

**I-067 - METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROJETO APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKE, COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE EPANET**

**Stefan Igreja Mühlhofer<sup>(1)</sup>**

Físico pela Universidade de Brasília – UnB. Engenheiro Civil pelo Instituto de Ensino Superior Planalto – IESPLAN. Especialista em Geoprocessamento pela Universidade de Brasília – UnB. Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Católica de Brasília – UCB. Analista de Sistemas de Saneamento e Superintendente de Projetos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

**Carol Silva e Oliveira Sá Teles<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade de Brasília – UnB. Pós-Graduação MBA em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Analista de Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sibiruna, Lotes 13/21, Centro de Gestão Águas Emendadas, Edifício São Francisco 1º Andar, EPR – Águas Claras – Brasília – DF – Brasil – CEP: 71928-720 - Brasil - Tel: +55 (61) 3213-7168 – e-mail: [StefanMuhlhofer@caesb.df.gov.br](mailto:StefanMuhlhofer@caesb.df.gov.br)

## **RESUMO**

O trabalho apresenta uma metodologia de levantamento de dados para subsidiar os projetos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) utilizando uma base comum que permite a permuta de informações em ambos os sistemas. Esta metodologia foi utilizada na concepção da complementação do SAA do Park Way abrangendo o Aeroporto Internacional de Brasília, entre outros setores, no Distrito Federal.

A estruturação proposta visa agregar as informações pertinentes aos projetos dos sistemas de água e esgotamento sanitário – população atendida, consumo *per capita*, índice de perdas, produção *per capita*, variações horárias do consumo (K2), variações diárias do consumo (K1), taxa de ocupação das unidades residenciais e coeficiente de retorno (C) – associando a elas uma poligonal, um dado espacial. Desta forma se produzem as Unidades de Projeto (UPs), áreas espacialmente definidas consideradas homogêneas do ponto de vista dos parâmetros de interesse para projetos de saneamento.

Este trabalho apresenta a metodologia adotada em um projeto piloto realizado na Gerência de Concepção e Microsistemas da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito federal – CAESB com o objetivo de facilitar consultas que enfoquem áreas menores de projeto dando mais celeridade e acurácia às situações que se apresentem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Unidade de projeto, Epanet, adução de água tratada, sistema de abastecimento de água, reservação de água tratada, reservatório de água, discretização de dados de projeto.

## **INTRODUÇÃO**

O objetivo deste trabalho é apresentar alternativas em nível de concepção para a complementação do SAA do Park Way, abrangendo os Setores 1 e 2 do SMPW, o Aeroporto Internacional de Brasília e o Núcleo Rural Vargem Bonita.

O SAA do Park Way é composto pelas captações do Catetinho Baixo CAP.CTB.001 e CAP.CTB.002; e pelo reservatório apoiado RAP.PKW.001, todos integrantes do Sistema Descoberto.

O Setor 1 do SMPW e o Aeroporto Internacional de Brasília são abastecidos pelo RAP.PKW.001, cuja água provém do Sistema Descoberto. Originalmente o Setor 1 do SMPW era abastecido pelas captações do Catetinho Alto (CAP.CTA.001 e CAP.CTA.002), entretanto atualmente estas captações foram desativadas por falta de cota disponível para suprir o RAP.PKW.001.

O Setor 2 do SMPW e Vargem Bonita são abastecidos pelas captações do Catetinho Baixo CAP.CTB.001 e CAP.CTB.002, que ocorrem no Ribeirão do Gama. Este setor não possui uma unidade de reservação, e a água captada passa por uma Unidade de Tratamento Simplificado (UTS.CTB.001), e em seguida é distribuída por gravidade até as fontes consumidoras, com exceção dos Conjuntos 15 e 16 da Quadra 17, que contam com uma elevatória tipo *booster* no seu abastecimento (EBO.PKW.002).

Este trabalho foi motivado por diversas dificuldades operacionais no abastecimento que ocorrem no SAA do Park Way. O sistema Catetinho Baixo frequentemente saía de operação por motivos diversos:

- Falta de energia elétrica na UTS.CTB.001: por essa área se localizar em ponta de rede da Companhia de Energia Elétrica de Brasília (CEB), tem-se verificado constantes falhas no fornecimento de energia, o que provoca deficiência no padrão do tratamento e tem exigido interrupção do abastecimento;
- Rompimento constante da adutora que abastece o Setor 2 do SMPW (AAT.CTB.010), de fibro-cimento com  $\phi = 350$  mm;
- Baixa produção no período de estiagem;
- Em períodos de chuvas intensas, a UTS Catetinho tem dificuldade em manter a turbidez abaixo do Valor Máximo Permitido – VMP definido pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.

Outra dificuldade na operação do SAA Park Way era a intermitência de fornecimento de água na área do Aeroporto Internacional de Brasília. À época, o Aeroporto operava com demanda reprimida e estavam previstas obras de ampliação para todo o complexo aeroportuário. Isso aumentaria significativamente sua demanda, agravando as dificuldades de abastecimento se a configuração desse SAA não fosse ampliada. Tal situação exigiu adequações no sistema, especialmente quanto à produção e adução.



**Figura 1: Localização da região estudada**

O presente trabalho serviu de projeto piloto para inserir um novo conceito de regionalização para as áreas de abastecimento, de forma a facilitar consultas futuras que enfoquem áreas menores de projeto.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram realizadas duas verificações do SAA estudado, uma considerando o sistema produtor e outra referente ao desempenho das adutoras e subadutoras. Em ambas as verificações se utilizou o software EPANET versão 2.0, desenvolvido pela U. S. Environmental Protection Agency (USEPA).

Conforme explicitado em UFPB (2012), o EPANET versão 2.0 é um programa de computador que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição pressurizadas. O programa permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. Foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano.

Para a definição das UPs, parte-se inicialmente dos Setores de Projeto (SP), que representam a macro área para a qual se aplica o projeto de interesse. No caso específico deste estudo, o SP representa todo o SAA do Park Way: Setores 1 e 2 do Setor de Mansões do Park Way (SMPW), Aeroporto e Vargem Bonita (Figura 1). O SP é subdividido considerando as seguintes condicionantes:

- os Setores Urbanos;
- os Setores de Abastecimento, compostos basicamente das Unidades de Distribuição de Água e suas zonas de pressão; e
- os Setores de Esgotamento, considerando as bacias de esgotamento.

Realizada esta etapa de discretização de dados, produzem-se as UPs, que são, portanto, um polígono único com associação geoespacial, que não ultrapassa nenhum dos seguintes polígonos: Região Administrativa, Setor Urbano, Setor de Água e Setor de Esgoto. A Figura 2 ilustra a disposição da UPs na poligonal do Setor de Projeto.



