



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANTHONY SANTOS DE MELO

SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DA ADUTORA DO AGRESTE

Caruaru

2022

ANTHONY SANTOS DE MELO

SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DA ADUTORA DO AGRESTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador(a): Prof. Dr. Artur Paiva Coutinho.

Caruaru

2022

AGRADECIMENTOS

À minha família, especialmente meus pais e minhas irmãs, que me deram todo o apoio financeiro e emocional necessário para alcançar a conclusão do curso. Agradeço pela paciência e compreensão nos momentos em que me ausentei fisicamente para dedicar-me as atividades acadêmicas, peço perdão pelos momentos em que deixei os maus sentimentos atrapalharem nossa relação, a vocês serei eternamente grato.

Aos meus amigos de infância que, assim como minha família, tiveram compreensão de minha ausência e estiveram sempre ao meu lado fornecendo o apoio necessário para que eu superasse as frustrações que a vida acadêmica me causou.

Aos amigos que ganhei na universidade e que me ajudaram na trajetória da graduação, com quem pude dividir conhecimentos, experiências e uma dezena de atividades em grupo.

À minha namorada, que acompanhou de perto tudo que passei e estive comigo sempre nos bons e maus momentos, sempre respeitando e compreendendo os momentos em que não estivemos juntos devido as obrigações acadêmicas.

Aos melhores professores da minha formação no ensino fundamental e ensino médio, Walkiria Clemente e Dario Douglas, respectivamente, que sempre me incentivaram estudar ciência e me aprofundar no pensamento crítico.

Aos professores universitários que, em grande maioria, foram respeitosos com os alunos de forma independente de suas conquistas pessoais, que se dedicaram em lecionar sempre da melhor maneira que puderam e que estava a seu alcance.

À Universidade Federal de Pernambuco, incluindo todos seus profissionais que me proporcionaram um ambiente adequado para que eu pudesse concluir minha graduação.

Simulação hidráulica da adutora do agreste

Agreste's pipeline hydraulic simulation

Anthony Santos de Melo¹

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estudar a partir de modelo computacional o comportamento hídrico de uma adutora de grande porte instalada no agreste pernambucano. O Sistema Adutor do Agreste (SAA) tem aproximadamente 1329 km de extensão e foi projetado para atender 68 municípios. A adutora alimenta diversos reservatórios em sua extensão, e para seu funcionamento foi necessário o projeto de Estações Elevatórias (EE) de água para alcançar todos os municípios, além disso ela conta com a presença de uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Ao longo da adutora a geologia é caracterizada principalmente pelo solo rochoso do cristalino, e por se tratar de uma adutora no semiárido tem o clima semelhante por toda sua extensão. As dimensões das tubulações utilizadas variam de 1200 mm a 200 mm de diâmetro. Ao final do trabalho, pôde-se observar o funcionamento do software Epanet para a simulação hidráulica de um modelo conceitual do SAA, além compreensão do comportamento de pressão e vazão da adutora.

Palavras-chave: recursos hídricos; semiárido; agreste pernambucano; Epanet.

ABSTRACT

This work aims to study, from a computational model, the water behavior of a large water main installed in the rural region of Pernambuco. The Agreste Adductor System (SAA) is approximately 1329 km long and was designed to serve 68 municipalities. The water main feeds several reservoirs along its length, and for its operation it was necessary to design Water Pumping Stations (EE) to reach all municipalities, in addition it has a Water Treatment Station (ETA). Along the pipeline, the geology is mainly characterized by the rocky crystalline soil, and because it is a pipeline in the semi-arid region, the climate is similar throughout its length. The dimensions of the pipes used vary from 1200 mm to 200 mm in diameter. At the end of the work, it was possible to observe the functioning of the Epanet software for the hydraulic

¹Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: anthony.smelo@ufpe.br

simulation of a conceptual model of the SAA, in addition to understanding the pressure and flow behavior of the pipeline.

Keywords: water resources; semiarid; agreste from Pernambuco; Epanet.

DATA DE APROVAÇÃO: 09 de novembro de 2022.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro atualmente é delimitado pela Resolução 150/2021 da Sudene onde um total de 1.427 municípios estão inclusos na região, sendo esta delimitação correspondente a cerca de 13% do território nacional. Atualmente, os critérios técnicos para a delimitação são: a) Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; b) Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50; c) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% considerando todos os dias do ano.

A morfologia e composição do solo varia de solos rasos a solos profundos, além de solos endurecidos que apresentam dificuldade de drenagem. Dados do INSA (2022) apontam que 85% do território da região encontra-se em processo de desertificação e que 9% já está efetivamente desertificado.

Pernambuco tem uma população estimada pelo IBGE (2021) de 9.674.793 habitantes e dos 185 municípios do estado, 137 estão localizados no semiárido, isso representa cerca de 87,8% da área de seu território. É o estado com o menor índice de disponibilidade hídrica per capita, oferecendo cerca de 1.320m³/hab/ano.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (1998) dividiu o estado de Pernambuco em treze Bacias Hidrográficas, seis grupos de bacias de pequenos rios litorâneos, nove grupos de bacias de pequenos rios interiores e uma bacia de pequenos rios que faz parte da rede de drenagem do arquipélago de Fernando de Noronha. A maior parte das Bacias Hidrográficas situam-se totalmente no perímetro do estado, as demais fazem parte da área de drenagem do estado de Alagoas, algumas das pequenas bacias são compartilhadas com os estados do Ceará, Paraíba e Alagoas.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco, cuja extensão é de aproximadamente 700 km de canais de concreto, é dividido em dois eixos: Norte e Leste. Tem como objetivo levar água do Rio São Francisco para os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte. A partir do Eixo Leste, o Sistema Adutor do Agreste (SAA) se ligará à transposição do rio por

meio do Ramal do Agreste que tem aproximadamente 71 km de extensão, sua estrutura é composta por 42 km de canais de concreto, uma adutora, dois reservatórios, cinco aquedutos-sifões, uma estação elevatória e seis túneis, com desague no reservatório Ipojuca, em Arco Verde (PE).

Segundo a Compesa, o SAA deverá atender 68 municípios do agreste pernambucano, é composto por unidades de captação, estação de tratamento de água, adução de água bruta e tratada, estação elevatória de água bruta e tratada, reservatórios de água bruta e tratada. O SAA possui uma extensão de aproximadamente 1329 km de tubulações de aço, ferro fundido e PVC, com diâmetros que variam entre 1.200 e 200 mm.

O principal objetivo da adutora é complementar e abastecer os municípios contemplados pelo projeto, onde suas populações sofrem com a inconsistência do ciclo pluviométrico da região, que leva com frequência o colapso dos seus sistemas de abastecimento.

Dado que uma parcela significativa da população convive diariamente com os efeitos prolongados de estiagem, torna-se necessário o desenvolvimento e investimento em técnicas eficientes de distribuição de água. Assim como analisado por Tarso (2018, p. 9) os sistemas de abastecimento de água do agreste já apresentam melhores indicadores de perdas quando comparados com o Nordeste e o Brasil.

Portanto o objetivo principal do trabalho é compreender o funcionamento hidráulico do trecho entre os Lotes 2 e 3 do Sistema Adutor do Agreste, através da construção de um modelo conceitual para realizar simulação do transporte de água no trecho escolhido através do software EPANET, e então analisar o comportamento de vazões e pressões do trecho.

2 METODOLOGIA

Considerando a dimensão deste empreendimento, este trabalho tem como objetivo analisar o trecho do SAA entre os Lote 02 e 03 que abastece os municípios de Alagoinha, Venturosa, Pedra, Buíque, Tupanatinga, Itaíba, Águas Belas e Iatí, com o auxílio de modelagens e simulações numéricas computacionais, observando o comportamento das vazões e pressões do trecho adotado.

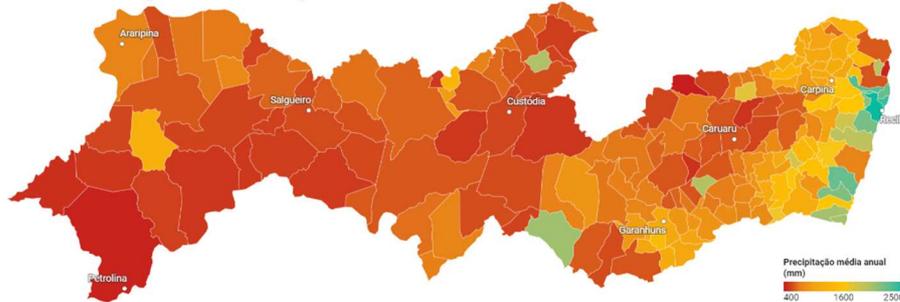
2.1 Climatologia

O Estado de Pernambuco tem 70% do seu território localizado no Semiárido nordestino sujeito à secas periódicas. Dado que as principais características desse tipo de clima é a

ocorrência de chuvas irregulares e mal distribuídas, a população desta região utiliza-se de tecnologias de captação da água de chuva para usá-la nos períodos de seca.

Pode ser visualizado na Figura 1 que os municípios a oeste do estado apresentam uma precipitação anual que varia na faixa dos 400 a 600 mm, apenas a leste do estado que a precipitação ultrapassa os 1600 mm anuais.

