27º Encontro Técnico AESABESP

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Romulo Ruiz Gasparini(1)

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Especialista em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário Unifae (UNIFAE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Atua como Engenheiro de Desenvolvimento Operacional na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) – Unidade de Serviço de Manutenção Eletromecânica Nordeste (USEM-ND).

Julio Kazuhiro Tino(2)

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atua como Engenheiro de Projetos na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) – Unidade de Serviço de Projetos e Obras Nordeste (USPO-ND).

Endereço(1): Rua Jaguaribe, nº 600 – Jardim Oguido – Londrina – Paraná – Brasil – CEP: 86.025-490 – Telefone: 55 (43) 3378-4760 – E-mail: romulorg@sanepar.com.br.

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise desenvolvida por uma equipe da Companhia de Saneamento do Paraná para a definição de alternativa de ampliação da Capacidade de Transporte de uma tubulação adutora de água bruta, a qual permitirá um incremento de produção de até 1.104 m³/dia, suficiente para o atendimento do crescimento da demanda do Sistema de Abastecimento da cidade de Wenceslau Braz para os próximos 14 anos. A alternativa que se demonstrou mais favorável, ao longo de seu ciclo de vida, foi a que apresentou maior custo de implantação. Com isso, evidencia-se que, a considerar apenas o custo de implantação poderá induzir o gestor do sistema à tomada de uma decisão nem sempre adequado.

PALAVRAS-CHAVE: Ampliação da Capacidade Real de Produção de Sistemas de Abastecimento de Água, Adutora de Água Bruta, Consumo Específico.

INTRODUÇÃO

A cidade de Wenceslau Braz, localizada na Região Nordeste do Estado do Paraná, está a 289 km de Curitiba. Conforme estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2015, a população municipal era de 19.298 hab.

O abastecimento com água tratada e o esgotamento sanitário, do núcleo urbano, é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Atualmente o índice de atendimento com água tratada está em 100%.

No ano de 2014, a Capacidade Real de Produção do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) Wenceslau Braz, ou seja, o volume de água máximo disponibilizado ao sistema, era de 2.963 m³/dia. A Figura 01 apresenta as demandas médias e máximas diárias, juntamente com a Capacidade de Produção, ocorrida nos meses do ano de 2014.

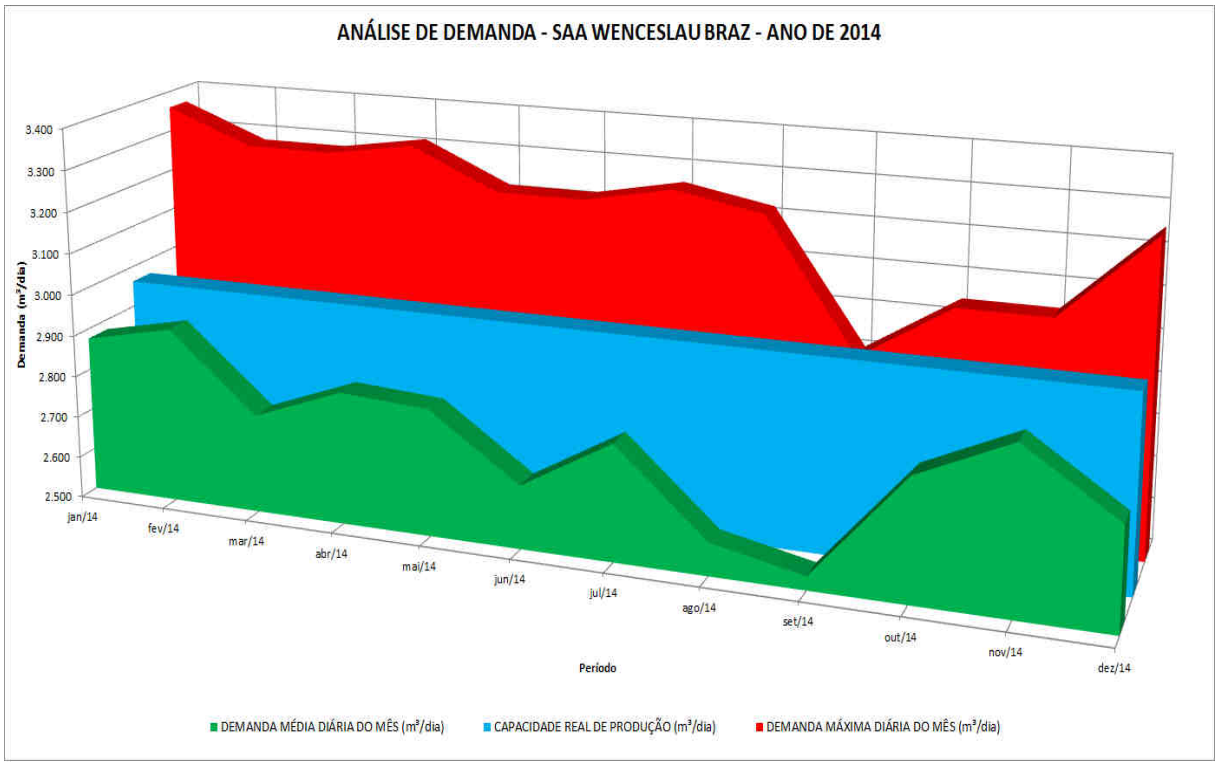


Figura 01: Demandas Médias e Máximas Diárias x Capacidade Real de Produção do SAA Wenceslau Braz, para o ano de 2014.

