1.033/.034


## FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO EDSON ALVES DOS SANTOS

Proposta de otimização do serviço de abastecimento alternativo de água por caminhão pipa através da implantação de novos pontos de carregamento.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.


Trabalho aprovado em 06 de novembro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 MARLLUS GUSTAVO FERREIRA PASSOS DAS NEVES  
Data: 16/10/2023 08:44:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---


Prof. Dr. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves – (Orientador)  
Universidade Federal de Alagoas

### Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 DAYSY LIRA OLIVEIRA CAVALCANTI  
Data: 13/10/2023 14:50:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Daysy Lira Oliveira Cavalcanti – (Examinadora interna)  
Universidade Federal de Alagoas

Documento assinado digitalmente  
 VALMIR DE ALBUQUERQUE PEDROSA  
Data: 14/10/2023 06:05:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa – (Examinador interno)  
Universidade Federal de Alagoas

## AGRADECIMENTO

Gostaria de dedicar este trabalho, bem como toda essa jornada acadêmica:

Aos meus pais Edson e Elba, que fizeram incontáveis esforços e sacrifícios para que eu pudesse ter uma educação de qualidade e sobretudo uma vida feliz.

Às minhas irmãs Elka e Erika, pelo apoio e suporte por toda minha vida, sem o qual, certamente, eu não seria quem sou e muito menos teria concluído a graduação.

Aos colegas e amigos da UFAL, que trilharam essa jornada comigo e que estiveram ao meu lado, me apoiando, por tanto tempo. Em especial a Geovani, Daniel, Thallita, Valéria, Beatriz, Paulo, Diogo, Alexandre e Gustavo, amigos que tornaram essa jornada leve, divertida e proveitosa.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Marllus Gustavo Passos Neves, pela contribuição, paciência e auxílio na elaboração do trabalho.

Ao meu coorientador e amigo, Ericke Tavares, pelo auxílio, orientação e mentoria.

À minha supervisora, Naiara de Jesus, pela orientação e contribuição nesse trabalho.

À BRK Ambiental pelo fornecimento de informações e, através dos meus líderes e colegas de trabalho, muito aprendizado em meus últimos anos de graduação.

Ao professor Chico Potiguar, pela ligação que recebi no primeiro período e nunca esquecerei. Depois de uma péssima prova, não me deixou desanimar e me motivou a querer aprender cada dia mais e a não desistir.

À professora Daysy Cavalcanti, componente da banca examinadora, pela contribuição neste trabalho e pela monitoria na sua disciplina de Sistemas de Abastecimento de Água.

Ao professor Valmir Pedrosa, também componente da banca examinadora, pela contribuição neste trabalho, e também pela sua palestra “Qual o tamanho do seu mundo?” que me trouxe

muita reflexão e motivação durante esta jornada, além das inspiradoras conversas em sua sala de permanência.

Aos demais professores e alunos que contribuíram para minha formação com o conhecimento compartilhado.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Alagoas e ao Centro de Tecnologia, pelo ensino gratuito e de qualidade, pelo investimento feito nos meus estudos, pelo espaço que me proporcionou tanto crescimento, conhecimento, tantas oportunidades e tantas experiências que, sem dúvidas, me moldaram e me prepararam para o resto de minha vida.

*“Quem passou pela vida em branca nuvem,  
E em plácido repouso adormeceu;  
Quem não sentiu o frio da desgraça,  
Quem passou pela vida e não sofreu;  
Foi espectro de homem, não foi homem,  
Só passou pela vida, não viveu.”*

Francisco Otaviano

## RESUMO

É desafio das companhias de saneamento manter o abastecimento regular da população, independente da eficiência do sistema. Paralisações do sistema produtor, para realização de manutenções corretivas nas redes, problemas nas infraestruturas das redes de água e de energia elétrica, fraudes, obras de ampliação da rede ou até mesmo as higienizações de reservatórios também podem causar o desabastecimento. Há também locais em que a oferta de água é insuficiente para a população ou simplesmente não há oferta, como no sertão do estado. Independentemente da causa ou propósito da interrupção do abastecimento, é necessária a implementação de medidas de contingência e emergência para garantir a oferta mínima de água, principalmente para a manutenção dos serviços essenciais, a medida emergencial mais rápida é o envio de água através de carros-pipa. Portanto, nessa conjuntura, a concessionária de abastecimento precisa ter à sua disposição uma frota suficiente para atender suas demandas, porém, é ideal que os custos logísticos desse serviço sejam reduzidos e sua produtividade seja máxima, logo, o objetivo deste trabalho é estudar o serviço fornecido pela concessionária responsável, analisar a produtividade operacional do serviço de fornecimento alternativo de água através de caminhões-pipa e propor melhorias que aumentem sua produtividade. A metodologia do trabalho consistiu em coletar dados, analisar os valores encontrados, propor melhorias para todo o sistema e avaliar o impacto da implantação dessas melhorias. O principal empecilho para o aumento de produtividade do serviço é a fila gerada no carregamento, o tempo de espera se torna tempo ocioso, improdutivo. Foram realizados estudos de viabilidade técnica da implantação de novas bases de carregamento, além de análises de rotas e distâncias. A partir disso foram sugeridos 3 novos pontos de carregamento. Com as melhorias projetadas, estima-se uma redução média de cerca de 25% no tempo de duração a cada duas viagens em sequência na mesma zona e uma redução ainda maior em caso de divisão da frota entre as zonas. Essa redução implica numa possível redução da frota para realização do mesmo número de viagens. Foram sugeridas ainda modificações para o regime de trabalho da frota. Visto que as melhorias estão em fase de implementação, não é possível medir em campo o impacto real de tais melhorias e comparar com as simulações feitas, no entanto, o aumento da produtividade é evidente.

**Palavras-chave:** Desabastecimento, Medida emergencial, Carros-pipa, Fila.



## ABSTRACT

It is a challenge for sanitation companies to maintain regular supply to the population, regardless of the efficiency of the system. Stoppages of the production system, to carry out corrective maintenance on the networks, problems in the infrastructure of the water and electricity networks, fraud, network expansion works or even the cleaning of reservoirs can also cause shortages. There are also places where the water supply is insufficient for the population or there is simply no supply, such as in the state's hinterland. Regardless of the cause or purpose of the interruption of supply, it is necessary to implement contingency and emergency measures to guarantee the minimum supply of water, mainly for the maintenance of essential services. Kite. Therefore, in this situation, the supply concessionaire needs to have a sufficient fleet at its disposal to meet its demands, however, it is ideal that the logistical costs of this service are reduced and its productivity is maximum, therefore, the objective of this work is to study the service provided by the responsible concessionaire, analyze the operational productivity of the alternative water supply service through water trucks and propose improvements that increase its productivity. The work methodology consisted of collecting data, analyzing the values found, proposing improvements for the entire system and evaluating the impact of implementing these improvements. The main obstacle to increasing service productivity is the queue generated when loading, waiting time becomes idle, unproductive time. Technical feasibility studies were carried out on the implementation of new charging bases, in addition to route and distance analyses. From this, 3 new charging points were suggested. With the projected improvements, an average reduction of around 25% in the duration of every two consecutive trips in the same area is estimated and an even greater reduction if the fleet is divided between the areas. This reduction implies a possible reduction of the fleet to carry out the same number of trips. Modifications to the fleet's working regime were also suggested. Since the improvements are in the implementation phase, it is not possible to measure the real impact of such improvements in the field and compare them with the simulations carried out, however, the increase in productivity is evident.

**Keywords:** Shortages, Emergency measure, Water trucks, Queue.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema simples de abastecimento de água.....	15
Figura 2 - Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo.....	16
Figura 3 - Sistema de abastecimento de água com captação superficial e subterrânea.....	17
Figura 4 - Características e implicações sanitárias dos parâmetros físicos e químicos da água. .....	19
Figura 5 - Caminhão-pipa abastecendo a população.....	24
Figura 6 - Exemplo de roteirização de demanda.....	25
Figura 7 - Indicadores de custo do sistema convencional de abastecimento de água.....	27
Figura 8 - Mapa da área de concessão.....	28
Figura 9 - Fluxograma simplificado das etapas do serviço.....	28
Figura 10 - Ilustração do carregamento a partir do poço tubular.....	31
Figura 11 - Representação gráfica da do sistema de fila de carregamento para a primeira metade do turno da manhã.....	33
Figura 12 - Vista superior do complexo Pratagy.....	35
Figura 13 - Reservatório RESE-MC-13 ou Reservatório Benedito Bentes.....	36
Figura 14 - Planta de situação do novo sistema de carregamento.....	37
Figura 15 - Instalação hidráulica do novo ponto de carregamento após execução.....	38
Figura 16 - Instalação hidráulica do novo ponto de carregamento em funcionamento.....	39
Figura 17 – Dispositivo de análise em tempo real de qualidade da água.....	40
Figura 18 - Zoneamento da região metropolitana de Maceió com a localização dos pontos propostos.....	47
Figura 19 - Zoneamento de RMM com as distâncias de trajeto entre a base os centroides das solicitações de abastecimento registradas para cada zona.....	49
Figura 20 - Zoneamento de RMM com os trajetos percorridos dos novos pontos de carregamento até os centroides das solicitações de abastecimento registradas para cada zona. .....	50
Figura 21 - Comparação entre os ciclos de abastecimento antes e depois das melhorias na zona Vermelha.....	52
Figura 22 - Comparação entre os ciclos de abastecimento antes e depois das melhorias na zona Verde.....	53
Figura 23 - Comparação entre os ciclos de abastecimento antes e depois das melhorias na zona Roxa.....	54
Figura 24 - Sugestão de distribuição dos veículos pelo dia.....	55

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Matriz de distâncias.....	41
Tabela 2 - Relatório de médias mensais. ....	48
Tabela 3 - Comparação entre as distância médias antes e depois das melhorias. ....	51

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

SAA	Sistema de abastecimento de água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OCP	Operação Carro-Pipa Federal
RMM	Região metropolitana de Maceió
pH	Potencial hidrogeniônico
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals
ETA	Estação de Tratamento de água
PVC	Policloreto de vinila

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>ESPECÍFICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA) .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>PRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>TRATAMENTO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.1</b>	<b>QUALIDADE DA ÁGUA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2</b>	<b>TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>ADUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>RESERVAÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>DISTRIBUIÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1</b>	<b>REDE DE DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>PLANO DE CONTINGÊNCIA E EMERGÊNCIA .....</b>	<b>22</b>
<b>3.5.1</b>	<b>MEDIDAS DE CONTINGENCIA E EMERGÊNCIA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5.2</b>	<b>ABASTECIMENTO ALTERNATIVO (CARRO-PIPA).....</b>	<b>23</b>
<b>3.6</b>	<b>LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO.....</b>	<b>24</b>
<b>3.6.1</b>	<b>O CONCEITO DE FILA.....</b>	<b>25</b>
<b>3.7</b>	<b>CUSTOS EM UM SAA .....</b>	<b>26</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>APONTAMENTO DOS TEMPOS DAS ATIVIDADES A PARTIR DE DADOS DE SOFTWARES DE MONITORAMENTO .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>PROPOSTAS DE MELHORIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>AValiação DA IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>ETAPA DE CARREGAMENTO .....</b>	<b>31</b>

<b>5.2</b>	<b>DESLOCAMENTOS NO SISTEMA, ABASTECIMENTO E CICLO COMPLETO .....</b>	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>PROPOSTAS DE MELHORIAS .....</b>	<b>34</b>
5.3.1	MELHORIAS NO CARREGAMENTO.....	34
<b>5.4</b>	<b>MELHORIAS LOGÍSTICAS .....</b>	<b>40</b>
<b>5.4.1</b>	<b>MATRIZ DE DISTÂNCIAS .....</b>	<b>41</b>
<b>5.4.2</b>	<b>VIABILIDADE TÉCNICA .....</b>	<b>42</b>
<b>5.4.3</b>	<b>ZONEAMENTO DA ÁREA.....</b>	<b>44</b>
5.4.4	DEFINIÇÃO DAS LOCALIZAÇÕES .....	46
<b>5.4.5</b>	<b>IMPACTO DOS NOVOS PONTOS NAS VIAGENS.....</b>	<b>48</b>
<b>5.5</b>	<b>ALTERAÇÃO NA ESCALA DE TRABALHO .....</b>	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Censo do IBGE 2022, a população brasileira continua a crescer, na última década foi registrada uma taxa de crescimento de 0,52% ao ano, logo, é natural que a demanda por água seja cada vez maior. É desafio das companhias de saneamento entregar cada vez mais volume e captar cada vez menos, ou seja, aumentar a eficiência de seu sistema de abastecimento. A eficiência desse sistema está atrelada principalmente à eficiência do seu modal de transporte, que em um sistema clássico de abastecimento é o tubo, que transporta a água desde a captação até o cliente. Nesse contexto, a diminuição dessa eficiência está diretamente relacionada às perdas.