Figura 1 – Precipitação média anual no estado de Pernambuco

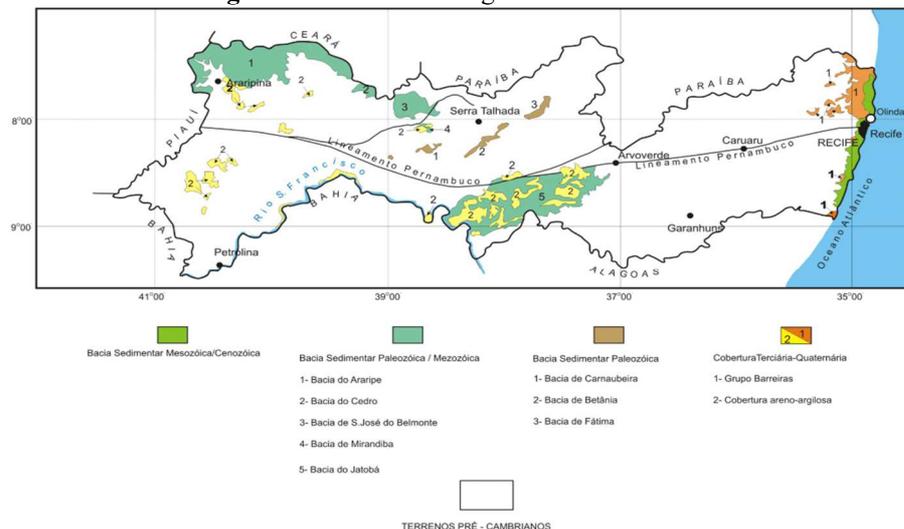


Fonte: APAC (2022)

2.2 Geologia

Como observado na Figura 2, o solo do estado de Pernambuco é constituído principalmente por rochas pertencentes ao embasamento cristalino pré-cambriano e pelas unidades sedimentares presentes nas regiões agreste e sertão pertencentes as Bacias Paleozoicas/Mesozoicas. Na região litorânea predominam os sedimentos Mesozoico/Cenozoicos além dos sedimentos tércio-quaternários.

Figura 2 – Síntese Estratigráfica de Pernambuco

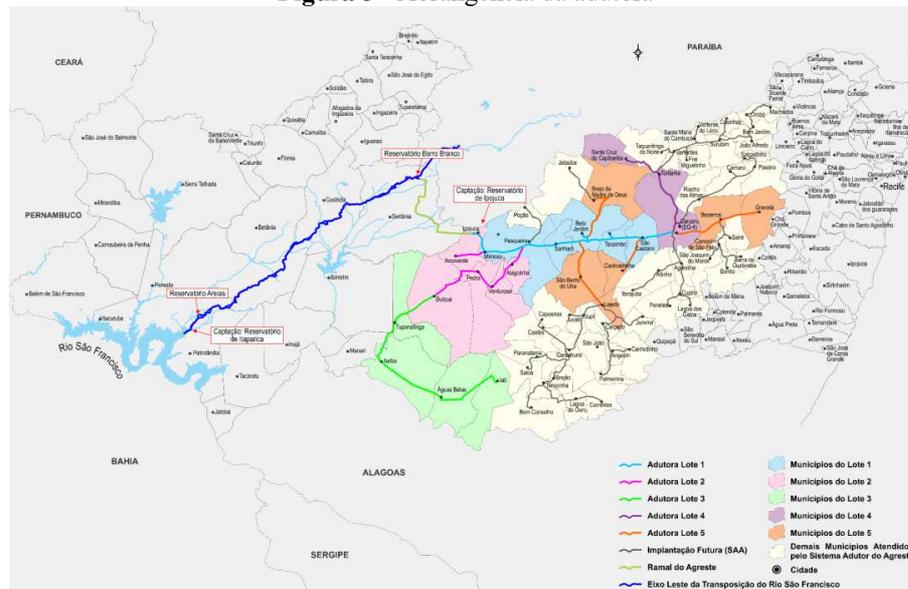


Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (2001)

2.3 Detalhamento da adutora

De acordo com o relatório de obras da Compesa, o início do sistema adutor é na cidade de Arcoverde/PE, no reservatório de Ipojuca, que faz parte do Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Após completas todas as obras, abastecerá 80 localidades urbanas e rurais localizadas a uma distância de até 2,5 km de distância de cada lado da adutora.

Figura 3 - Abrangência da adutora



Fonte: Compesa (2020)

O SAA é dividido com 5 lotes que serão executados em duas etapas. Na primeira serão executados os 4 primeiros lotes que abastecem os seguintes municípios: Pesqueira, Sanharó, Belo Jardim, Tacaimbó, São Caetano, Caruaru, Arcoverde, Alagoinha, Venturosa, Pedra, Buíque, Tupanatinga, Itaíba, Águas Belas, Iatí, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. Na segunda etapa será executado o Lote 5 que abastecerá os seguintes municípios: São Bento do Una, Lajedo, Brejo da Madre de Deus, Cachoeirinha, Bezerros e Gravatá.

2.3.1 Lote 01

No Lote 1, a adutora inicia-se por gravidade com uma tubulação de aço carbono com 1800 mm de diâmetro por uma extensão de 652 m da barragem do rio Ipojuca até a estação elevatória, com uma vazão de aproximadamente $4,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

A Estação Elevatória é constituída por um conjunto de três motores-bomba com capacidade

de recalcar a água bruta com vazão de aproximadamente $4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a uma altura manométrica de 142,2 mca até uma ETA, por uma tubulação de aço carbono de 1800 mm por uma extensão de aproximadamente 6,15 km.

Na ETA, antes do sistema de tratamento, há um reservatório para água bruta com capacidade de 70.000 m^3 de água antes do sistema de tratamento de efluentes cuja capacidade de produção é de $4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Por fim, há um reservatório de distribuição com capacidade máxima de 16.200 m^3 de água tratada.

Após o reservatório, uma adutora de água tratada com vazão que varia entre 2,2 e $2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se estenderá por aproximadamente 117,58 km, com tubulação de Ferro Fundido Dúctil com 1200 mm de diâmetro, pelo trajeto são esperadas derivações que variam entre 150 e 500 mm.

2.3.2 Lote 02

No Lote 02, a adutora é dividida em dois trechos, o trecho 01 e o trecho 1A. O trecho 1A é composto por uma tubulação de Ferro Fundido Dúctil com 500 mm de diâmetro e extensão de 16,46 km, que liga o trecho principal até a cidade de Arcoverde com uma vazão de $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Em Arcoverde, a água chegará a um reservatório com 2500 m^3 de volume.

O trecho 01 leva água do trecho principal por uma tubulação de 600 mm de diâmetro com uma vazão de $0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ por uma extensão de 12,61 km até a derivação para o município de Alagoinha, onde estende-se com o mesmo diâmetro por 17,14 km com vazão de $0,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ até a derivação para o município de Venturosa, seguindo até a derivação para cidade de Pedra com diâmetro de 600 mm e vazão de $0,34 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ por uma extensão de 11,72 km.

Para desaguar no reservatório de montante da EE de Buíque a água percorre 22,57 km com os mesmos 600 mm de diâmetro e vazão de $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, onde é bombeada com capacidade de recalque de 225 mca. No topo da EE a água escoar por gravidade até a derivação para o reservatório de Buíque com vazão de $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ por uma tubulação com 7,93 km de extensão e 700 mm de diâmetro.

2.3.3 Lote 03

No Lote 03, a adutora é composta por tubulação de Ferro Fundido Dúctil que continua a partir da derivação da EE de Buíque com diâmetro de 500 mm, por uma extensão de 27,51 km até a derivação para o município de Tupanatinga com vazão de $0,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, que segue por mais 25,05 km com uma vazão de $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em tubulação de 400 mm até a derivação do município

de Itaíba, onde estende-se por mais 37,43 km em tubulação de 400 mm até a derivação de Águas Belas, e segue por 29,00 km com tubulações de 300 mm até a EE de Iatí, onde possui capacidade para recalcar 165 mca, com uma vazão de $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

2.3.4 Lote 04

No Lote 04, a adutora é dividida em dois trechos, o trecho 06 e o trecho 6A. O trecho 6A é composto por uma tubulação de Ferro Fundido Dúctil com diâmetro que varia entre 1200 mm e 800 mm com extensão de 37,74 km, que liga o trecho principal até a cidade de Toritama com uma vazão que varia entre $1,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Em Toritama, a água chegará a um reservatório com 2000 m^3 de capacidade.

O trecho 06 leva água do trecho principal por uma tubulação de 500 mm de diâmetro com uma vazão que varia entre $0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ por uma extensão de 22,08 km até chegar no reservatório em Santa Cruz do Capibaribe que possui 4500 m^3 de capacidade de armazenamento.

2.3.5 Lote 05

No Lote 05, a adutora é composta por tubulação de Ferro Fundido Dúctil com diâmetro que varia entre 900 mm e 300 mm, com extensão de 143,46 km e com uma vazão que varia entre $0,76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. O lote levará água para os municípios de Brejo da Madre de Deus, São Bento do Una, Lajedo, Cachoeirinha, Bezerros e Gravatá.

2.4 Epanet

O software utilizado foi o Epanet versão 2.0, Figura 4, por ter como grande vantagem para realização de trabalhos técnicos e científicos o fato de ser de domínio público, além de, como apresentado por Botta (2014), ser amplamente utilizado em diversos países, por diversos pesquisadores diferentes. Foi desenvolvido pela United States Environmental Protection Agency, com o objetivo de entender o movimento e o destino dos constituintes da água potável em sistemas de distribuição.

Ele possui a capacidade de realizar simulações do comportamento hidráulico e qualidade da água em redes de tubulação pressurizada, de sistemas que possuam: tubulações, junções, bombas, válvulas, tanques de armazenamento e reservatórios. Também é possível rastrear o

fluxo de água em cada tubo, a pressão em cada junção, a altura da água em cada tanque e sua concentração química e a idade da água de toda a rede durante um período de tempo determinado pela simulação.

