24º. Encontro Técnico AESABESP

SOLUÇÃO DE ABASTECIMENTO PARA A ALÇA OESTE DO SISTEMA INTEGRADO METROPOLITANO DE SÃO PAULO

Victor Ganem Neto
Engenheiro Civil Formado pela Universidade Presbiteriana Mackenzie em 1992, Pós Graduado em Engenharia do Saneamento básico pela Faculdade de Saúde Pública da USP em 2001, faz parte do corpo de engenheiros da Sabesp desde 1997, atualmente engenheiro da Divisão de Planejamento e Desenvolvimento Operacional da Produção-MAGG, com experiência de mais de 10 anos na utilização de modelos hidráulicos.

Endereço: Rua Nicolau Gagliardi, 313 -Pinheiros - São Paulo - SP - CEP: 05429-010 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-8119 - Fax: +55 (11) 3388-6040 e-mail: vganem@sabesp.com.br

RESUMO

Os setores de abastecimento localizados na área oeste da RMSP, vem sofrendo uma crescente expansão populacional e em decorrência disto a criação de novos empreendimentos. Atualmente, está em fase de licitação a entrada de um novo Sistema Produtor de água tratada, que em suas interfaces, trará água nova para uma parte dos setores localizados no extremo oeste desta RMSP. Entretanto será insuficiente para o pleno atendimento de toda esta área oeste. Este trabalho apresenta uma análise sobre o abastecimento de água tratada nesta área oeste considerando as alterações na abrangência do adutor antes e após a entrada deste novo Sistema Produtor, inicialmente previsto para início de operação em 2017, considerando-se a hipótese da ocorrência de atraso das obras até 2020 e após o fim de plano deste novo Sistema previsto para 2025. Baseado nesta análise, uma solução proposta foi a de se duplicar a adutora principal que atende a área oeste num trecho de 10km de extensão com diâmetro de 1800mm e adequar em 02 (duas) fases o booster Jaguara. Uma análise preliminar de viabilidade de implantação foi realizada, apresentando os benefícios à população e a empresa ao longo do horizonte de projeto desta obra.

PALAVRAS-CHAVE: abastecimento de água, modelos matemáticos, estudos hidráulicos, alça oeste

TEXTO

INTRODUÇÃO

A região metropolitana de são Paulo-RMSP é composta por 39 municípios , sendo que o abastecimento público de água potável da região é feito, prioritariamente, através do denominado Sistema Integrado Metropolitano de Abastecimento de Água-SIM operado pela Sabesp, que atende a 29 municípios e nove municípios são operados pela Sabesp, porém não são supridos pelo Sistema Integrado por serem menos expressivos no conjunto da região, não pertencem à mancha urbana metropolitana, e possuem sistemas próprios de abastecimento, constituindo-se em Sistemas Isolados. No Sistema Integrado há seis municípios que possuem serviços autônomos de distribuição, mas não contam com produção própria de água potável e, portanto, compram água por atacado da Sabesp. Um único município da RMSP (Santa Isabel) é autônomo e isolado.

Dos habitantes da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, a SABESP abastece 38 dos 39 municípios que compões a RMSP.

A RMSP Abrange uma área de 8.051 km² e encontra-se quase toda inserida na Bacia do Alto Tietê. O território dessa bacia, com área de drenagem de 5.985 km², engloba praticamente toda a população da referida região metropolitana de aproximadamente 20 milhões de habitantes.

O SIM compreende um conjunto de rios, represas e integra os mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. Esta água captada nos mananciais é transportada por meio de estações de bombeamento e adutoras de água bruta a oito Estações de Tratamento de Água. Este conjunto de mananciais e Estações de Tratamento de

Água compõe os sistemas produtores. Os mananciais utilizados no abastecimento da RMSP correspondem aos localizados na bacia do Alto Tietê, complementados por aporte de águas de bacias vizinhas, entre elas, bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) e bacia hidrográfica da Baixada Santista. O transporte da água tratada a 140 centros de reservação de distribuição é realizado através do Sistema Adutor Metropolitano-SAM.

O SAM foi concebido de forma a abranger a maior parte da RMSP e interligar os principais Sistemas Produtores da Sabesp, quais sejam, Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê, Rio Grande, Rio Claro, Alto Cotia, Baixo Cotia e Ribeirão da Estiva. Cada Sistema Produtor corresponde uma determinada área de influência que é proporcional à sua produção e, na maioria, geograficamente próxima à respectiva Estação de Tratamento de Água - ETA. O SAM é operado à distancia, em tempo real, pelo Centro de Controle de Operações da Sabesp-CCO transportando água em 1.156 km de adutoras de grandes diâmetros e 63 estações de bombeamento.

Na Tabela 1 abaixo, estão indicadas as porcentagens de produção de cada sistema na RMSP, mostrando a importância relativa de cada Sistema Produtor referente à vazão média do ano de 2012.

Tabela 1: Características dos sistemas produtores

Sistema Produtor	ETA	Capacidade Nominal da ETA (m^3/s)	Produção Média* (m^3/s)	População Abastecida (habitantes)	Participação na Produção * (%)
Cantareira	Guaraú	33,00	32,71	8.153.644	47,09
Guarapiranga	ABV	14,00	13,79	3.778.805	19,85
Alto Tietê	Taiaçupeba	15,00	12,39	3.384.582	17,84
Rio Grande	Rio Grande	5,00	4,69	1.215.728	6,75
Rio Claro	Rio Claro	4,00	3,75	1.570.399	5,40
Alto Cotia	Alto Cotia	1,20	1,19	409.696	1,71
Baixo Cotia	Baixo Cotia	0,90	0,87	361.703	1,25
Ribeirão da Estiva	Ribeirão da Estiva	0,10	0,08	38.143	0,12
TOTAL		73,2	69,46	18.912.700	-

(*) **Fonte:** MAGO – Macromedição – fechamento 31/12/2012

O Sistema Cantareira é o maior Sistema Produtor da RMSP, contabilizando para o período acima cerca de 47,1% do volume produzido para a RMSP, o que corresponde a uma vazão de 32,7m³/s pela ETA Guaraú.

Para conduzir a água tratada na ETA Guaraú até os setores de abastecimentos de sua área de influência, o SAM dispõe de cinco grandes adutoras de água, denominadas alças de adução, a saber:

- Alça Guaraú / Moóca, com diâmetro de 2.500 mm;
- Alça Leste, com diâmetros de 2.100 a 1.800 mm;
- Alça Guaraú / Lapa, com diâmetros de 2.100 a 1.800 mm;
- Alça Guaraú / Consolação, com diâmetro de 1.800 mm;
- Alça Oeste, com diâmetros de 2.100 a 1.500 mm

Dentre estas cinco alças de adução, este relatório propõe apontar os principais condicionantes que vêem afetando o abastecimento da alça oeste como um todo, considerando-se, as implicações de um eventual atraso para a implantação / operação do futuro Sistema Produtor São Lourenço para 2020, as alterações na abrangência de abastecimento do booster Jaguara (antes e depois da implantação do Sistema Produtor São Lourenço), juntamente com os impactos no abastecimento decorrentes da entrada em operação das adutoras / Estações Elevatórias de Água Tratada-EEAs Guaraú-Lapa-Perdizes-Sumaré e implantação do setor Conceição à partir do centro de reservação Bela Vista.