Conforme dados obtidos na Figura 01, houve deficiência de produção, nos dias de maior consumo mensais, ao longo de todo o ano de 2014, com exceção do mês de setembro, sendo esta deficiência de até 397 m³/dia, o que era compensado pelo excedente de reservação do sistema. Esta situação exigia atenção para a operação do Sistema Produtor, pois era necessário que os reservatórios permanecessem com o nível de água no máximo. Este cenário gerava uma situação de risco permanente de desabastecimento, em função da possibilidade de ocorrência de dias seguidos de alta demanda, o que não permitiria a manutenção dos níveis de reservação. Há, ainda, o crescimento da demanda médio previsto para os próximos 20 anos, na ordem de 50 m³/dia.ano.

Desta forma, diagnosticou-se que ampliação da Capacidade Real de Produção é de extrema necessidade, para a manutenção do abastecimento de água nos dias e nos horários de maior consumo, além de permitir o crescimento da demanda previsto ao sistema, motivo do presente trabalho. Em função desta situação, a Sanepar está concluindo melhorias no Sistema Produtor, em especial na Adutora de Água Bruta (AAB-01), para ampliar a sua vazão operacional em 46 m³/h, totalizando assim em 4.062 m³/dia a Capacidade Real de Produção Diária, capacidade esta suficiente para atendimento do crescimento da demanda para os próximos 14 anos, motivo do presente trabalho.

OBJETIVO

Objetiva-se a apresentação de estudo de diagnóstico das atuais condições operacionais para a elaboração de estudo de alternativas, bem como a definição de critérios para a definição da alternativa ótima, para a ampliação da Capacidade de Produção do Sistema de Abastecimento de Wenceslau Braz em 1.104 m³/dia, suficiente para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 14 anos.

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA PRODUTOR

O SAA Wenceslau Braz é abastecido pelo manancial superficial Rio Natureza. A Bacia Hidrográfica de contribuição deste manancial possui uma área de 40,4 km², com uma vazão outorgada de utilização de 157 m³/h, para um período de utilização de 20 h/dia, totalizando um volume diário de 3.132 m³/dia, suficiente para o atendimento da atual Capacidade de Produção. Há um protocolo, realizado em setembro de 2013, de ampliação da outorga de uso para 187 m³/h, para um período de utilização de 21 h/dia, totalizando um volume diário de 3.927 m³/h, suficiente para o atendimento da demanda para os próximos 10 anos. Conforme análise estatística do manancial, através da vazão de estiagem Q_{95}, vazão máxima outorgável pode ser elevada para até 232 m³/h, para um período de utilização de 24 h/dia, totalizando um volume diário de 5.568 m³/dia., suficiente para o atendimento da demanda para os próximos 40 anos.

A Captação Rio Natureza (CSP-01) é composta por 01 sistema de gradeamento, 01 poço de sucção e 01 elevatória de água bruta (EEB-01), associadas em série. A EEB-01 é composta por 02 conjuntos motor-bomba centrífugo de eixo horizontal, sendo 01 reserva, com potência instalada de 200 CV/cada.

A AAB-01, que interliga a CSP-01 à Estação de Tratamento de Água (ETA-01), possui uma extensão total de 7.030 m e um desnível geométrico de 183 m, estando dividida em 04 trechos distintos, conforme a seguir:

1º Trecho

- Cota de Montante (CSP-01): 669,30 m;

- Cota de Jusante (ponto de interligação de tubulações): 778,00 m;

- Desnível Geométrico do Trecho: 108,70 m (Escoamento por Recalque);

- Extensão do Trecho: 2.940 m (em Zona Rural);

- Configuração da Tubulação: 03 tubulações em paralelo, sendo 01 FD DN 125 e 02 FD DN 150.

2º Trecho

- Cota de Montante (ponto de interligação de tubulações): 778,00 m;

- Cota de Jusante (ponto de interligação de tubulações): 774,70 m;

- Desnível Geométrico do Trecho: -3,30 m (Escoamento por Recalque);

- Extensão do Trecho: 1.680 m (em Zona Rural);

- Configuração da Tubulação: 02 tubulações em paralelo, sendo 01 FD DN 125 e 01 FD DN 150.

3º Trecho

- Cota de Montante (ponto de interligação de tubulações): 774,70 m;

- Cota de Jusante (ponto de interligação de tubulações): 810,50 m;

- Desnível Geométrico do Trecho: 35,80 m (Escoamento por Recalque);

- Extensão do Trecho: 220 m (em Zona Rural);

- Configuração da Tubulação: 01 único tubulação, sendo 01 FD DN 250.

4º Trecho

- Cota de Montante (ponto de interligação de tubulações): 810,50 m;

- Cota de Jusante (ETA-01): 852,30 m;

- Desnível Geométrico do Trecho: 41,80 m (Escoamento por Recalque);

- Extensão do Trecho: 2.190 m (em Zona Rural);

- Configuração da Tubulação: 01 único tubulação, sendo 01 PVCDEFOFO DN 250.

Conforme levantamento topográfico realizado em campo, principalmente nos trechos em Zona Rural, as canalizações da AAB-01 são caracterizadas por apresentar um perfil extremamente acidentado, estando em alguns locais de difícil acesso, com a passagem em, pelo menos, 08 fundos de vale e 09 cumes, o que pode colaborar para a formação de bolsões de ar e o aumento da rugosidade (devido a possíveis deficiências em ventosas e nos procedimentos de descarga e de limpeza) no interior das tubulações.

A atual Vazão Média Diária da EEB-01/AAB-01 está em 129 m³/h, porém com característica de variação de vazão significativa, apresentando, em alguns períodos, uma amplitude móvel superior a 10 m³/h, conforme pode ser observado na Figura 02. Este fato pode estar associado pela presença de bolsões de ar no interior das canalizações da AAB-01.