Figura 4 – Versão do software



Fonte: O autor (2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

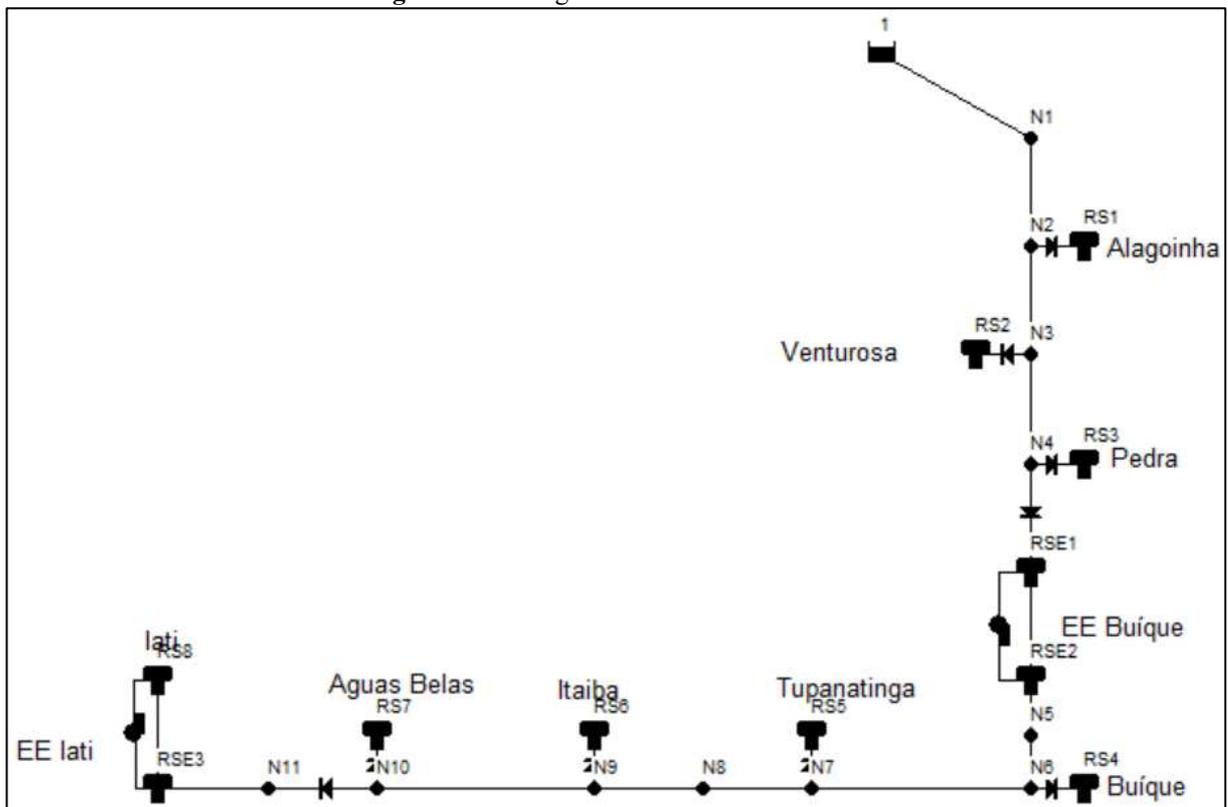
O trecho escolhido do SAA deu-se com base nas informações disponíveis para cada trecho, sendo os Lotes 02 e 03 os que apresentaram mais dados que possibilitaram a modelagem do modelo computacional no Epanet, de tal forma os municípios abrangidos por este trabalho são: Alagoinhas, Venturosa, Pedra, Buíque, Tupanatinga, Itaíba, Águas Belas e Iatí, totalizando aproximadamente 204,96 km de adutora.

3.1 Modelagem hidráulica

Para realização dos estudos, fez-se necessário realizar uma modelagem genérica que representasse o trecho em estudo do SAA. A partir deste modelo, foram realizadas uma série de simulações para observar e comparar os resultados gerados pelo software Epanet. O modelo do estudo pode ser observado na Figura 5, onde as anotações N representam os nós, os RS

representam os reservatórios dos municípios e os RSE representam os reservatórios das EE

Figura 5 - Abrangência do modelo de estudo



Fonte: O autor (2022)

O modelo consiste em 1 (um) reservatório de nível fixo no início da rede, para introduzir no sistema a mesma pressão e vazão hidráulica que a rede real recebe da rede principal da adora. O primeiro trecho é modelado com um comprimento pequeno e um diâmetro grande, de forma que sua interação com o restante do sistema seja desprezível, para isso foi utilizado um comprimento de 1 m e diâmetro de 10.000 mm, como pode ser observado na Figura 6 a seguir. O restante da rede é constituído por tubulações, bombas e reservatórios de níveis variáveis com propriedades de acordo com o modelo real do trecho em estudo descritos anteriormente.

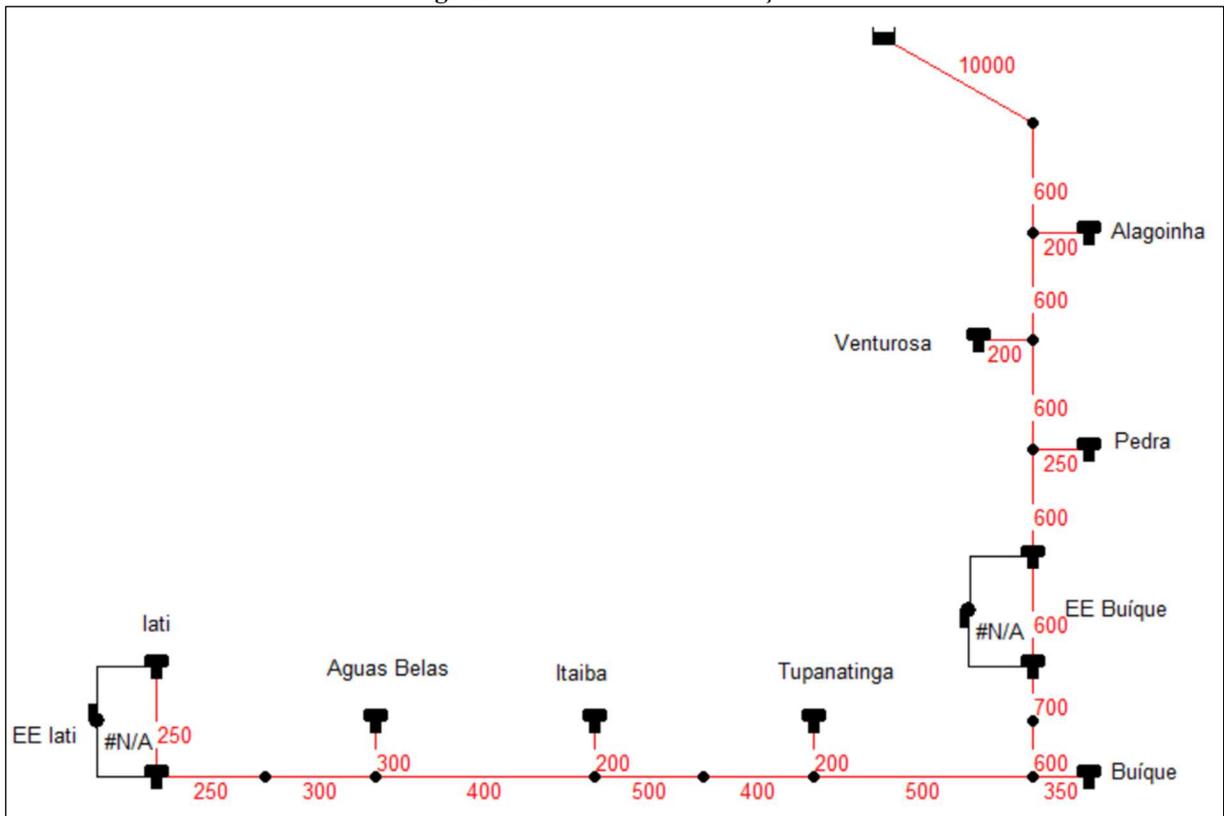
Figura 6 – Propriedades do primeiro trecho do modelo

Propriedade	Valor
*Identificador do Trecho	TBV1
*Nó Inicial	1
*Nó Final	N1
Descrição	
Zona	
*Comprimento	1
*Diâmetro	10000
*Rugosidade	130

Fonte: O autor (2022)

A partir da Figura 7 observamos que o maior diâmetro para o trecho modelado é de 600 mm no início do sistema, o diâmetro vai reduzindo até 250 mm até chegar em Iatí. Isso se dá devido a diminuição da vazão necessária após as derivações para os municípios dos lotes 2 e 3. Para as derivações dos municípios o maior diâmetro encontrado é de 350 mm, em Buíque, e o menor é de 200mm para 4 municípios.