OBJETIVO

Análise hidráulica das alternativas de abastecimento para o pleno atendimento das demandas ao longo dos próximos 20 anos para a alça oeste, considerando-se as alterações na abrangência do booster Jaguara antes e após a entrada em operação do futuro sistema produtor São Lourenço.

DESCRIÇÃO DOS FATORES CONDICIONAMENTES PARA O ABASTECIMENTO

O abastecimento atual via alça oeste está comprometido pela existência de vários fatores agravantes ao pleno abastecimento e que envolvem ainda a adutora Guaraú-Lapa.

- **Existência de gargalos**

A alça oeste não está duplicada no trecho compreendido entre o entroncamento das linhas de 2100mm x 1500mm (aproximadamente 100m à montante das adutoras para o V.Brasilândia até o booster Jaguara).

O trecho de adutora que aparece na **Imagem-1** abaixo, com uma extensão em torno de 9,0km é caracterizado por apresentar velocidades excessivas (>3,0m/s) e como conseqüência direta elevadas perdas de carga, além de apresentar várias travessias sobre rodovias (Anhanguera e Bandeirantes), importantes avenidas (Fuad Lutfalla e Feiz Zarzur) e até mesmo linha férrea (travessia RRFSA).

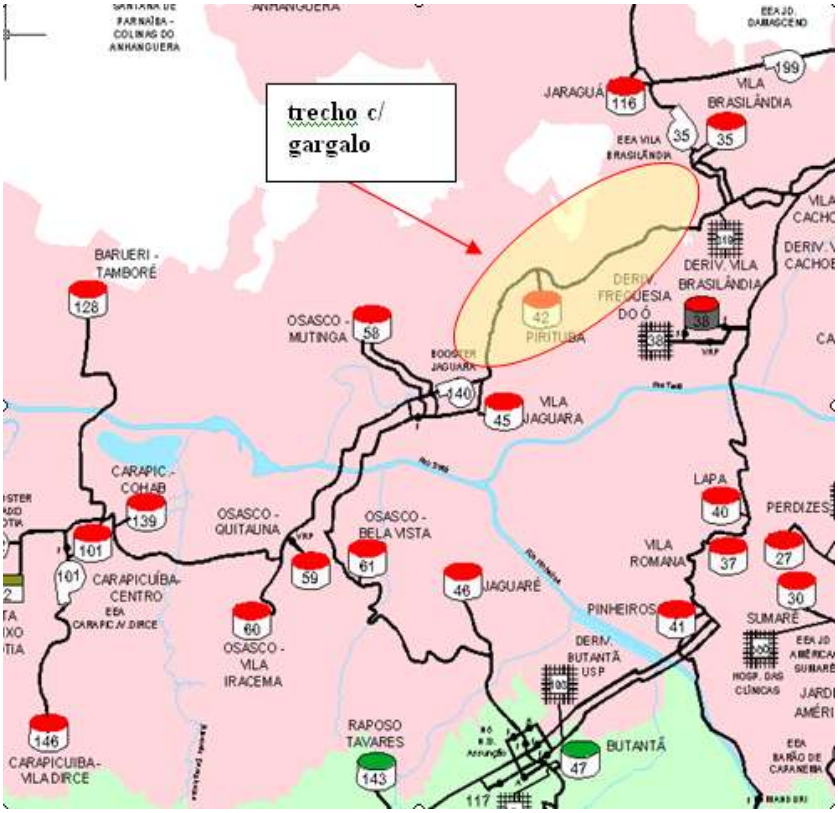


Figura 1: Topologia contendo os setores envolvidos nesta análise_Fonte:Sabesp-MAGG

As condições listadas acima contribuem para o agravamento do abastecimento nos setores Pirituba e Osasco-Mutinga, tornando eles concorrentes entre si. Isto significa que à partir do momento em que o 6º grupo do booster Jaguara atual é acionado (de recalque exclusivo para os reservatório Osasco-Mutinga e Vila Jaguara), no mesmo instante as condições hidráulicas impedem a manutenção da vazão anteriormente aduzida para o res. Pirituba, fazendo com que o nível operacional deste reservatório comece a se reduzir. Para que ocorra o enchimento/regularização deste reservatório, é necessário desligar este 6º grupo, interrompendo-se o abastecimento para os reservatórios Osasco-Mutinga e Vila Jaguara. Isto significa que a capacidade de engolimento da alça oeste como um todo já encontra-se no limite.

- **Impacto da entrada em operação da adutora/EEAs Guaraú-Lapa-Perdizes-Sumaré**

A entrada em operação do complexo de obras acima, irá contribuir para o desabastecimento nos reservatórios Jaguaré e Osasco-Bela Vista, inviabilizando-se também a provisão do Setor Conceição (será abastecido pelo res. Osasco-Bela Vista) ao passo que o recalque atual do booster Jaguara encontra atualmente problemas para o abastecimento de setores tais como Osasco-Vila Iracema e Carapicuíba/Vila Dirce, não tendo condições técnicas para absorver o abastecimento do futuro setor Conceição na sua integralidade.

- **Elevadas perdas de carga nas linhas do Cotia**

As adutoras do Cotia são compostas por 02 linhas com 700mm de diâmetro em ferro cinzento, com elevada idade/tempo de implantação, que além de contribuir para o agravamento do abastecimento nos setores Jaguaré e Osasco-Bela Vista devido as elevadas perdas de carga, ainda carecem de uma análise consistente de transientes afim de se diagnosticar quais os impactos decorrentes de uma eventual implantação de um futuro booster para regularização do abastecimento, tendo em vista o stress/fadiga provocado nestas adutoras com a operação de liga/desliga/ e eventuais desarmes devido à falta de energia.

Todos estes fatores somados contribuem para que um eventual atraso para implantação do futuro Sistema Produtor São Lourenço em torno de 02-03 anos (com início de operações deste Sistema à partir de 2020), venha provocar uma deficiência no atendimento da região extremo oeste da RMSP em torno de 1900 l/s com sérios prejuízos para o abastecimento da população, particularmente nos setores tais como Osasco-Mutinga, Osasco-Bela Vista, Osasco-Conceição e Carapicuíba-Centro.

MATERIAIS

Basicamente, os materiais utilizados nesta análise estão listados abaixo:

- Projeção demanda mínima, média e máxima- plano diretor de adução de água-PDAA (2015, 2025 e 2035[(1)])

***(1)**-Extrapolação feita pela PIT à pedido da MAGG*

- Mapa Sistema Integrado Metropolitano-SIM-elaborado pela Sabesp_divisão-MAGG;
- Cadastro técnico MA-Características físicas das adutoras, EEAs e reservatórios;
- Aplicativo corporativo SignosCore-Características físicas de adutoras, EEAs e reservatórios;
- Aplicativo corporativo Historian Client-HDD_Dados de vazão, pressão, nível de reservatórios, etc, referentes ao Sistema de Controle de Operação da Adução-SCOA;
- Aplicativo corporativo ScoaWeb-Tela do Sistema do booster Jaguara;
- Software WaterCAD Stand AloneV8i-Modelagem Hidráulica;
- Software AutoCAD-elaboração de esquemas de abastecimento;

MÉTODOS

Nesta análise o booster Jaguara é um componente central nesta análise e apresenta algumas características peculiares/restrições que obrigatoriamente deverão ser atendidas, a fim de se viabilizar de forma adequada a implantação deste empreendimento:

- Obrigatoriedade de não ultrapassar a demanda atual de 4150kW (+5% de folga) em média tensão
- Espaço físico reduzido para ampliações (não existe espaço para a construção de uma subestação)
- Área densamente habitada (proximidade com escola), difícil para efetuar desapropriação
- Necessidade de compatibilização o abastecimento deste booster antes e após a entrada em operação do futuro Sistema Produtor São Lourenço.

Para a elaboração desta análise foram adotados como crítérios/premissas básicas listadas abaixo:

- Considerou-se um atraso em torno de dois a três anos para a efetiva implantação/operação do futuro Sistema Produtor São Lourenço, estimando-se a sua entrada para a segunda metade de 2020. Como consequência direta, as condições para o abastecimento até esta data serão as mais críticas possíveis.
- Todas as alternativas de abastecimento foram avaliadas inicialmente no cenário mais crítico para o abastecimento (projeção ano 2020 – demandas máximas diárias) seguindo uma numeração de forma crescente quanto ao custo / complexidade para implantação, sendo que esta projeção de demanda servirá como critério inicial para seleção e exclusão das alternativas e só para a melhor alternativa entre elas é que deverá ser avaliada também com vistas ao atendimento também das restrições de ordem elétrica, e ainda para as demais projeções de abastecimento.
- Em todos os cenários analisados, foram consideradas as seguintes obras já em operação: 2ª fase da EEA Jd.Damasceno com todo o Extremo Norte duplicado (do Jaraguá até Francisco Morato); res. Perdizes e Sumaré sendo abastecido integralmente pela adutora Guaraú-Lapa-Perdizes. A futura adutora Tamboré-Barueri não foi levada em consideração por se tratar de uma obra de transferência/flexibilidade de vazão entre os Sistemas Cantareira e Baixo Cotia, razão pela qual qualquer acréscimo de vazão para Barueri deverá necessariamente repercutir numa redução de mesma proporcionalidade para o reservatório Tamboré.

RESULTADOS

- **Cenário 1:(atual)_Projeção de demandas máximas 2020**

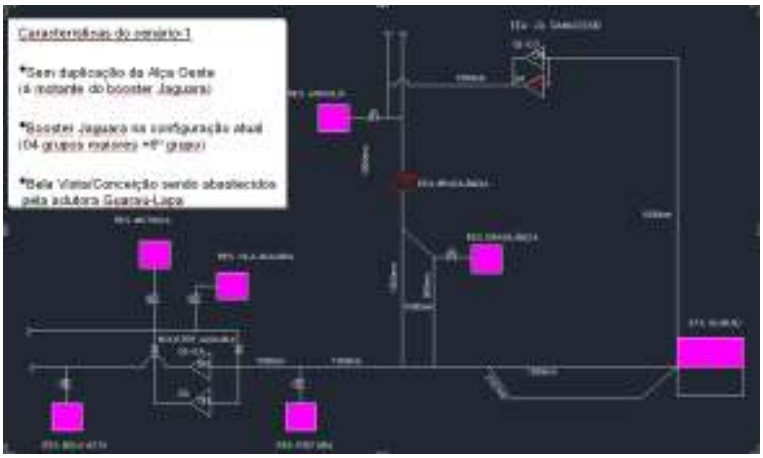


Figura 2: Cenário-1_Topologia esquemática

Tabela 2: Cenário-1_Resultados

CENÁRIO-1 proj.2020máx	Sem Duplicação Alça Oeste / booster Jaguara atual (4G+6º grupo) / EEA Jd.Damasceno-2ªetapa				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	6,0	1,3	risco de déficit
Pirituba	591	350	4,7	0	esgotamento da válvula
Mutinga	1513	1288	9,0	0	esgotamento da válvula
V.Jaguara	381	381	10,3	5,6	
Quitaúna	436	436	42,0	35,3	
V.Iracema	1413	1413	13,6	5,8	
Cohab Carap.	153	153	26,7	23,1	
Tamboré	1100	1100	23,1	12,8	
Carapicuíba	1440	486	3,7	0	esgotamento da válvula
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Soma Parcial	**8411**	**6991**			**Déficit de 1420l/s**
Jaguaré	565	547	10,1	0	esgotamento da válvula
Bela Vista + Conceição	616	157	1,6	0	esgotamento da válvula
Soma Geral	**9592**	**7695**			**Déficit de 1897l/s**

- **Cenário 2: Projeção de demandas máximas 2020**

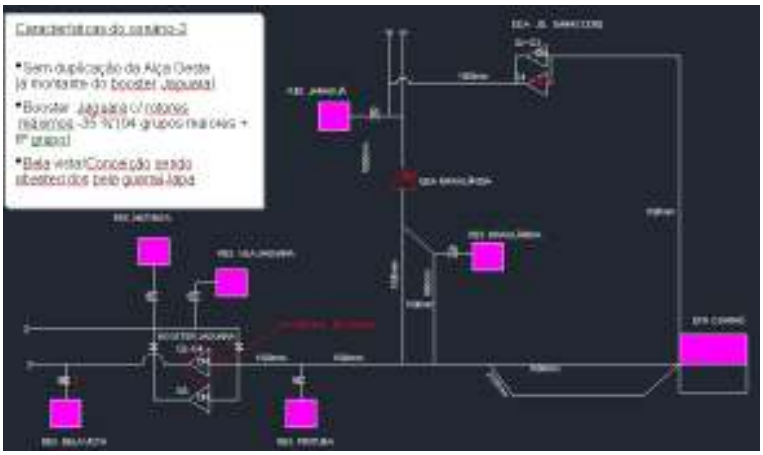


Figura 3: Cenário-2_Topologia esquemática

Tabela 3: Cenário-2_Resultados

CENÁRIO-2 proj.2020máx	Sem Duplicação Alça Oeste / booster Jaguara c/ rotores máximos (4G) + 5º grupo / EEA Jd.Damasceno-2ªetapa				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	6,0	0,9	risco de déficit
Pirituba	591	106	4,6	0	esgotamento da válvula
Mutinga	1513	1017	8,8	0	esgotamento da válvula
V.Jaguara	381	381	6,3	1,6	
Quitaúna	436	436	46,3	39,6	
V.Iracema	1413	1413	17,4	9,6	
Cohab Carap.	153	153	27,2	3,7	
Tamboré	1100	1100	23,2	12,9	
Carapicuíba	1440	1326	3,7	0	esgotamento da válvula
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Soma Parcial	**8411**	**7315**			**Déficit de 1096l/s**
Jaguaré	565	545	10,1	0	Esgotamento da válvula
Bela Vista + Conceição	816	156	1,6	0	Esgotamento da válvula
Soma Geral	**9592**	**8016**			**Déficit de 1576l/s**