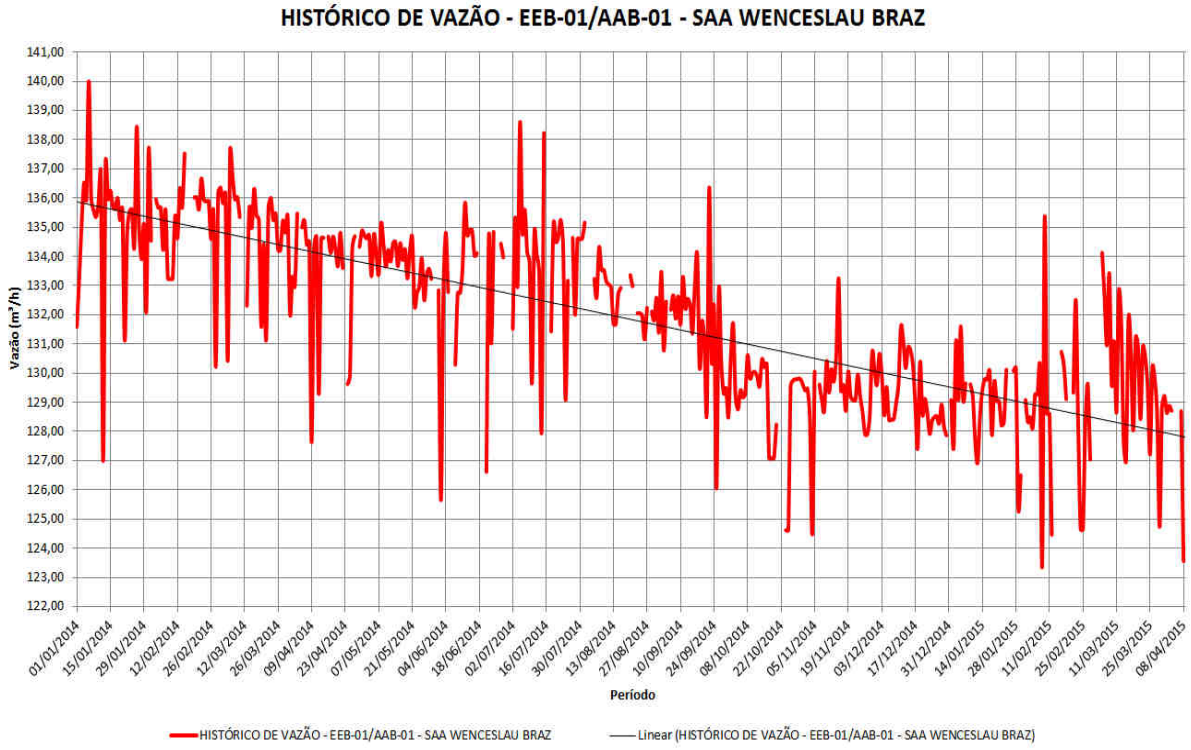


Figura 02: Amplitude móvel da vazão de operação da EEB-01/AAB-01.

Os bolsões de ar e o aumento da rugosidade reduzem a capacidade de transporte de tubulações, pois diminuem a seção plena de passagem de água, sendo que, o caso específico dos bolsões de ar, os mesmos contribuem para possíveis arrebentamentos pontuais, devido a sua característica de compressibilidade. Associado a esta situação, há, ainda, o fato da baixa coesão do solo em alguns pontos no 1º e no 2º Trechos, conforme pode ser observado na Figura 03.



Figura 03: Problemas de processo erosivo no solo ao longo do 1º e do 2º Trechos da AAB-01.

Estas situações podem justificar a frequência de arrebentamentos no 1º e no 2º Trechos da AAB-01, sendo que, no período entre janeiro de 2014 e maio de 2015 (17 meses), foram 08 ocorrências. Devido a este cenário, foi elaborado projeto de melhoria operacional para adequação das tubulações entre as distâncias acumuladas de 1.920 m a 1.960 m e de 2.780 m a 2.940 m, no 1º trecho e entre as distâncias acumuladas de 3.840 m a 3.980 m e de 4.060 m a 4.140 m, no 2º trecho, totalizando uma extensão de 420 m. Porém este projeto prevê a manutenção dos 4.620 m de tubulação FD DN 125 existente no 1º e no 2º Trechos da AAB-01, tubulação esta que, além de seu tempo de operação (idade superior a 50 anos), apresenta dificuldades de manutenção, devido a este diâmetro nominal estar fora de padrão, em eventual arrebentamento do mesmo. Para a atual configuração da AAB-01, em um eventual cenário a qual houvesse a necessidade de isolamento das tubulações existentes em FD DN 125, a vazão de operação da EEB-01/AAB-01 seria de 107 m³/h, acarretando em uma deficiência de produção de até 801 m³/dia e a consequente dificuldade no abastecimento.

Conforme medições de pressão e de vazão realizada na EEB-01, a AAB-01 possui, atualmente, uma curva característica apresentada na Figura 04 a seguir:

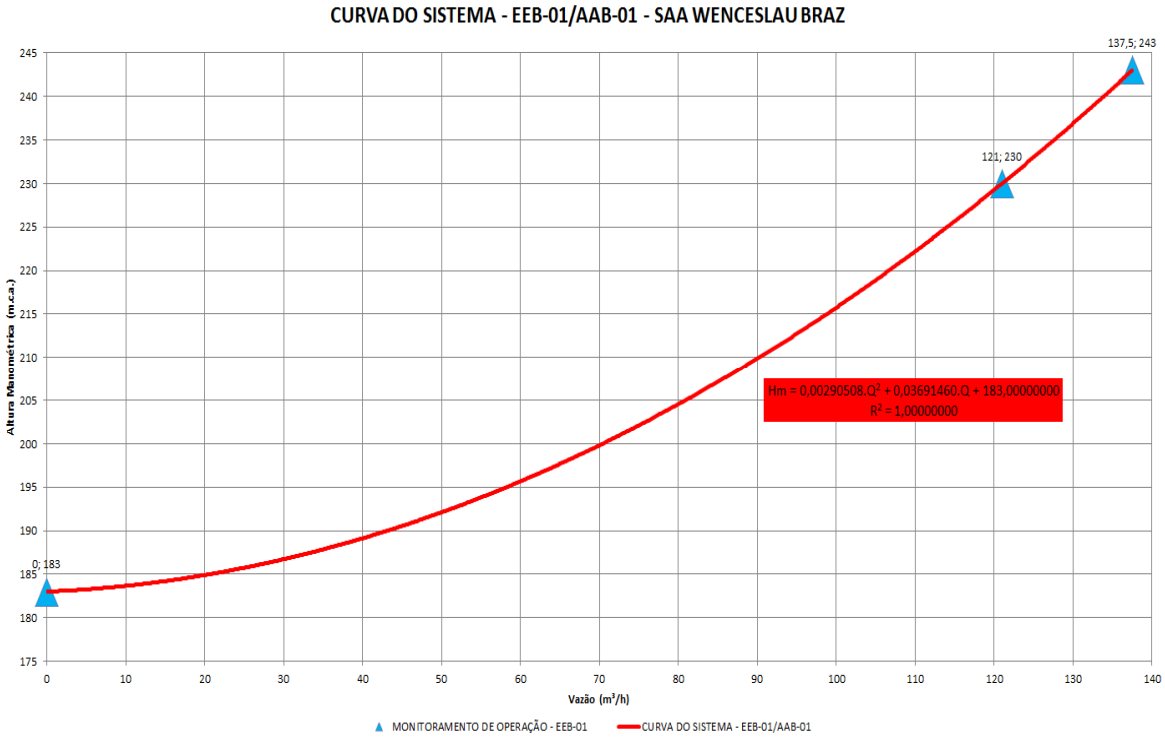


Figura 04: Curva Característica da AAB-01, com base em medições de pressão e de vazão realizada na EEB-01.

Conforme Azevedo Netto (1998) e Porto (1999), a Curva Característica pode ser expressa pela a Equação 01 a seguir:

$$\boldsymbol{Hm = 183 + 3,69 \times 10^{-2} \cdot Q + 2,91 \times 10^{-3} \cdot Q^2} \qquad \text{(Equação 01)}$$

Para atendimento da atual vazão de operação da EEB-01/AAB-01, faz-se a necessidade de uma altura manométrica de 244 m.c.a., resultando em uma perda de carga da linha de 61,10 m.c.a. (8,7 m/km). Para este ponto operacional, o rendimento da EEB-01 está em 73,3%, estando à esquerda do ponto de rendimento ótimo (que é de 75 % para uma vazão de 150 m³/h), o que gera um consumo específico, segundo Tsutiya (2006), de 1,16 kWh/m³. No 1º semestre de 2015, o custo médio de operação da EEB-01, com energia elétrica, estava em R$ 0,4782/kWh.

Com base na idade e no material da tubulação, em dados obtidos testes de campo, através da medição de pressão e da vazão de operação da EEB-01 e da utilização de simulação hidráulica da AAB-01, chegaram-se nos seguintes coeficientes de rugosidade para as tubulações transportadoras de água bruta, conforme apresentado na Tabela 01 a seguir:

Tabela 01: Coeficiente de Rugosidade "C" prováveis das tubulações da AAB-01.

MATERIAL/DIÂMETRO	IDADE	TRECHO IMPLANTADO	EXTENSÃO TOTAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE "C" ESTIMADO
FD/DN125	Acima de 50 anos	1º e 2º trechos	4.620 m	80
FD/DN150	Entre 35 e 40 anos	1º e 2º trechos	7.560 m	90
FD/DN250	15 anos	3º trecho	220 m	115
PVCDEFOFO/DN250	15 anos	4º trecho	2.190 m	140

Conforme Azevedo Netto (1998) e Porto (1999), a rugosidade da tubulação FD DN 125 está acentuada. A ETA-01 é composta por 02 módulos associados em paralelo, sendo 01 módulo configurado por processo de tratamento convencional (em concreto) e 01 módulo configurado por floco-decantador e filtro (metálico) em série, com capacidade de tratamento de até 45 l/s, suficiente para o atendimento da demanda para os próximos 09 anos.

A reservação de água é realizada em 08 reservatórios distribuídos no sistema (02 apoiados, 03 elevados e 03 enterrados), totalizando um volume útil de, aproximadamente, 1.500 m³. Este volume útil de reservação é superior, em aproximadamente 400 m³, em se comparando ao 1/3 do Consumo Máximo Diário, parâmetro este utilizado para o pré-dimensionamento do volume de reservação de sistemas. Por balanço de reservação no Processo de Distribuição, verifica-se que a mesma é suficiente, para o atendimento da demanda, para os próximos 20 anos.

Em função desta situação, buscaram-se alternativas para se corrigir a atual limitação de vazão do Sistema Produtor, que estão nas Unidades Operacionais EEB-01/AAB-01, ocasionadas pelas tubulações existentes no 1º e no 2º Trechos da AAB-01, para se permitir a ampliação da capacidade de produção do sistema e atendimento do crescimento da demanda.

ESTUDO DE ALTERNATIVAS

Desta forma, estudaram-se as seguintes alternativas para a adequação da AAB-01:

- Alternativa 01: execução de uma nova tubulação FD DN 250, entre a EEB-01 e a distância acumulada de 4.620 m (transição do 2º trecho e do 3º trecho) do atual caminhamento da AAB-01;

- Alternativa 02: execução de uma nova tubulação FD DN 250 entre as distâncias acumuladas de 2.940 m (transição do 1º trecho e do 2º trecho) e de 4.620 m (transição do 2º trecho e do 3º trecho), com a supressão da tubulação FD DN 125 existente no trecho, para a redução da perda de carga distribuída do 2º trecho da AAB-01 (que atualmente está em 19,9 m/km) e adequação da entrada de energia elétrica e substituição dos 02 conjuntos motor-bomba para a manutenção da atual altura manométrica da EEB-01;

- Alternativa 03: execução de uma nova tubulação PVC DEFOFO DN 250, a partir da distância acumulada de 1.660 m (1º trecho – local com acesso) até a ETA-01, com supressão das tubulações existentes a partir do início da nova tubulação, através de estradas rurais e urbanas já existentes, em atendimento a reinvindicação da Unidade Operacional gestora do sistema.