. De acordo com o último ranking de perda de água do instituto Trata Brasil (TRATA BRASIL, 2022), no Brasil os índices de perdas de água nos sistemas de abastecimento chegam a aproximadamente 40,89%, Em Alagoas, o índice de perdas atinge 52,16%. As perdas correspondem aos volumes de água que são consumidos, mas não são faturados pela empresa, sendo geradas principalmente por ligações clandestinas e por falhas de medição dos hidrômetros, ou, aos volumes de água que são perdidos através de vazamentos em canalizações de adução e distribuição e extravasamento de reservatórios.

Para redução das perdas e conseqüentemente aumento da eficiência do sistema, podem ser adotadas medidas como substituição da rede antiga por uma nova, implantação de tubos com rugosidade mais baixa, dimensionamento adequado da rede para a demanda populacional, assentamento correto das tubulações no solo e ajustes de zonas de pressões. No entanto, esse processo é lento, avançando mediante obras e investimentos. É comum que se levem anos ou mesmo décadas para reduzir esse indicador ao patamar de aceitável tanto economicamente quanto operacionalmente, o Japão, referência no combate às perdas, precisou de 18 anos para reduzir seu índice de 10,2% para 3,7%.

Além dos locais onde parte da oferta é perdida, há também locais em que a oferta de água é insuficiente para o abastecimento de toda a população ou simplesmente não há oferta. Logo, em razão do eventual desabastecimento, são necessárias medidas de contingência e emergência para suportar a demanda ou para realização de intervenções do dia a dia. O Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, por meio da Operação Carro-Pipa Federal (OCP), usa carros-pipa para distribuir água potável em diversas comunidades do nordeste, sobretudo do semiárido brasileiro. Essa distribuição de água se deve essencialmente porque nesses locais não há sistema público de abastecimento.

Para garantir a oferta mínima de água, notadamente para manutenção dos serviços essenciais à população como educandários, unidades de saúde, órgãos públicos e edificações de grande circulação de pessoas, a medida alternativa imediata pode ser o fornecimento de água através de carros-pipa.

Portanto, a concessionária de abastecimento precisa ter à sua disposição uma frota bem dimensionada para atender tanto suas demandas emergenciais quanto para utilizar como medida paliativa em resposta ao desabastecimento. Nessa conjuntura, é ideal, tanto para a concessionária quanto para o cliente, que o serviço tenha a maior eficiência e o menor custo possível. Portanto, faz-se necessário estudo acerca do serviço fornecido e análise da produtividade operacional do sistema de fornecimento de água através de caminhões-pipa, sendo neste caso particular, na região metropolitana de Maceió.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Analisar o serviço de fornecimento alternativo de água por carro-pipa, prestado pela concessionária de abastecimento e esgotamento sanitário responsável pela Região Metropolitana de Maceió, e apresentar proposta de otimização, visando aumento de produtividade dos veículos através da implementação de novas bases de carregamento.

### **2.2 Específicos**

Como objetivos específicos, tem-se os marcos que o trabalho se propôs a atingir:

1. Analisar os tempos das etapas do “ciclo do abastecimento”;
2. Apresentar propostas de melhoria a partir da implantação de novas bases de carregamento;
3. Avaliar o impacto das melhorias propostas no sistema.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

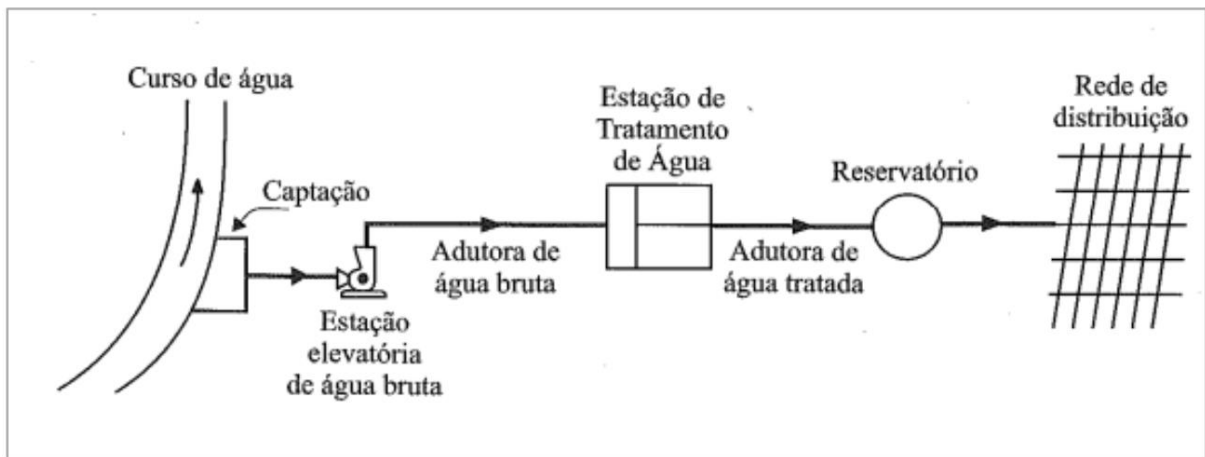
### **3.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA)**

Os sistemas de abastecimento de águas são infraestruturas complexas que têm por finalidade captar água bruta de acordo com as disponibilidades e necessidades, produzir água potável através da água bruta captada obedecendo às normas de qualidade, armazenar e distribuir essa água para a população de forma adequada e confiável (DINIZ, 2019).



O Sistema de Abastecimento de Água clássico, de maneira geral, é constituído pelos seguintes componentes: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento, reservatório e rede de distribuição, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Sistema simples de abastecimento de água.



Fonte: TSUTIYA (2006).

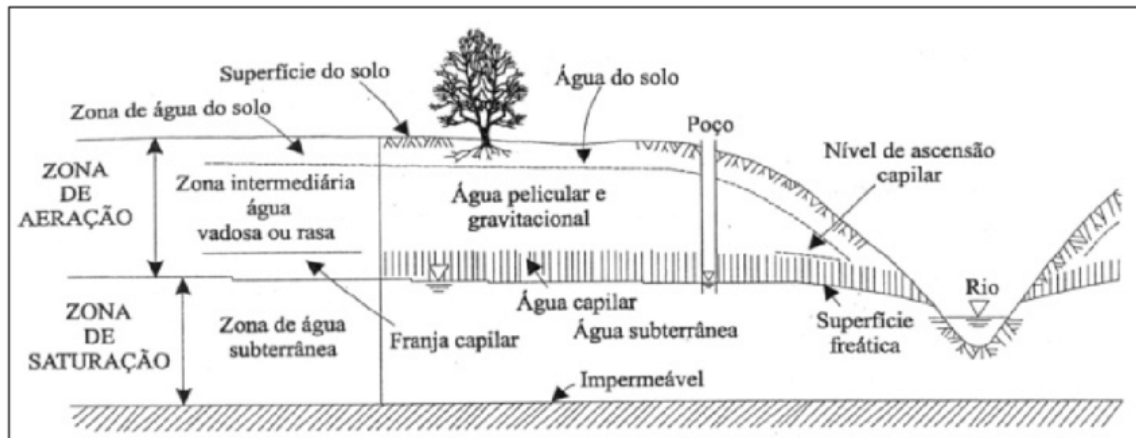
O detalhamento dos componentes pode ser:

### 3.2 Produção

Segundo Tsutiya (2006), a água subterrânea ocorre em rochosos consolidados e em desagregados não consolidados. Sua ocorrência está ligada à capacidade de infiltração do solo, à capacidade de reter a água precipitada e à capacidade de impedir que ela escoe superficialmente.

A distribuição vertical da água no solo não é homogênea, ao longo da profundidade do terreno, podem-se encontrar duas zonas onde a água é distribuída de forma distinta (Manoel Filho, 2008), conforme figura 2 (Cabral, 2000).

Figura 2 - Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo.



Fonte: Cabral (2000).

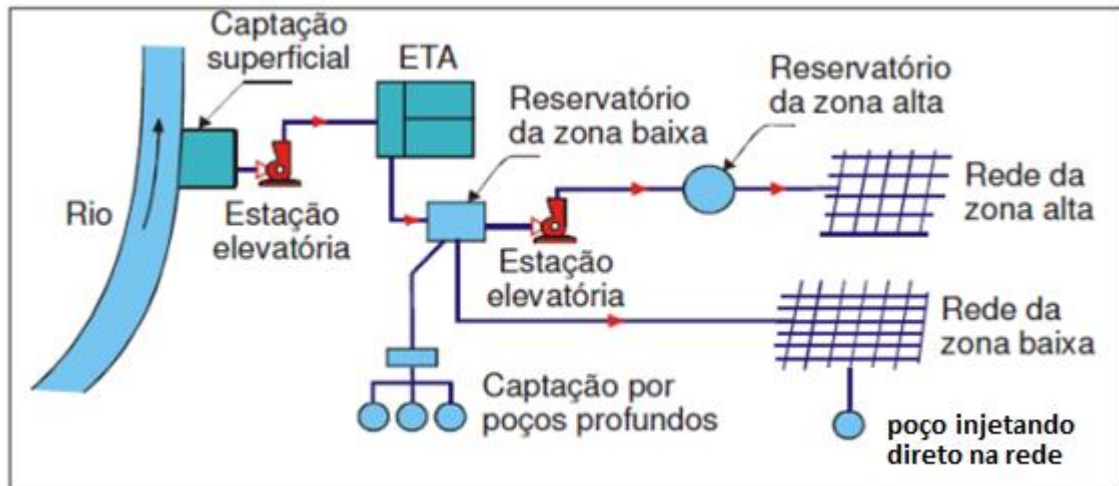
Segundo Rebouças (2008), aquífero é uma formação geológica que contém e transporta, em seu interior, quantidades expressivas de água. A água subterrânea proveniente desses aquíferos é intensamente explorada no Brasil, estima-se a existência pelo menos 2,6 milhões de poços no Brasil (SNIRH, 2021). Essa água é utilizada para diversos fins, tais como, o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer (ANA, 2005).

No Brasil, cerca de 10,6% dos domicílios particulares permanentes utilizam, exclusivamente, água subterrânea (IBGE, 2022), considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para consumo humano, para populações que não têm acesso às redes públicas de distribuição de água ou para aqueles que têm o fornecimento com frequência irregular (FREITAS et al., 2001), sendo que, em muitas cidades, este tipo de manancial é a única fonte de abastecimento.

Na Região Metropolitana de Maceió são operados pela concessionária cerca de 311 poços tubulares. Alguns desses poços entregam água em reservatórios, enquanto outros injetam diretamente na rede de distribuição, submetendo a tubulação a regimes de pressões desfavoráveis que aumentam as perdas, diminuem a oferta e conseqüentemente afetam a eficiência do sistema, geram demanda reprimida e induzem à necessidade do abastecimento alternativo por pipas.

A figura 3 ilustra o sistema de abastecimento com captação superficial e subterrânea, modelo mais próximo da realidade de maior parte da RMM.

Figura 3 - Sistema de abastecimento de água com captação superficial e subterrânea.



Fonte: ORSINI (1996) adaptado pelo autor.

### 3.1 Tratamento

#### 3.1.1 Tratamento convencional de água

As etapas e processos pela qual a água bruta percorre em uma ETA convencional ou de ciclo completo são:

- Coagulação,
- Floculação,
- Decantação / Flotação,
- Filtração,
- Desinfecção.

a) Coagulação: Inicia na unidade mistura rápida e fazem uso de dispositivos hidráulicos como vertedores retangulares e calhas Parshall, que utilizam a energia dissipada em forma de perda de carga no fluxo da água, ou dispositivos mecânicos como os agitadores mecânicos do tipo turbina, para promover a rápida e homogênea dispersão do agente coagulante na água (RICHTER, 2009).

b) Floculação: Processo de agregar as partículas coaguladas ou desestabilizadas com finalidade de formar flocos, a depender da etapa posterior.

c) Decantação / Flotação: A decantação utiliza-se do processo de sedimentação para realizar parte da clarificação da água, é o processo mais comumente utilizado em estações de

tratamento. Nesse processo ocorre a separação das partículas sólidas em suspensão na água, de forma que elas flutuem até a superfície permitindo sua remoção.

d) Filtração: A filtração é um processo físico-químico para a separação de impurezas em suspensão na água, mediante passagem por um meio poroso. Diversos materiais podem ser usados como meio poroso. A areia é o mais comum, seguido do antracito, areia granulada, carvão ativado granular etc. (RICHTER, 2009, p.237).

e) Desinfecção: Em geral, o processo mais utilizado é a cloração, sendo o cloro disponível em estado sólido, líquido e gasoso, tendo como seus representantes o cloro elementar (Cl<sub>2</sub>), Hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio, respectivamente (RICHTER, 2009). O cloro também é utilizado na água bruta para oxidar compostos inorgânicos como sulfetos, ferro, manganês etc.

A portaria de consolidação n° 5/2017, anexo XX, do Ministério da Saúde estabelece um teor de cloro residual livre mínimo de 0,5 mg/L na saída da estação, devendo haver obrigatoriamente atender a 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição. Recomenda também que na cloração tenha-se um tempo de contato mínimo de 30 minutos, e seja realizada com pH abaixo de 8. O cloro residual presente na água da rede de distribuição funciona como uma reserva de potabilidade para caso microrganismos ou impurezas advindos da estação entrem na rede, e também como proteção às chamadas ferrobactérias, que extraem o ferro da canalização e formam hidróxido de ferro gelatinoso que adere às paredes provocando obstruções (RICHTER, 2009).

### 3.1.2 Qualidade da água

O conceito de qualidade da água, segundo Brasil (2006), está associado ao seu uso e às substâncias nela presentes, que determinam as características por ela apresentadas. Assim, a cada uso corresponde um grau exigido de qualidade. Para atender os usos que estejam relacionados com alimentação ou higiene, a água precisa ser potável. Esse padrão de potabilidade é constituído por um grupo de parâmetros. A Portaria de Consolidação N° 5, anexo XX, do Ministério da Saúde, informa que água potável é aquela que é apropriada para ser utilizada no consumo humano e que atenda ao padrão de potabilidade sem oferecer ameaças à saúde.

A água tem alta capacidade de diluição, que resulta na presença de diversos elementos químicos, tendo como origem o próprio ambiente ou a ação humana. Nesse sentido, o estabelecimento de um padrão desejável para substâncias químicas visa proteger a população

dos riscos à saúde, devido aos efeitos crônicos resultantes do consumo contínuo de água com certa concentração de determinada substância (BRASIL, 2006). Para determinar o planejamento e o tratamento adequados, as análises físicas e químicas são normalmente conduzidas sobre variáveis como o pH, turbidez, cor, alcalinidade, dureza, condutividade elétrica, cloretos e cloro livre. A figura 5 mostra as características e implicações sanitárias dos parâmetros físicos e químicos da água.

Figura 4 - Características e implicações sanitárias dos parâmetros físicos e químicos da água.

Parâmetro	Características	Implicações sanitário-operacionais	VPM
<b>Cor</b>	Indica presença de substâncias diluídas advindas da decomposição de matéria orgânica, presença de ferro e manganês ou introdução de efluentes industriais.	Aspecto estético	15 uH2
<b>Turbidez</b>	Partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e organismos microscópicos.	Podem atuar como escudo a patógenos, protegendo-os da ação do desinfetante; aspecto estético, indicação de integridade do sistema.	5,0 UT
<b>pH</b>	Demonstra a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, pela presença de íons hidrogênio (H <sup>+</sup> ).	Define o potencial de toxicidade de vários elementos; controle da desinfecção, incrustação e corrosão das redes de distribuição.	6,0–9,5
<b>Alcalinidade</b>	Indica a quantidade de íons que reagem neutralizando os íons hidrogênio e sua condição de resistir a mudanças do pH.	Não possui	30 a 500 mg/L
<b>Dureza</b>	Mede as concentrações totais dos íons Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2++</sup> , responsáveis pela dureza nas águas de abastecimento.	Gosto; reduzem a formação de espuma dos sabões, incrustações nas tubulações.	500 mg/L CaCO
<b>Condutividade Elétrica</b>	Sugere a aptidão de transmitir a corrente elétrica pela presença de substâncias dissolvidas.	Não possui	10 a 100 µS/cm
<b>Cloretos</b>	Provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar ou esgotos domésticos ou industriais.	Gosto; indicador auxiliar de poluição ou contaminação.	250 mg/L

Fonte: Vasconcelos (2015).

Para adequação da água captada aos parâmetros descritos, existem diferentes técnicas, o uso dessas técnicas é denominado de tratamento da água.

### **3.2 Adução**

As adutoras são tubulações ou canais, responsáveis pelo transporte de água entre a captação e ETA; captação e reservatório de distribuição; captação e rede de distribuição; ETA e reservatório de distribuição; ETA e rede de distribuição (BRASIL, 2014). Elas podem ainda ser derivadas de outras, chamadas de subadutoras, quando não fazem distribuição de água para os consumidores. Podem ser classificadas como: Adutora por gravidade, que usa da gravidade para movimentar a água e, por isso, é a mais econômica. Por recalque, quando conectadas a elevatórias. De água bruta, quando antecedem as estações de tratamento. De água tratada, quando transportam a água, após o tratamento, para os reservatórios (HELLER; PÁDUA, 2016).

### **3.3 Reservação**

Os reservatórios têm como finalidade realizar a compensação entre as vazões de produção, oriundas da captação-adução-tratamento, e as vazões de consumo variáveis ao longo das horas do dia e ao longo dos dias do ano (HELLER; PÁDUA, 2016). São eles que permitem a continuidade do abastecimento quando ocorrem interrupções no sistema.

Os reservatórios têm por finalidade:

- Regularização da vazão: acumulam água durante as horas em que a demanda de água é inferior à média e fornecem vazões complementares quando a demanda for superior à média;
- Regularização das pressões: Os reservatórios podem ser posicionados em determinados pontos do sistema para reduzir a pressão na rede, denominados de reservatórios de quebra de pressão.

No entanto, a implantação de reservatórios requer investimento, são elevados seus custos de construção e manutenção.

### **3.4 Distribuição**

#### **3.4.1 Rede de distribuição**

As redes de distribuição de água são constituídas por tubulações e dispositivos complementares, situados em logradouros públicos com propósito de dispor água potável ao

consumo residencial, comercial, industrial e demais serviços, de forma ininterrupta, em quantidade, qualidade e pressão apropriada. (HELLER e PÁDUA, 2006).

A NBR 12218 (1994) determina que a pressão dinâmica mínima nas redes seja de 100 KPa e que a pressão estática limite nas redes é de 500 KPa. Pressão estática refere-se à pressão em um determinado ponto da rede em nível da via pública onde não há consumo, já pressão dinâmica refere-se ao ponto da rede onde há consumo. Segundo Azevedo Netto et al (1998), as tubulações que compõem a rede de distribuição são divididas em: Conduitos primários, que tem a função de prover água para os condutos secundários e, por conta disso, possuem diâmetro maior, e condutos secundários que tem a atribuição de conduzir a água até os pontos de consumo, logo, o diâmetro desses condutos é relativamente menor que o dos condutos primários. De acordo com a configuração das tubulações primárias e o sentido das redes secundárias, as redes podem se apresentar de maneira ramificada, malhada e mista. (TSUTIYA, 2006). O diâmetro mínimo para condutos secundários é estabelecido por norma é de 50 mm, enquanto a velocidade, nos condutos, deve estar entre 0,6m/s e 3,5m/s.

O dimensionamento das tubulações, estruturas e equipamentos são função das vazões de água, que por sua vez dependem do consumo médio por habitante, da estimativa do número de habitantes, das vazões de demanda, e de outros consumos que podem ocorrer na área de estudo (TSUTYIA, 2006).

Este conceito é muito importante na concepção e no projeto dessas instalações, pois a correta identificação dessa demanda é determinante para o dimensionamento racional de cada uma de suas unidades. Assim, devem ser estimadas todas as demandas a serem satisfeitas pelas instalações, considerando o período futuro de alcance do sistema e não apenas a realidade presente, e observadas as vazões corretas em cada uma de suas unidades (HELLER, 2010).

As tubulações utilizadas nas redes de abastecimento de água podem ser de diversos tipos material, por muito tempo usou-se principalmente tubulações em ferro fundido, um material de longa durabilidade, porém, devido às suas propriedades químicas, esse material passou a ser preterido em relação aos concorrentes graças ao fenômeno denominado de incrustação, que se trata da facilidade na deposição e aderência de material nas paredes do tubo, que dificulta o transporte da água, diminuindo assim a eficiência do sistema.

As tubulações em PVC são as mais utilizadas no Brasil, devido à redução do custo e à simplificação no processo de armazenamento, transporte e assentamento dos tubos quando em relação às tubulações de ferro. No entanto, devido à baixa resistência de sua matéria prima, esses tubos estão mais suscetíveis a rompimentos, que geram transtornos às concessionárias e

à população. Em razão dos problemas na rede que ocasionem desabastecimento à população, nas situações emergenciais, faz-se necessário o uso de outro modal de transporte para a água que não o tubo.

### **3.5 Plano de Contingência e Emergência**

Haja vista que a água é essencial para a vida humana, é necessário que as concessionárias estejam preparadas para os eventuais desabastecimentos que podem acontecer no sistema. O plano de contingência visa objetivo fornecer um conjunto de diretrizes e informações visando a adoção de procedimentos lógicos, técnicos e administrativos, estruturados de forma a propiciar resposta rápida e eficiente em situações emergenciais. Seus objetivos podem ser elencados como:

- Restringir ao máximo os impactos dos riscos potenciais identificados;
- Evitar que os aspectos ambientais se transformem em impactos e extrapolem os limites de segurança estabelecidos;
- Antecipar que situações externas ao evento contribuam para o seu agravamento.
- Apresentar a estruturação dos procedimentos corretivos a serem tomados quando da ocorrência de um evento.

Algumas das vulnerabilidades de um SAA que fazem necessária a existência de um plano de contingência e emergência podem ser: Os fenômenos climáticos, que alteram as condições físico-químicas da água e interferem no processo de tratamento, diminuindo sua eficiência. Os rompimentos das redes, que geram perdas localizadas e diminuem a oferta de água. As interrupções no bombeamento, causadas por simples quedas de energia ou falhas mecânicas e até contaminações acidentais, que impeçam a entrega da água.

Logo, é dever da concessionária estar preparada para eventuais situações emergenciais.

#### **3.5.1 Medidas de contingência e emergência**

Para o estado de alagoas, em 2014 foi publicado o Regulamento dos Serviços de Saneamento do Estado de Alagoas, que tem como objetivo estabelecer as disposições relativas às condições gerais para a prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário pelo prestador e usuários desses serviços.



A agência estabelece que: Em caso de interrupções no abastecimento maiores que 18h deverá ser fornecido abastecimento alternativo emergencial para as unidades usuárias que prestem serviços essenciais à população, e, em caso de interrupções no abastecimento que ultrapassem 24h, deve ser disponibilizado fornecimento alternativo para os demais usuários.

A medida emergencial adotada é o envio através de caminhões-pipa, devido à facilidade e praticidade do serviço. O veículo, nesses casos, substitui a rede, transportando a água da produção ou da reservação diretamente ao cliente.

### 3.5.2 Abastecimento Alternativo (Carro-pipa)

Em relação aos sistemas de abastecimento de água, enquanto num sistema convencional o modal de transporte da água é o tubo propriamente dito, em razão das diversas fragilidades já apontadas desses sistemas, capazes de privar a população do acesso à água, em razão do tempo necessário para a solução desses problemas e normalização do abastecimento, a medida alternativa imediata, em tais casos, é o transporte de água através de carros-pipa.

Um caminhão-tanque é um veículo automotor configurado para transporte de fluidos em larga escala, caracterizado por sua estrutura robusta e um compartimento especialmente projetado para acomodar reservatórios de elevada capacidade. Este veículo multifuncional encontra aplicação na indústria da construção civil, contribuindo para a terraplanagem de terrenos e fornecendo água para fins de construção. No âmbito do combate a incêndios, os caminhões-pipa desempenham um papel crucial, sendo mobilizados para conter e extinguir incêndios em locais de difícil acesso. Não obstante, esses veículos desempenham um papel importante na manutenção de infraestruturas rodoviárias, contribuindo para a limpeza e higienização eficaz das vias públicas, com impactos positivos na segurança e qualidade de vida da comunidade.

Uma notória versão desse veículo, conhecida como carro-pipa ou caminhão-pipa, como pode ser visto na figura 6, desempenha um papel crucial no transporte exclusivo de água, seja ela potável ou não. Suas aplicações se estendem a diversas esferas, abrangendo desde a irrigação eficiente de extensas plantações até o fornecimento de água em áreas remotas.

*Figura 5 - Caminhão-pipa abastecendo a população.*



Fonte: Ministério do desenvolvimento regional (2013).

### **3.6 Logística de Abastecimento**

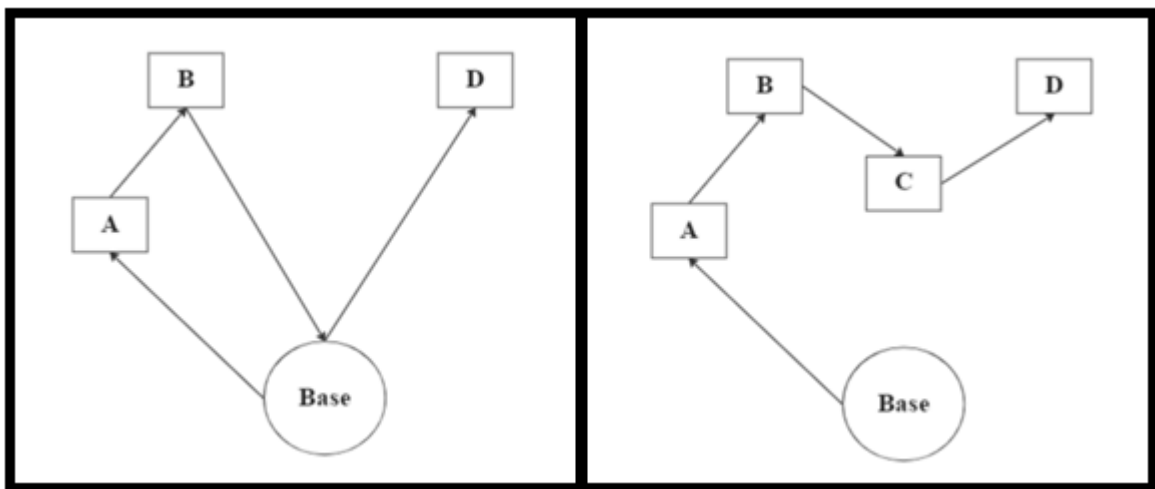
Segundo o CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals), pode-se definir logística como o processo de planejar, controlar e implementar o transporte e armazenamento de materiais, desde seu ponto de origem, até seu ponto de consumo.

O cenário brasileiro de distribuição de cargas físicas, quando considerada a divisão de modais, é essencialmente um monopólio rodoviário (DIAS, 2012). Os custos de transporte podem ser categorizados em custos fixos e variáveis. Custos fixos são aqueles constantes independente de qualquer oscilação do serviço, como aluguel ou parcela dos caminhões e salário dos motoristas enquanto custos variáveis são aqueles que dependem de outros fatores para serem definidos, como por exemplo a distância percorrida pelo veículo, a qual interfere diretamente no consumo de combustível e desgaste dos pneus. O tempo necessário para chegar até o cliente e realizar a entrega é uma variável muito importante, dado que ela limita a quantidade de rotas que o veículo pode fazer, definindo assim a produtividade dele. A redução deste tempo é um problema frequente de operadores logísticos.

Vale destacar que o custo de transporte representa uma parcela entre 30% e 60% dos custos logísticos totais, ressaltando a importância do uso eficiente de todas as ferramentas disponíveis (BALLOU, 2006).

A roteirização se refere à sequência de paradas e caminho percorrido por um ou mais veículos de uma frota com o objetivo de cumprir demandas que necessitam de coleta e distribuição de algum material a um cliente. Estes clientes estão pré-dispostos geograficamente em um conjunto de pontos (CUNHA, 1997). Através de métodos estatísticos, percebe-se que, em um mesmo exemplo, com o mesmo caminhão e com os mesmos pontos de entrega, existem diversas maneiras diferentes de realizar a entrega, cada uma delas diferente das outras. A situação descrita pode ser verificada na figura 7.

Figura 6 - Exemplo de roteirização de demanda.



Fonte: Autor (2022).

No exemplo de acima, é visível a diminuição do trajeto percorrido com a implementação de um ponto de recarga do tanque no ponto C, fazendo com que não mais seja necessária a volta à base antes de realizar uma entrega no ponto D. Essa redução de trajeto gera redução no tempo das viagens, custos de manutenção do veículo e, principalmente, possibilita o aumento do número de viagens.

### 3.6.1 O conceito de fila

Segundo Gross *et. al* (2008) um sistema de filas pode ser descrito como clientes chegando, esperando para um determinado serviço e após o atendimento saindo do sistema. As unidades de população que chegam para atendimento chamam-se clientes, que podem ser pessoas, máquinas, arquivos a serem processados etc.

É importante que se estude as características das filas de modo que seja possível analisar mudanças que possam melhorar o serviço oferecido. É possível que, em determinado momento, a demanda por um serviço seja tão grande que supere a capacidade de atendimento, gerando as

filas, perda de tempo na espera para os usuários e conseqüentemente perda de produtividade. Por outro lado, em outros períodos, a demanda pode reduzir de tal modo que os atendentes fiquem ociosos.

Logo, é necessário que sejam consideradas as duas situações, de modo que se encontre a disposição ideal, ou seja, não haja superdimensionamento nem subdimensionamento do sistema.

Uma exemplo pertinente do gerenciamento de filas é a o Protocolo de Manchester, que, no contexto da saúde, é uma ferramenta essencial de triagem clínica utilizada para estruturar a priorização e o atendimento de pacientes com base na gravidade de suas condições médicas. Este protocolo classifica os pacientes em categorias de cores, atribuindo níveis de prioridade. Esta abordagem desempenha um papel significativo na gestão das filas de pacientes em unidades de atendimento médico, buscando otimizar o fluxo de elementos em sistemas de fila, minimizando atrasos e maximizando a eficiência global. Ao classificar os pacientes com base em sua urgência clínica, o Protocolo de Manchester contribui para a alocação eficiente de recursos médicos, assegurando que os pacientes mais críticos sejam atendidos prontamente, o que, por sua vez, reduz os tempos de espera, melhora a qualidade do atendimento e otimiza o funcionamento geral do sistema de saúde.

Nesse contexto, se faz necessário, sempre que haja fila, adotar uma abordagem sistemática e estruturada para classificar as demandas com base em sua necessidade de atendimento imediato, garantindo, assim, que o tempo de espera seja minimizado e que os recursos sejam alocados de maneira eficiente, resultando em melhorias substanciais na prestação de qualquer serviço.

### **3.7 Custos em um SAA**

Nos sistemas de abastecimento devem ser considerados os custos de implantação e operação de estações elevatórias, de implantação de adutoras e redes, assim como os custos com energia de bombeamento. Logo, é fundamental analisar os custos correspondentes a cada parte de um sistema de abastecimento de água.

A adução por gravidade é o meio mais econômico de transportar água pois permite a redução de custos com bombeamento, no entanto, este tipo de distribuição está atrelada à existência de desnível topográfico satisfatório entre os pontos no trajeto da rede. O uso da gravidade como força motriz na distribuição, evita o uso, em grande escala, de estações

elevatórias em sistemas de abastecimento, que tornam mais alto o custo de energia elétrica para as companhias de saneamento básico e resulta na elevação da tarifa paga pelo consumidor final.

A figura 07 (Tsutiya, 2006) demonstra o percentual, em relação ao custo total, de cada parte de um sistema de abastecimento convencional, onde P é a população em habitantes.

Figura 7 - Indicadores de custo do sistema convencional de abastecimento de água.

Partes constituintes do sistema	Custo (%)			
	P≤10.000	10.000<P≤40.000	40.000<P≤100.000	P>100.000
Captação	30	20	8	3
Adução	8	9	11	11
Bombeamento	6	5	5	1
Tratamento	12	9	9	5
Reservação	6	6	6	4
Distribuição	38	51	61	76

Fonte: Tsutiya (2006).

Observa-se que, da menor à maior população, a porção mais custosa em um SAA é a distribuição. Os percentuais demonstrados se referem ao custos de distribuição atrelados ao modelo convencional, com o transporte da água através de tubos. Em se tratando do abastecimento alternativo através de carros-pipa, em razão dos altos custos operacionais e logísticos do transporte rodoviários, é seguro afirmar que o custo da distribuição utilizando carros-pipa, a longo prazo, é ainda maior.

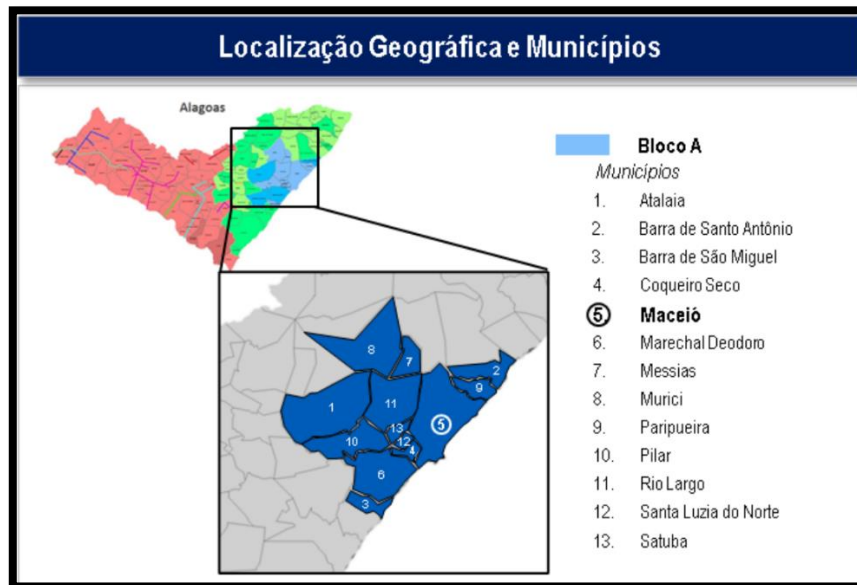
## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização do problema

Haja visto que a agência reguladora do estado, por meio do Regulamento dos Serviços de Saneamento do Estado de Alagoas de 2014, estabelece que: Em caso de interrupções no abastecimento maiores que 18h deverá ser fornecido abastecimento alternativo emergencial para as unidades usuárias que prestem serviços essenciais à população, faz-se necessário o serviço de envio emergencial de água pela concessionária. Uma medida de contingência e emergência adotada é o envio de abastecimento alternativo através de carro-pipa.

Este tópico apresenta uma descrição breve do serviço, que é objeto deste estudo, prestado pela concessionária responsável pelo abastecimento e esgotamento sanitário de 13 municípios da Região Metropolitana de Maceió – RMM (figura 8).

Figura 8 - Mapa da área de concessão.



Fonte: BRK Ambiental (2021).

São utilizados caminhões-pipa com tanques de capacidade volumétrica aproximada de 10m<sup>3</sup>. A frota desses veículos é terceirizada e sua escala de trabalho é dividida em 2 turnos, um deles das 07:00 às 17:00 e outro das 17:00 às 02:00.

Para enchimento dos tanques dos caminhões era utilizada somente uma base de carregamento, em Maceió, com um único ponto de carregamento. Esse ponto de carregamento era através de poço tubular, com um mecanismo hidráulico que tinha capacidade de abastecer um único caminhão por vez a uma vazão média aproximada de 30 m<sup>3</sup>/h. Os veículos chegavam para aguardar em uma fila única e são atendidos de acordo com a ordem de chegada. A figura a seguir ilustra todo o processo que precede o envio de um caminhão.

Figura 9 - Fluxograma simplificado das etapas do serviço.



Fonte: Autor (2023).

As demandas eram recebidas pelos gestores da frota que, de posse da relação de veículos disponíveis no turno, distribuía a frota conforme a demanda de cada região. Era utilizado um software de acompanhamento e distribuição das ordens de serviço, além do rastreamento em tempo real dos veículos. As rotas eram montadas em razão das solicitações recebidas e eram atendidas conforme ordem de chegada.

Logo, para encontrar as vulnerabilidades e assim propor melhorias ao sistema, foram realizadas análises das etapas do ciclo que se inicia no deslocamento à base de carregamento do tanque e se encerra, após a entrega da água, com o retorno do veículo à base e análises da viabilidade de implantação de novas bases de carregamento.

O estudo utilizou dados obtidos junto à concessionária das viagens realizadas no ano de 2022.

Os passos empregados podem ser definidos por:

- Apontamento dos tempos médios das atividades a partir de dados de softwares de monitoramento;
- Propostas de melhorias.
- Avaliação da implementação das melhorias

A seguir, o detalhamento de cada passo mencionado acima.

#### **4.2 Apontamento dos tempos das atividades a partir de dados de softwares de monitoramento**

Devem ser analisadas as etapas do ciclo do serviço, ou seja, com o auxílio de software de controle operacional e monitoramento remoto, deve-se analisar planilhas de dados das viagens para encontrados os tempos médios, entre os tempos registrados para cada etapa. Com o intuito de obter dados condizentes com a realidade do sistema, devem ser feitas coletas in loco dos tempos de cada ciclo para comparação com os dados encontrados em sistema.

O referido ciclo citado pode ser definido como:

- Deslocamento à base de carregamento;
- Carregamento;
- Deslocamento;
- Entrega/Abastecimento;

- Retorno à base de carregamento.

### **4.3 Propostas de melhorias**

De posse dos tempos do ciclo das atividades, devem ser elaboradas propostas para diminuição do tempo de cada etapa:

Para a etapa de carregamento, deve ser feita comparação entre as possíveis fontes de água utilizadas para coleta e suas implicações para o sistema.

Para as melhorias logísticas, deve ser elaborada uma matriz de distâncias entre os pontos médios das cidades e a base de carregamento já existente, para que seja direcionado o estudo de viabilidade técnica quanto à vantagem de implantação de novos pontos.

Ainda para as melhorias logísticas, devem ser realizadas análises de viabilidade técnica da implantação/coleta em cada cidade, a partir de medições de vazão com equipamentos de medição ultrassônica, medições de pressão com manômetros e cálculos simples de balanço de massa entre oferta, demanda da população abastecida pelo reservatório e o volume a ser subtraído para o tanque do caminhão, ou seja, analisar o impacto na diminuição momentânea da oferta de água na localidade.

Devem ser avaliados também os trajetos e as distâncias entre os municípios e os pontos críticos encontrados na espacialização das solicitações recebidas para que seja possível separar o mapa de concessão em áreas menores relacionadas aos pontos de maior recorrência encontrados, para auxiliar na definição de um ponto de carregamento ideal para cada área.

Devem ser elaboradas propostas de alterações na escalas de trabalho dos veículos, para, assim como as propostas anteriores diminuir os tempos das etapa e aumentar a produtividade do sistema.

### **4.4 Avaliação da implementação das melhorias**

Devem ser encontrados, a partir de estimativas, novos tempos para cada etapa do ciclo, assim como os tempos de ciclo para cada nova área estabelecida. Devem ser encontrados também novos trajetos a partir dos novos propostos e os novos tempos médios de viagem para cada área.

Por fim, deve ser feita a comparação entre os tempos encontrados e os tempos estimados, para que seja avaliado o impacto das propostas no sistema como um todo.

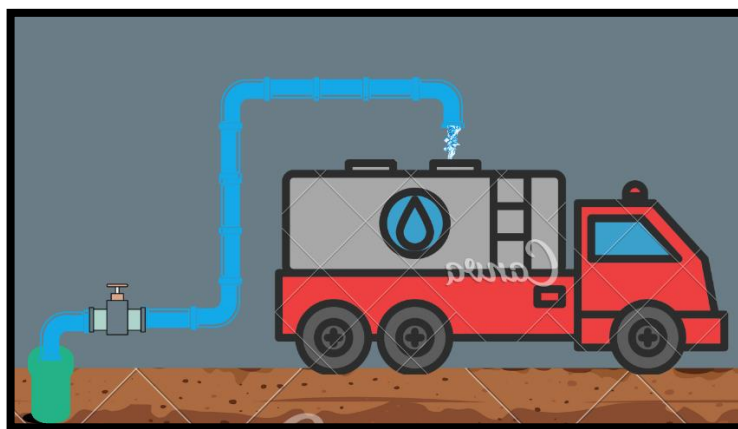


## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Etapa de Carregamento

O ponto de carregamento utilizado anteriormente era um poço tubular (Poço BB-06A), com vazão média de 30m<sup>3</sup>/h, ou seja, sua capacidade de carregamento, para um tanque de 10m<sup>3</sup> era de aproximadamente 20 minutos. Com o poço, o ponto de abastecimento concorria com o fornecimento diretamente na rede de distribuição. Para abastecer o veículo era necessário interromper o fluxo direcionado à rede pública para o veículo. Isso gerava um desabastecimento instantâneo e perturbação da regularidade do fornecimento.

*Figura 10 - Ilustração do carregamento a partir do poço tubular.*



**Fonte:** Autor (2023).

Como o a fonte de abastecimento era a captação subterrânea, era necessária simples desinfecção da água, sob responsabilidade de um químico/clorador. Após o carregamento do tanque, a fim de fazer os ajustes necessários para que essa água atingisse os parâmetros normativos de potabilidade, o profissional responsável avaliava e quantidade de cloro, para realizar a desinfecção da água coletada, e aguardava o tempo de contato do cloro da substância para nova verificação. Findado esse tempo, cabia ao profissional a análise dos parâmetros de Cor, Cloro residual livre, pH e Turbidez da água e era de sua responsabilidade a permissão ou não da entrega do volume coletado pelo caminhão. Esse serviço tomava também, em média, 20 minutos.

Portanto, somente na etapa de Carregamento do caminhão eram necessários, em média, 40 minutos. Isto é, do momento em que o caminhão iniciava seu carregamento propriamente dito, se passavam 40 minutos até que ele estivesse pronto para iniciar sua rota.

Além do tempo de carregamento, em razão da baixa capacidade de carregamento do ponto existente, havia uma perda de produtividade do sistema em razão do longo tempo de espera na fila de carregamento, visto que, no início do turno, às 07h, os 14 veículos deixavam o estacionamento simultaneamente e se dirigiam à fila, que era organizada por ordem de chegada.

## **5.2 Deslocamentos no sistema, abastecimento e ciclo completo**

Em média, no ano de 2022, foram realizadas, mensalmente, cerca de 1.118 viagens, distribuídas pelos municípios em razão da demanda recebida. No geral, a média de quilometragem percorrida, em relação ao total de viagens realizadas no ano, foi de 65 km, entre ida e volta, por viagem. A velocidade média registrada foi de, aproximadamente, 35km/h.

Em razão dos números apresentados, pode-se afirmar que o sistema demonstra um média de 112 minutos de deslocamento por viagem (ida e volta).

Haja visto que existia uma única base de carregamento, todos os deslocamentos partiam do mesmo ponto, no município de Maceió. Essa configuração é ineficiente, visto que a base operante não está num ponto central, acarretando longos percursos para as cidades mais distantes reduzindo a capacidade máxima de viagens dos veículos.

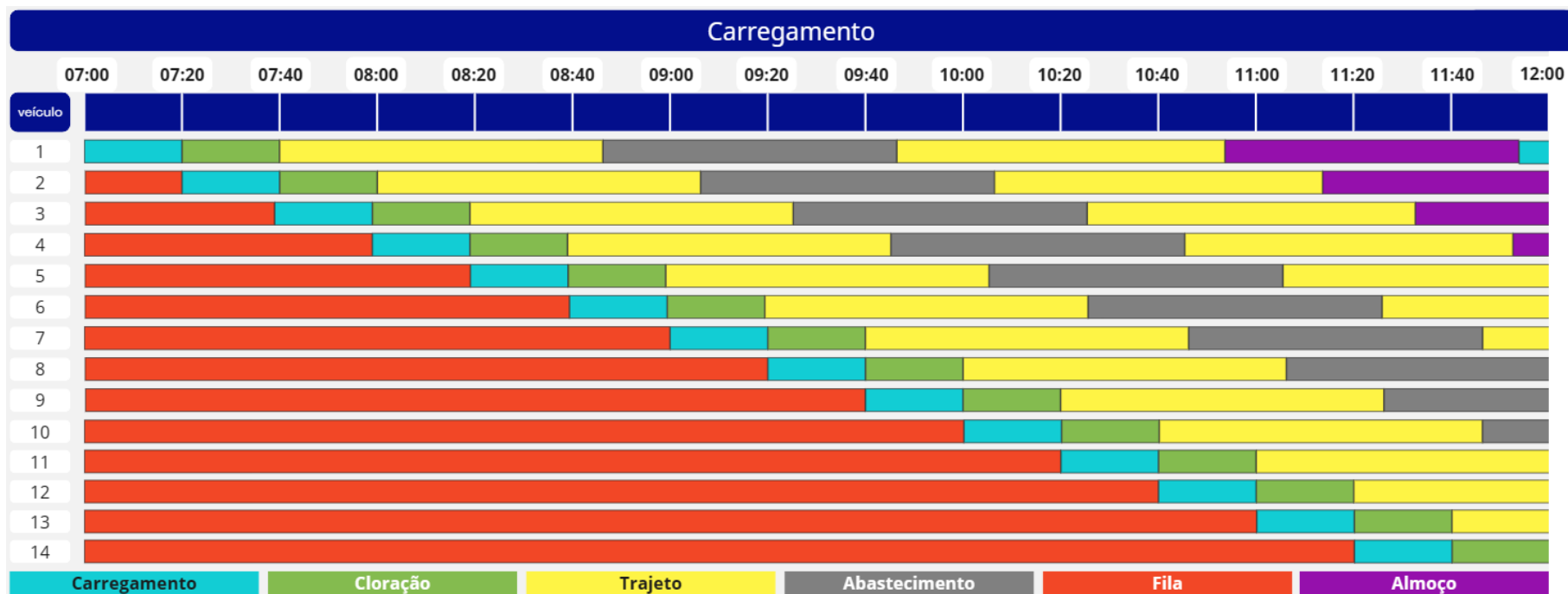
Quanto à fase do abastecimento, ela consiste na ação de descarregar o volume de água do tanque na entrega ao cliente. Essa água é entregue através de uma mangueira, geralmente esse processo acontece na região desabastecida, de porta em porta, até que a água seja toda entregue. Os clientes indicam onde desejam armazenar a água, na maioria dos casos já existem recipientes preparados para tal. Esse processo de entrega da água apresenta duração média, aproximada, de 65 minutos.

Quanto ao ciclo completo, a partir dos dados apresentados, concluiu-se que as viagens duram, em média, 3h e 37 minutos.

Em 2022 foi registrada uma média diária de 37 viagens. Para o primeiro turno, das 07h às 17h são disponibilizados 14 veículos e para o segundo turno, das 17h às 02h, são disponibilizados 10 veículos.

Logo, 24 caminhões realizando 37 viagens implica em uma média de 1,54 viagens/dia.

Figura 11 - Representação gráfica da do sistema de fila de carregamento para a primeira metade do turno da manhã.



Fonte: Autor (2023).

A figura 11 ilustra o sistema da fila, tendo como base os valores médios encontrados previamente, no início do primeiro turno, quando os 14 veículos iniciam simultaneamente seu trabalho. Percebe-se que há muito tempo ocioso, principalmente nas primeiras horas do dia, em razão da extensa fila gerada.

### 5.3 PROPOSTAS DE MELHORIAS

É lógico pensar que, para que a produtividade de um serviço aumente, aumente-se a quantidade de prestadores do serviço. Porém, quando se há uma fila entre os prestadores, o tempo de espera se torna tempo ocioso, ou seja, tempo improdutivo. Logo, aumentar o número de caminhões não necessariamente aumentará a quantidade de viagens realizadas, visto que nas bases de carregamento as filas ficarão maiores.

Após a análise aqui apresentada, o principal problema fica mais claro. O primeiro alvo há de ser é a diminuição dos tempos das atividades, otimizando o serviço como um todo. O passo lógico seguinte é a redução do tempo ocioso, a redução do tamanho da fila, seja através do aumento da capacidade de atendimento desse sistema de carregamento ou da implementação de novos pontos de carregamento, distribuindo os veículos entre as bases.

#### 5.3.1 Melhorias no carregamento.

Essa etapa visa reduzir o tempo da etapa de Carregamento que, devido à fonte de água utilizada anteriormente, se referia tanto ao tempo de carregamento, propriamente dito, do tanque, quanto o tempo de adequação química da água coletada no poço tubular aos padrões de potabilidade da Portaria nº 888 do Ministério da Saúde.

A água entregue através do pipa precisa atender ao mesmos critérios da água entregue através das redes, logo, em caso de coleta da água através da captação subterrânea, se faz necessário o processo de desinfecção química.

Dado que a necessidade de cloração dobrava o tempo gasto na etapa de Carregamento, foi estudada a eliminação de sua necessidade, a partir da coleta da água do reservatório, após o processo de tratamento da estação convencional.

Logo, aproveitando-se do complexo Pratagy, onde está localizada a principal estação de tratamento de Maceió, foi implantado um ponto de coleta advindo do reservatório elevado que recebe água diretamente da ETA. A figura 12 mostra a vista superior do complexo, onde estão localizados tanto a ETA Pratagy quanto o reservatório Benedito Bentes.

Figura 12 - Vista superior do complexo Pratagy.



Fonte: BRK ambiental (2021).

A ETA Pratagy abastece a parte baixa da cidade e uma porção da parte alta, o equivalente a, aproximadamente, 40% das ligações da cidade. Ela opera com uma vazão média de 2.500 m<sup>3</sup>/h e parte dessa vazão é direcionada ao Reservatório Benedito Bentes, sendo este um reservatório elevado com capacidade volumétrica de 2.000 m<sup>3</sup>.

Visto que o reservatório é abastecido pela ETA Pratagy, que conta com todas as etapas do tratamento convencional, sua água atende a todos os parâmetros de potabilidade requisitados em norma. Portanto, carregando os tanques a partir do reservatório, desde que atestada e comprovada a adequação aos parâmetros, no momento da coleta, através de equipamentos de medição instantânea, eliminava-se a etapa de adequação química que a captação subterrânea necessitava, removendo do ciclo metade do tempo gasto na etapa de carregamento.

Com a coleta a partir do reservatório, a água utilizada provém de uma derivação da tubulação de saída do Reservatório Elevado, DN 200. Esta tomada de água, proveniente de uma fonte de abastecimento de maior capacidade não causa perturbação à rede pública pois o abastecimento para a população é mantido inalterado, haja visto que o volume de um caminhão equivale a de 0,5 % do volume para o reservatório. Como pode ser visto na figura 13, com cerca de 18 metros entre o solo e o início de sua coluna d'água, a implantação de um ponto de

carregamento a partir de sua tubulação de distribuição, aproveitando a pressão na tubulação, graças ao desnível geométrico.

*Figura 13 - Reservatório RESE-MC-13 ou Reservatório Benedito Bentes.*

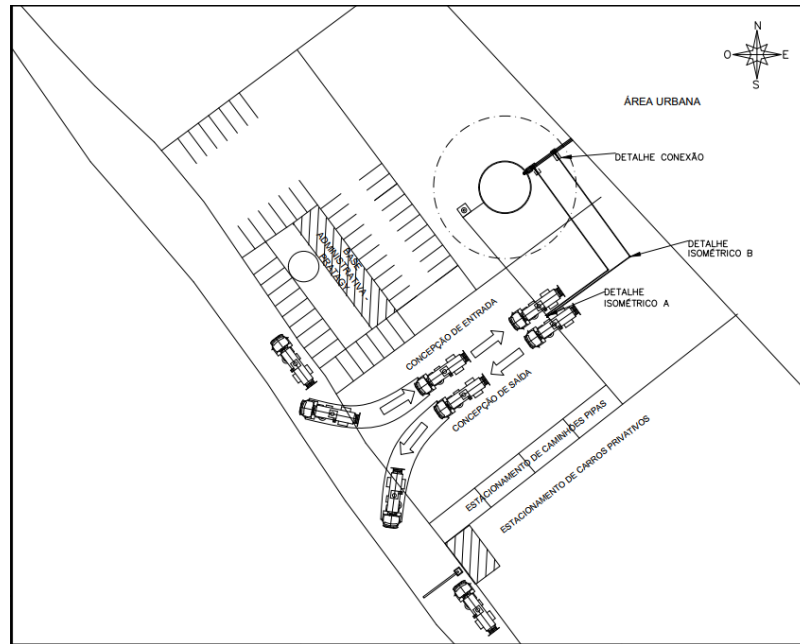


**Fonte:** Autor (2023).

Essa alteração de modalidade na coleta da água ocasionou a desativação do poço utilizado previamente, contribuindo para a recarga do aquífero e gerando ainda economia em energia elétrica e manutenção eletromecânica.

Projetado o novo sistema de carregamento no próprio complexo Pratygy, agora com a coleta da água partindo do reservatório elevado, foi construída a instalação hidráulica de modo que ela tivesse a capacidade para encher o tanque de dois caminhões simultaneamente. As figuras 14 e 15 e 16 ilustram o projeto do sistema, a instalação executada e seu funcionamento.

Figura 14 - Planta de situação do novo sistema de carregamento.



Fonte: BRK Ambiental (2022).

O dispositivo construído foi denominado “girafa”. Essa girafa possui aproximadamente 4 metros de altura e tem duas saídas DN100. O caminhão é posicionado abaixo da saída de água, sua escotilha é aberta e o operador aciona a válvula, liberando a passagem da água e iniciando assim o carregamento do caminhão.



*Figura 15 - Instalação hidráulica do novo ponto de carregamento após execução.*



**Fonte:** Autor (2023).



*Figura 16 - Instalação hidráulica do novo ponto de carregamento em funcionamento.*



**Fonte: Autor (2023).**

O prosseguimento da viagem, no entanto, somente é permitido após verificação, pelo gestor da frota, da qualidade da água coletada por cada caminhão. Essa análise é feita através de dispositivo de medição em tempo real dos parâmetros normativos de qualidade, para que seja atestada a potabilidade da água entregue pelo serviço.

Esse sistema, ilustrado na figura 17, possui um visor que mostra a medição em tempo real dos parâmetros de pH, temperatura, turbidez, cloro residual livre e cor da água.

*Figura 17 – Dispositivo de análise em tempo real de qualidade da água.*



**Fonte:** Autor (2023).

#### **5.4 Melhorias logísticas**

Apesar da diminuição dos tempos de carregamento e da dobra da capacidade de carregamento da base Pratagy, a fila ainda seria uma realidade do sistema, logo, estudou-se a implementação de mais bases de carregamento a fim de reduzir ainda mais a incidência de filas e diminuir o deslocamento necessário para recarga dos tanques.

Após o abastecimento de uma localidade, o caminhão recebe uma nova demanda, logo, é necessário que seu tanque seja reabastecido. Intuitivamente, é lógico pensar que o ideal é coletar água o mais próximo possível do ponto de entrega, visto que, além de possibilitar a movimentação do caminhão com o tanque vazio, em caso de repetição da demanda ou da zona demandante, há também economia na distância, e conseqüentemente no tempo, de deslocamento necessária para recarga. Essa redução no tempo para realização de demandas possibilita a realização de mais demandas, além de diminuir o tempo de espera do cliente pela água.

Para redução dos trajetos percorridos, foi percebida a necessidade de proposta de implantação de novos pontos de carregamento. Logo, se fez necessário estudo prévio de posicionamento e viabilidade técnica da implantação de pontos na área de concessão.

#### 5.4.1 Matriz de distâncias

A tabela 03 é a matriz de distâncias entre os pontos centrais de cada cidade pertencente à concessão. As distâncias estão marcadas com escala de cor, do branco ao vermelho. Horizontalmente, a cor branca indica as três cidades mais próximas da cidade indicada na linha.

Tabela 1 - Matriz de distâncias.

<b>Matriz de distâncias - RMM</b>	<b>ATA</b>	<b>BSA</b>	<b>BSM</b>	<b>CQS</b>	<b>MCZ</b>	<b>MDO</b>	<b>MES</b>	<b>MUR</b>	<b>PAR</b>	<b>PIL</b>	<b>RIL</b>	<b>SLN</b>	<b>SAT</b>
<b>ATALAIA</b>	0	83,7	55,9	37	37,2	41,5	41,9	57,1	73,9	14,6	30,9	30,4	28,7
<b>BARRA DE SANTO ANTÔNIO</b>	83,7	0	68,7	64,5	46,5	67,5	73	94,5	9,8	71,1	63,9	62,7	57,9
<b>BARRA DE SÃO MIGUEL</b>	55,9	68,7	0	29,5	49,9	17,1	77,5	92,7	60	43,3	60,2	43	41,4
<b>COQUEIRO SECO</b>	37	64,5	29,5	0	22,8	28,3	42,2	57,5	54,6	24,5	33,1	6,7	11,6
<b>MACEIÓ</b>	37,2	46,5	49,9	22,8	0	55,9	26,5	41,7	36,7	24,6	17,4	16,2	11,4
<b>MARECHAL DEODORO</b>	41,5	67,5	17,1	28,3	55,9	0	61,6	76,8	59,6	32,3	50,6	30,7	45,8
<b>MESSIAS</b>	41,9	73	77,5	42,2	26,5	61,6	0	21,5	63,2	30,7	18,9	32,3	27,5
<b>MURICI</b>	57,1	94,5	92,7	57,5	41,7	76,8	21,5	0	84,7	50,8	34,1	50,5	45,7
<b>PARIPUEIRA</b>	73,9	9,8	60	54,6	36,7	59,6	63,2	84,7	0	60,6	54,1	52,9	48,1
<b>PILAR</b>	14,6	71,1	43,3	24,5	24,6	32,3	30,7	50,8	60,6	0	37,7	17,8	16,1
<b>RIO LARGO</b>	30,9	63,9	60,2	33,1	17,4	50,6	18,9	34,1	54,1	37,7	0	26,4	21,6
<b>SANTA LUZIA DO NORTE</b>	30,4	62,7	43	6,7	16,2	30,7	32,3	50,5	52,9	17,8	26,4	0	4,9
<b>SATUBA</b>	28,7	57,9	41,4	11,6	11,4	45,8	27,5	45,7	48,1	16,1	21,6	4,9	0

Fonte: Autor (2022).

A partir da matriz de distâncias, é possível determinar qual as localizações ideais, em virtude da menor distância para o maior número de cidades, para os possíveis pontos de carregamento.

Tem-se do ponto mais ao menos vantajoso, em razão da menor distância em relação às outras cidades:

1. Satuba
2. Maceió
3. Santa Luzia do Norte
4. Coqueiro Seco
5. Rio Largo
6. Messias
7. Pilar
8. Marechal Deodoro
9. Atalaia
10. Barra de São Miguel
11. Paripueira
12. Barra de Santo Antônio
13. Murici

#### 5.4.2 Viabilidade técnica

- **Santa Luzia do Norte:** O reservatório Santa Luzia-01 é abastecido pela ETA Santa Luzia. Contudo, além da cidade apresentar ruas estreitas e de alto declive, dificultando o fluxo dos caminhões, o volume subtraído durante o carregamento impactaria um grande número de ligações.
- **Satuba:** O reservatório Satuba-01 é abastecido pela ETA Satuba. Contudo, está situado em área de difícil acesso, além de que o volume subtraído durante o carregamento impactaria um grande número de ligações.
- **Rio Largo:** O reservatório Rio largo-02 é abastecido pela ETA Tabuleiro do Pinto. Dentre os existentes, ele é o mais indicado para a construção do ponto de carregamento, no entanto, há considerável dificuldade de acesso ao reservatório para um caminhão de grandes dimensões.

- **Coqueiro Seco:** O reservatório Coqueiro Seco-01 é abastecido pela Captação. Contudo, além da cidade apresentar ruas estreitas, dificultando o fluxo dos caminhões, o volume subtraído durante o carregamento impactaria um grande número de ligações.
- **Marechal Deodoro:** Os reservatórios Marechal Deodoro-01 e Marechal Deodoro-02 são abastecidos pela ETA Estiva. Contudo, o acesso aos caminhões é extremamente dificultado pela passagem estreita até eles.
- **Pilar:** Os reservatórios Pilar-01 e Pilar-02 são abastecidos pela ETA Pilar. O reservatório Pilar-01 fica dentro da ETA, sendo de difícil acesso ao caminhão. O reservatório Pilar-02 está localizado numa rua de alta declividade, fator de risco para o porte e peso do caminhão. Portanto, apesar de ser abastecido por captação subterrânea, o reservatório Pilar-22 possui sistema de simples desinfecção automática prévia ao ponto de coleta e, com isso, é o mais indicado. Trata-se de um reservatório elevado, com capacidade volumétrica de 100m<sup>3</sup> que está localizado em uma área pouco povoada, logo o volume subtraído não é capaz de impactar significativamente a região, além de que, por estar próximo da BR-316, seu acesso é fácil e rápido.
- **Barra de São Miguel:** Os reservatórios Barra de São Miguel-01 e Barra de São Miguel-02 são abastecidos pela ETA Barra de São Miguel. No entanto, o reservatório Barra de São Miguel-03, é o mais indicado, visto que tem capacidade volumétrica de 500 m<sup>3</sup> e está às margens da AL-101, logo seu acesso é facilitado.
- **Atalaia:** Os reservatórios Atalaia-01 e Atalaia-03 são abastecidos pela ETA da Linha. Contudo, o acesso aos caminhões é extremamente dificultado pela passagem estreita até a chegada à ETA.
- **Paripueira:** Não há reservatório com capacidade suficiente para carregamento do caminhão sem causar prejuízo ao abastecimento da região.
- **Messias:** Não há reservatório com capacidade suficiente para carregamento do caminhão sem causar prejuízo ao abastecimento da região.

- **Barra de Santo Antônio:** Não há reservatório com capacidade suficiente para carregamento do caminhão sem causar prejuízo ao abastecimento da região.
- **Murici:** Não há reservatório com capacidade suficiente para carregamento do caminhão sem causar prejuízo ao abastecimento da região.
- **Maceió:** O reservatório Maceió-13 ou Benedito Bentes é abastecido pela ETA Pratygy. O ponto já construído atende toda a cidade de maneira satisfatória. No entanto, em razão da dificuldade em oferta e reservação de água nos municípios do litoral norte, é plausível a avaliação da implantação de um outro ponto na parte baixa da cidade, encurtando a distância para o litoral.

Além da viabilidade técnica, é necessário avaliar a viabilidade logística da implantação de um ponto, logo, foi elaborada a matriz de distâncias a seguir:

#### 5.4.3 Zoneamento da área

Em razão da concentração de pontos de entrega da água percebida na espacialização das solicitações recebidas no ano de 2022, faz sentido, para o estudo, a divisão do mapa da concessão em 5 zonas e a designação de um ponto de carregamento para cada região.

- Zona Amarela

Trata-se da zona denominada de Grande Maceió, abrange os municípios de Maceió, Coqueiro Seco, Satuba e Santa Luzia do Norte.

Os principais fatores causadores de desabastecimento nessa região são as perdas e as paralisações do sistema.

Há determinada localidade, dentro desta zona, onde a malha de redes, é muito antiga e se tornou incapaz de abastecer de maneira eficiente o conjunto. Por se tratar de obra de grande porte, ela tem data programada para execução dentro do cronograma de universalização do acesso a água em RMM. Enquanto essas obras não acontecem, faz-se necessário o uso do abastecimento através de pipa para complementação do abastecimento.

- Zona Azul

Trata-se da zona denominada de Norte, abrange os municípios de Rio Largo, Messias e Murici.

O principal fator causador de desabastecimento nessa região é a insuficiência da infraestrutura de tratamento de água. Em determinada localidade, dentro desta zona, o volume produzido não era suficiente para abastecimento satisfatório do loteamento. Foram realizadas ações operacionais para setorização, pesquisas e reparos de vazamento e a adoção de manobras de registro para melhorar a distribuição do volume produzido e a pressão da água nas redes. Durante as ações de melhoria na produção e distribuição, fez-se necessário o uso do abastecimento através de pipa.

Em 2023, com o fim das ações citadas e o êxito de tais melhorias, o número de requisições de abastecimento alternativo para esta zona diminui vertiginosamente, logo, ela não mais demanda atenção especial. Pela sua proximidade da zona com as grandes rodovias que cortam o município de Maceió e, conseqüentemente, com o complexo Pratagy, o ponto de abastecimento já existente atende bem às eventuais requisições de abastecimento alternativo da zona.

- Zona Roxa

Trata-se da zona denominada de Litoral Sul, abrange os municípios de Barra de São Miguel, Marechal Deodoro e a porção mais ao sul do litoral de Maceió.

O principal fator causador de desabastecimento nessa região é a insuficiência da infraestrutura de tratamento de água. Em determinado loteamento residencial, dentro desta zona, o volume produzido não era suficiente para satisfazer a demanda, foi perfurado provisoriamente um novo poço tubular, instalado um reservatório, realizadas pesquisas e reparos de vazamento e feita a adoção de manobras de registro para melhorar a distribuição do volume produzido e a pressão da água nas redes. Durante as ações de melhoria na capacidade de produção e distribuição, fez-se necessário o uso do abastecimento através de pipa. Em 2023, com o fim das ações citadas e o êxito de tais melhorias, o número de requisições de abastecimento alternativo para este residencial, que era o principal problema desta zona, reduziu drasticamente. No entanto, esta zona tem uma forte deficiência na produção, logo, ainda restaram outros pontos específicos, dentro dela, que necessitam do envio de pipa de maneira regular, com viagens fixas por mês até que sejam resolvidos os problemas.

Portanto, para aumento da produtividade nesta zona, faz-se necessária a implantação de um novo ponto de carregamento.

- Zona Verde

Trata-se da zona denominada de Litoral Norte, abrange os municípios de Barra de Santo Antônio, Paripueira, e a porção mais ao norte do litoral de Maceió.

O principal fator causador de desabastecimento nessa região é a oferta de água. Em determinado povoado, dentro desta zona, o abastecimento não é satisfatório, logo a medida de contingência adotada para o povoado, enquanto não são findadas as obras de melhoria no sistema, é o envio de carro pipa, de maneira regular, com cerca de 16 viagens semanais.

Portanto, para aumento da produtividade nesta zona, faz-se necessária a implantação de um novo ponto de carregamento.

- Zona Vermelha

Trata-se da zona denominada de Interior. O principais fature causador de desabastecimento nessa região é a oferta de água. Nesta região os poços têm baixíssima capacidade de produção, além de ser também uma área com um alto índice de fraudes.

Em determinado povoado, simplesmente não há oferta de água. Está em projeto a instalação de uma medida definitiva para abastecimento do povoado. A medida paliativa adotada é o abastecimento pelo envio de carro-pipa com 6 viagens diárias. Portanto, para aumento da produtividade nesta zona, faz-se necessária a implantação de um novo ponto de carregamento.

#### 5.4.4 Definição das localizações

Cruzando as viabilidades técnicas por municípios, a viabilidade logística (através da matriz de distâncias) e a análise por zona estabelecida no estudo, pode-se definir a implantação de 2 novos pontos de carregamento.

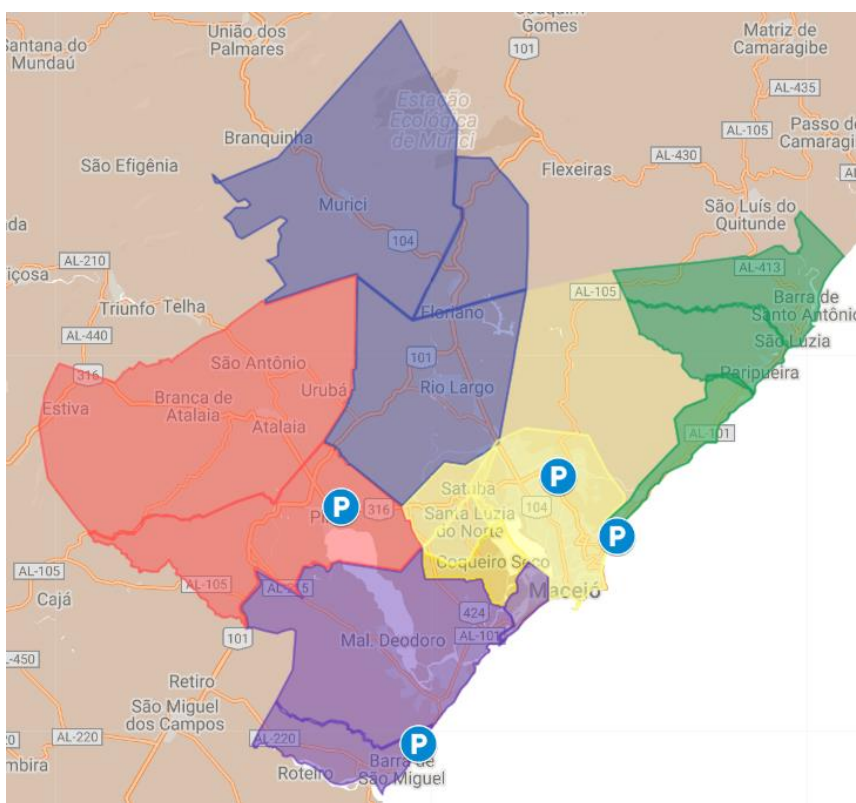
- Para a zona Vermelha, a melhor opção é a instalação do ponto de carregamento no reservatório Pilar-22. Trata-se de um reservatório de capacidade volumétrica de 100m<sup>3</sup>



- Para a zona Roxa, a melhor opção é a instalação do ponto de carregamento no reservatório Barra de São Miguel-03.

Apesar de não ser evidente a viabilidade técnica da implantação de um ponto de carregamento a partir de um reservatório no litoral norte, devido à grande distância entre a base Pratagy e o ponto médio de abastecimento da zona e da alta incidência de congestionamentos nas vias que dão acesso ao litoral partindo da parte alta, fez-se necessário o estudo de outra modalidade de carregamento na região, chegando à conclusão que há a possibilidade de coleta a partir da própria rede de distribuição em determinado ponto no bairro da cruz das almas, que recebe água da ETA Pratagy, através do principal reservatório da cidade, o reservatório Maceió-01.

*Figura 18 - Zoneamento da região metropolitana de Maceió com a localização dos pontos propostos.*



**Fonte:** Autor (2023).

A tabela 03 ilustra a distribuição das médias de número de viagens entre as zonas e a média das distâncias entre a base Pratagy e os pontos centroides do mapa de solicitações recebidas para cada zona.

Tabela 2 - Relatório de médias mensais.

ZONA	QUANTIDADE MENSAL DE VIAGENS RECEBIDAS (MÉDIA)	DISTÂNCIA ENTRE A BASE DE CARREGAMENTO E O PONTO MÉDIO DE ABASTECIMENTO (IDA E VOLTA EM KM)
AMARELA	239	23,5
AZUL	133	34,3
ROXA	411	87,9
VERDE	136	53,2
VERMELHA	199	75,3

Fonte: Autor (2023).

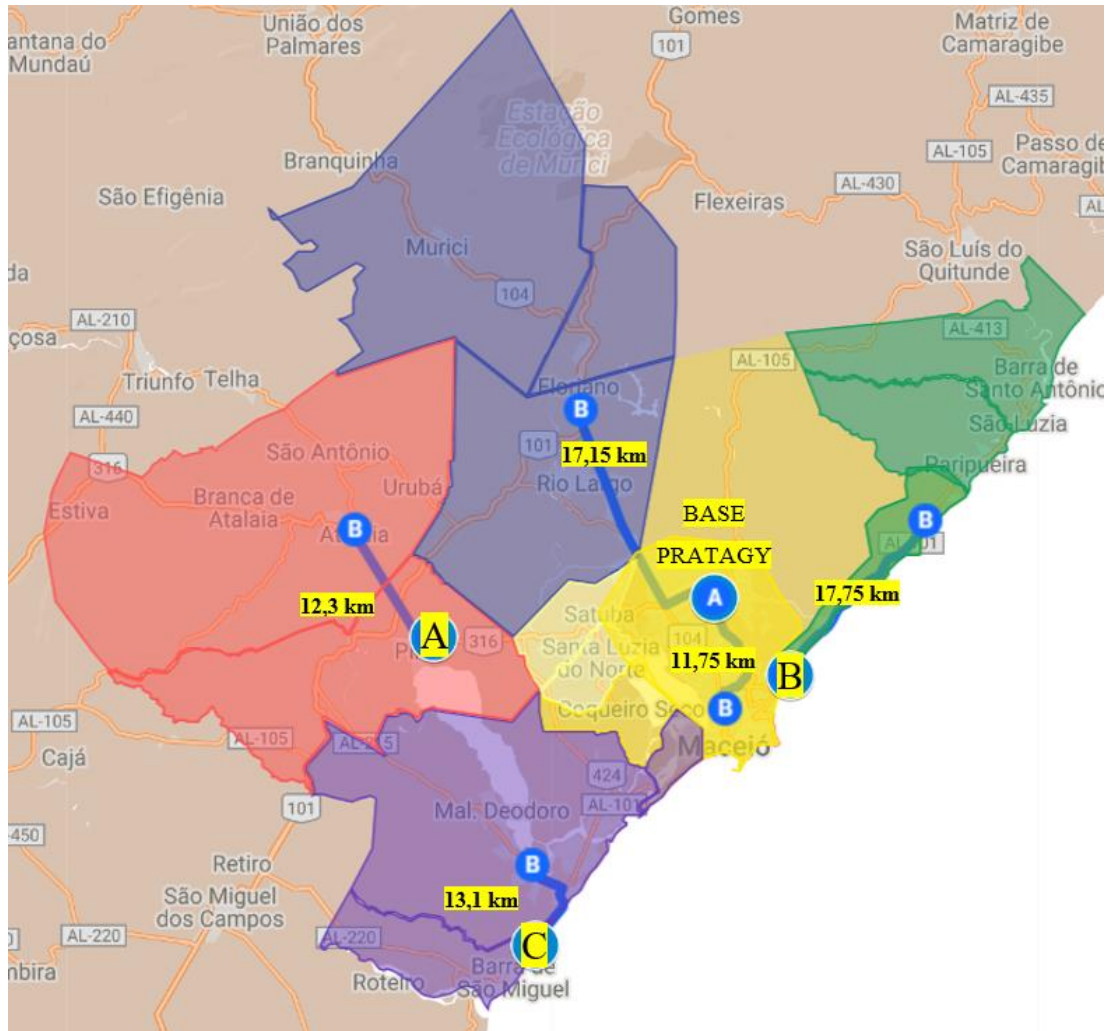
Foram realizadas medições de vazão e pressão no ponto e, a partir da instalação de uma estrutura similar à existente na base Pratagy, projeta-se que seja possível o carregamento do tanque sem que haja prejuízo ao abastecimento da região.

#### 5.4.5 Impacto dos novos pontos nas viagens

A figura 19 ilustra o mapa de zoneamento da área de concessão e os trajetos percorridos da base de carregamento atual até os centroides das solicitações de abastecimento registradas para cada zona.



Figura 20 - Zoneamento de RMM com os trajetos percorridos dos novos pontos de carregamento até os centroides das solicitações de abastecimento registradas para cada zona.



Fonte: Autor (2023).

A partir da tabela 4, fica evidente que com a implementação dos pontos, há diminuição do trajeto percorrido, logo, dos tempos de deslocamento e, conseqüentemente, do tempo do ciclo de abastecimento de cada ordem de serviço. Não obstante, a distribuição dos veículos entre as novas bases diminui a incidência de fila nas primeiras horas do dia, cabendo ao gestor da frota ou programador de serviços avaliar e distribuir os caminhões de modo a aumentar a produtividade de sua equipe.

*Tabela 3 - Comparação entre as distância médias antes e depois das melhorias.*

<b>ZONA</b>	<b>DISTÂNCIA MÉDIA TOTAL ENTRE A BASE DE CARREGAMENTO E O PONTO MÉDIO DE ABASTECIMENTO DE CADA ZONA ANTES DAS MELHORIAS.</b>	<b>DISTÂNCIA MÉDIA TOTAL ENTRE A BASE DE CARREGAMENTO E O PONTO MÉDIO DE ABASTECIMENTO DE CADA ZONA APÓS AS MELHORIAS.</b>	<b>REDUÇÃO NO TRAJETO</b>
AMARELA	23,5	23,5	0%
AZUL	34,3	34,3	0%
ROXA	87,9	26,2	70,1%
VERDE	53,2	35,5	33,2%
VERMELHA	75,3	24,6	67,3%

**Fonte:** Autor (2023).

Para cada ponto foi projetada uma estrutura similar à instalada no Complexo Pratagy, demonstrados na figura 16.

Foram realizadas medições de pressão e vazão nos sistemas sugeridos e, após simulações, foram obtidas as seguintes informações:

- Ponto A (Zona Vermelha):

No ponto de coleta, através das medições, foram encontrados os seguintes dados: Vazão média: 119 m<sup>3</sup>/h; Pressão: 13 mca, possibilitando o carregamento do tanque em aproximadamente 5 minutos. Esse ponto abastecerá as cidades de: Pilar e Atalaia.

A figura a seguir ilustra a situação utilizando os tempos médios de carregamento e abastecimento apresentados no trabalho, mantendo ainda uma das viagens partindo e retornando à Base Pratagy, projetando o pior cenário, que é de uma eventual necessidade de retorno à base principal.

Figura 21 - Comparação entre os ciclos de abastecimento antes e depois das melhorias na zona Vermelha.



Fonte: Autor (2023).

- Ponto B (Zona Verde):

No ponto de coleta, através das medições, foram encontrados os seguintes dados: Vazão média: 62 m<sup>3</sup>/h; Pressão: 14 mca, possibilitando o carregamento do tanque em aproximadamente 10 minutos. Esse ponto abastecerá as cidades de: Barra de Santo Antônio, Paripueira e a parte mais ao norte do litoral de Maceió.

A figura a seguir ilustra a situação utilizando os tempos médios de carregamento e abastecimento apresentados no trabalho, mantendo ainda uma das viagens partindo e retornando à Base Pratagy, projetando o pior cenário, que é de uma eventual necessidade de retorno à base principal.

Figura 22 - Comparação entre os ciclos de abastecimento antes e depois das melhorias na zona Verde.



Fonte: Autor (2023).

- Ponto C (Zona Roxa):

No ponto de coleta, através das medições, foram encontrados os seguintes dados: Vazão média: 108 m<sup>3</sup>/h; Pressão: 19 mca, possibilitando o carregamento do tanque em aproximadamente 5:30 minutos. Esse ponto abastecerá as cidades de: Barra de São Miguel, Marechal Deodoro e a parte mais ao sul do litoral de Maceió.

A figura a seguir ilustra a situação utilizando os tempos médios de carregamento e abastecimento apresentados no trabalho, mantendo ainda uma das viagens partindo e retornando à Base Pratagy, projetando o pior cenário, que é de uma eventual necessidade de retorno à base principal.

Figura 23 - Comparação entre os ciclos de abastecimento antes e depois das melhorias na zona Roxa.



Fonte: Autor (2023).



Para as zonas Azul e Amarela, não há vantagem geográfica. A vantagem obtida foi a diminuição do tempo na etapa de carregamento, com a eliminação da etapa de cloração, e a possibilidade de carregamento de 2 tanques simultaneamente.

Com as melhorias projetadas, projeta-se uma redução média de aproximadamente 26% no tempo de duração no eventual caso de necessidade de retorno do caminhão à base operacional. Essa redução implica no aumento do número de viagens executadas por dia ou numa possível redução da frota para realização do mesmo número de viagens.

### 5.5 Alteração na escala de trabalho

A partir das simulações e dos dados obtidos, é evidente a diminuição dos tempos e consequentemente o aumento da produtividade do serviço.

É proposta ainda a alteração na escala de trabalho dos veículos, a fim de que sejam reduzidos ainda mais os tempos. A proposta altera o horário de início de parte dos caminhões, para que sejam diminuídas as incidências de filas nas bases de carregamento. A proposta dos novos horários de trabalho está ilustrada na figura 24.

*Figura 24 - Sugestão de distribuição dos veículos pelo dia.*

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	0h
1																			
2																			
3																			

**Fonte:** Autor (2023).

- A primeira parte da frota deve iniciar das 06h às 16h, sendo 8 caminhões;
- A segunda parte da frota deve iniciar das 15h às 0h, sendo 6 caminhões;
- A terceira parte da frota deve iniciar das 08h às 18h, sendo 6 caminhões;

Além disso, propõe-se também a distribuição dos caminhões entre as bases, de maneira a eliminar o primeiro trajeto partindo de Maceió. Essa distribuição dos caminhões entre as novas bases possibilita uma redução ainda maior dos tempos de realização das rotas, aumentando a produtividade individual de cada veículo.

## 6. CONCLUSÃO

Com as melhorias projetadas: Implantação de 3 novas bases de carregamento; Reconstrução, junto da alteração de fonte de abastecimento, do ponto pré-existente; Redistribuição dos veículos ao longo do dia e entre as novas bases, estima-se aumento considerável no número de viagens totais por dia e, conseqüentemente, no número de viagens por caminhão por dia, trazendo benefícios como a diminuição do tempo de espera do cliente e a economia em combustível ou até possibilitando até a desmobilização de parte da frota, sem diminuição do número de viagens diárias realizadas.

O sistema apresenta uma redução média de 25,7% de tempo de ciclo para as regiões Verde, Roxa e Vermelha, para o caso de 2 viagens em sequência para a mesma zona ainda tendo como garagem dos veículos a base Pratagy. Para o caso da distribuição dos veículos pelas bases, as reduções encontradas são de 70,1% para a zona Roxa, 33,2% para a zona Verde e 67,3% para a zona Vermelha. As zonas Azul e Amarela, apesar de não apresentar reduções nos tempos de ciclo, serão beneficiadas com a redução das filas, diminuindo os tempos improdutivos.

Ainda não é possível medir em campo o impacto das melhorias no sistema para comparar com as estimativas encontradas no trabalho, visto que algumas dessas melhorias estão em fase de construção, porém, é evidente o aumento de eficiência do sistema, em se tratando do aumento de produtividade, através da diminuição dos tempos e a economia com custos operacionais como consumo de pneus, consumo de combustível e manutenções nos veículos.

Em pesquisas futuras pode-se fazer uma comparação entre os resultados projetados nesse trabalho e os resultados encontrados após a implementação das melhorias propostas. Além disso, pode-se realizar um estudo comparação de análise de viabilidade econômica entre o custo de adiantamento de investimento em CAPEX (Capital Expenditure – Custo de investimento) para implementação das melhorias definitivas no sistema e os custos operacionais do envio paliativo de abastecimento alternativo através de carros-pipa.

## 7. REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2005.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ Logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspecção sanitária em abastecimento de água** – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.84 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). ISBN 85-334-1244-4 BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para 86 consumo humano / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 284 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017 - Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde- anexo XX**. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html). Acesso em: 14 junho de 2023.

CUNHA, C.B. **Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais**. São Paulo: EPUSP, Departamento de engenharia de transportes. 1997.

DIAS, M. A. **Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico, gestão via ti, multimodal**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DINIZ, Tibério Gomes. **Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água**. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado),

Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://www.ppgeca.ufcg.edu.br>. Acesso em: 01 set. 2021.

GROSS, D., SHORTIE, J. F., THOMPSON, J. M. AND HARRIS, C. M. **Fundamentals of Queuing Theory**. 4 ed New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

HELLER, L.; PÁDUA V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 1 v.

HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016. 1 v.

INSTITUTO TRATA BRASIL. ESTUDO DE PERDAS DE ÁGUA DO INSTITUTO TRATA BRASIL DE 2022 (SNIS 2020): **DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL**. TRATABRASIL.ORG. 2022. Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio\\_Completo.pdf](https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Completo.pdf). Acesso em 2022.

MANOEL FILHO, J. . **Ocorrência das águas subterrâneas** in: Fernando A.C. Feitosa et al (org. e coord.) Hidreologia: conceitos e aplicações. 3.ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID , 2008. 812p.

ORSINI, E. Q. **Sistemas de Abastecimento de Água**. Apostila da Disciplina PHD 412 - Saneamento II. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. v.2. 4. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial. Série Pesquisa Operacional, 2009.

REBOUÇAS, A. da. C. **Importância da água subterrânea**. in: FEITOSA, Fernando A.C. (et al) organização e coordenação. Hidreologia: conceitos e aplicações– 3.ed.rev.e ampl. –Rio de Janeiro: CPRM:LABHID, 2008. 812p.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. 352 p

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3ª edição. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p. São Paulo, 2006.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. **Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura**. Águas Subterrâneas, 2015.