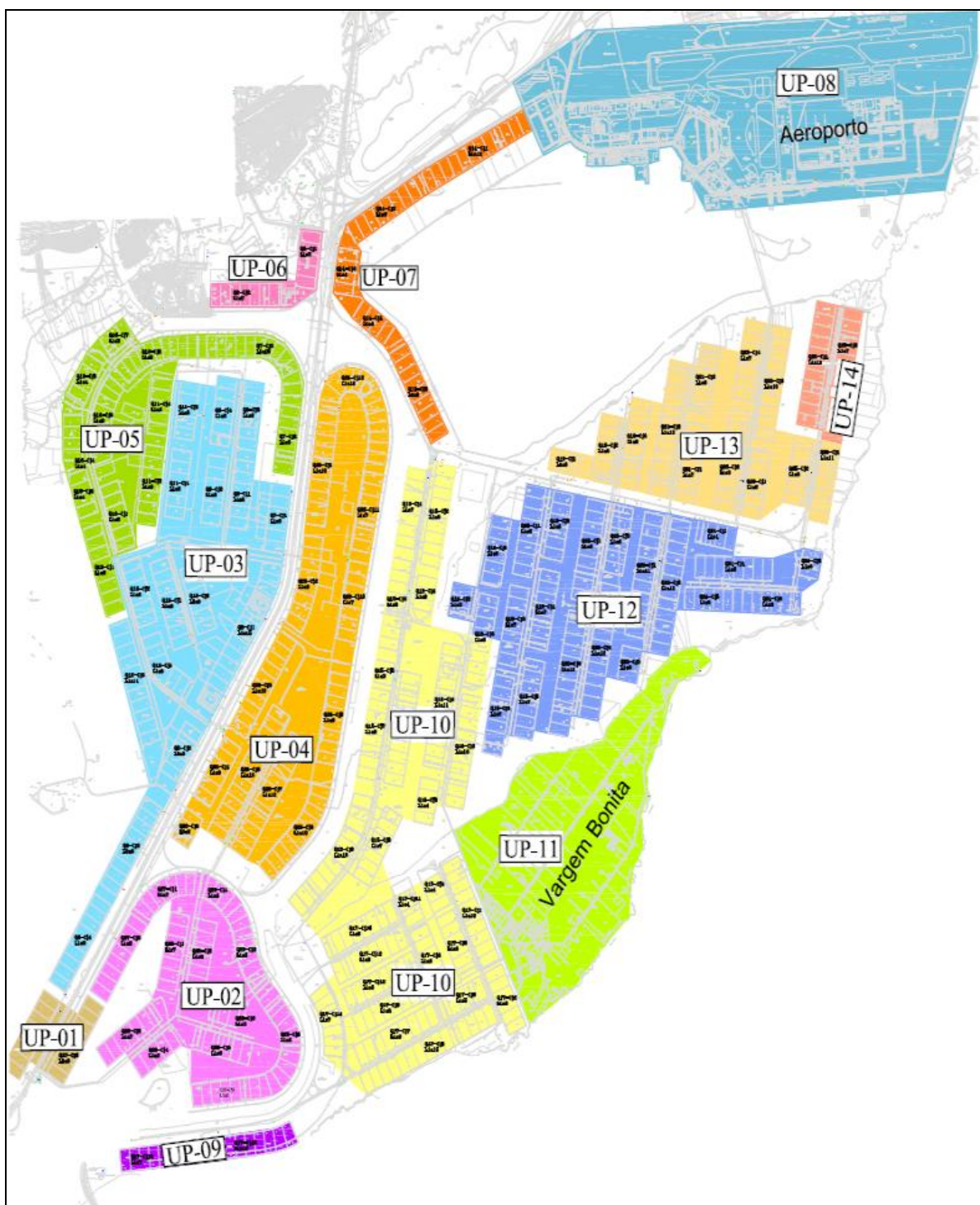


Figura 2: Unidades de Projeto definidas para o Setor de Projeto – Park Way

## ANÁLISE POPULACIONAL

Baseado no crescimento apresentado na Tabela 1 para o Núcleo Bandeirante, considerou-se um crescimento para a região do Park Way Setores 1 e 2, que, nessa tabela está inserido no Núcleo Bandeirante, com o mesmo crescimento proporcional apresentado nessa tabela. Tal proporcionalidade respeitou os limites estabelecidos pelo PDOT/DF-2009 como condição de saturação para a RA Park Way.

**Tabela 1: População do DF, por Regiões Administrativas por Período**

Região Administrativa	População Total (hab) nos Anos Indicados					
	2015	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Brasília</b>	232.816	245.155	252.260	257.036	260.441	262.821
<b>Gama</b>	182.866	201.269	215.815	224.614	232.930	240.365
<b>Taguatinga</b>	369.730	395.408	417.987	438.076	454.727	463.418
<b>Brazlândia</b>	79.808	85.847	89.187	91.783	93.966	96.218
<b>Sobradinho</b>	234.833	251.965	269.228	284.919	299.149	312.152
<b>Planaltina</b>	313.971	369.877	397.787	423.727	447.585	470.766
<b>Paranoá</b>	63.426	67.236	73.484	77.820	81.830	86.052
<b>Núcleo Bandeirante</b>	69.813	79.899	87.367	94.215	96.944	98.039
<b>Ceilândia</b>	351.704	351.413	355.595	355.917	356.298	356.661
<b>Guará</b>	171.473	196.597	207.262	221.444	225.216	227.114
<b>Cruzeiro</b>	101.556	104.951	107.177	108.335	109.735	109.989
<b>Samambaia</b>	177.685	180.700	185.649	188.856	191.140	193.427
<b>Santa Maria</b>	136.373	151.170	163.946	176.526	186.337	193.707
<b>São Sebastião</b>	130.036	142.809	151.548	160.456	171.135	179.360
<b>Recanto das Emas</b>	137.084	139.730	142.014	142.817	145.111	146.993
<b>Lago Sul</b>	31.938	33.139	33.813	34.147	34.216	34.226
<b>Riacho Fundo</b>	74.509	90.664	104.728	118.918	130.612	139.778
<b>Lago Norte</b>	43.792	49.786	55.155	60.390	64.479	66.806
<b>Candangolândia</b>	16.910	17.167	17.575	17.811	17.979	18.096
<b>Total do DF</b>	<b>2.920.322</b>	<b>3.154.782</b>	<b>3.327.576</b>	<b>3.477.807</b>	<b>3.599.829</b>	<b>3.695.987</b>

Esse estudo considerou, portanto, as informações constantes no PDOT/DF-2009 no que tange a previsão e forma de ocupação das áreas Park Way Setores 1 e 2, bem como a região do Núcleo Hortícola Suburbano Vargem Bonita, além das contagens dos lotes feitas pela Administração Regional do Park Way para elaboração do plano diretor da RA. Não foram encontradas informações oficiais sobre a Vargem Bonita, portanto foi feita uma contagem em campo dos lotes vazios e característica de ocupação.

Tanto o Park Way quanto Vargem Bonita foram classificados no PDOT/DF-2009 como Zona Urbana de Uso Controlado I, com baixa densidade demográfica e sem previsão de alteração dessa classificação para o futuro. Dessa forma, a ocupação máxima aceita nesse projeto para o Park Way foi a saturação dos lotes parcelados em 8 frações, da mesma forma que está sendo considerado pela Administração do Park Way em seus estudos para a elaboração do seu Plano Diretor Local (PDL). A Vargem Bonita não se enquadra na descrição anterior, entretanto os lotes vazios são poucos e segundo relato da comunidade, as expansões irregulares são prontamente denunciadas a fim de não deixarem que a área seja ocupada desordenadamente.

A Administração do Park Way identificou que em 2010 a ocupação do Park Way é de aproximadamente 50% da capacidade total, para os Setores 1 e 2.

Quanto ao Aeroporto, foi fornecida a planta da 1ª fase de ampliação e a planta com a configuração final da área do Aeroporto (horizonte 2029), dados estimados de demanda de água de longo prazo do Terminal de Passageiros (TPS) e outras áreas afins, e informações quanto ao crescimento do movimento de passageiros até o ano de 2029.

A Tabela 2 apresenta a expectativa de crescimento populacional para o SAA Park Way. Salienta-se que essa tabela apresenta a população conforme a distribuição das UPs.

**Tabela 2: Projeção da população por UP**

UP	Ano						
	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
UP-01	307	381	436	476	514	529	535
UP-02	1.460	1.808	2.070	2.262	2.440	2.511	2.541
UP-03	2.228	2.760	3.159	3.453	3.724	3.832	3.879
UP-04	2.036	2.522	2.886	3.156	3.403	3.502	3.545
UP-05	1.460	1.808	2.070	2.262	2.440	2.511	2.541
UP-06	230	285	327	357	385	396	401
UP-07	711	880	1.008	1.101	1.188	1.222	1.237
UP-08	9.027	56.034	76.842	105.391	134.658	134.658	134.658
UP-09	326	404	463	506	546	562	568
UP-10	3.745	4.639	5.310	5.805	6.261	6.443	6.521
UP-11	1.431	1.773	2.029	2.218	2.392	2.462	2.492
UP-12	2.862	3.545	4.058	4.436	4.784	4.923	4.983
UP-13	1.748	2.165	2.478	2.709	2.922	3.007	3.043
UP-14	346	428	490	536	578	595	602
<b>TOTAL</b>	<b>27.915</b>	<b>79.433</b>	<b>103.623</b>	<b>134.670</b>	<b>166.236</b>	<b>167.152</b>	<b>167.547</b>

### CONSUMO PER CAPITA

Em função da região em estudo não possuir características de consumo semelhantes ao Núcleo Bandeirante, considerou-se o consumo *per capita* semelhante ao da RA Lago Norte (294,0 L/hab/dia) nos cálculos de demanda.

A Vargem Bonita, apesar de estar inserida na RA do Park Way, não apresenta consumo *per capita* equivalente ao do Lago Norte, em virtude de possuir características de ocupação e renda bem diferenciada do Park Way. Assim, foi considerado o *per capita* mínimo para a área que é de 120,0 L/hab/dia, adequando-se à realidade sócio-econômica do local.

No caso do Aeroporto Internacional de Brasília, os dados de demanda considerados no projeto de expansão de todo o complexo do Aeroporto têm horizonte de projeto para 2029.

### ÍNDICE DE PERDAS

Optou-se neste projeto pela utilização de IP = 30,90% para todos os cenários estudados (2010, 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040). Sabe-se que esta solução permanece conservadora uma vez que se percebe a tendência de serem atingidos valores inferiores de IP nos próximos anos. No entanto, entende-se que esta solução é menos conservadora.

Para a determinação do consumo *per capita* incorporou-se as perdas de água do sistema de abastecimento ao consumo efetivo *per capita*, conforme se observa na equação (01):

$$q = q_e / (1 - IP) \quad (01)$$

Onde:

q = consumo per capita de água;

q<sub>e</sub> = consumo efetivo per capita de água;

IP = índice de perdas.

## VAZÃO

A Vazão considerada para o projeto foi definida em função da população a ser abastecida, o consumo *per capita*, as perdas e os coeficientes de variação de vazão. Para o Coeficiente do dia de maior consumo, utilizou-se o valor  $K1 = 1,2$ .

O padrão temporal adotado corresponde ao período de 24 horas, sendo que a cada hora é atribuído em fator multiplicativo. A Tabela 3 apresenta os padrões de consumo que foram utilizados na simulação das adutoras do Sistema Park Way. O fator multiplicativo está associado às variações de consumo de água ao longo do dia. Este padrão inicia à 01:00 hora, horário em que o valor do fator é pequeno (0,878), correspondendo ao baixo consumo que ocorre durante a madrugada, e tem seu valor de pico às 12:00 horas correspondente à 1,403. No entanto, este valor de pico foi alterado para 1,5 de forma que não se utilizasse valores inferiores ao valor referencial bibliográfico onde  $K2 = 1,5$ .