Figura 7 – Diâmetros das tubulações

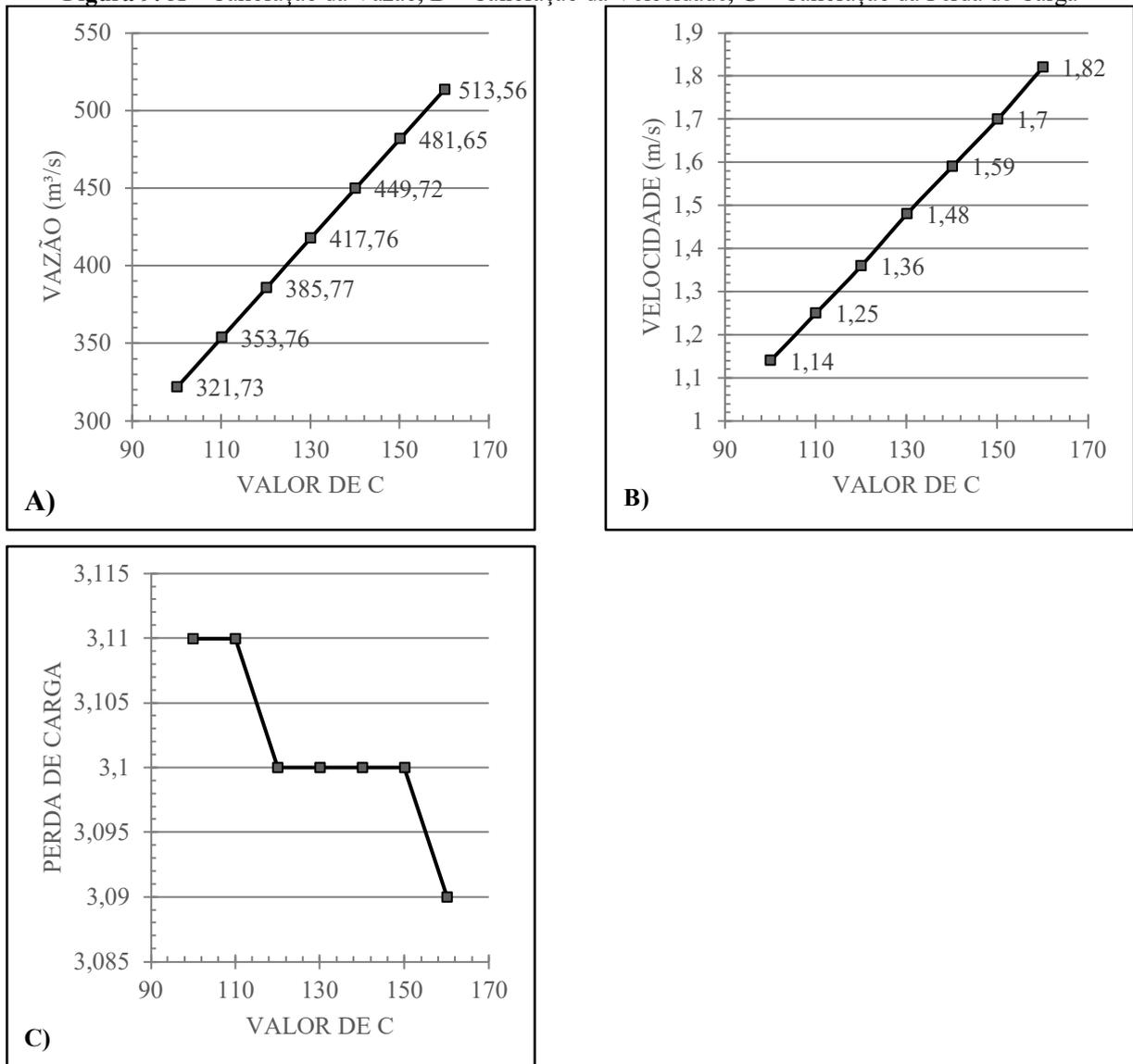


Fonte: O autor (2022)

Na Figura 8, onde observamos os comprimentos da rede, o maior trecho é de aproximadamente 37,4 quilômetros, entre a derivação de Itaíba e Águas Belas, e o menor deles tem aproximadamente 7,9 km entre o reservatório de jusante da estação elevatória de Buíque e a derivação para o reservatório do município. Para as derivações da adutora que leva água aos reservatórios dos municípios, o maior trecho é o de Águas Belas, com cerca de 2km de extensão, enquanto o menor é o de Venturosa com apenas 50 metros de comprimento.

Na Figura 9C a perda de carga na tubulação permanece constante em 3,11 m entre C igual a 100 e 110, decresce linearmente entre 110 e 120 para 3,10 m, permanecendo constante nesse valor para o coeficiente entre 120 e 150, decrescendo linearmente para 3,09 m para C igual a 160.

Figura 9: A – Calibração da Vazão, B – Calibração da Velocidade, C – Calibração da Perda de Carga



Fonte: O autor (2022)

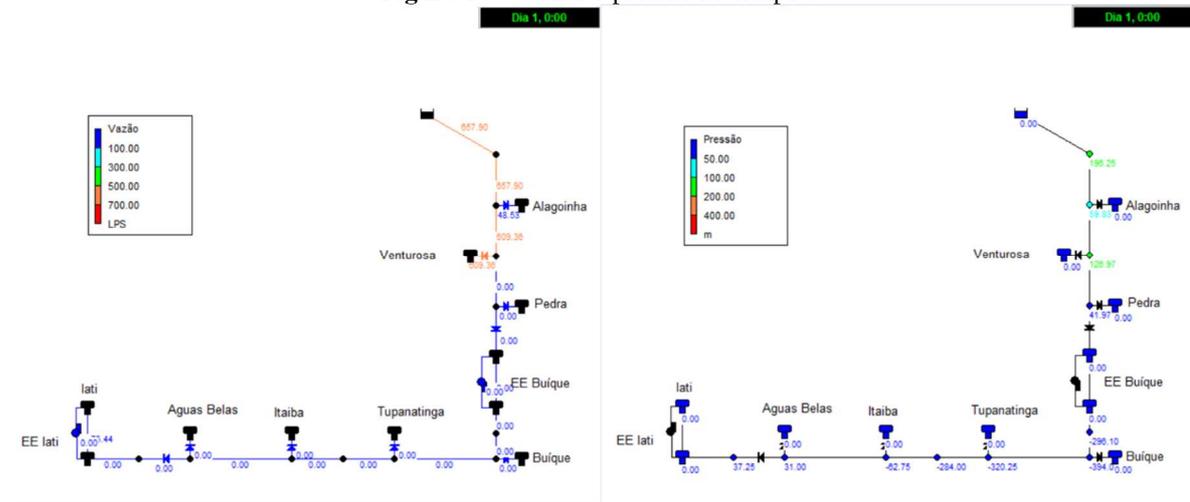
2.3 Simulação

Para as simulações foi utilizado um período de 24 horas, como pode ser observado no Anexo A, onde todos os reservatórios são considerados inicialmente vazios. A partir disso foi gerado os mapas da rede de períodos a cada duas horas, que nos permitam compreender o

comportamento do sistema ao longo do tempo.

Observa-se pela Figura 10 que a vazão inicial do sistema é de $657,90 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ com a pressão de 196,25 m, 59.83 m, 126.97 m e 41.97 m nos nós 1,2,3 e 4, respectivamente. Enquanto a rede após a estação elevatória de água de Buíque permanece sem vazão.

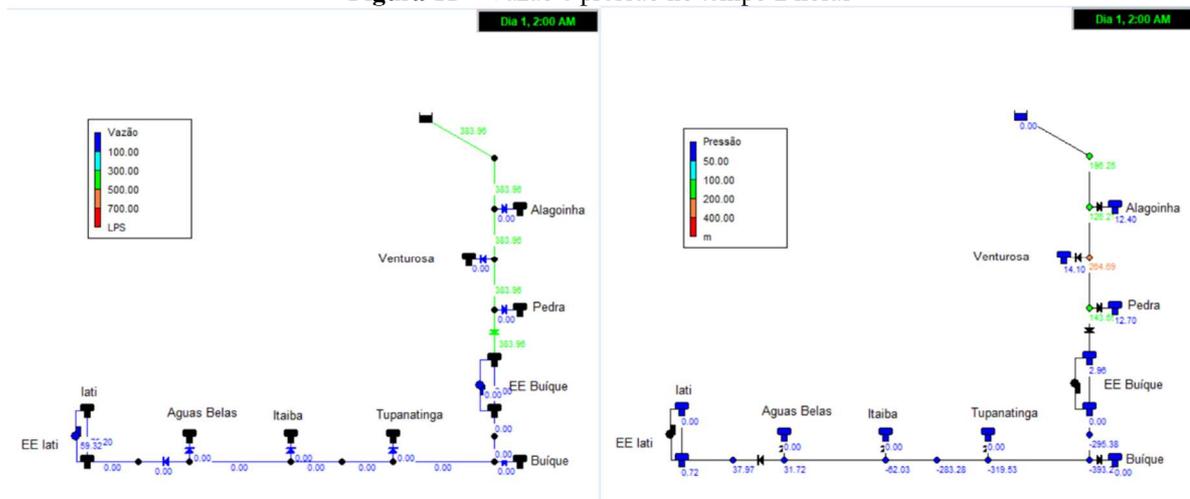
Figura 10 – Vazão e pressão no tempo 0



Fonte: O autor (2022)

Na Figura 11 observa-se que após 2 horas a vazão no trecho inicial reduz para $383,96 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, e que as pressões nos nós 2, 3 e 4 aumentam após os reservatórios dos municípios de Alagoinha, Venturosa e Pedra encherem. O reservatório de montante da EE de Buíque acumula água em um nível de aproximadamente 3 metros.