- **Cenário-3**: **Projeção de demandas máximas 2020**

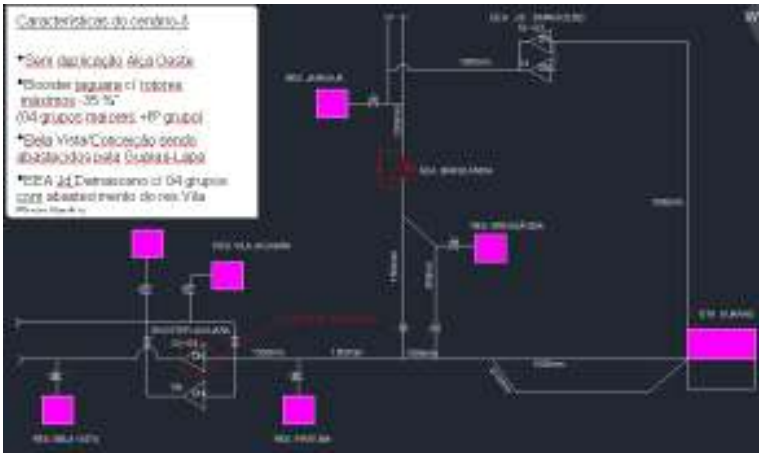


Figura 4: Cenário-3_Topologia esquemática

Tabela 4: Cenário-3_Resultados

CENÁRIO-3 proj.2020máx	Sem Duplicação Alça Oeste / booster Jaguara c/ rotores máximos (4G) + 6º grupo / EEA Jd.Damasceno-com 4G-recalque Brasilândia				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	ΔhVálv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	94,1	89,6	requer válv.fluxo anular
Pirituba	591	240	4,7	0	esgotamento da válvula
Mutinga	1513	1120	6,9	0	esgotamento da válvula
V.Jaguara	381	381	7,7	3,0	
Quitaúna	436	436	44,9	38,2	
V.Iracema	1413	1413	16,1	8,3	
Cohab Carap.	153	153	27,0	23,4	
Tamboré	1100	1100	23,2	12,9	
Carapicuíba	1440	1069	3,7	0	esgotamento da válvula
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Soma Parcial	**8411**	**7296**			**Déficit de 1115l/s**
Jaguaré	565	552	10,1	0	esgotamento da válvula
Bela Vista + Conceição	616	160	1,6	0	esgotamento da válvula
Soma Geral	**9592**	**8008**			**Déficit de 1584l/s**
Jaraguá	1428	1428	9,9	3,6	consegue ser abastecido

- **Cenário-4**: **Projeção de demandas máximas 2020**

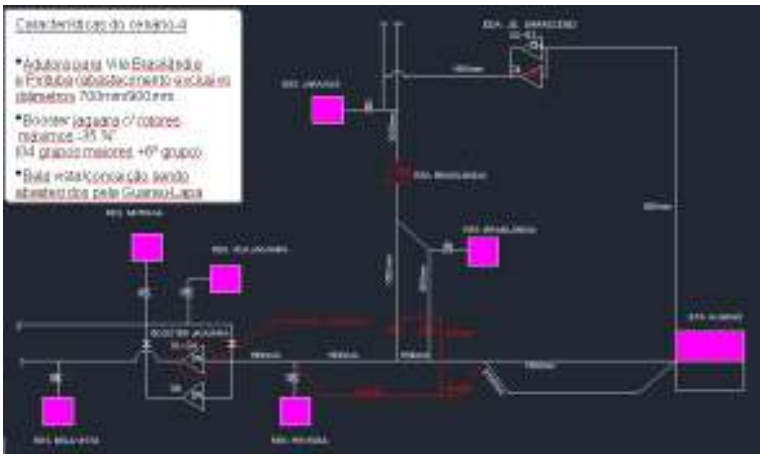


Figura 5: Cenário-4_Topologia esquemática

Tabela 5: Cenário-4_Resultados

CENÁRIO-4 proj.2020máx	Duplicação p/ V.Brasilândia e Pirituba em 700mm / booster Jaguara c/ rotores máximos (4G) + 6º grupo / EEA Jd.Damasceno- 2ªetapa				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	ΔhVálv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	5,5	0,9	risco de esgotamento
Pirituba	591	591	14,8	9,9	
Mutinga	1513	1137	8,9	0	esgotamento da válvula
V.Jaguara	381	381	8,0	3,2	
Quitaúna	436	436	45,0	38,3	
V.Iracema	1413	1413	16,1	8,4	
Cohab Carap.	153	153	27,0	23,4	
Tamboré	1100	1100	23,2	12,9	
Carapicuíba	1440	1081	3,7	0	esgotamento da válvula
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Soma Parcial	**8411**	**7676**			**Déficit de 735l/s**
Jaguaré	565	541	10,1	0	esgotamento da válvula
Bela Vista + Conceição	616	154	1,6	0	esgotamento da válvula
Soma Geral	**9592**	**8371**			**Déficit de 1221l/s**

- **Cenário-5**: **Projeção de demandas máximas 2020**

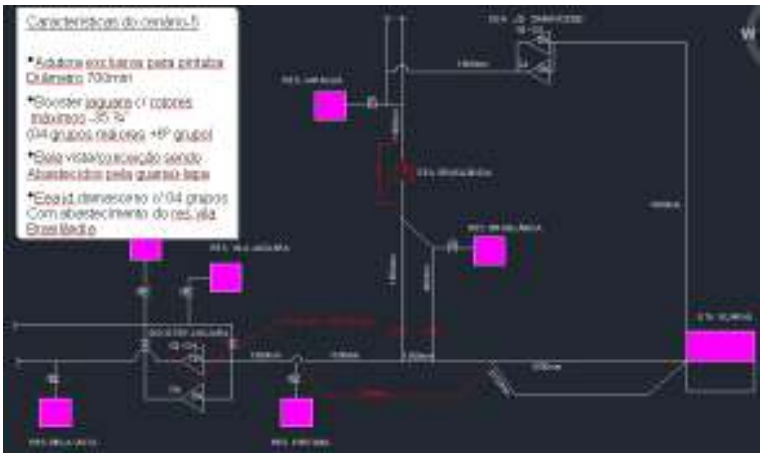


Figura 6: Cenário-5_Topologia esquemática

Tabela 6: Cenário-5_Resultados

CENÁRIO-5 proj.2020máx	Duplicação p/ Pirituba em 700mm / booster Jaguara c/ rotores máximos (4G) + 6º grupo / EEA Jd.Damasceno com 4G-recalque Brasilândia				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	**94,1**	**89,6**	requer válv.fluxo anular
Pirituba	591	591	16,0	11,0	
Mutinga	1513	1156	8,9	0	esgotamento da válvula
V.Jaguara	381	381	8,3	3,5	
Quitaúna	436	436	45,0	38,3	
V.Iracema	1413	1413	16,2	8,4	
Cohab Carap.	153	153	27,0	23,4	
Tamboré	1100	1100	23,2	12,9	
Carapicuíba	1440	1095	3,7	0	esgotamento da válvula
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Soma Parcial	**8411**	**7709**			**Déficit de 702l/s**
Jaguaré	585	549	10,1	0	esgotamento da válvula
Bela Vista + Conceição	616	158	1,6	0	esgotamento da válvula
Soma Geral	**9592**	**8416**			**Déficit de 1176l/s**
Jaraguá	1428	1428	9,9	3,6	consegue ser abastecido

- **Cenário-6**: **Projeção de demandas máximas 2020**

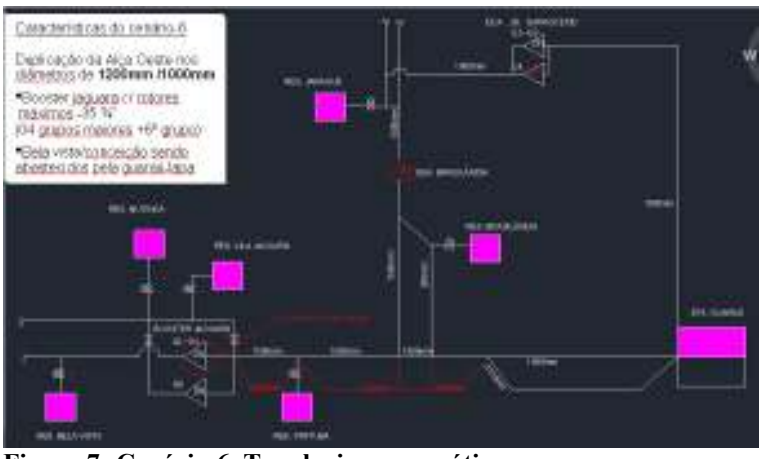


Figura 7: Cenário-6_Topologia esquemática

Tabela 7: Cenário-6_Resultados

CENÁRIO-6 proj.2020máx	Duplicação Alça Oeste 1200mm/1000mm / booster Jaguara c/ rotores máximos (4G)+6ºgrupo /EEA Jd.Damasceno-2ª Etapa				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	5,0	0,3	esgotamento da válvula
Pirituba	591	591	11,0	6,0	
Mutinga	1513	1513	14,7	5,6	
V.Jaguara	381	381	19,9	15,1	
Quitaúna	436	436	50,6	43,9	
V.Iracema	1413	1413	21,5	13,8	
Cohab Carap.	153	153	30,9	27,2	
Tamboré	1100	1100	26,9	16,5	
Carapicuíba	1440	1440	7,3	3,5	
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Soma Parcial	**8411**	**8411**			**Déficit de 0l/s (*)**
Jaguaré	565	534	10,1	0	esgotamento da válvula
Bela Vista + Conceição	616	150	1,6	0	esgotamento da válvula
Soma Geral	**9592**	**9095**			**Déficit de 497l/s**

- **Cenário-7**: **Projeção de demandas máximas 2020**

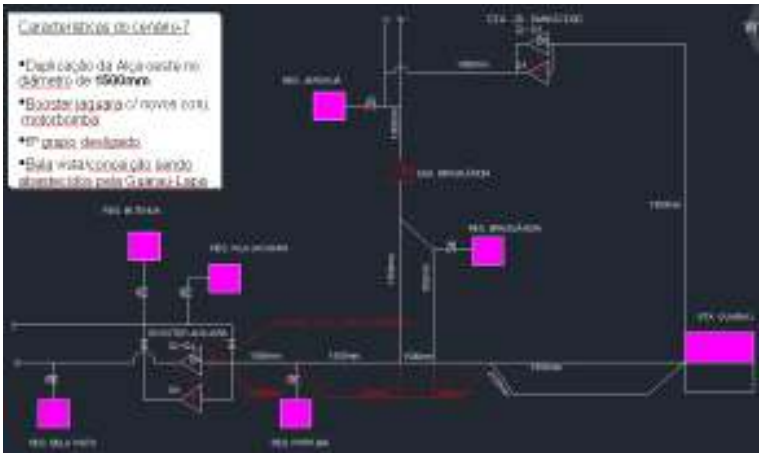


Figura 8: Cenário-7_Topologia esquemática

Tabela 8: Cenário-7_Resultados

CENÁRIO-7 proj.2020máx	Dupl. AO 1500mm / booster Jaguara c/ novos conj. motorbomba (4G) + 6ºgrupo desl. /EEA Jd.Damasceno -2ªetapa / B.V+Conceição pela AO				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	838	4,6	0,0	esgotamento da válvula
Pirituba	591	591	12,6	7,7	
Mutinga	1513	1513	9,5	0,4	esgotamento da válvula
V.Jaguara	381	381	14,6	9,9	
Quitaúna	436	436	47,6	40,9	
V.Iracema	1413	1413	18,8	11,1	
Cohab Carap.	153	153	28,2	24,5	
Tamboré	1100	1100	24,2	13,8	
Carapicuíba	1440	1440	4,6	0,9	esgotamento da válvula
Jd.Tupã	470	470	16,3	8,5	
Bela Vista + Conceição	616	616	41,8	38,0	
Soma Parcial	**9027**	**8951**			**Déficit de 76l/s**
Jaguaré	565	565	15,4	5,3	
Soma Geral	**9592**	**9516**			**Déficit de 76l/s**

A Bomba avaliada para este cenário foi a Flowserve 500-LNN-775_885rpm-rotor de 776mm (ou marca similar com mesmas características de performance).

Observa-se que na condição esgotamento da válvula de controle, sempre haverá a necessidade de um diferencial de pressão mínimo a ser considerado para a abertura/modulação do equipamento (algo em torno de 3,0 mca por exemplo), razão pela qual a vazão real deverá ser inferior à aquela obtida em modelagem hidráulica, e como conseqüência direta, o déficit será superior ao mostrado na tabela acima.

Tabela 9: Cenário-7_Resultados

CENÁRIO-7_2020máx	PERFORMANCE DOS CONJUNTOS MOTORBOMBA					
Grupos booster Jaguara	Q por bomba (l/s)	AMT (mca)	ηbomba (%)	ηmotor (%)	Proj.consumo inst. (cv) Proj.demanda inst. (cv)	Proj.consumo inst. (kW) Proj.demanda inst. (kW)
G1-G4	1407	65,4	90	95	4 x1435	4x1055
					4x1500	4x1100
Soma Total	5628				5740 / 6000	4220 / 4412

Nota: Observa-se que haverá a necessidade da aquisição de 04 motores de 1500cv cada, o que ultrapassa a demanda contratada de 4150kW junto a Eletropaulo.

- **Cenário-8**: **Projeção de demandas máximas 2020**

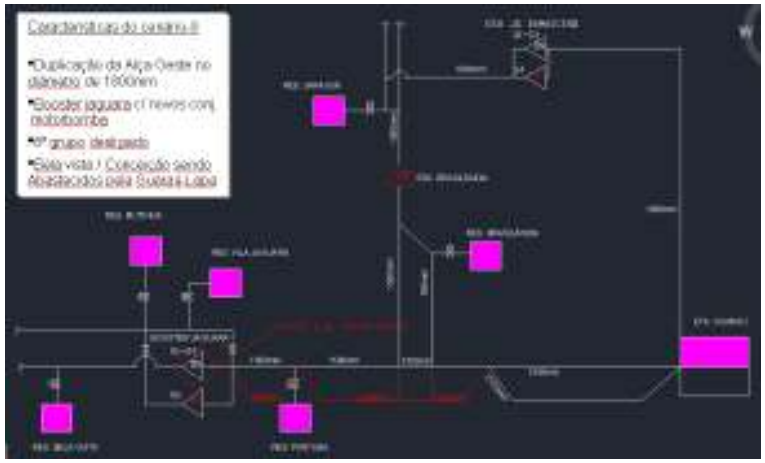


Figura 9: Cenário-8_Topologia esquemática

Tabela 10: Cenário-8_Resultados

CENÁRIO-8 proj.2020máx	Dupl. AO 1800mm / booster Jaguara c/ novos conj. motorbomba (4G) + 6ºgrupo desl. /EEA Jd.Damasceno -2ªetapa / B.V+Conceição pela AO				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	ΔhVálv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	4,6	0,0	esgotamento da válvula
Pirituba	591	591	17,9	13,0	
Mutinga	1513	1513	18,1	9,0	
V.Jaguara	381	381	23,2	18,5	
Quitaúna	436	436	50,7	44,0	
V.Iracema	1413	1413	21,9	14,1	
Cohab Carap.	153	153	31,2	27,6	
Tamboré	1100	1100	27,2	16,9	
Carapicuíba	1440	1440	7,7	3,9	
Jd.Tupã	470	470	20,3	12,5	
Bela Vista + Conceição	616	616	44,9	41,0	
Soma Parcial	9027	9027			Déficit de 0l/s (*)
Jaguaré	565	565	15,2	5,1	
Soma Geral	9592	9592			Déficit de 0l/s (*)

A bomba avaliada para este cenário foi a Flowserve 600-LNN-975_715rpm-rotor de 907mm (ou marca similar com mesmas características de performance)

(*)Observa-se que na condição de esgotamento da válvula de controle, sempre haverá a necessidade de um diferencial de pressão mínimo a ser considerado para a abertura/modulação do equipamento (algo em torno de

3,0mca p.ex.), razão pela qual a vazão real deverá ser inferior à aquela obtida em modelagem hidráulica, e como conseqüência direta, o déficit será superior ao mostrado na tabela acima.

Tabela 11: Cenário-8_Resultados

CEN-8_2020máx	PERFORMANCE DOS CONJUNTOS MOTORBOMBA					
Grupos booster Jaguara	Q por bomba (l/s)	AMT (mca)	ηbomba (%)	ηmotor (%)	Proj.consumo inst. (cv) Proj.demanda inst. (cv)	Proj.consumo inst. (kW) Proj.demanda inst. (kW)
G1-G4	1407	59,8	91	96	4x1288	4x964
					4x1300	4x956
Soma Total	5628				5192 / 5200	3816 / 3824

Nota: Observa-se que haverá a necessidade da aquisição de 04 motores de 1300cv cada, o que atende a demanda contratada de 4150kW junto a Eletropaulo.

- **Cenário-8**: **Projeção de demandas mínimas 2015**

Tabela 12: Cenário-8_Resultados

CENÁRIO-8 proj.2015min	Dupl. AO 1800mm / b. Jaguara c/ novos conj. motorbomba (4G) c/inv. + 6ºgrupo dest. /EEA Jd.Damasceno -2ªetapa / B.V+Conceição pela AO				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	Shválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	435	435	10,0	5,4	
Pirituba	370	370	33,5	29,1	
Mutinga	855	855	40,9	32,2	
V.Jaguara	271	271	36,9	32,4	
Quitaúna	275	275	47,6	40,9	
V.Iracema	860	860	21,1	14,5	
Cohab Carap.	77	77	34,0	30,4	
Tamboré	709	709	35,9	25,7	
Carapicuíba	763	763	11,0	7,3	
Jd.Tupã	272	272	41,1	33,4	
Bela Vista + Conceição	352	352	39,6	36,0	
Soma Parcial	**5239**	**5239**			**Déficit de 0l/s**
Jaguaré	351	351	35,0	25,0	
Soma Geral	**5590**	**5590**			**Déficit de 0l/s**

A bomba avaliada para este cenário foi a Flowserve 600-LNN-975_**400rpm**-rotor de 907mm (ou marca similar com mesmas características de performance).
Observa-se que para se evitar pressões excessivas em um cenário de vazões mínimas noturnas, utilizou-se inversores de frequência em todos os 04 grupos, alterando-se a rotação inicial de 715rpm para **400rpm**, com o benefício adicional de se economizar no consumo de energia.

Tabela 13: Cenário-8_Resultados

CEN-8_2015min	PERFORMANCE DOS CONJUNTOS MOTORBOMBA					
Grupos booster Jaguara	Q por bomba (l/s)	AMT (mca)	ηbomba (%)	ηmotor (%)	Proj.consumo inst. (cv) Proj.demanda inst. (cv)	Proj.consumo inst. (kW) Proj.demanda inst. (kW)
G1-G4	827	18,3	90	95	4 x 236	4 x 174
					4 x1300	4 x 956
Soma Total	3308				944 / 5200	694 / 3824

Apesar de se manter demanda contratada (imprescindível a fim de viabilizar o abastecimento nos horários de maior consumo do dia, quando o inversor de freqüência irá alterar a rotação para 715rpm), neste cenário de vazões mínimas noturnas haverá uma redução significativa no consumo de energia.

- **Cenário-8**: **Projeção de demandas máximas 2020 - Sistema São Lourenço em operação**

Tabela 14: Cenário-8_Resultados

CENÁRIO-8 proj.2020máx	Dupl. AO 1800mm / b. Jaguara c/ novos conj. motorbomba (3G) c/inversor + troca dos rotores + 6ºgrupo desl. /EEA Jd.Damasceno - 2ºetapa / B.V+Conceição pela AO / Sistema São Lourenço em operação				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	914	914	8,1	3,5	
Pirituba	591	591	22,2	17,1	
Mutinga	1513	1513	29,3	20,3	
V.Jaguara	381	381	34,5	29,8	
Quitaúna	436	436	51,5	44,9	
V.Iracema	1413	1413	24,0	16,3	
Bela Vista + Conceição	616	616	40,7	36,9	
Soma Parcial	**5864**	**5864**			**Déficit de 0l/s (*)**
Jaguaré	565	565	17,5	7,4	
Soma Geral	**6429**	**6429**			**Déficit de 0l/s (*)**

A bomba avaliada para este cenário foi a Flowserve 600-LNN-975_**400rpm**-rotor de 907mm (ou marca similar com mesmas características de performance).

Observar que para a operação do booster Jaguara à partir da entrada do Sistema São Lourenço, sua área de abrangência é reduzida para até o reservatório Vila Iracema, fazendo com que a sua operação convencional seja com os mesmos conjuntos motorbomba, porém com 03cjs. ao invés de 04cjs. (todos eles em 400rpm). Para assegurar o abastecimento até Carapicuíba e Jd.Tupã em casos de contingência, a melhor opção consiste em se manter a demanda contratada nos mesmos moldes anteriores e operar c/04 conjuntos (715rpm).

Tabela 15: Cenário-8_Resultados

CEN-8_2020máx c/SL	PERFORMANCE DOS CONJUNTOS MOTORBOMBA							
Grupos booster Jaguara	Q por bomba (l/s)	AMT (mca)	ηbomba (%)	ηmotor (%)	Proj.consumo inst. (cv) Proj.demanda inst. (cv)	Proj.consumo inst. (kW) Proj.demanda inst. (kW)	Proj.consumo inst. (cv) c/ contingência Proj.demanda inst. c/ contingência(cv)	Proj.consumo inst. (cv) c/ contingência Proj.demanda inst. c/ contingência(cv)
G1-G3	822	18,4	90	95	3x236	3 x 174	3x236	3 x 174
					3 x300	3 x 221	4 x1300	4 x 956
Soma Total	2466				708 / 900	522 / 663	708 / 5200	636 / 3824

- **Cenário-8**: **Projeção de demandas mínimas 2020 - Sistema São Lourenço em operação**

Tabela 16: Cenário-8_Resultados

CENÁRIO-8 proj.2020mín	Dupl. AO 1800mm / b. Jaguara desligado (abastecimento por gravidade) / EEA Jd.Damasceno -2ºetapa / B.V+Conceição pela AO / Sistema São Lourenço em operação				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	δhválv. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	512	512	11,1	6,6	
Pirituba	385	385	36,2	31,5	
Mutinga	957	957	43,5	34,8	
V.Jaguara	277	277	40,6	36,2	
Quitaúna	306	306	43,6	37,0	
V.Iracema	929	929	17,6	10,8	
Bela Vista + Conceição	388	388	33,8	30,1	
Soma Parcial	**3754**	**3754**			**Déficit de 0l/s (*)**
Jaguaré	368	368	35,3	25,3	
Soma Geral	**4122**	**4122**			**Déficit de 0l/s (*)**

Nota: Com a construção da duplicação da adutora de 1800mm, haverá a possibilidade de se efetuar o abastecimento durante as condições de vazão mínima noturna por gravidade, assegurando-se uma vazão de 2857l/s com economia de energia.

- **Cenário-8**: **Projeção de demandas máximas 2035 - Sistema São Lourenço em operação**

Tabela 17: Cenário-8_Resultados

CENÁRIO-8 proj.2035máx	Dupl. AO 1800mm / b. Jaguara c/ novos conj. motorbomba (3G) c/inversor + troca dos rotores + 6ºgrupo desl. /EEA Jd.Damasceno - 2ºetapa / B.V+Conceição pela AO / Sistema São Lourenço em operação				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	ΔhvalV. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	960	960	7,4	2,8	
Pirituba	626	626	23,7	18,8	
Mutinga	1671	1671	24,6	15,5	
V.Jaguara	404	404	32,7	27,9	
Quitaúna	528	528	45,9	39,2	
V.Iracema	1597	1597	17,8	9,6	
Bela Vista + Conceição	715	715	34,6	30,7	
Soma Parcial	**6501**	**6501**			**Déficit de 0l/s (*)**
Jaguaré	610	610	13,4	3,2	
Soma Geral	**7111**	**7111**			**Déficit de 0l/s (*)**

Tabela 18: Cenário-8_Resultados

CEN-8_2035máx c/SL	PERFORMANCE DOS CONJUNTOS MOTORBOMBA							
Grupos booster Jaguara	Q por bomba (l/s)	AMT (mca)	ηbomba (%)	ηmotor (%)	Proj.consumo inst. (cv) Proj.demanda inst. (cv)	Proj.consumo inst. (kW) Proj.demanda inst. (kW)	Proj.consumo inst. (cv) c/ contingência Proj.demanda inst. c/ contingência(cv)	Proj.consumo inst. (cv) c/ contingência Proj.demanda inst. c/ contingência(cv)
G1-G3	947	17,1	88	95	3x258	3 x 190	3x258	3 x 190
					3 x300	3 x 221	4 x1300	4 x 956
Soma Total	2841				774 / 900	570 / 663	774 / 5200	570 / 3824

Nota: Para o ponto de trabalho analisado (Q=947l/s;AMT=17,0mca), o rendimento obtido pela bomba ainda é elevado para este equipamento (88%).

- **Cenário-8**: **Projeção de demandas mínimas 2035 - Sistema São Lourenço em operação**

Tabela 19: Cenário-8_Resultados

CENÁRIO-8 proj.2035mín	Dupl. AO 1800mm / b. Jaguara desligado (abastecimento por gravidade) / EEA Jd.Damasceno -2ºetapa / B.V+Conceição pela AO / Sistema São Lourenço em operação				
Setores	Qproj (l/s)	Qobtida (l/s)	Pmont. (mca)	ΔhvalV. (mca)	Observ.
V.Brasilândia	568	568	10,7	6,2	
Pirituba	408	408	35,0	30,2	
Mutinga	1051	1051	41,4	32,6	
V.Jaguara	293	293	39,6	35,2	
Quitaúna	370	370	41,6	34,9	
V.Iracema	1050	1050	15,3	8,3	
Bela Vista + Conceição	450	450	31,6	27,8	
Soma Parcial	**4190**	**4190**			**Déficit de 0l/s (*)**
Jaguaré	398	398	33,4	23,3	
Soma Geral	**4588**	**4588**			**Déficit de 0l/s (*)**

Nota: Com a construção da duplicação da adutora de 1800mm, haverá a possibilidade de se efetuar o abastecimento durante as condições de vazão mínima noturna por gravidade, assegurando-se uma vazão de 3214l/s com economia de energia.

- **Comparativo cenários de abastecimento-Projeção demanda máxima 2020**

Tabela 20: Comparativo dos resultados dos cenários analisados

CENÁRIOS	VAZÃO BOOSTER JAGUARA				DÉFICIT DE VAZÃO				
	G1-G4 l/s	G6/GRAVIDADE l/s	TOTAL l/s	COMPARAT. C/CEN-1 l/s	JUSANTE B.JAGUARA l/s	ADUT.GUARAÚ-LAPA l/s	MONT.B.JAGUARA l/s	TOTAL l/s	COMPARAT. C/CEN-1 l/s
CEN-1	4058	1638	5696	-	1179	477	241	1897	-
CEN-2	4897	1122	6019	323	611	480	485	1576	-321
CEN-3	5022	1360	6382	686	764	469	351	1584	-313
CEN-4	4653	1518	6171	475	735	486	0	1221	-676
CEN-5	4667	1537	6204	508	702	474	0	1176	-721
CEN-6	5012	1894	6906	1210	0	497	0	497	-1400
CEN-7	5628	1894	7522	1826	0	0	76	76	-1821
CEN-8	5628	1894	7522	1826	0	0	0	0	-1897

Apesar da pequena diferença de déficit de vazão entre os **cenários 7 e 8**, a alternativa **nº 8** é a única que consegue atender as limitações de energia junto a Eletropaulo, a qual limita para o booster Jaguara a demanda contratada de 4150kW (+5%de folga), lembrando-se que de acordo com as premissas desta análise, este é um fator para exclusão de uma proposta de abastecimento.

Em relação ao **cenário-6**, o fato de não poder suprir um déficit em torno de 500l/s, particularmente nos reservatórios de Jaguaré e Bela Vista/Conceição, devido às perdas de carga (tanto nas linhas do Cotia como também no trecho de adutora para Jaguaré e Bela Vista/Conceição) juntamente com efeito decorrente da entrada em operação da adutora/EEAs Guaraú-Lapa-Perdizes-Sumaré, acabam por inviabilizar esta alternativa.

Observar que em caso de se manter o booster Jaguara sem readequação, não fazendo-se a obra de duplicação da Alça Oeste, haverá um déficit no atendimento/ perda de faturamento de vazão em torno de 1800l/s para a projeção de demanda máxima (incremento do coeficiente K1), que deverá ocorrer durante os meses de verão, durante o horário de pico de consumo.

Análise de Transientes Hidráulicos

Por ocasião da contratação do projeto de duplicação da Alça Oeste no trecho compreendido entre o final da duplicação da alça oeste [2)] e readequação do booster Jaguara, deve ser contratada uma análise hidráulica que envolva tanto o regime permanente como o transiente hidráulico, fazendo-se uma avaliação / diagnóstico dos dispositivos de proteção de transientes existentes, como também se análise indicar, o dimensionamento de dispositivos de proteção adicionais, em ambas etapas de operação do booster Jaguara: sem e com a entrada do Sistema Produtor São Lourenço).

Esta análise é necessária, tendo em vista mudanças significativas de abastecimento tanto em relação ao maior aporte de vazão gerado pela obra de duplicação, como também devido às condições operacionais geradas pela utilização de inversores de freqüência nos futuros conjuntos motor-bomba do booster Jaguara [3)].

2) Intersecção das adutoras de 2100mmx1500mm_em torno de 100metros à montante da adutoras para V.Brasilândia até a sucção do booster Jaguará, c/ extensão aproximada de 10km e diâmetro de 1800mm.

3) É conveniente tendo em vista o porte desta obra, uma análise dos harmônicos gerados pela mudança de rotação das bombas e sua eventual influência da freqüência de vibração da adutora.

PROJEÇÃO PRELIMINAR DE CUSTOS

Um importante tópico a ser abordado, será a perda de faturamento pela Sabesp em caso da não implantação deste empreendimento ou mesmo a sua implantação tardia (com atrasos). Para se ter uma idéia do que este déficit representa, segue uma extrapolação preliminar, do impacto financeiro envolvido:

Considerando-se um valor estimado de 4,0R$/m³ (água+esgoto), e tomando como referência um período em torno de 4meses (período de temperaturas elevadas no ano) e que o déficit de abastecimento ocorra durante 6horas/dia (das 10h à 16h) tem-se:

6h/24h=1/4 x (4meses x (30dias x24hx60minx60s))x 1900l/s;

4.924.800.000,00 l/ano=4.924.800m³ ao ano;

4,9 x 4reais=19,6milhões de reais de perda de faturamento ao ano

Estimando-se um período de 5anos (2016-2020), resulta em:

19,6 x 5anos=**98milhões de reais** –Projeção preliminar da perda de faturamento p/5 anos

Caso nada seja feito até aquela data, o impacto financeiro será de grandes proporções, conforme o cálculo preliminar acima.

Tomando-se por base os custos de um obra com características similares tal como adutora Guaraú-Jaraguá, (diâmetro 1800mm, extensão 10km-da mesma ordem que o cenário proposto) pode-se ter uma noção preliminar de custos envolvidos.

- Adutora

Custo estimado adutora –R$ 86.300.000,00 (diâmetro 1800mm, extensão aprox.10Km)-ref: fev.2012

- Readequação do booster Jaguara

-Aquisição de 05 conjuntos motorbomba c/1300cv cada (04 conjuntos em operação +01 conjunto reserva/bancada. Vazão por grupo =1400l/s, AMT=60mca)

Nota: *As bombas possuem carcaça de aço carbono, enquanto que os motores devem possuir eficiência mínima de 95%*

Custo estimado por conjunto motorbomba-R$1.900.000,00

Custo p/ 05 conjuntos motorbomba-R$9.500.000,00

-Aquisição de 05 inversores de média tensão

Custo estimado por unidade-R$1.000.000,00

Custo p/ 04 unidades +01unid.reserva/bancada-R$5.000.000,00

Custo estimado readequação do booster-R$14.500.000,00

Custo estimado adutora + readequação booster Jaguara **R$101.000.000,00**

CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÕES

Ao se analisar os 08 cenários de abastecimento propostos, visando atender as projeções de demanda máxima de 2020 (considerando-se um atraso em torno de 2 anos para a implantação/operação do futuro Sistema São Lourenço) chega-se as seguintes conclusões:

- Somente o **cenário nº8**, composto por duplicação da alça oeste c/ diâmetro de 1800mm e extensão aproximada de 10km[3)] e readequação do booster Jaguara com a aquisição de 05 conjuntos motorbomba, sendo 01 reserva/bancada+05 inversores de média tensão, sendo 01 reserva/bancada[4)] é que conseguirá assegurar o pleno atendimento das demandas no horário de pico de consumo da Alça Oeste atendendo ainda todas as restrições de demanda de energia junto a Eletropaulo e portanto é cenário escolhido para ser implantado.

3) *trecho compreendido entre o final da duplicação da alça oeste 2100mmx1500mm_aprox.100m à montante da adutoras para V.Brasilândia até a sucção do booster Jaguara*

4)*Q=1400l/s com AMT=60mca por conjunto motorbomba*

trecho c/ gargal

Os benefícios decorrentes desta obra estão listados abaixo:

- Assegurar/minimizar o impacto nos setores Bela Vista/Conceição e Jaguaré (os quais terão o seu abastecimento comprometido devido a entrada da adutora/EEAs Lapa-Perdizes-Sumaré), tendo em vista que nesta proposta os setores Bela Vista/Conceição terão o seu abastecimento pleno pela alça Oeste.
- Eventual contingência para os setores Carapicuíba, Cohab e Tamboré em caso de falha no Sistema São Lourenço.

- Poderá formar no futuro junto em caso de substituição das linhas do Cotia e adutora para Jaguaré-Bela Vista uma espécie de anel hidráulico que assegurará uma maior confiabilidade ao Sistema Adutor Metropolitano (requer estudo específico).

- Apesar do custo de implantação ser elevado, este empreendimento tende a ter tempo de retorno de investimento curto, em torno de 05 anos, considerando-se uma operação à partir de 2016 à 2020.

Para a elaboração do projeto para a implantação deste **cenário nº8**, tendo em vista o porte desta obra, como também as condições operacionais geradas pela utilização de inversores de freqüência nos futuros conjuntos motor-bomba do booster Jaguara é imprescindível:

- A contratação de uma análise hidráulica que envolva tanto o regime permanente como o transiente hidráulico, contendo entre outros itens a avaliação / diagnóstico dos dispositivos de proteção de transientes existentes, como também se for o caso, o dimensionamento de dispositivos de proteção adicionais, considerando-se as seguintes etapas de operação do booster Jaguará: sem e com a entrada do Sistema Produtor São Lourenço.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1-Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp)_Relatório Técnico MAGG 088/2012-Análise de alternativas de abastecimento da Alça Oeste-2ª versão

2-Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp)_Plano de Contingência do Sistema Integrado-versão 2013-MAGG

3-Tsutiya, Milton Tomoyuki-Abastecimento de água /3ª edição –São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

4-Haestad Methods-Advanced water distribution modeling and management-First Edition, 2003