Para a viabilização da alternativa 01, não seria possível a manutenção do atual caminhamento das tubulações dos 1º e 2º trechos da AAB-01, devido à dificuldade com acesso e solo, além do relevo acentuado. Desta forma, buscou-se um novo caminhamento, conforme pode ser verificado na Figura 05 a seguir:

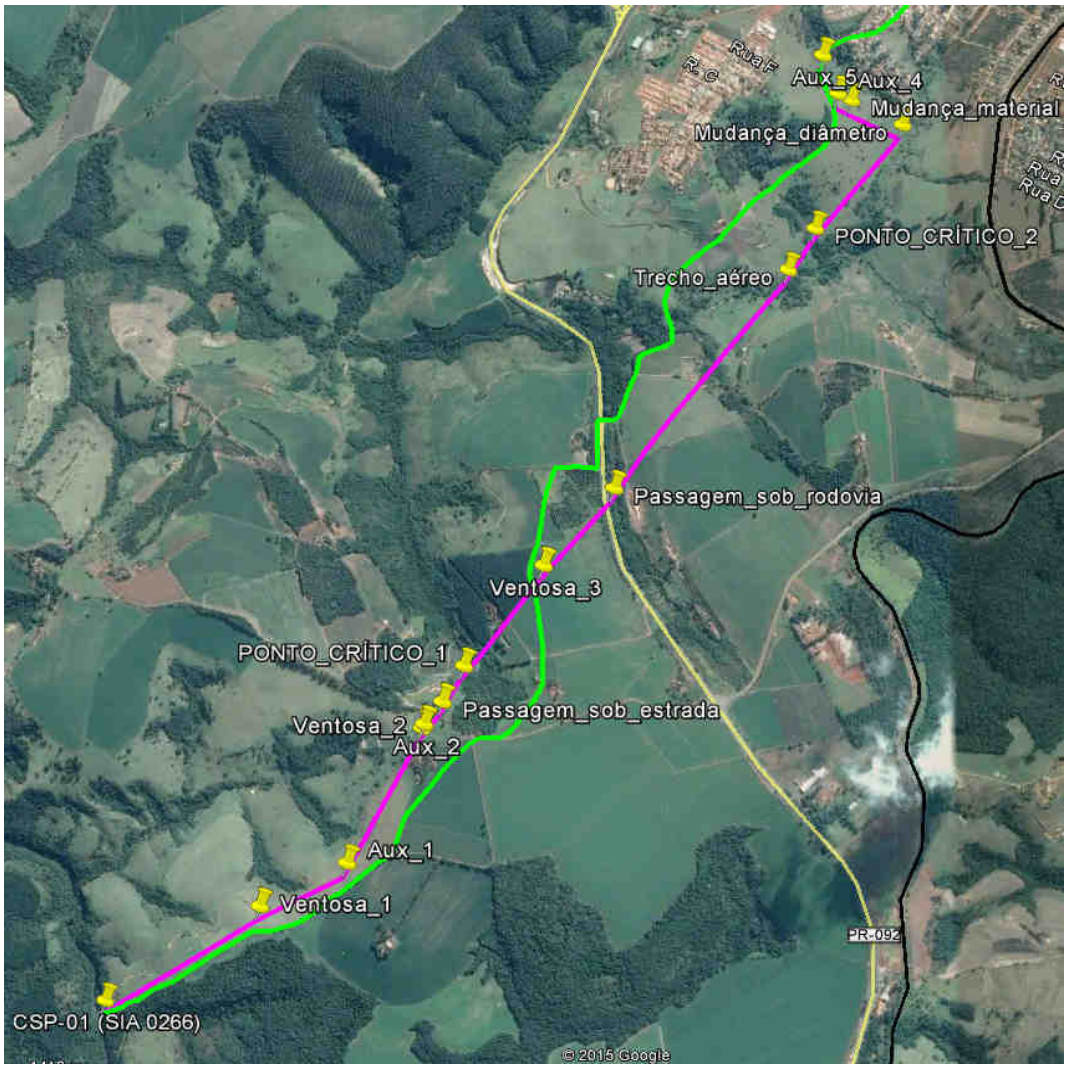


Figura 05: Caminhamento atual a proposto na alternativa 01 da AAB-01.

O caminhamento atual do 1º e do 2º trechos (linha magenta), definido na implantação desta unidade operacional, caracteriza-se por ser uma reta, concebido, desta maneira, para diminuir a necessidade de execução de blocos de ancoragem, além dos materiais empregados. Para o caminhamento proposto na alternativa 01 (linha verde), buscou-se evitar os fundos de vale, além de seu possível assentamento através de vias existentes (evitando a necessidade de desapropriações).

Para a análise da alternativa 01, considerou-se 02 cenários, conforme a seguir:

- Cenário 01: supressão das tubulações FD DN 125 e FD DN 150 existentes no 1º e no 2º trechos (Alternativa 01-A);

- Cenário 02: supressão das tubulações FD DN 125 e manutenção das tubulações FD DN 150 existentes no 1º e no 2º trechos (Alternativa 01-B).

Com a consolidação das alternativas, verificaram-se as seguintes necessidades de melhorias, bem como os valores estimados para os mesmos, conforme apresentado na Tabela 02:

Tabela 02: Resumo de necessidades para as alternativas estudadas.

ALTERNATIVA	RESUMO DE NECESSIDADE
01-A	Extensão de tubulação necessária: 5.000 m (em Zona Rural).
	Previsão de travessias para a nova tubulação: 03 unidades (sendo 01 travessia sob rodovia).
	- Custo Estimado da Alternativa: R$ 2.100 mil.
01-B	Extensão de tubulação necessária: 5.000 m (em Zona Rural).
	Previsão de travessias para a nova tubulação: 03 unidades (sendo 01 travessia sob rodovia).
	Adequações nas tubulações FD DN 150 existentes no 1º e 2º trecho: implantação de 09 ventosas, 09 descargas e 05 registros em linha (para mobilidade operacional), que poderão ocorrer após a execução da nova tubulação FD DN 250.
	- Custo Estimado da Alternativa: R$ 2.200 mil.
02	Extensão de tubulação necessária: 1.680 m (em Zona Rural).
	Previsão de travessias para a nova tubulação: 02 unidades.
	Adequações nas tubulações FD DN 150 existentes no 1º e 2º trecho (entre a EEB-01 e a distância acumulada de 4.620 m) e na tubulação FD DN 125 entre a EEB-01 e a distância acumulada de 2.940 m: implantação de 13 ventosas, 13 descargas e 08 registros em linha (para mobilidade operacional).
	Adequações as tubulações existentes, devido a problemas com solo, entre as distâncias acumuladas de 1.920 m a 1.960 m e de 2.780 m a 2.940 m, conforme projeto existente.
	Substituição da atual da entrada de energia elétrica para incremento de potência.
	Substituição dos conjuntos motor-bomba para a manutenção da atual altura manométrica da EEB-01, para uma potência estimada de 250 CV/cada.
	- Custo Estimado da Alternativa: R$ 1.500 mil.
03	Extensão de tubulação necessária: 6.400 m (4.700 m em Zona Rural e 1.700 m em Zona Urbana)
	Previsão de travessias para a nova tubulação: 01 unidade (sob rodovia).
	Adequações nas 02 tubulações FD DN 150 e na tubulação FD DN 125 até a distância acumulada de 1.660 m: implantação de 06 ventosas, 09 descargas e 06 registros em linha (para mobilidade operacional).
	Implantação de Reservatório Hidropneumático (RHO), junto a EEB-01, para a proteção da nova tubulação contra os efeitos de transientes hidráulicos.
	- Custo Estimado da Alternativa: R$ 1.550 mil.

A alternativa 02, em se considerando apenas o dispêndio financeiro com a obra, seria a solução ótima. Neste mesmo cenário, a alternativa 01-B seria a descartada. Porém, a consideração de apenas este único fator poderá induzir o gestor do sistema à tomada de uma decisão nem sempre adequado. Por isso a necessidade de se avaliar os aspectos operacionais esperados para as alternativas estudadas. Desta forma, a Tabela 03 apresenta os pontos operacionais esperados.

Tabela 03: Pontos operacionais das alternativas estudadas.

ALTERNATIVA	DADOS DA EEB-01			PERDA DE CARGA NA AAB-01 (m/km)
	Vazão (m^3/h)	*Altura Manométrica (m.c.a.)*	*Rendimento (%)*	
01-A	169	210	73,6	3,7
01-B	175	204	73,2	2,9
02	169	244	73,3	8,7
03	158	220	74,2	4,6

A alternativa 01-B possibilitaria o maior incremento de vazão, além da menor perda de carga unitária na AAB-01, porém o menor rendimento da EEB-01, devido o deslocamento, à direita, da vazão referente ao rendimento ótimo. A alternativa 03 possibilitaria o maior rendimento, porém o menor incremento de vazão. A alternativa 02, que apresenta o menor custo de implantação, proporcionaria a maior perda de carga na AAB-01.

Com as vazões esperadas nas alternativas 01-A, 01-B, 02 e 03, conforme apresentado na Tabela 03, espera-se que o seu ciclo de vida, ou seja, a saturação das mesmas, ocorra no ano de 2028, de 2030, de 2028 e de 2023, respectivamente. Com este horizonte, bem como o volume estimado a ser transportado na EEB-01/AAB-01 até a saturação da alternativa considerando a viabilização da obra, determinou-se o dispêndio financeiro com energia elétrica, que é a maior despesa operacional, em valor presente, com o auxílio do consumo específico de energia elétrica, segundo Tsutiya (2006), das alternativas estudadas, conforme apresentado na Figura 05.

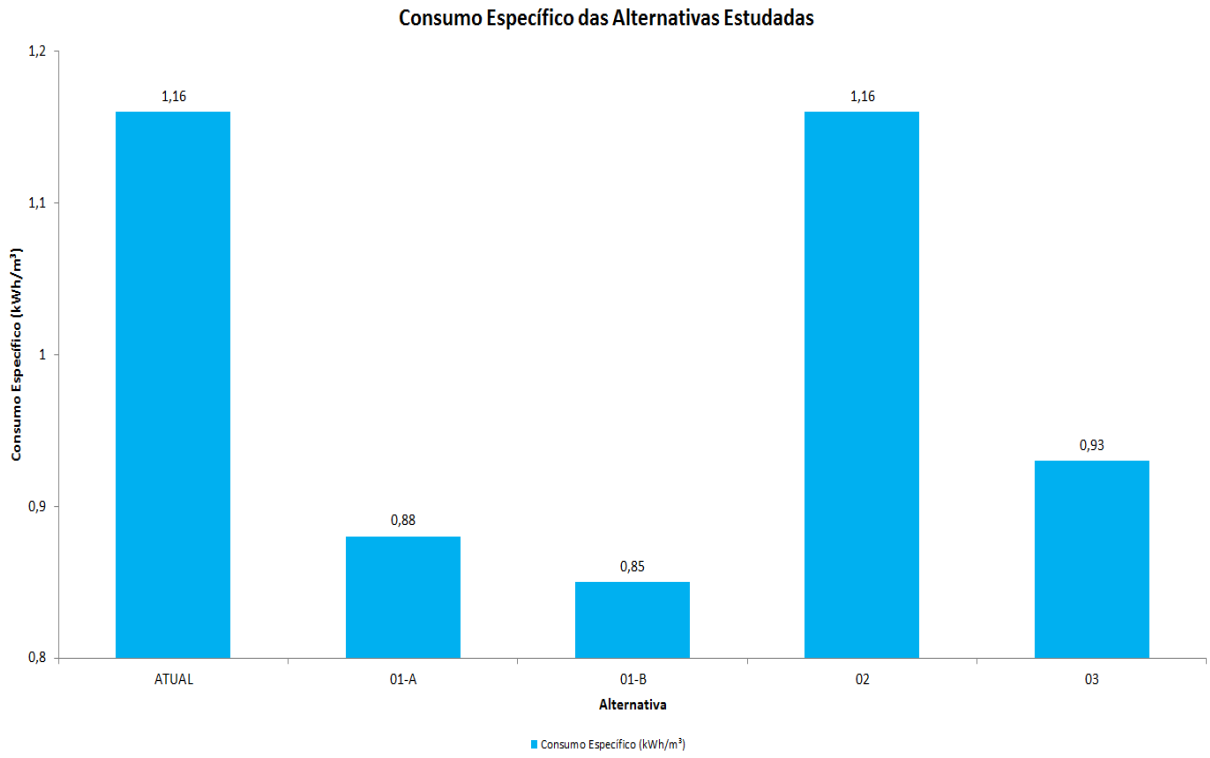


Figura 05: Consumo Específico das alternativas estudadas.

Considerando uma taxa mínima de atratividade de 12 % a.a., verificou-se a possibilidade de redução da despesa com energia elétrica, em valor presente, comparando-se a alternativa proposta, durante seu ciclo de vida, com a permanência da atual condição, os valores expressos na Tabela 04 a seguir:

Tabela 04: Redução de despesas com energia elétrica, durante o ciclo de vida das alternativas estudadas, em valor presente, em comparação com a atual configuração do Sistema Produtor.

ALTERNATIVA	REDUÇÃO PREVISTA (R$)
01-A	R$ 960 mil
01-B	R$ 1.120 mil
02	R$ 0,00
03	R$ 590 mil

A alternativa 02, que seria a solução ótima considerando apenas o dispêndio financeiro de implantação, apresentou nenhuma redução de despesa com a operação, durante seu ciclo de vida, em comparação com a atual configuração do Sistema Produtor, pois sua proposta não apresentava redução da perda de carga na AAB-01 e a consequente manutenção do consumo específico com energia elétrica. A alternativa 01-B, que apresentou o maior custo de obra, apresentou, durante a sua fase de operação, o maior ciclo de vida e a maior redução de despesas operacionais. Em função das diferenças temporais nos horizontes das alternativas estudadas, relacionou-se o custo global estimado, que é o dispêndio financeiro com a obra acrescentada a expectativa de redução das despesas operacionais com energia elétrica, em valor presente e o volume estimado a ser transportado na EEB-01/AAB-01 até a saturação da alternativa, considerando a viabilização do empreendimento, denominado de indicador de custo global estimado e volume produzido, conforme expresso na Figura 06 a seguir:

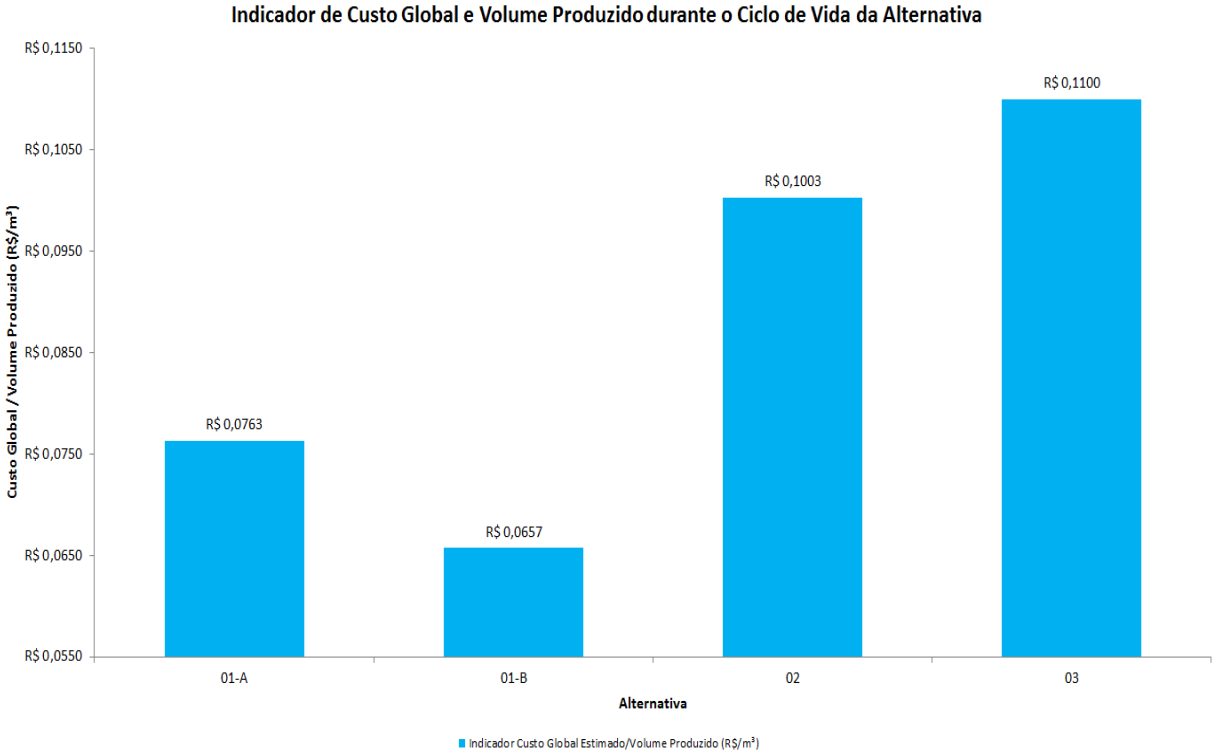


Figura 06: Indicador de Custo Global Estimado e Volume Produzido durante o Ciclo de Vida da Alternativa.

Este indicador expressa o custo global da alternativa e a capacidade de atendimento da mesma durante seu ciclo de vida. Desta forma, verificou-se que a alternativa 03, que apesar de apresentar o 2º menor custo de implantação e de não possuir o maior consumo específico com energia elétrica, apresentou o indicador de custo e volume não favorável, devido ao seu curto ciclo de vida de atendimento. A alternativa 02, que apresentou a melhor condição em termos de custo de obra e o seu ciclo de vida em igualdade a alternativa 01-A, demonstrou também um indicador não favorável, já que a mesma não apresentava redução da perda de carga na AAB-01 e a consequente manutenção do consumo específico com energia elétrica, conforme já mencionado. Assim, a alternativa que se demonstrou mais favorável para a ampliação da Capacidade de Transporte da EEB-01/AAB-01 e a consequente ampliação da Capacidade Real de Produção do SAA Wenceslau Braz foi à execução de uma nova tubulação FD DN 250, entre a EEB-01 e a distância acumulada de 4.620 m (transição do 2º trecho e do 3º trecho) do atual caminhamento da AAB-01, com a supressão das tubulações FD DN 125 e manutenção das tubulações FD DN 150 existentes no 1º e no 2º trechos, denominado de alternativa 01-B, que se encontra em fase de conclusão de obras.

CONCLUSÕES

Durante o ano de 2014, os dias de maior consumo mensais, do Sistema de Abastecimento de Wenceslau Braz, apresentaram demanda superior à sua Capacidade de Produção, o que era compensado pelo excedente de reservação do sistema. Este cenário gerava uma situação de risco permanente de desabastecimento, em função da possibilidade de ocorrência de dias seguidos de alta demanda. Há, ainda, o crescimento da demanda médio previsto para os próximos 20 anos, na ordem de 50 m³/dia.ano.

Desta forma, fez-se a necessidade de diagnosticar todo o sistema produtor, composto por manancial superficial, estação elevatória e adutora de água bruta, estação de tratamento e reservação. Verificou-se que o atual manancial superficial é suficiente para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 40 anos. A atual estação de tratamento é suficiente para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 09 anos. A atual reservação é suficiente para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 20 anos. A atual capacidade de transporte do conjunto EEB-01/AAB-01 está limitado a 129 m³/h, sendo que, especificamente para a estação elevatória, esta vazão de operação resulta em um ponto de rendimento a esquerda do considerado ótimo, ou seja, permitir-se-ia incremento de vazão da EEB-01. Assim, verificou-se que tubulação da AAB-01 está restringindo a capacidade de produção do sistema.

A atual tubulação adutora de água bruta é caracterizada por apresentar um perfil extremamente acidentado, o que colabora para a formação de bolsões de ar, o que pode ser evidenciado pelos frequentes arrebentamentos da linha e o aumento de sua rugosidade. Alguns de seus trechos apresentam dificuldade de manutenção, devido ao seu diâmetro nominal estar fora de padrão. Com isso, evidenciou-se a necessidade de adequação desta Unidade Operacional.

Inicialmente estudaram-se quatro cenários para a sua melhoria. Do ponto de vista do dispêndio financeiro com a obra, as alternativas que apresentaram os menores valores de implantação, apresentariam o menor ciclo de vida, além das maiores despesas com energia elétrica durante sua fase de operação. Por outro lado, as alternativas que apresentaram maior dispêndio financeiro com a implantação, apresentariam a maior ciclo de vida, além das menores despesas com energia elétrica durante sua fase de operação.

Para a tomada de decisão, relacionou-se o custo global estimado, que é o dispêndio financeiro com a obra acrescentado a expectativa de redução das despesas operacionais com energia elétrica, em valor presente e o volume estimado a ser transportado na EEB-01/AAB-01 até a saturação da alternativa, em função das diferenças temporais nos horizontes das alternativas estudadas, considerando a viabilização do empreendimento, denominado de indicador de custo global estimado e volume produzido durante o ciclo de vida da alternativa.

Assim, a alternativa que se demonstrou mais favorável foi à execução de uma nova tubulação FD DN 250, entre a EEB-01 e a distância acumulada de 4.620 m (transição do 2º trecho e do 3º trecho) do atual caminhamento da AAB-01, com a supressão das tubulações FD DN 125 e manutenção das tubulações FD DN 150 existentes no 1º e no 2º trechos, alternativa esta com o maior custo de implantação. Com isso, evidencia-se que, a considerar apenas o custo de implantação poderá induzir o gestor do sistema à tomada de uma decisão nem sempre adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de hidráulica. José Martiniano de Azevedo Netto; coordenação Roberto de Araujo; co-autores Miguel Fernandes y Fernandes, Acácio Eiji. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
2. PORTO, R. M. Hidráulica Básica. Rodrigo de Melo Porto. 2ª edição. São Carlos: EESC-USP, 1999.
3. TSUTIYA, M. T. Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. 185 p.
4. www.ibge.gov.br – Site Oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.