Figura 11 – Vazão e pressão no tempo 2 horas

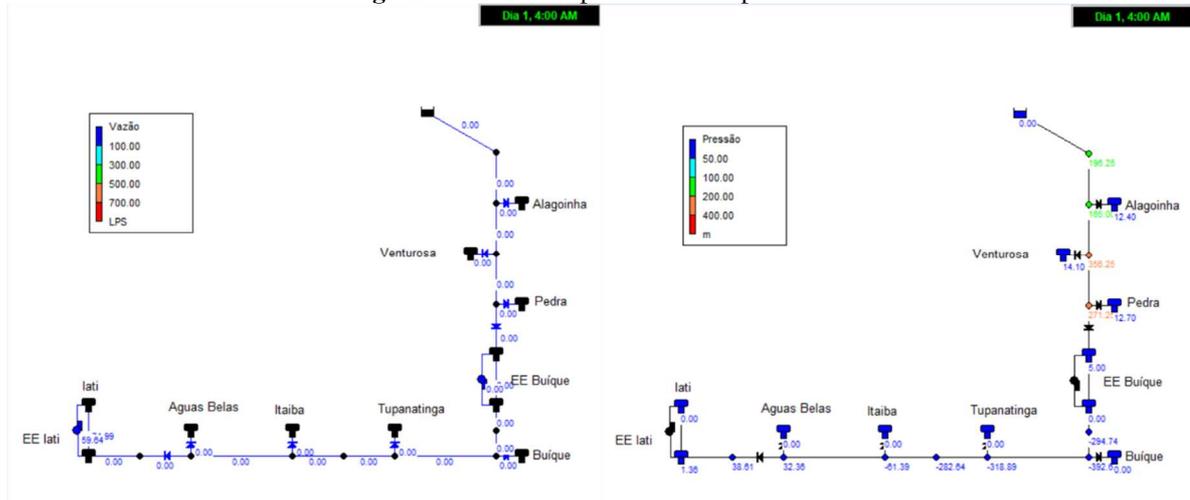


Fonte: O autor (2022)

É possível observar pelas Figuras 12 e 13 que a vazão na rede é de zero litros por segundo,

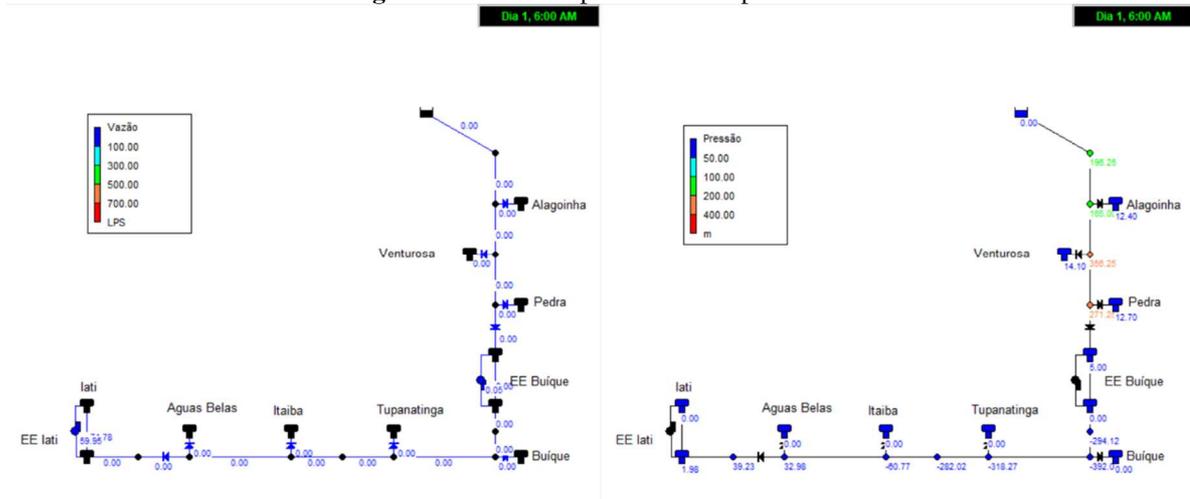
pois todos os reservatórios são completamente preenchidos e a bomba da estação elevatória está começando entrar em operação.

Figura 12 – Vazão e pressão no tempo 4 horas



Fonte: O autor (2022)

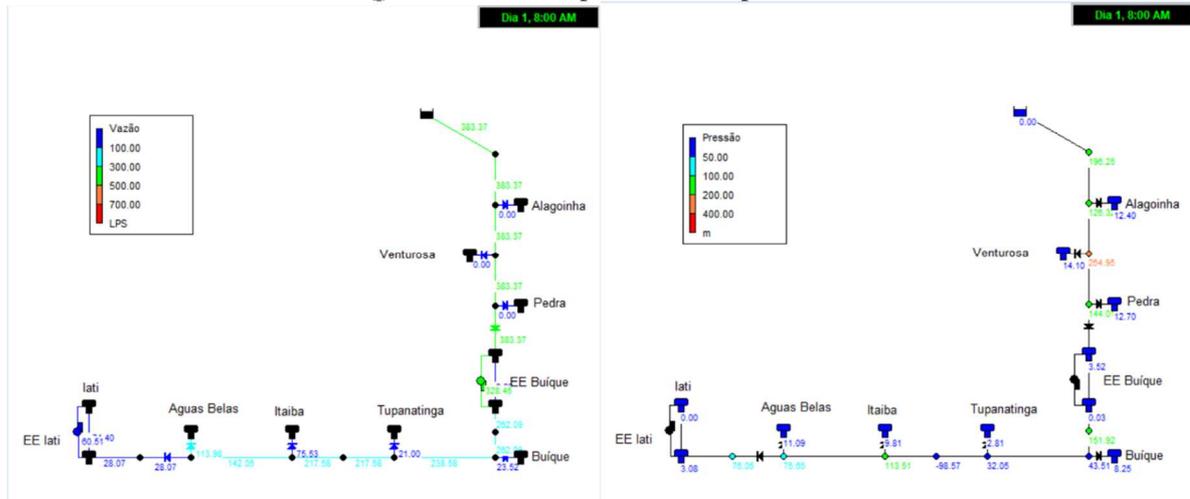
Figura 13 – Vazão e pressão no tempo 6 horas



Fonte: O autor (2022)

Após 8 horas, nota-se pela Figura 14 que o bombeamento da EE de Buique entra em operação e a vazão máxima no trecho é de $262,09 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ e que todos os municípios de Buique, Tupanatinga, Itaíba, Águas Belas começam receber água em seus respectivos reservatórios, restando apenas o município de Iati que possui dependência de estação elevatória própria.

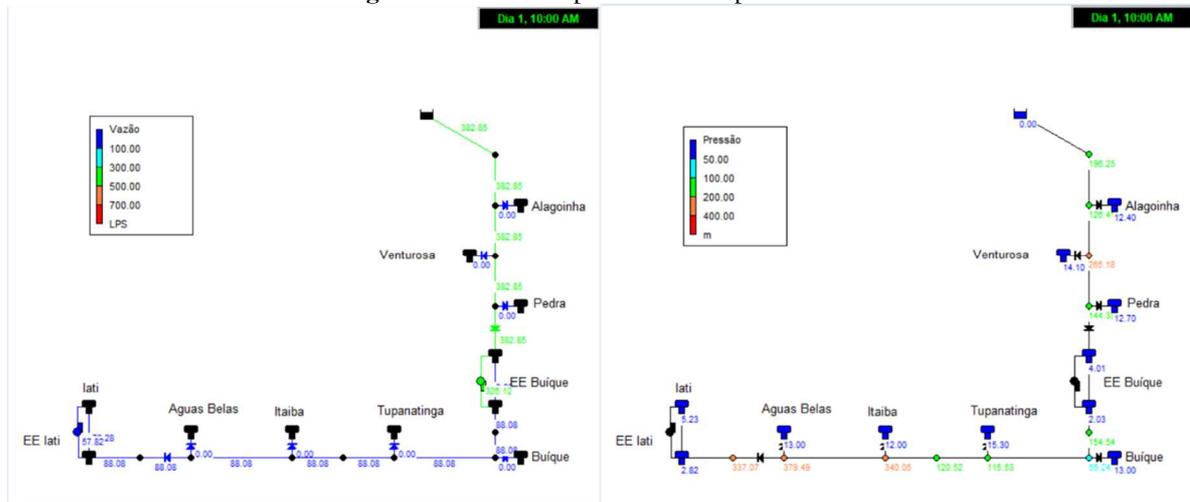
Figura 14 – Vazão e pressão no tempo 8 horas



Fonte: O autor (2022)

Pela Figura 15, nota-se que após 10 horas de operação todos os municípios exceto Iati encontram-se com seus reservatórios com capacidade máxima, e observa-se que a EE de Iati inicia sua operação.

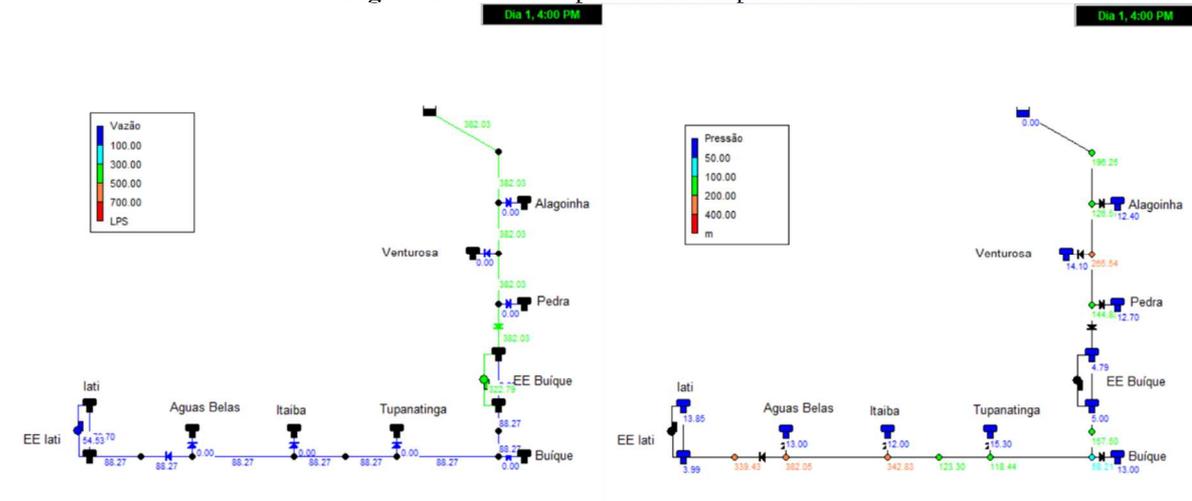
Figura 15 – Vazão e pressão no tempo 10 horas



Fonte: O autor (2022)

Pela Figura 16, observa-se que o reservatório de Iati alcança sua capacidade máxima após 16 horas de operação do Sistema Adutor do Agreste, sendo as simulações das horas seguintes apenas representações da oscilação do último trecho, que devido limitações do modelo construído no software Epanet, apresentou um retorno de água pela tubulação de elevação, não sendo possível contornar este problema com válvulas.