**Tabela 03: Padrão de consumo**

Intervalo	Fator Multiplicativo	Intervalo	Fator Multiplicativo
1:00	0,878	13:00	1,385
2:00	0,776	14:00	1,333
3:00	0,677	15:00	1,291
4:00	0,604	16:00	1,209
5:00	0,566	17:00	1,174
6:00	0,566	18:00	1,163
7:00	0,556	19:00	1,221
8:00	0,556	20:00	1,281
9:00	0,717	21:00	1,236
10:00	0,965	22:00	1,201
11:00	1,246	23:00	1,044
12:00	1,403 *	24:00	0,974

\*Valor alterado na simulação para 1,5.

A definição do padrão temporal permite ao modelo de simulação considerar os momentos de maior consumo e representar com mais fidelidade as características do sistema de distribuição de água, assim como o comportamento do nível do reservatório.

Assim, a vazão de projeto foi calculada como mostra a equação (02):

$$Q_h = (n^\circ \text{ de habitantes} \times \text{consumo per capita} \times K1 \times f(K2)) / 86.400 \quad (02)$$

Onde:

$Q_h$ : Vazão máxima horária (L/s);

$K1$ : Coeficiente do dia de maior consumo (adimensional);

$K1$ : Coeficiente a hora de maior consumo (adimensional).

As UPs consideradas possuem demanda essencialmente residencial, com exceção da UP-08, onde existem características de demanda comercial e industrial, devido à presença do Aeroporto Internacional de Brasília nesta UP. Assim, para as demais UPs, calculou-se o consumo conforme a equação (02).

Os dados de consumo de 2010 foram obtidos através do levantamento realizado pelo Sistema Comercial da Caesb – SICOOC, de onde se obteve as demandas médias mensais de cada UP.

A Tabela 4 apresenta as vazões médias calculadas para cada UP no período de 2010 a 2040.

**Tabela 4: Projeção das demandas médias das UPs (L/s)**

UP	Ano						
	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
UP-01	1,05	1,30	1,48	1,62	1,75	1,80	1,82
UP-02	4,97	6,15	7,04	7,70	8,30	8,54	8,65
UP-03	7,58	9,39	10,75	11,75	12,67	13,04	13,20
UP-04	6,93	8,58	9,82	10,74	11,58	11,92	12,06
UP-05	4,97	6,15	7,04	7,70	8,30	8,54	9,44
UP-06	0,78	0,97	1,11	1,22	1,31	1,35	1,49
UP-07	2,42	3,00	3,43	3,75	4,04	4,16	4,21
UP-08	9,25	57,42	78,74	107,99	137,98	137,98	137,98
UP-09	1,11	1,38	1,58	1,72	1,86	1,91	1,93
UP-10	12,74	15,79	18,07	19,75	21,30	21,92	22,19
UP-11	2,44	2,91	3,28	3,56	3,82	3,93	4,36
UP-12	9,74	12,06	13,81	15,10	16,28	16,75	16,96
UP-13	5,95	7,37	8,43	9,22	9,94	10,23	10,35
UP-14	1,18	1,46	1,67	1,82	1,97	2,02	2,05
<b>TOTAL</b>	<b>71,09</b>	<b>133,92</b>	<b>166,25</b>	<b>203,63</b>	<b>241,11</b>	<b>244,10</b>	<b>246,70</b>

#### ANÁLISE DA DEMANDA DO SISTEMA CATETINHO BAIXO

A vazão média de produção das captações CAP.CTB001 e CAP.CTB.002 é de 43,66 L/s, e a vazão de outorga da CAESB é de 50 L/s. A demanda média de fim de plano apresentada para o sistema Catetinho Baixo na Tabela 4 é de  $Q_m = 57,85$  L/s. Considerando somente o índice de perdas  $IP = 30,90\%$ , a vazão média de produção no fim de plano (2040) deverá ser de 83,72 L/s.

Sabendo que a disponibilidade hídrica do Ribeirão do Gama não é suficiente para fornecer a vazão demandada no fim de plano, e que este sistema não dispõe de unidades de reservação, percebe-se a necessidade de se reduzir a quantidade de economias abastecidas por este sistema, passando-as para serem abastecidas pelo RAP.PKW.001 de forma definitiva.

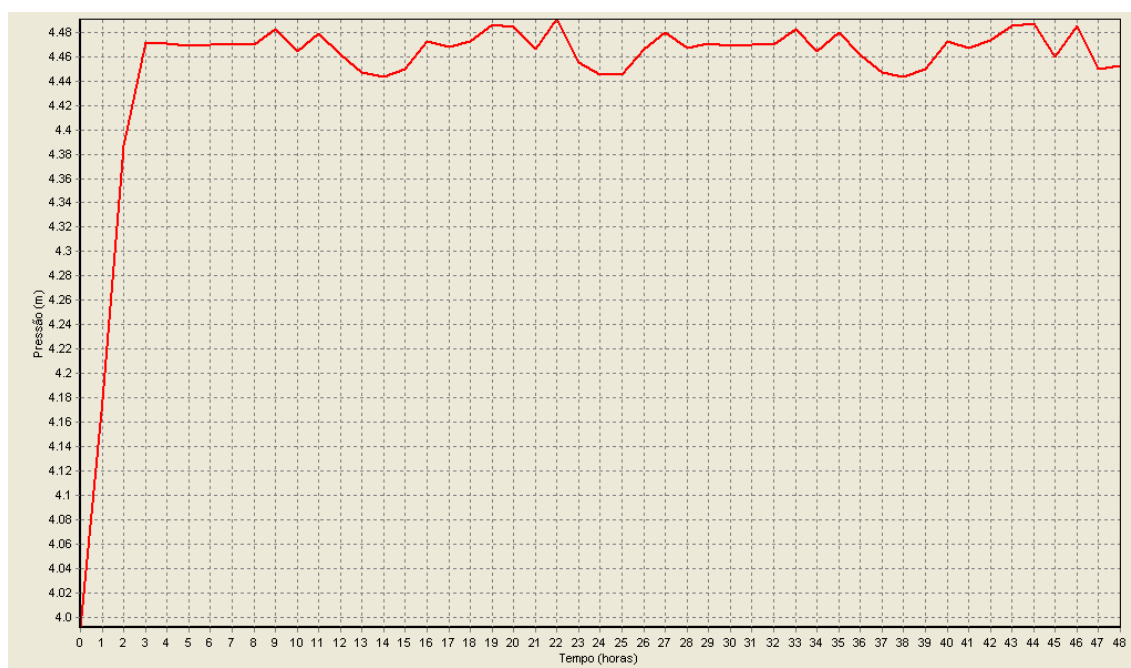
Assim, recomenda-se que já para o ano de 2015 as Quadras 16 Cj. 01 ao 03 / Qd. 18 / Qd. 20 / Qd. 22 / Qd. 24 (correspondente à UP-12) e Quadra 25 Cj.03 e 04 (correspondente à UP-14) sejam transferidas para o sistema do RAP.PKW.001.

#### VERIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO RAP.PKW.001

O RAP.PKW.001 é um reservatório com capacidade total de armazenamento de 3.000,00 m<sup>3</sup>, com variação de nível entre 1,0m (nível mínimo) e 4,5m (nível máximo). Os dados de níveis reais do RAP.PKW.001 mostram que este reservatório apresenta boa recuperação diária.

Assim, sabendo que atualmente o RAP.PKW.001 tem um bom funcionamento, foi realizada uma simulação, denominada simulação de controle, que representa as características atuais do sistema, a partir da qual se estabeleceu o modelo de funcionamento ótimo do RAP.PKW.001 (Figura 3). Ou seja, a verificação do reservatório consiste em estudar alternativas de reforço no abastecimento deste reservatório para que sejam mantidas suas características atuais de funcionamento quando for demandada a vazão de fim de plano (2040) contando com os Setores 1 e 2 do SMPW, Vargem Bonita e Aeroporto. Desta forma, foram consideradas quatro situações de abastecimento deste reservatório para o cenário de 2040.





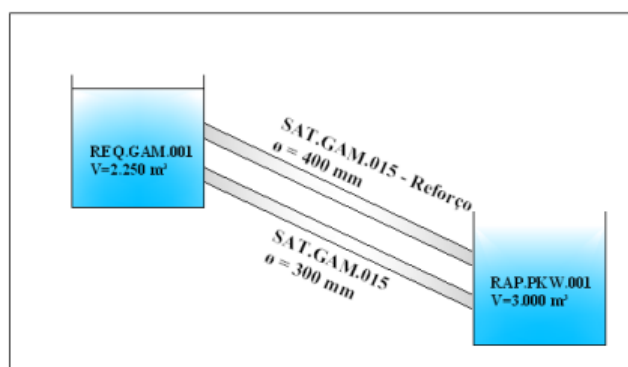
**Figura 3: Simulação do funcionamento atual do RAP.PKW.001 com tempo de simulação de 48 horas (Ano 2010)**

Observa-se pela análise da Figura 3 que o nível no RAP.PKW.001 praticamente não sofre alterações, mantendo-se no NA máximo. Na prática, o RAP.PKW.001 se mantém na maior parte do tempo com o nível acima de 3,5m, mas chega a atingir o nível mínimo (1,0m) no mês de setembro, o que indica que a simulação representa de forma otimizada o funcionamento deste reservatório.