Figura 16 – Vazão e pressão no tempo 16 horas



Fonte: O autor (2022)

Tal comportamento não é esperado durante a operação real do SAA, sendo este evento fruto das simplificações que se fizeram necessárias para elaboração deste trabalho com os dados e informações disponíveis no momento de estudo do sistema.

4 CONCLUSÃO

O Epanet demonstrou ser um software com capacidade suficiente para simular o trecho escolhido do Sistema Adutor do Agreste apesar das limitações geradas pelas simplificações da rede, que impuseram alguns limites no que se compara o modelo computacional com a rede real.

O modelo conceitual gerado apresenta capacidade de ser aperfeiçoado ao longo do tempo, de modo que permita simulações cada vez mais aproximadas com os comportamentos hidráulicos reais da adutora, além de estudos mais complexos como transientes hidráulicos e golpes de aríete.

Apesar dos resultados surgiram algumas limitações decorrentes das simplificações da rede, que impuseram alguns limites no que se compara o modelo computacional com a rede real. Possíveis melhorias para este trabalho seriam a obtenção de mais dados a respeito da adutora por parte dos órgãos responsáveis, que permitiriam simulações cada vez mais aproximadas aos comportamentos hidráulicos reais da adutora, além de estudos mais complexos como transientes hidráulicos e golpes de aríete.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, S. De T. M.; PERTEL, M.; MACÊDO, J. E. S. De. Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro. **Ambiente Construído**, set. 2019. v. 19, n. 3, p. 249–258.

BOTTA, G. M. **Implantação do modelo dinâmico inercial rígido em sistemas hidráulicos no software Epanet**. 2014. p. 65.

BRITO, L. T. De L.; MOURA, M. S. B. De; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina - PE: Embrapa Semi-Árido, 2007.

GUEDES, R. Agência Pernambucana de Águas e Climas - Climatologia. **APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.apac-homo.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>>. Acesso em: 23 maio 2022.

MARIN, A. M. P.; QUEIROZ, H. A. A.; VENDRUSCOLO J.; ZÁRATE-SALAZAR J. R. Níveis atuais da desertificação no Semiárido brasileiro. **Cadernos de Agroecologia**, 4 out. 2020. v. 15, n. 2. Disponível em: <<https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/2901>>. Acesso em: 23 maio 2022.

Panorama do Estado de Pernambuco. [s.d.]. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

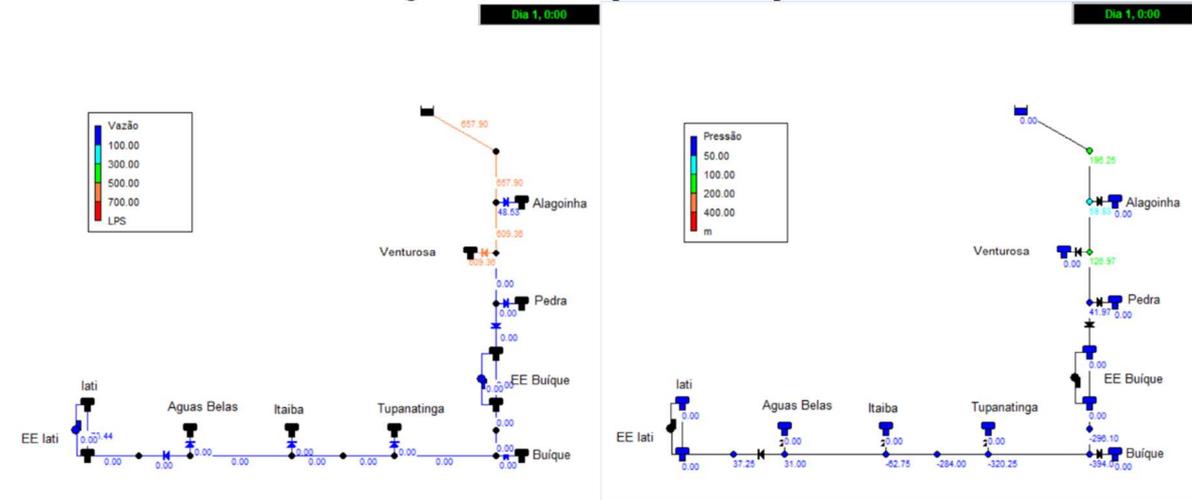
Ramal do Agreste. **Ministério do Desenvolvimento Regional**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/projeto-sao-francisco/ramal-do-agreste>>. Acesso em: 23 maio 2022.

Relatório de acompanhamento N°96. [S.l.]: Compesa, 2020.

Síntese da Geologia de Pernambuco - Introdução. [s.d.]. Disponível em: <https://www.dnpm-pe.gov.br/Sint_PE/SintesePE_01.htm>. Acesso em: 21 maio 2022.

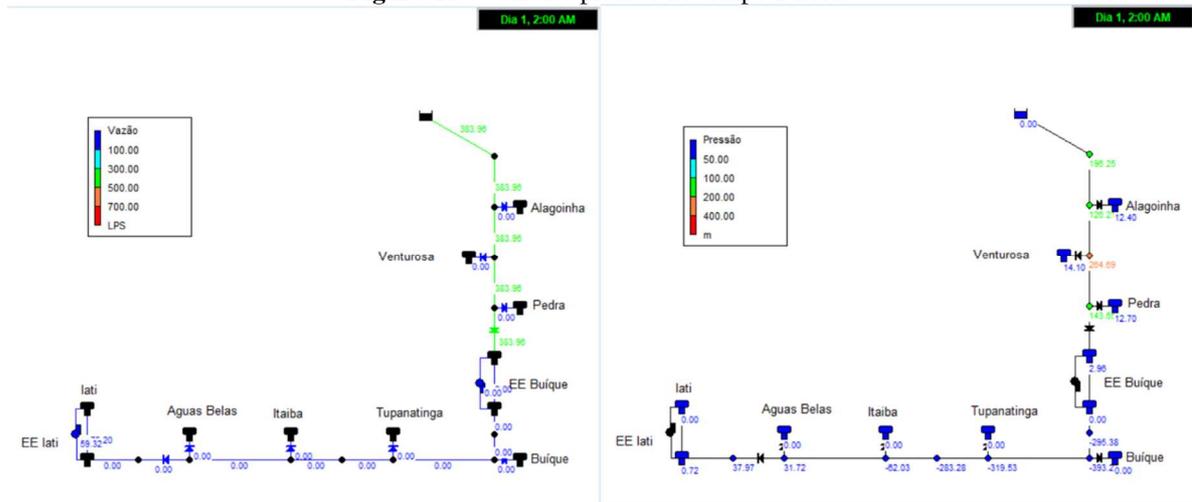
ANEXO A – SIMULAÇÃO DURANTE 24 HORAS

Figura 17 – Vazão e pressão no tempo 0



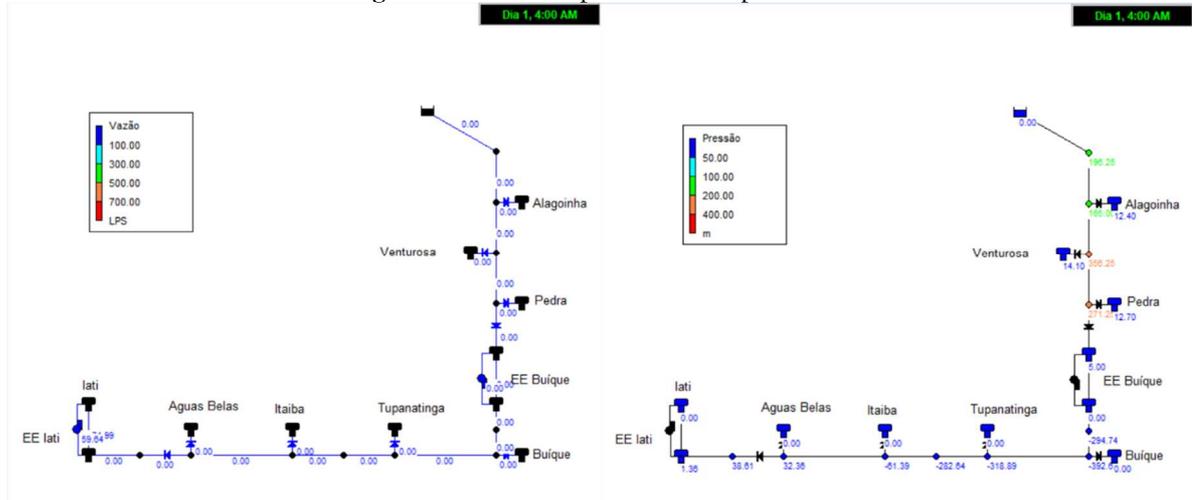
Fonte: O autor (2022)

Figura 18 – Vazão e pressão no tempo 2 horas



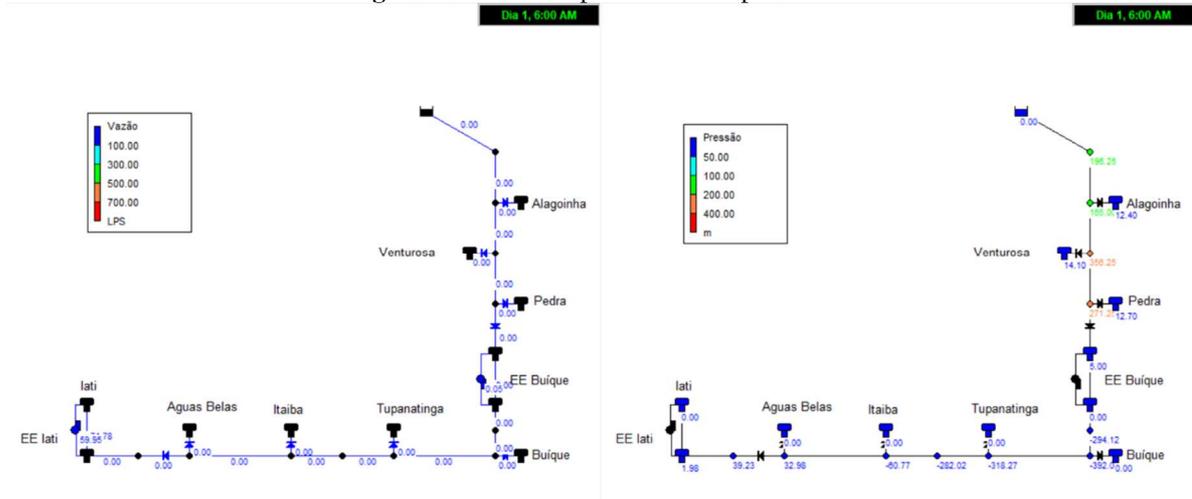
Fonte: O autor (2022)

Figura 19 – Vazão e pressão no tempo 4 horas



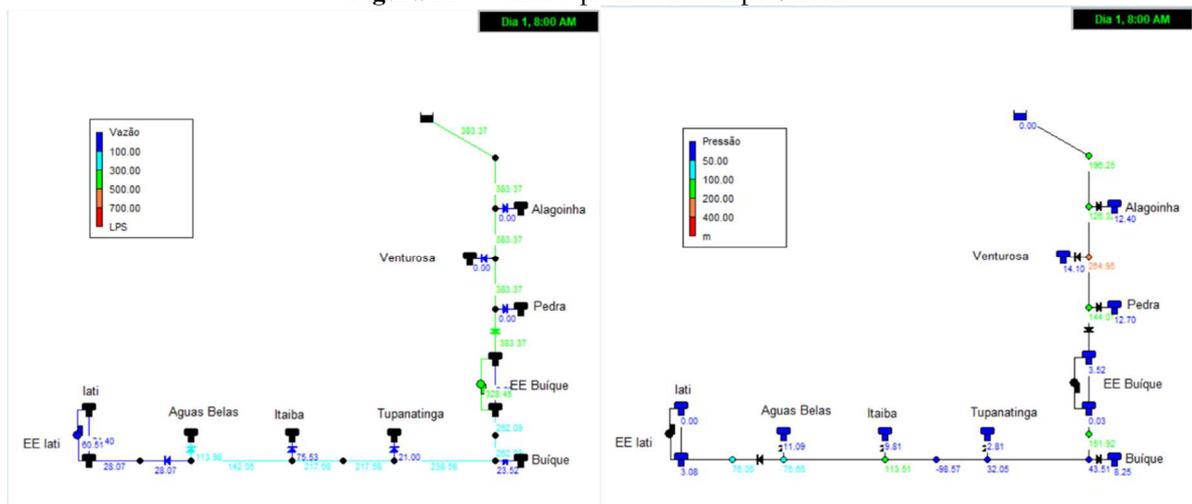
Fonte: O autor (2022)

Figura 20 – Vazão e pressão no tempo 6 horas



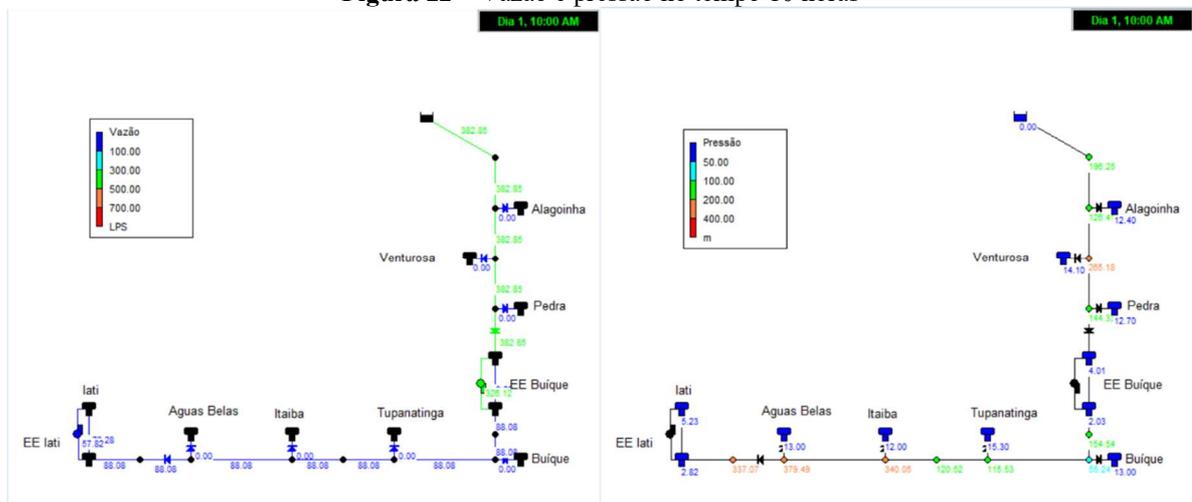
Fonte: O autor (2022)

Figura 21 – Vazão e pressão no tempo 8 horas



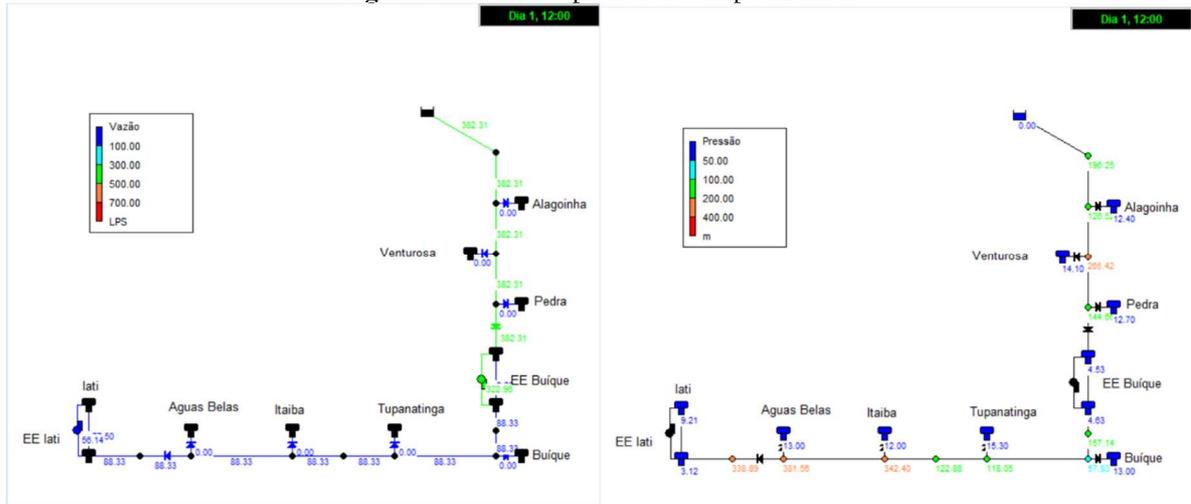
Fonte: O autor (2022)

Figura 22 – Vazão e pressão no tempo 10 horas



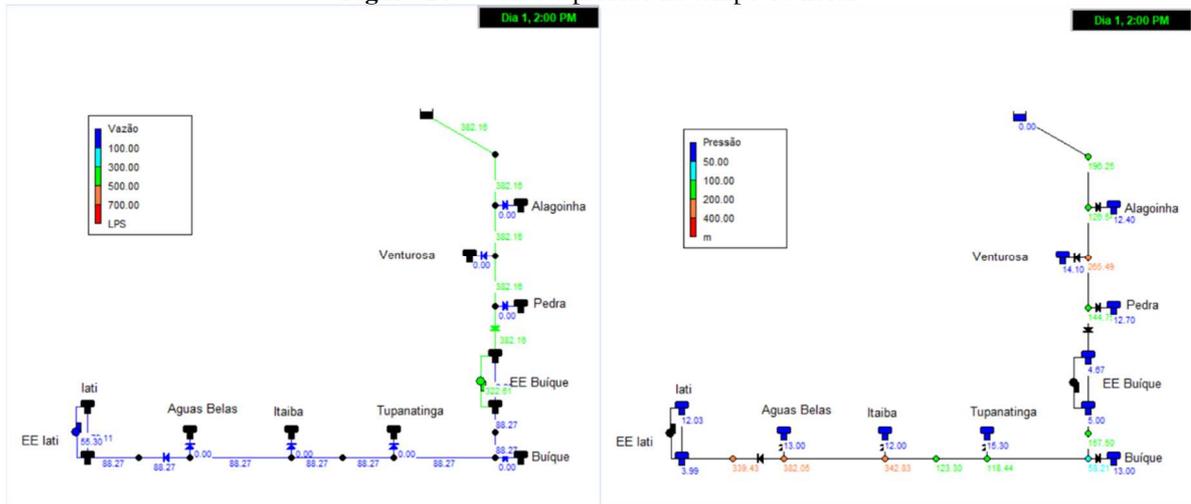
Fonte: O autor (2022)