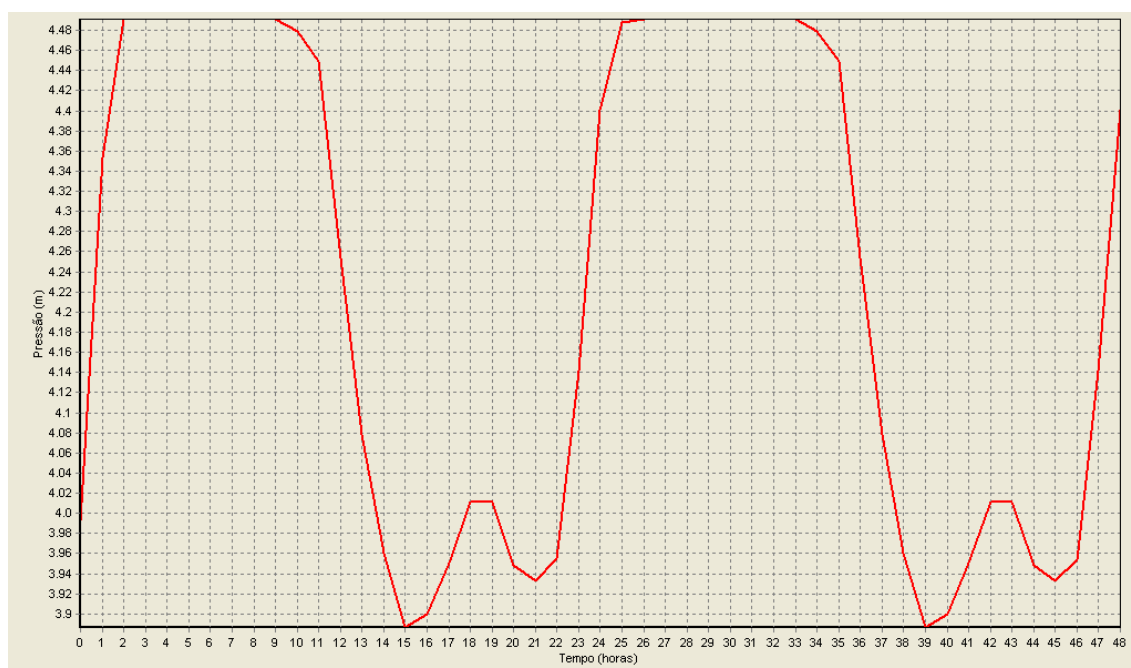
A seguir é feita a análise de cada proposta de verificação de funcionamento do RAP.PKW.001. A demanda considerada nas verificações corresponde à demanda de fim de plano (ano 2040) na pior hipótese, ou seja, quando é necessário que o abastecimento de todo o sistema ocorra através do RAP.PKW.001, com  $Q_h=489,56$  L/s.

### Verificação 1

A Verificação 1 considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido pela subadutora SAT.GAM.015  $\phi = 200$  mm e pelo reforço desta adutora denominado ADT-T23-REF com  $\phi = 400$  mm (Figura 4).



**Figura 4: Verificação 1**

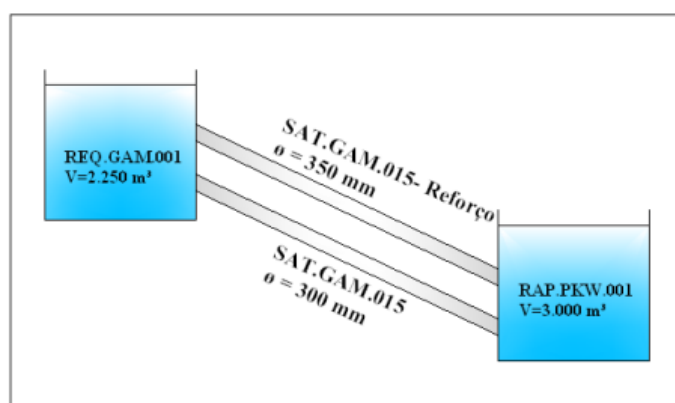


**Figura 5: Verificação do RAP.PKW.001 no funcionamento ótimo**  
**Tempo de simulação: 48 horas**  
**(Ano 2040)**

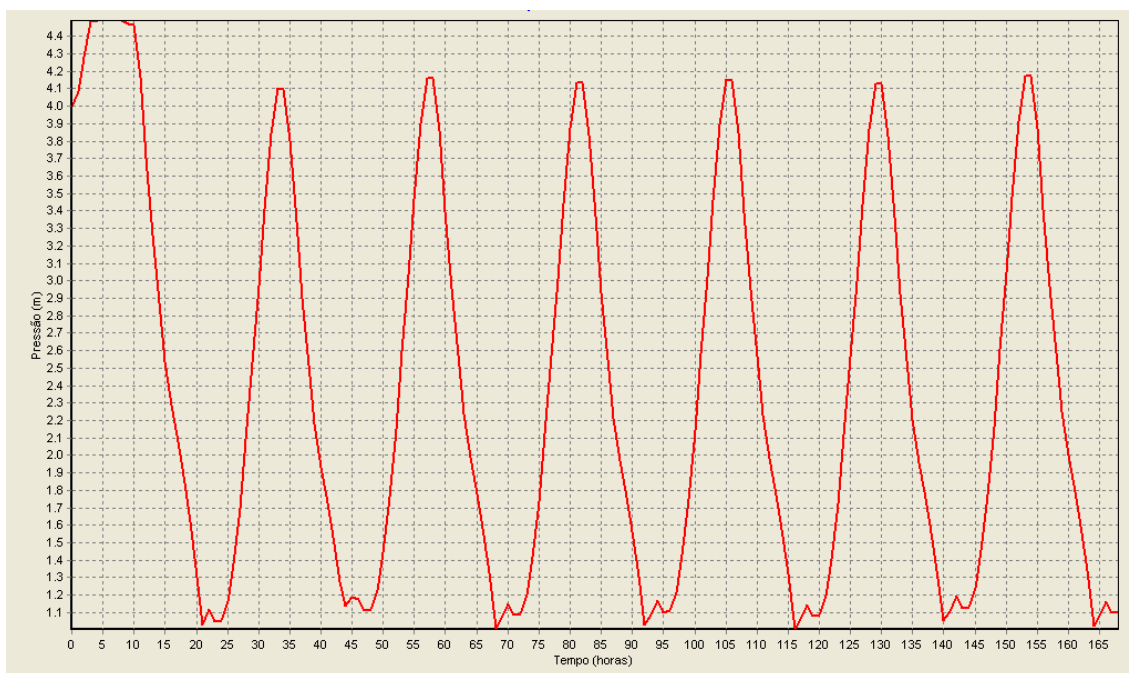
Análise: Verifica-se o funcionamento ótimo do reservatório compatível com o funcionamento observado atualmente.

## Verificação 2

A Verificação 2 considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido pela subadutora SAT.GAM.015  $\phi = 200$  mm e pelo reforço desta subadutora denominado ADT-T23-REF com  $\phi 350$  mm.



**Figura 6: Verificação 2**

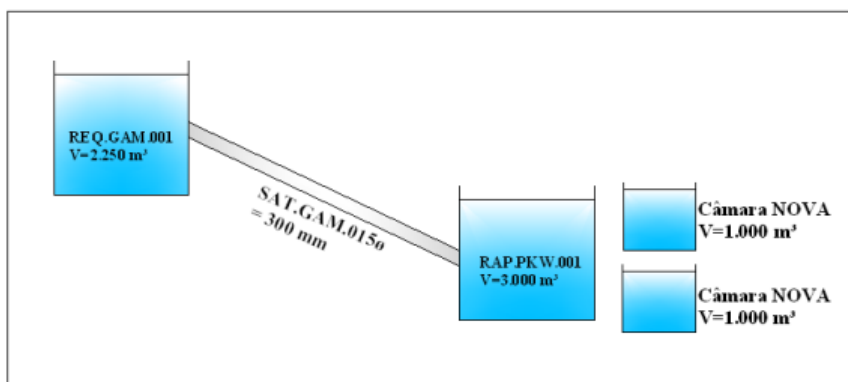


**Figura 7: Verificação do RAP.PKW.001, atinge o nível mínimo às 20 horas de cada dia**  
**Tempo de simulação: 1 semana (168 horas)**  
**(Ano 2040)**

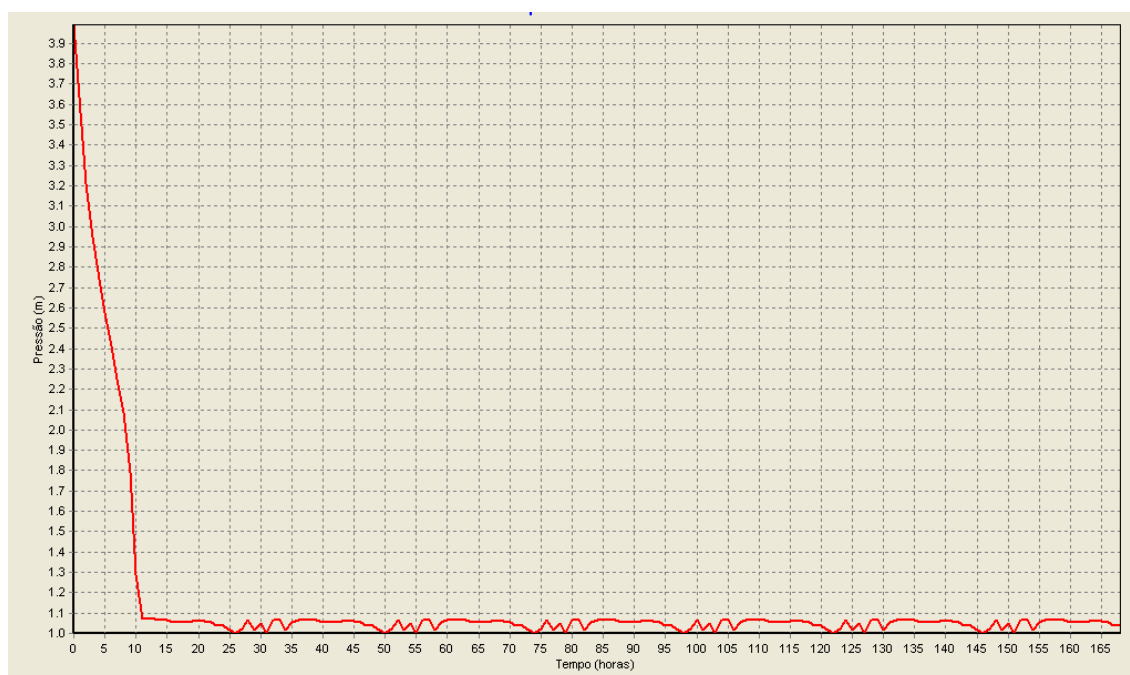
Análise: Observa-se que o RAP.PKW.001 atinge o nível mínimo (1,0 m) ao final de cada dia e não apresenta boa recuperação ao longo de uma semana.

### Verificação 3

A Verificação 3 considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido somente pela subadutora SAT.GAM.015  $\varnothing$  200mm, sem reforço, considerando a execução de duas novas câmaras de 1.000,0 m<sup>3</sup> cada, passando a reservação de 3.000,0 m<sup>3</sup> (total atualmente) para 5.000,0 m<sup>3</sup> (total de projeto).



**Figura 8: Verificação 3**

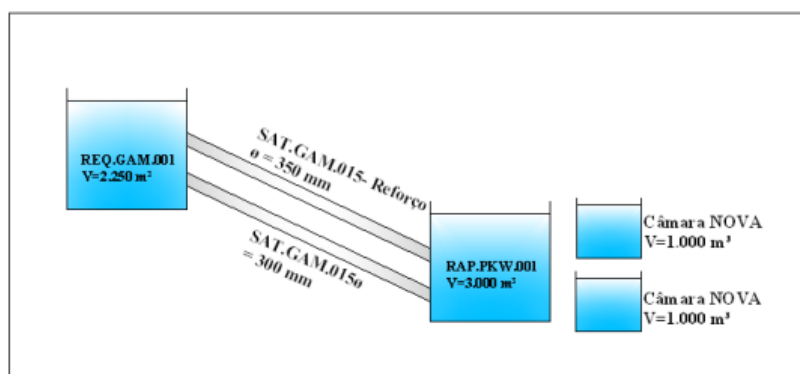


**Figura 9: Verificação do RAP.PKW.001, esvaziamento às 10h do 1º dia de simulação**  
**Tempo de simulação: 1 semana (168 horas)**  
**(Ano 2040)**

Análise: verifica-se o esvaziamento das câmaras por volta das 10h do 1º dia de simulação.

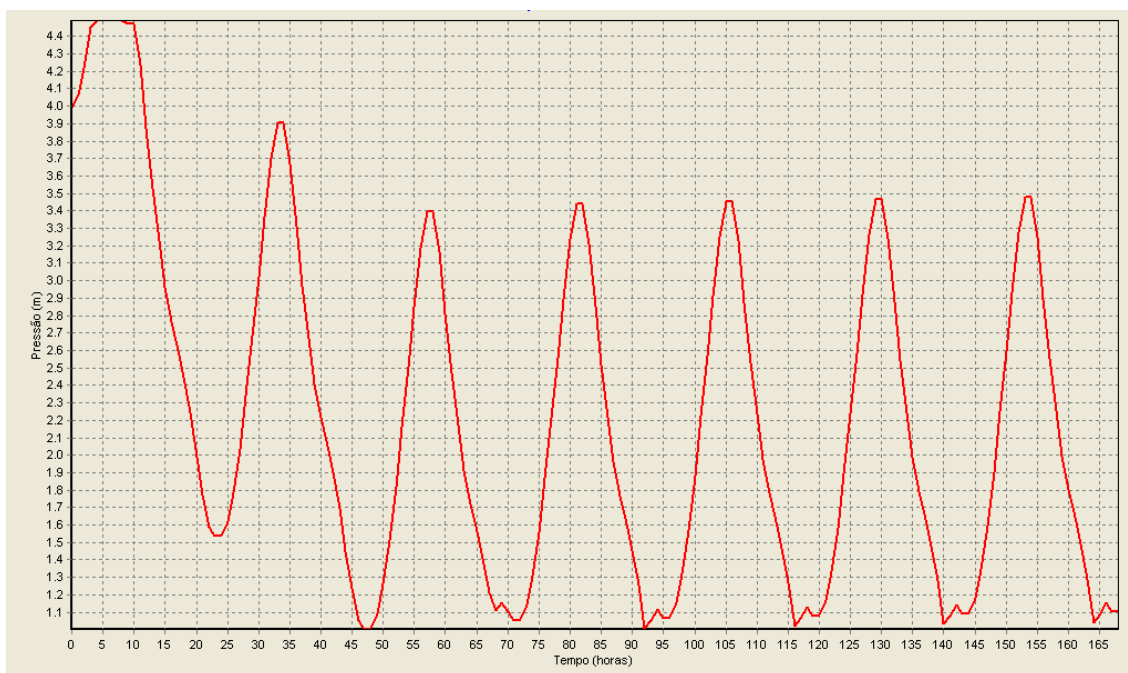
#### Verificação 4

A Verificação 4 considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido pela subadutora SAT.GAM.015  $\phi = 200$  mm e pelo reforço desta subadutora denominado ADT-T23-REF com  $\phi 350$  mm, considerando a execução de duas novas câmaras de 1.000,0 m³ cada, passando a reservação de 3.000,0 m³ (total atualmente) para 5.000,0 m³ (total de projeto).



**Figura 10: Verificação 4**





**Figura 11: Funcionamento bom do RAP.PKW.001, atinge o nível mínimo a partir do 3º dia de simulação. Tempo de simulação: 1 semana (168 horas) (Ano 2040)**

Análise: a construção das 2 câmaras não altera o funcionamento do RAP.PKW.001 de maneira significativa em relação à alternativa onde apenas é feito o reforço de  $\phi = 350$  mm.

#### **Análise da verificação do RAP.PKW.001**

Conclui-se que, para manter as características atuais de funcionamento do RAP.PKW.001, é necessário executar um reforço da SAT.GAM.015 com  $\phi = 400$  mm, conforme a apresentado na Verificação 1.

### **ALTERNATIVAS DE REFORÇO DO SISTEMA**

A formulação das alternativas de reforço do SAA Park Way foi feita com fim de plano em 2040, e considerou as seguintes necessidades:

- Reforçar a SAT.GAM.015 devido ao aumento da demanda do setor;
- Reforçar a SAT.PKW.011 devido à expansão do complexo aeroportuário de Brasília;
- Reforçar a AAT.PKW.010 e substituição do trecho onde essa adutora reduz o diâmetro de  $\phi = 350$  mm para  $\phi = 200$  mm;
- Solucionar o problema de intermitência no fornecimento de água do Sistema Catetinho Baixo, propondo a implantação de uma nova adutora através da travessia pela linha férrea e a instalação de uma unidade de reservação a jusante da UTS Catetinho.

No período de estiagem, o Sistema Catetinho Baixo pode apresentar deficiência de produção. Por esse motivo, com o aumento da demanda ao longo dos anos, foram definidas etapas que preveem a retirada de algumas quadras deste Sistema para serem abastecidas pelo RAP.PKW.001, considerando a disponibilidade hídrica do Ribeirão do Gama.

O sistema foi avaliado para a situação mais crítica, a qual ocorre quando a AAT.CTB.010 está fechada nas proximidades das captações do Catetinho Baixo. Nesta ocasião, o abastecimento será realizado pelo RAP.PKW.001. Apesar das alternativas não considerarem o abastecimento pelas captações do Catetinho Baixo, estas permanecerão em operação sendo que seu funcionamento será suspenso apenas nos períodos em que estas captações não estiverem em condições de abastecer.

No desenvolvimento das alternativas entende-se por reforço a implantação de uma linha adutora paralela e interligada à existente e o termo substituição significa a desativação da linha adutora existente e a implantação de uma nova linha. Os reforços foram considerados seguindo o mesmo traçado das adutoras existentes.

Quanto à simulação, os pontos de abastecimento são as UPs. Algumas demandas foram fracionadas nas UPs para permitir uma avaliação mais real das pressões.

Esse trabalho enfatizou a capacidade de abastecimento das adutoras de forma a garantir a pressão mínima nos pontos de interligação com a rede de distribuição existente, para tanto, a cota inserida em cada UP foi a cota mais elevada dentro da área de abastecimento da UP, que representa a situação mais desfavorável de abastecimento quando se deseja garantir pressões mínimas. No entanto, as UPs 05, 06, 07 e 14 são caracterizadas pela presença de VRPs no ponto de interligação com a rede de distribuição, e para estas UPs era interessante avaliar pressões máximas. Por isto, apenas para estas UPs, foi introduzida a cota inferior da área abastecida. Não foram detalhados, no entanto, todos os pontos onde se farão necessárias VRPs ou eventuais substituições ou reforços da rede de distribuição.

A seguir serão apresentadas as alternativas estudadas.

### **ALTERNATIVA 1 - TRAVESSIA DA LINHA FÉRREA**

A Alternativa 1 prevê as seguintes intervenções:

- Reforço da SAT.GAM.015 com  $\phi = 400$  mm;
- Reforço da SAT.PKW.011 com  $\phi = 350$  mm;
- Reforço de um trecho de 5.502 m da AAT.PKW.010 com  $\phi = 500$  mm;
- Substituição de um trecho de 2.275 m da AAT.PKW.010 com  $\phi = 500$  mm;
- Implantação de uma nova adutora interligando o Setor 1 ao Setor 2 do SMPW com  $\phi = 400$ mm.

Esta alternativa avaliou o sistema comparando o cenário simulado (adutoras existentes) com os cenários de 2015, 2030 e 2040. Isso possibilitou que se estabeleçam etapas de implantação dos reforços. Verificou-se que, para o ano de 2015, todas as intervenções previstas nesta alternativa já serão necessárias. A Figura 12 apresenta o croqui com as intervenções previstas para a Alternativa 1.

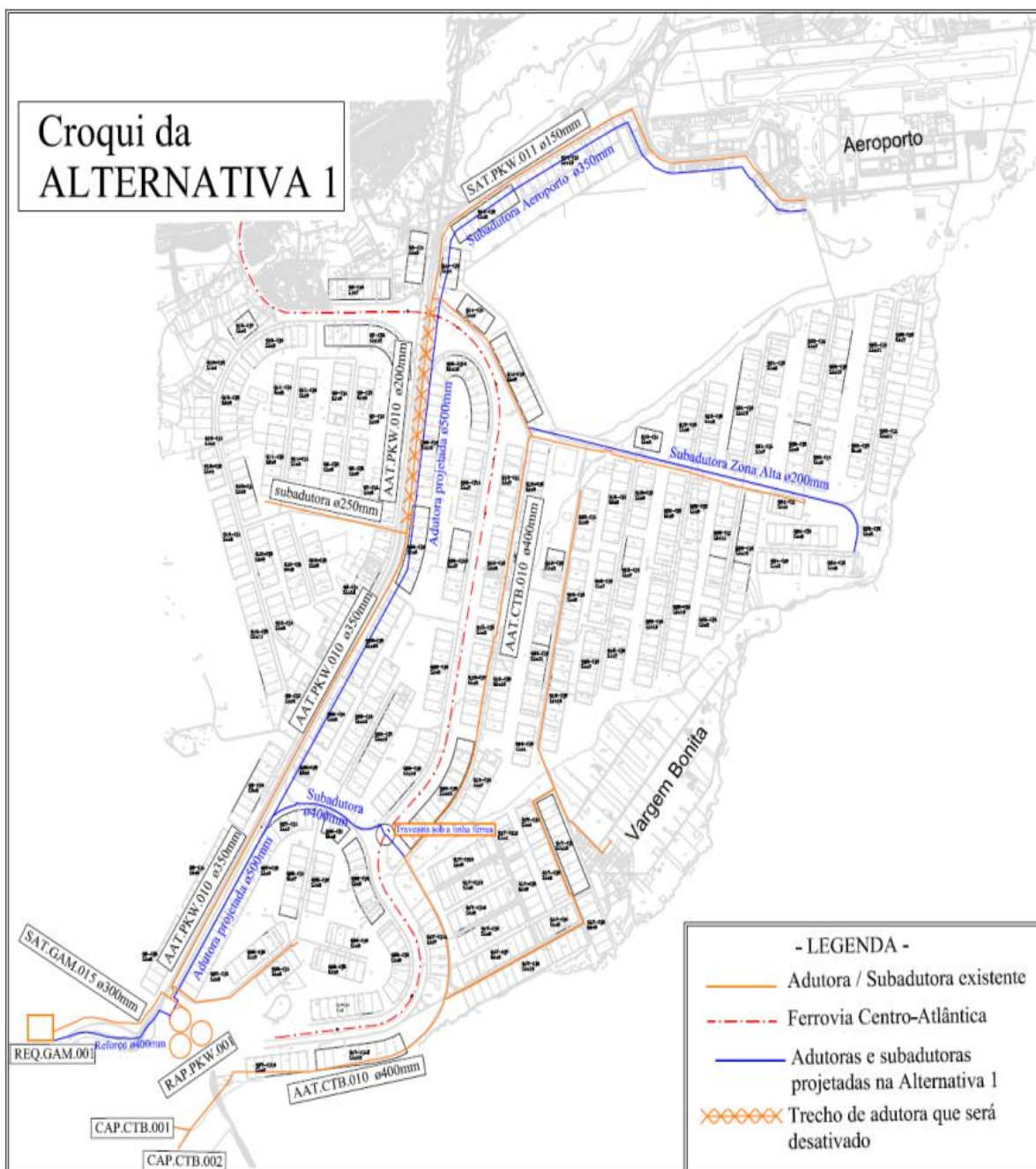


Figura 12: Intervenções da Alternativa 1

## ALTERNATIVA 2 – SUBSTITUIÇÃO DA AAT.PKW.010

A Alternativa 2 prevê as seguintes intervenções:

- Reforço da SAT.GAM.015 com  $\phi = 400$  mm;
- Reforço da SAT.PKW.011 com  $\phi = 350$  mm;
- Reforço de um trecho de 5.502 m da AAT.PKW.010 com  $\phi = 600$  mm;
- Substituição de um trecho de 2.275 m da AAT.PKW.010 com  $\phi = 600$  mm;

Esta alternativa avaliou o sistema comparando o cenário simulado (adutoras existentes) com os cenários de 2015, 2030 e 2040. Verificou-se que, para o ano de 2015, todas as intervenções previstas nesta alternativa já foram necessárias. A Figura 13 apresenta o croqui com as intervenções previstas para a Alternativa 2.

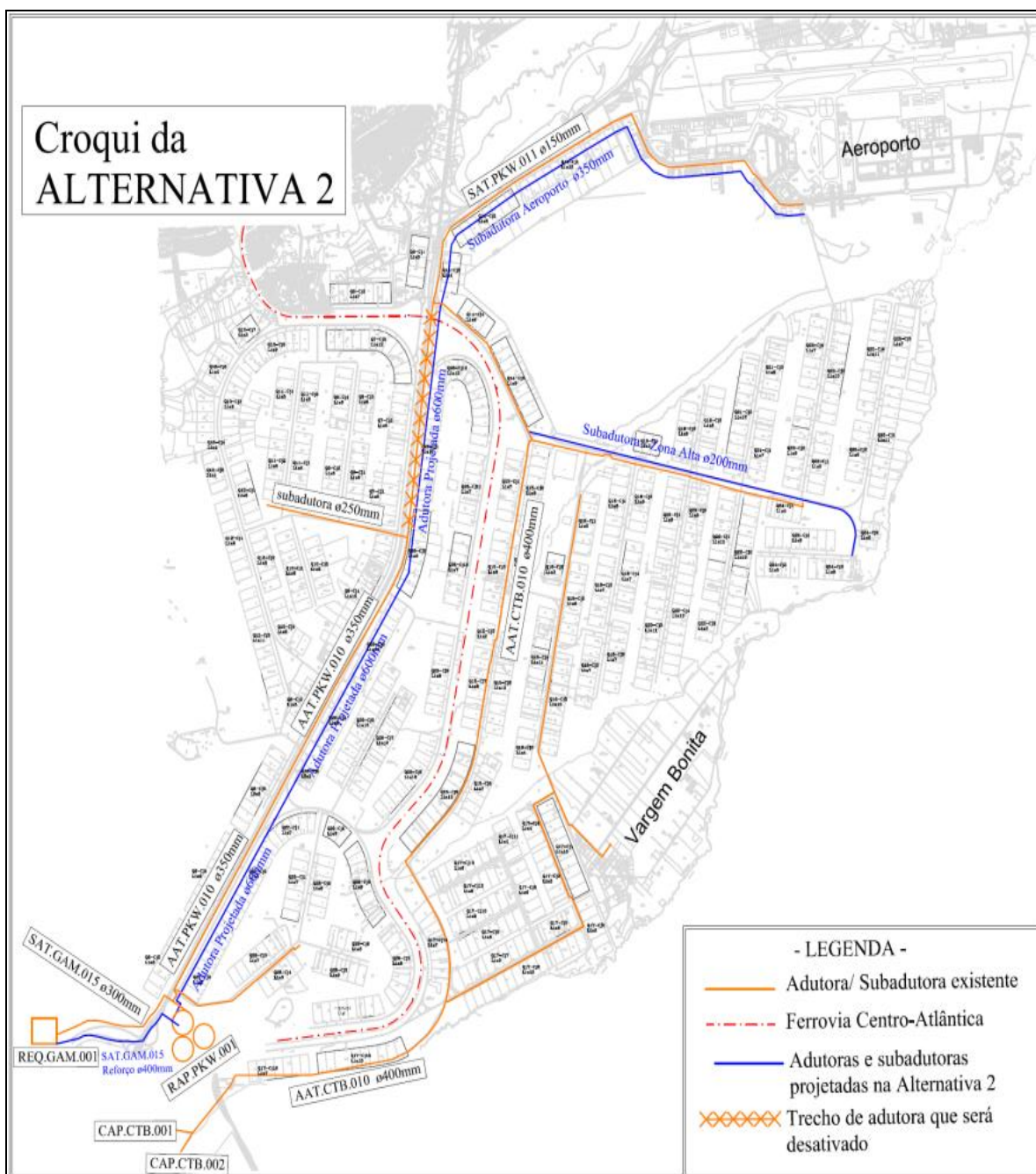


Figura 13: Intervenções da Alternativa 2

### ALTERNATIVA 3 – IMPLANTAÇÃO DE UM RESERVATÓRIO À JUSANTE DA UTS- CATETINHO BAIXO

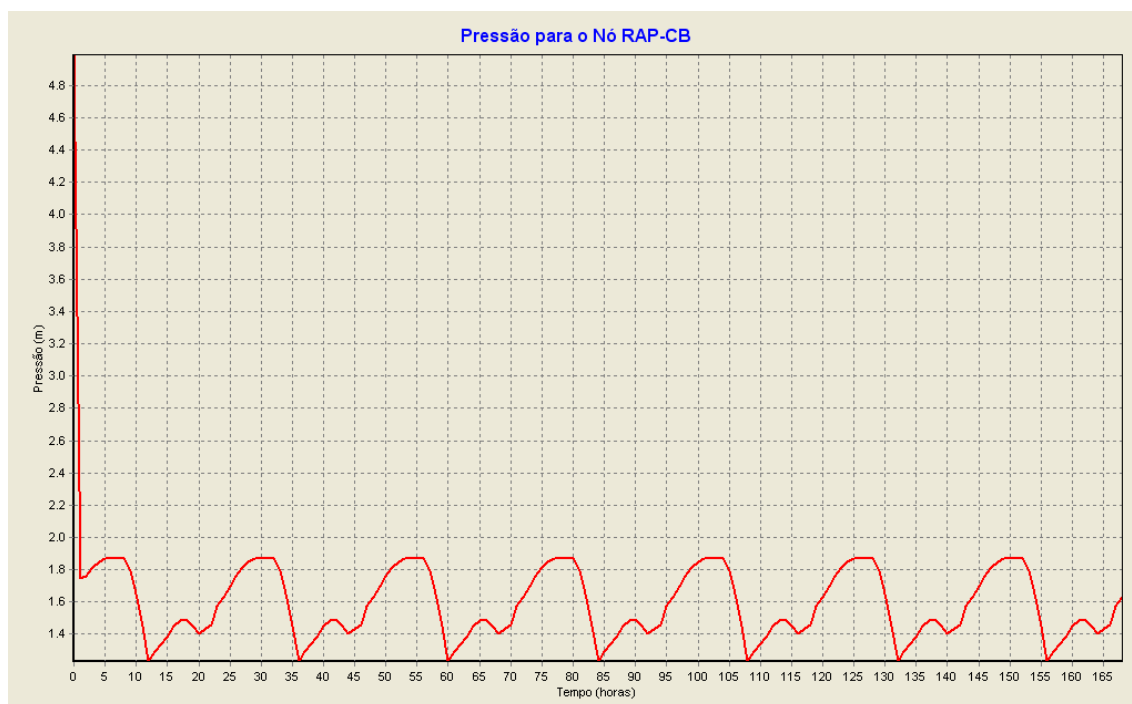
Esta alternativa prevê a implantação de um reservatório metálico com volume de 1.500 m<sup>3</sup>, com diâmetro de 15,0 m e altura de 8,0 m. Recomenda-se a implantação desta unidade de reservação a fim de solucionar o problema de intermitência no fornecimento de água do Sistema Catetinho Baixo.

Trata-se de uma obra provisória, cujo funcionamento prevê o enchimento do reservatório com água tratada nos períodos de baixo consumo, e, quando houver necessidade de interrupção no abastecimento devido aos elevados valores de turbidez, utiliza-se a água do reservatório.



Há dados de medição de pressão na UTS-Catetinho de 1994 à 2010, onde se observa que a pressão neste ponto varia de 4,0 à 7,0 mca. A proposta é que o reservatório seja instalado à jusante do clorador na área da UTS-Catetinho, ou seja, ele ficará praticamente na mesma cota do terreno da UTS, num ponto do terreno apenas um pouco mais baixo que a UTS. Assim, como o reservatório possui uma altura de 8,0 m, e a pressão máxima registrada neste ponto é de 7,0 mca, entende-se que é necessário um estudo de topografia mais preciso para verificar se o terreno permite que o reservatório encha ou não.

O funcionamento do reservatório (denominado RAP-CB) foi simulado para o ano de 2015 (Figura 14), onde se observou que ele não possui um bom funcionamento uma vez que é rapidamente esvaziado nas primeiras horas do dia, não sendo capaz de se recuperar ao longo de uma semana.

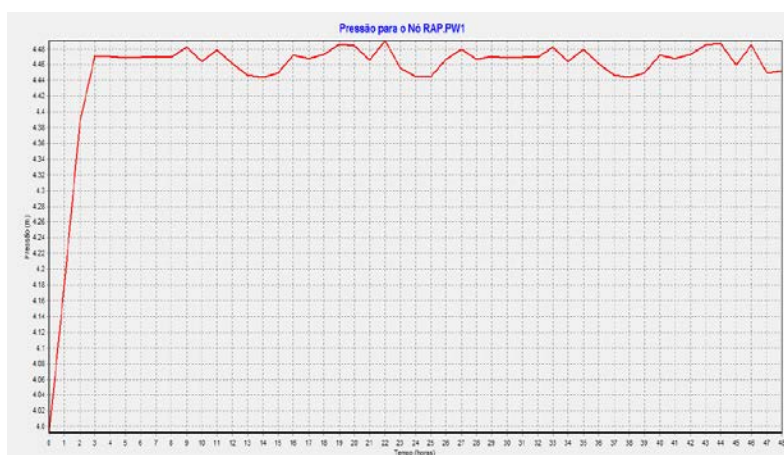


**Figura 14: Simulação do comportamento no nível d'água do reservatório RAP-CB em uma semana de simulação**

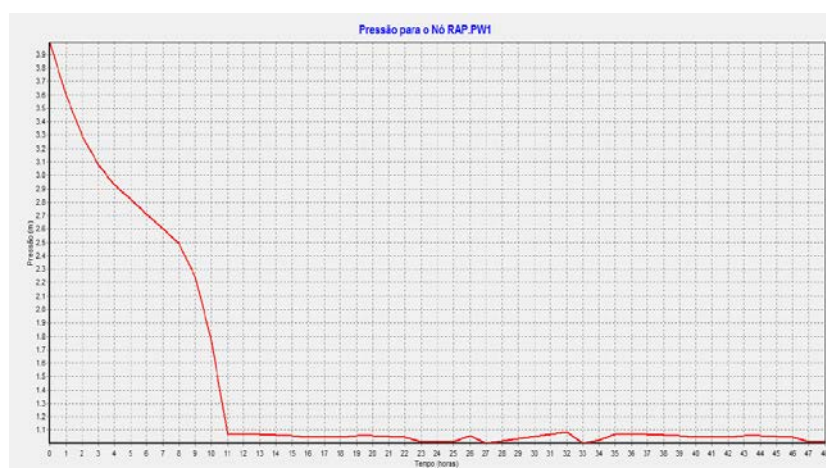
## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Sabendo que o reservatório responsável pelo abastecimento do SAA Park Way, RAP.PKW.001, tem um bom funcionamento diário do ponto de vista da recuperação de nível, foi realizada uma simulação, denominada simulação de controle, que representa as características atuais do sistema, a partir da qual se estabeleceu o modelo de funcionamento ótimo do RAP.PKW.001 (Figura 15).

A verificação do sistema produtor consistiu na proposição de alternativas, combinando reforços no trecho de alimentação do RAP.PKW.001 e ampliação da sua capacidade de reserva, de que sejam mantidas as características atuais de funcionamento do reservatório quando for demandada a vazão de fim de plano do SAA estudado, de  $Q_h = 490 \text{ L/s}$ , prevista para ocorrer em 2040. O reservatório responsável pela alimentação do RAP.PKW.001 é o reservatório REQ.GAM.001. A análise realizada no SAA do Park Way permite que se estude os sistemas produtores a partir do REQ.GAM.001.

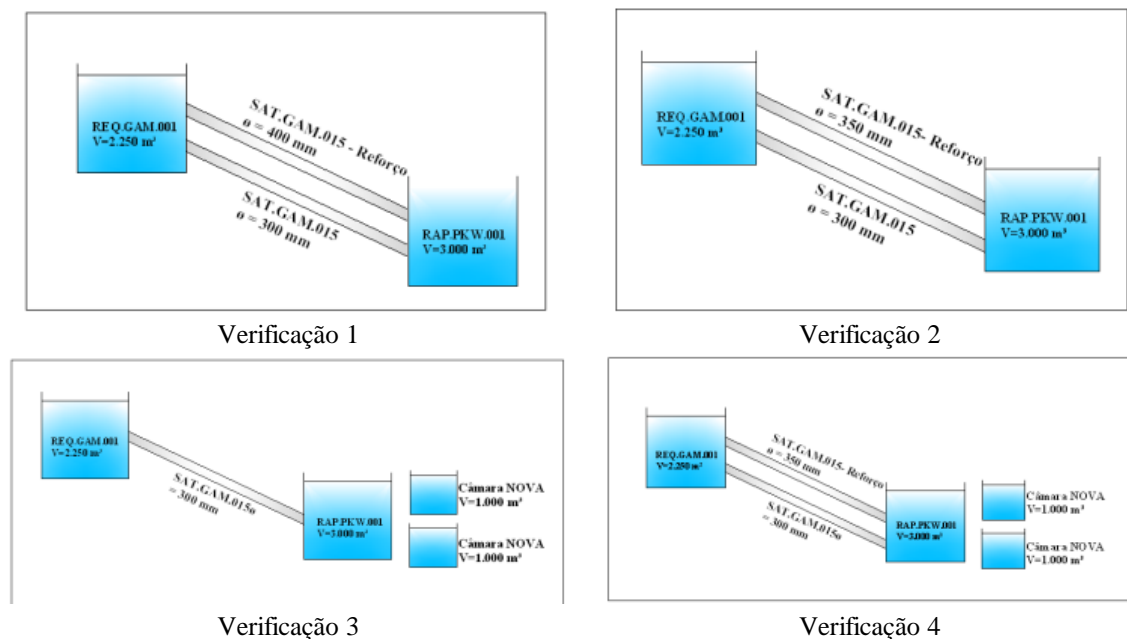


**Figura 15: Simulação do funcionamento atual do RAP.PKW.001 com tempo de simulação de 48 horas (Ano 2010).**

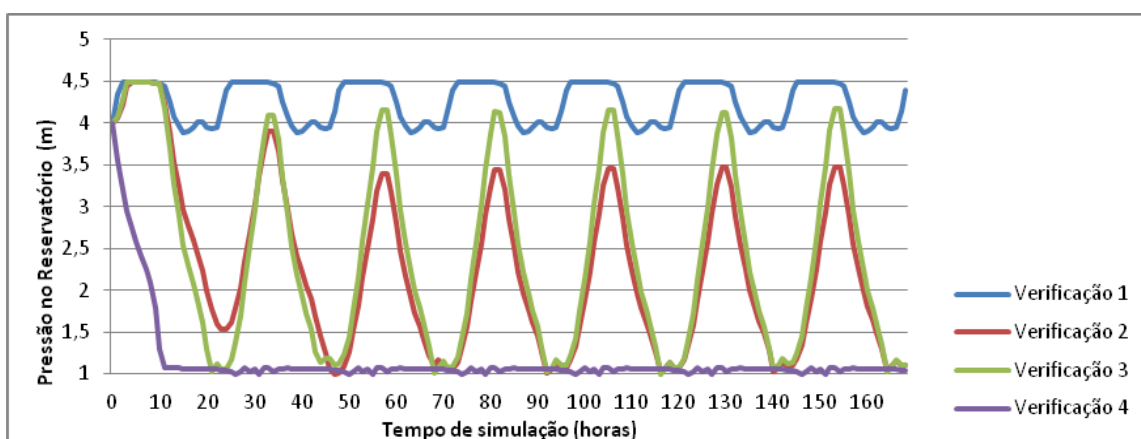


**Figura 16: Simulação do funcionamento do RAP.PKW.001 para a demanda de fim de plano (Ano 2040), sem nenhuma intervenção no SAA do Park Way. Tempo de simulação de 48 horas.**

Observa-se pela análise do Figura 15 que o nível no RAP.PKW.001 praticamente não sofre alterações, mantendo-se no NA máximo no cenário atual. Na prática, o RAP.PKW.001 se mantém na maior parte do tempo com o nível acima de 3,5m, mas chega a atingir o nível mínimo (cota de 1,0m, conforme dados da área de operação) no mês de setembro, o que indica que a simulação representa de forma otimizada o funcionamento deste reservatório. Analisando os resultados obtidos no Figura 16, percebe-se que o reservatório não se recupera da demanda estabelecida para o ano de 2040, o que aponta para a necessidade de se realizarem intervenções na infraestrutura disponível. Foram avaliadas as seguintes intervenções, conforme apresentada na Figura 17, construção de subadutoras entre os reservatórios do Gama e o reservatório do Park Way (SAT.GAM.015) variando-se os diâmetros até se encontrar uma situação de conformidade. Também foi verificado na Figura 18 a construção de novas câmaras de armazenamento de água no reservatório do Park Way.



**Figura 17: Representação esquemática das verificações propostas no sistema produtor do SAA do Park Way.**



**Figura 18: Resultado do comportamento do RAP.PKW.001 para quatro propostas de intervenção no SAA verificadas para a vazão de fim de plano (Ano 2040). Tempo de simulação de uma semana (168 horas).**

Observa-se pela Figura 18 que para manter as características atuais de funcionamento do RAP.PKW.001, é necessário proceder as intervenções referentes à verificação 1, que prevê um reforço na alimentação deste reservatório.

Para a verificação das adutoras e subadutoras do SAA, realizou-se a simulação do SAA considerando o abastecimento por demanda definida em cada UP. Algumas demandas das UPs foram fracionadas para permitir uma avaliação mais detalhada das pressões.

Esse trabalho enfatizou a capacidade de abastecimento das adutoras de forma a garantir a pressão mínima nos pontos de interligação com a rede de distribuição existente, para tanto, a cota inserida em cada UP foi a cota mais elevada dentro da área de abastecimento da UP, que representa a situação mais desfavorável de abastecimento quando se deseja garantir pressões mínimas. No entanto, as UPs 05, 06, 07 e 14 são caracterizadas pela presença de VRPs no ponto de interligação com a rede de distribuição, e para estas UPs era interessante avaliar pressões máximas. Por isto, apenas para estas UPs, foi introduzida a cota inferior da área abastecida.

## ANÁLISE FINAL

As Alternativas 1 e 2 são bastante semelhantes, ambas preveem o reforço na SAT.GAM.015 com  $\phi = 400$  mm, o reforço na SAT.PKW.011 com  $\phi = 350$  mm, o reforço / substituição na AAT.PKW.010 em um trecho de 5.502 m e 2.275 m, respectivamente, sendo que para a Alternativa 1 o diâmetro do reforço / substituição é de  $\phi = 500$  mm e para a Alternativa 2 é de  $\phi = 600$  mm. Além desta diferença dos diâmetros, a Alternativa 1 prevê a implantação de uma nova adutora interligando o Setor 1 ao Setor 2 do SMPW com  $\phi = 400$  mm.

A Alternativa 3 é apresentada como forma emergencial de resolver os problemas de intermitência que ocorrem no Catetinho Baixo, porém não se mostrou viável nesse primeiro momento, sendo necessário um estudo de topografia mais preciso para verificar se a topografia local permite que o reservatório funcione adequadamente. Considerando que a Alternativa 1 permite a execução do projeto em etapas e aumenta a capacidade de manobra do sistema, recomendou-se o detalhamento da Alternativa 1 com projeto básico, visando a implantação a curto prazo, compatível com a previsão de início de operação do Sistema Corumbá.

Sabendo que a disponibilidade hídrica do Ribeirão do Gama não é suficiente para fornecer a vazão demandada pelo Sistema Catetinho Baixo no fim de plano, percebe-se a necessidade de se reduzir a quantidade de economias abastecidas por este sistema, passando-as para serem abastecidas pelo RAP.PKW.001 de forma definitiva. Assim, recomenda-se que até o ano de 2015 as Quadras 16 Cj. 01 ao 03/ Qd. 18/ Qd. 20/ Qd. 22/ Qd. 24 (correspondente à UP-12) e Quadra 25 Cj.03 e 04 (correspondente à UP-14) sejam transferida para o sistema do RAP.PKW.001.

Recomendou-se, também, a substituição do trecho da AAT.CTB.010 de cimento amianto de  $\phi = 350$  mm, por ferro fundido de  $\phi = 400$  mm.

## CONCLUSÃO

A metodologia de criação da Unidades de Projeto facilitou a consulta e utilização das informações de interesse de projeto como: população atendida, consumo *per capita*, índice de perdas, produção *per capita*, variações horárias do consumo (K2), variações diárias do consumo (K1), taxa de ocupação das unidades residenciais e coeficiente de retorno (C). Permitindo, juntamente com o uso do software EPANET, uma resposta ágil para as situações de aumento de demanda que se apresentam no estudo de caso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Caesb. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal. Atualizado em 2005.
2. GDF. Governo do Distrito Federal. Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal. 2009.
3. Porto, Rodrigo de Melo. Hidráulica Básica. São Paulo: 2ª. Ed, 2001.
4. Tsutiya, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. São Paulo: 2ª. Ed, 2005.
5. UFPB. Universidade Federal da Paraíba. Modelagem Hidráulica. Disponível em [http://www.lenhs.ct.ufpb.br/?page\\_id=32](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=32). Acessado em 22.03.2012.
6. USEPA. U. S. Environmental Protection Agency. Software That Models the Hydraulic and Water Quality Behavior of Water Distribution Piping Systems. Disponível em <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>. Acessado em 12.03.2012.