Figura 23 – Vazão e pressão no tempo 12 horas



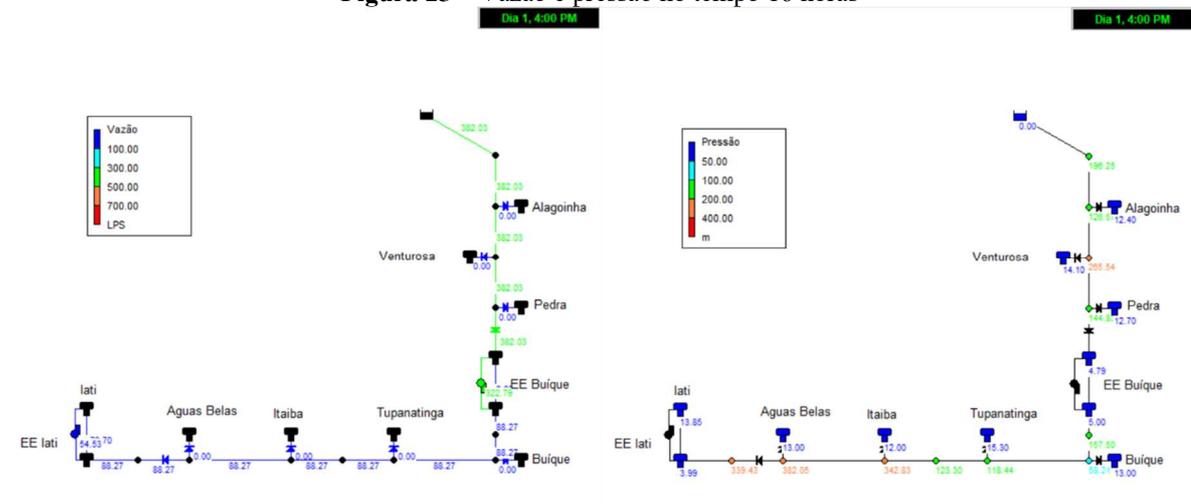
Fonte: O autor (2022)

Figura 24 – Vazão e pressão no tempo 14 horas



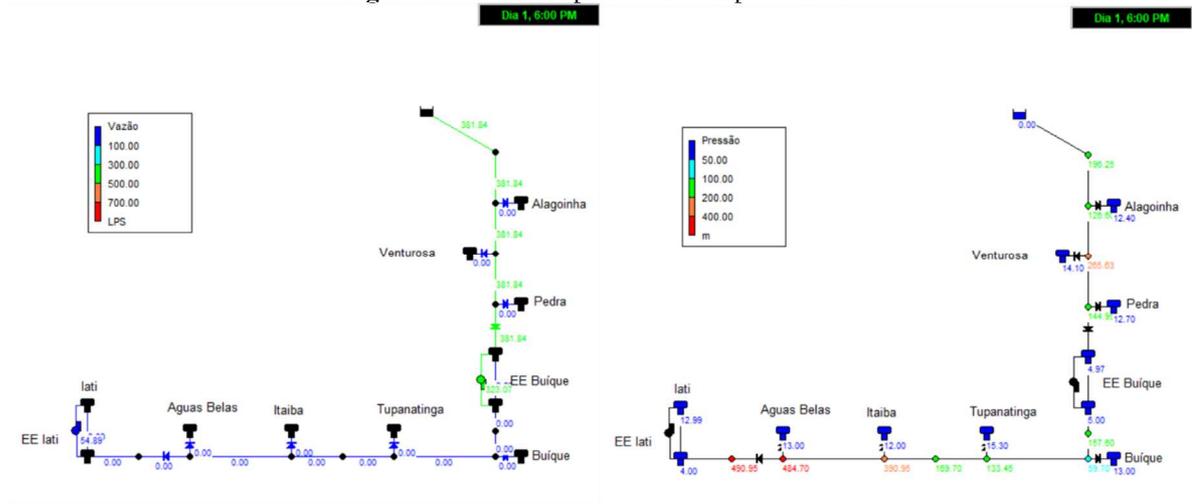
Fonte: O autor (2022)

Figura 25 – Vazão e pressão no tempo 16 horas



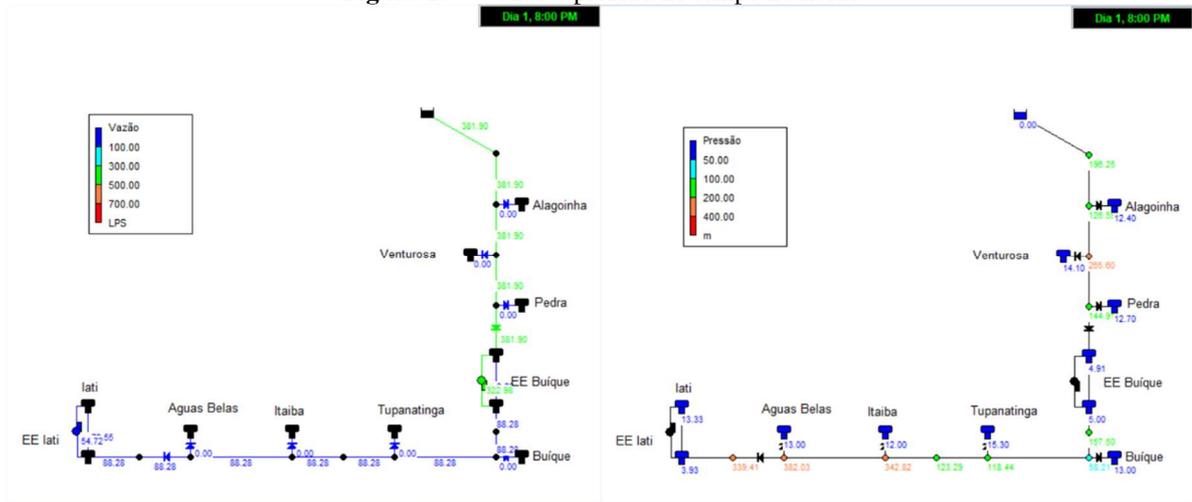
Fonte: O autor (2022)

Figura 26 – Vazão e pressão no tempo 18 horas



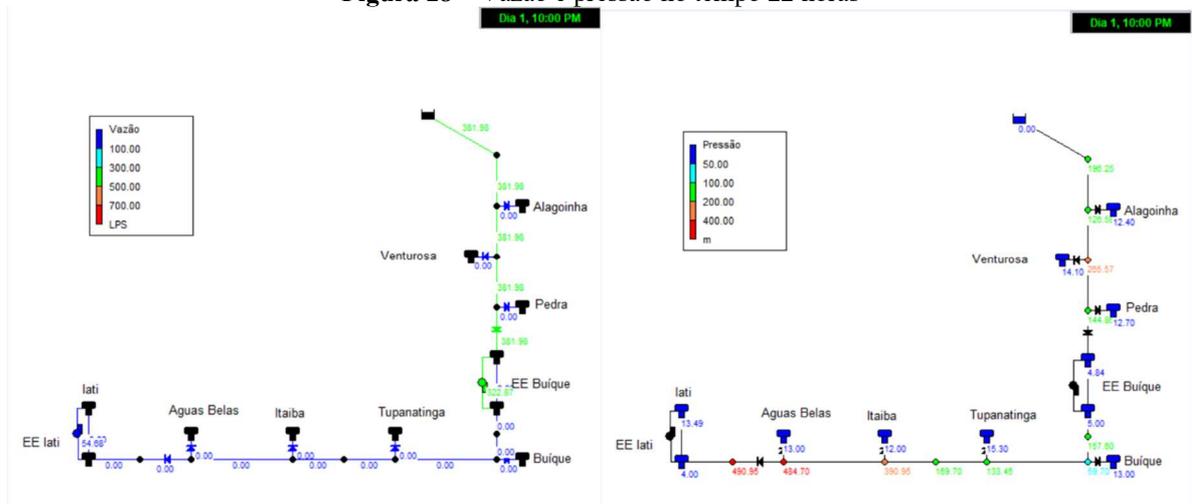
Fonte: O autor (2022)

Figura 27 – Vazão e pressão no tempo 20 horas



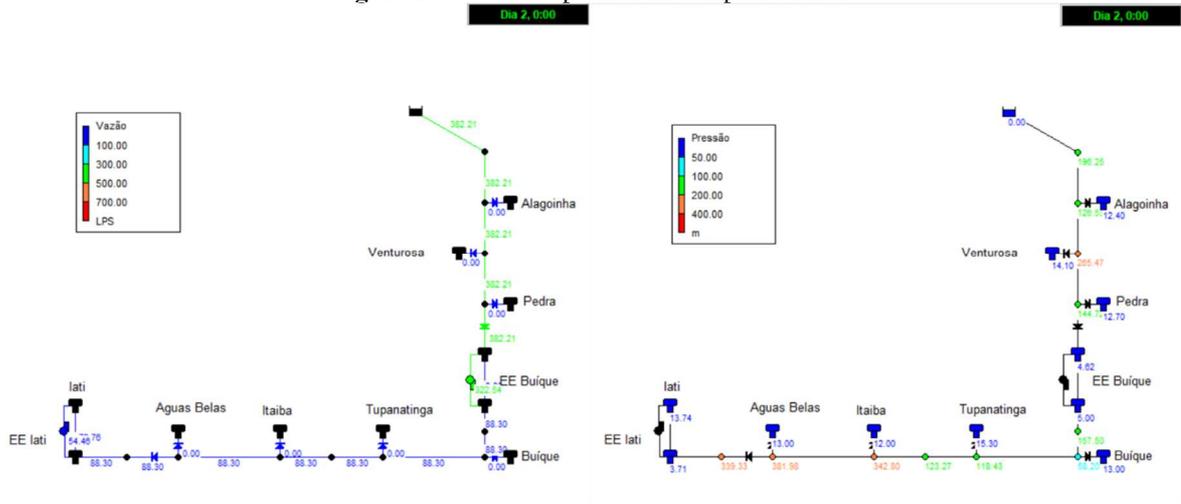
Fonte: O autor (2022)

Figura 28 – Vazão e pressão no tempo 22 horas



Fonte: O autor (2022)

Figura 29 – Vazão e pressão no tempo 24 horas



Fonte: O autor (2022)

ANTHONY SANTOS DE MELO

SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DA ADUTORA DO AGRESTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Aprovado em 09 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Artur Paiva Coutinho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edevaldo Miguel Alves (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Msc. Maria Eduarda Ferreira da Silva Carvalho (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. Gabriel Magno Cavalcante Calado (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. Erikson Johny Galindo da Silva (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco