

XI-022 – AVALIAÇÃO DO PERFIL DE DEMANDA PARA OTIMIZAÇÃO DAS DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA NA CAPTAÇÃO RIO PATO BRANCO – PR

Romulo Ruiz Gasparini⁽¹⁾

Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) – Unidade Regional de Pato Branco (URPB). Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Especialista em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Especialista em Gestão Empresarial pela Faculdade de Pato Branco (FADEP). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

Marcelo Dalcul Depexe

Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) – Unidade de Serviço de Desenvolvimento Operacional (USDO). Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Clarice Soares Cerqueira, nº 185 – Bairro Santa Terezinha – Pato Branco – Paraná – Brasil – CEP: 85501-140 – Telefone: +55 (46) 3902-1838 – Fax: +55 (46) 3902-1824 – E-mail: romulorg@sanepar.com.br.

RESUMO

Com a ampliação da Capacidade Real de Produção do Sistema de Abastecimento de Água de Pato Branco, foi possível viabilizar uma análise de procedimento operacional de seu Sistema Produtor, objetivando a redução de despesas com Energia Elétrica durante o inverno/2011. Este estudo foi motivado pelo fato de que este Sistema Produtor possui elevado consumo específico de energia, próximo a 0,87 kWh/m³. O presente trabalho foi baseado na série histórica de consumo, a qual foi realizada uma avaliação das maiores demandas horárias de todos os dias da semana. O Procedimento Operacional proposto apresenta um regime de operação do Sistema Produtor de modo a planejar o volume de reservação do sistema necessário para a paralisação total no horrossazonal, de modo a evitar que os reservatórios permaneçam completamente cheios, o que aumenta a pressão da rede de distribuição. Os resultados mostram que houve uma economia superior a R\$ 15 mil no período proposto pelo estudo, valor este referente a operação do Sistema Produtor durante um período de 05 dias, porém ficando aquém a expectativa inicial. Durante o inverno/2011, o Sistema Produtor operou, em média, 19,15 h/dia, o que demonstra que havia a total viabilidade de paralisação integral do Sistema Produtor no horrossazonal, conforme demonstrado no estudo. Isso demonstra que, além de estudos técnicos de rotinas operacionais, é muito importante avaliar e trabalhar os paradigmas dos operadores do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Perfil de demanda horário e diário, capacidade real de produção e procedimento operacional.

INTRODUÇÃO

O município de Pato Branco, localizado na região sudoeste do Estado do Paraná, está a 437 km de Curitiba. Conforme o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, realizado no ano de 2010, a população municipal está assim distribuída:

- População Urbana: 68.093 hab.;
- População Rural: 4.280 hab.;
- Total da População: 72.373 hab.

A Figura 01 apresenta a localização do município de Pato Branco em relação ao Estado do Paraná.

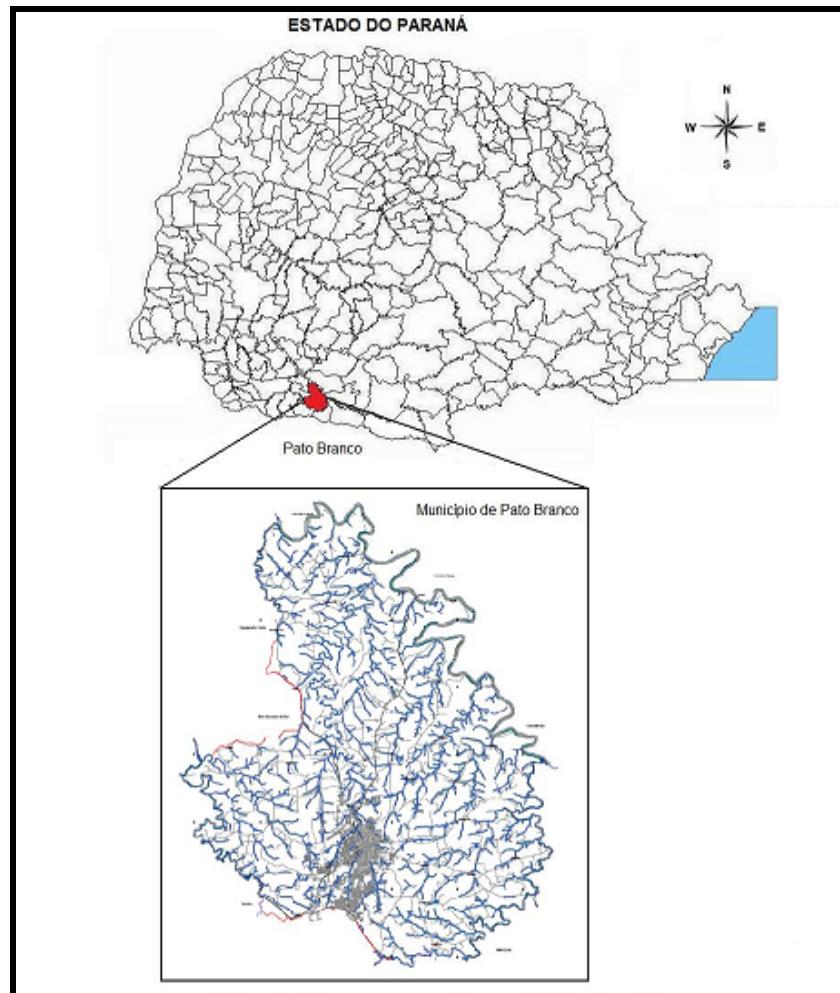


Figura 01: Localização do município de Pato Branco – PR.

O abastecimento com água tratada e esgotamento sanitário, da população da sede urbana, é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Atualmente, os índices de atendimento com água tratada e de atendimento com esgotamento sanitário estão em 100% e 80%, respectivamente.

Para o atendimento de toda a Sede Urbana, a Sanepar possui um único Sistema Produtor, sendo a Adutora de Água Bruta (AAB) Rio Pato Branco parte integrante deste sistema. Esta adutora possui uma extensão total de 12.458 metros, divididos em 03 trechos distintos, conforme a seguir:

1º Trecho

- Unidade Operacional de Montante: Alto Recalque da Captação Rio Pato Branco;
- Cota da Unidade Operacional de Montante: 687 metros;
- Unidade Operacional de Jusante: 1º Stand-pipe;
- Cota da Unidade Operacional de Jusante: 877 metros;
- Desnível Geométrico do Trecho: - 190 metros (Escoamento por Recalque);
- Extensão do Trecho: 4.676 metros;
- Material e Diâmetro da Tubulação do Trecho: FD DN 450;
- Dispositivos Operacionais Existentes no Trecho: 03 descargas, 12 ventosas e 02 estações pitométricas.

2º Trecho

- Unidade Operacional de Montante: 1º Stand-pipe;
- Cota da Unidade Operacional de Montante: 877 metros;
- Unidade Operacional de Jusante: 2º Stand-pipe;
- Cota da Unidade Operacional de Jusante: 858 metros;
- Desnível Geométrico do Trecho: 19 metros (Escoamento por Gravidade);
- Extensão do Trecho: 4.380 metros;

- Material e Diâmetro da Tubulação do Trecho: FD DN 450;
- Dispositivos Operacionais Existentes no Trecho: 07 descargas, 09 ventosas e 03 estações pitométricas.

3º Trecho

- Unidade Operacional de Montante: 2º Stand-pipe;
- Cota da Unidade Operacional de Montante: 858 metros;
- Unidade Operacional de Jusante: ETA Rio Pato Branco;
- Cota da Unidade Operacional de Jusante: 814 metros;
- Desnível Geométrico do Trecho: 44 metros (Escoamento por Gravidade);
- Extensão do Trecho: 3.402 metros;
- Material e Diâmetro da Tubulação do Trecho: FD DN 350;
- Dispositivos Operacionais Existentes no Trecho: 03 descargas, 03 ventosas e 01 estação pitométrica.

Segundo Gasparini, Favaro e Depexe (2011), no início do ano de 2010, a Capacidade Real de Produção do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) Pato Branco era de 12.480 m³/dia, valor este inferior a Demanda Máxima Diária registrada nos últimos anos. Em função desta situação, neste mesmo período, houve a necessidade de realização de rodízio do abastecimento de água da cidade em dois dias distintos, o que gerou a insatisfação dos clientes externos de toda a cidade e região. Para minimizar este problema, a Sanepar desenvolveu melhorias no Sistema Produtor para ampliar a sua vazão operacional em 30 l/s, totalizando assim em 15.120 m³/dia a Capacidade Real de Produção Diária.

Com a ampliação da Capacidade Real de Produção, foi possível viabilizar uma análise de procedimento operacional da Produção no sistema. Este estudo foi baseado na série histórica de consumo, com o objetivo de reduzir as despesas com Energia Elétrica no inverno de 2011. Em função da extensão da AAB, que é de 12.458 metros e do desnível geométrico de 190 metros entre a Captação e o seu ponto de maior cota, onde se localiza o 1º Stand-pipe da referida Unidade Operacional, a Captação Rio Pato Branco tem elevado consumo específico, em torno de 0,87 kWh/m³ de água recalcada. Desta forma, propõe-se a elaboração de um procedimento operacional do Sistema Produtor, com objetivo de otimizar o uso dos recursos disponíveis e reduzir o consumo de energia elétrica.

O conhecimento do perfil de demanda de água e métodos para sua determinação é útil para as companhias de saneamento, no sentido de fornecer subsídios para a tomada de decisão, promover melhorias na operação do sistema de abastecimento, bem como otimizar o uso de energia elétrica (LERTPALANGSUNTI *et al.*, 1999). Um exemplo de sistema que auxilia o processo de programação da produção e distribuição de água é apresentado por Leon *et al.* (2000), aplicado na cidade de Sevilha (Espanha). O sistema se baseia na previsão da demanda para determinar a condição ótima de bombeamento para diferentes reservatórios. Os autores relatam uma redução de aproximadamente 25% nos custos de energia elétrica em relação aos procedimentos anteriores de operação.

A seguir, apresentam-se os métodos, materiais e resultados obtidos com o levantamento de perfis de consumo horário para a cidade de Pato Branco, com o objetivo de elaborar um procedimento operacional que proporcione a redução do consumo e custos de energia elétrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente realizou-se o levantamento de dados de demanda horário e diário, referente ao período compreendido entre os meses de janeiro/2009 e dezembro/2010 do SAA Pato Branco. Estes dados são registrados manualmente, em planilha eletrônica denominada de Boletim Diário de Tratamento (BDT), pelo operador do sistema, no Centro de Controle Operacional (CCO). Com base nestes dados, foi possível elaborar o perfil diário de demanda do Sistema Distribuidor, conforme a Figura 02:

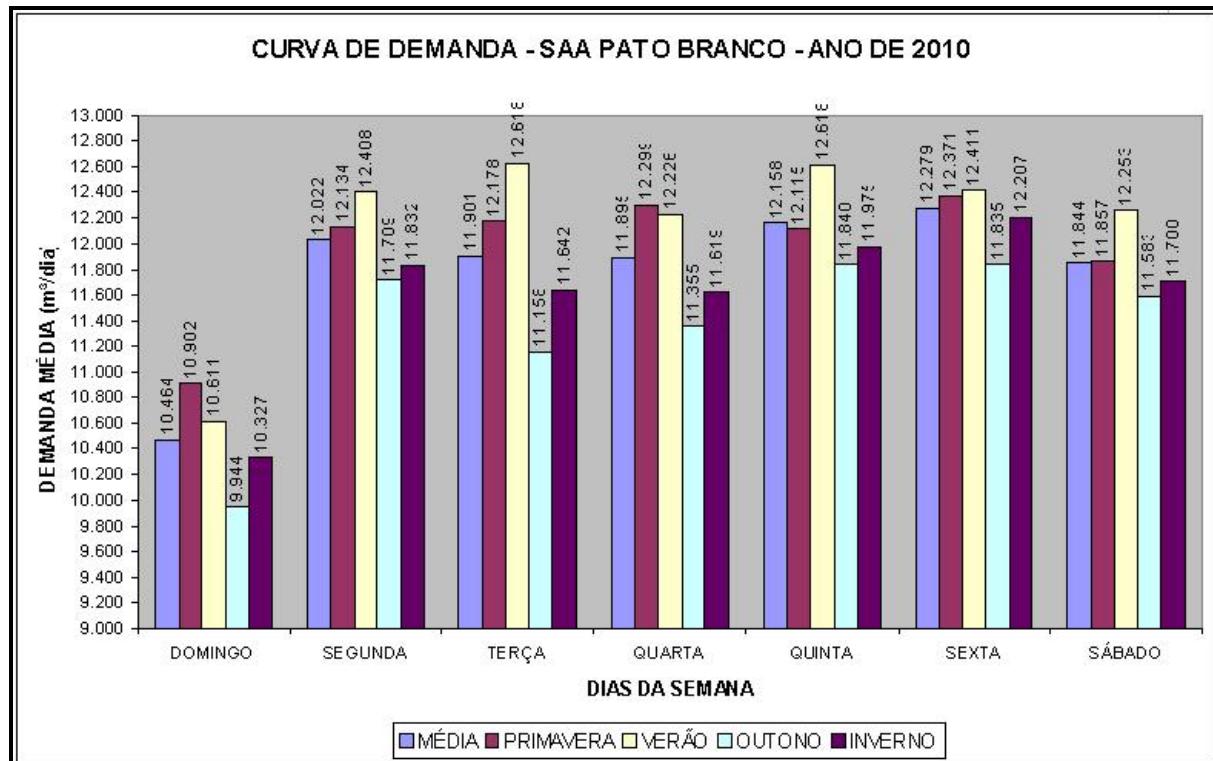


Figura 02: Perfil de demanda diário, referente ao ano de 2010, do SAA Pato Branco.

Como não havia qualquer registro de ocorrência de interrupção de abastecimento ou arrebentamentos na rede de distribuição, para a elaboração dos perfis de demanda, foi utilizado o Critério de Chauvenet para a eliminação dos valores discrepantes, conforme Taylor (1997).

A maior demanda média registrada nas segundas, terças, quintas, sextas e sábados, foram no verão, enquanto nos domingos e quartas foram na primavera. Com base nesta constatação, recomendou-se que as Equipes de Operação do Sistema apresentem uma atenção especial para as terças e quintas no verão, já que os maiores picos de demanda nesta estação são registrados nestes dias. Em todos os dias da semana a menor demanda registrada foi no outono.

Em média, os dias da semana que apresentam maior demanda foram:

- 1 – sexta-feira;
- 2 – quinta-feira;
- 3 – segunda-feira;
- 4 – terça-feira;
- 5 – quarta-feira;
- 6 – sábado;
- 7 – domingo.

Isso representou uma quebra de paradigma, pois os responsáveis pela operação do sistema tinham o sentimento que o sábado era o dia de maior consumo, após as sextas-feiras, em função de este dia apresentar a maior incidência de dificuldades operacionais. O que ocorria em relação aos sábados é que, devido à deficiência de anel de distribuição de água na Região Sul da cidade, havia redução de pressão na rede de distribuição de água nestes dias, principalmente na ocorrência de altas temperaturas, pois esta região em questão é estritamente residencial, o que motivava a elevação da demanda nos sábados. Porém este aumento de demanda nos bairros, principalmente na Região Sul da cidade, não refletia em um aumento de demanda de todo o sistema, devido, neste dia específico, não haver demanda de atividades não residenciais, como por exemplo, comércio e indústria.

Com relação à demanda horária, com base na mesma série histórica, foi realizado o perfil de demanda para cada um dos dias da semana. A Figura 03 apresenta o perfil para o dia de maior demanda do sistema, que são as sextas-feiras.

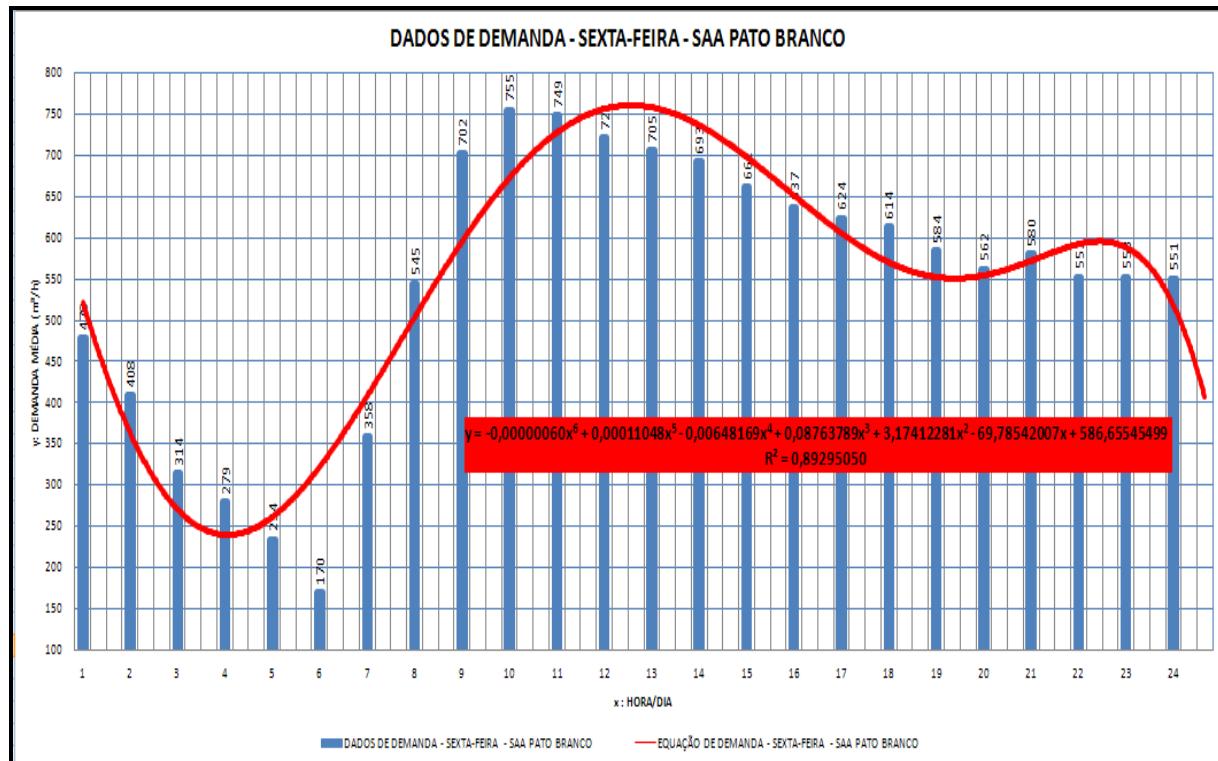


Figura 03: Perfil de demanda horário, referente as sextas-feiras, do SAA Pato Branco.

Conforme Tsutiya (2006), para a elaboração do perfil de demanda horário, realiza-se um ajuste polinomial dos dados de volumes, de modo a se obter uma curva suavizada, conforme a Equação 01 a seguir:

$$Q = a \cdot h^6 + b \cdot h^5 + c \cdot h^4 + d \cdot h^3 + e \cdot h^2 + f \cdot h + g \quad (1)$$

Onde a, b, c, d, e, f , e g são os coeficientes do polinômio de ajuste da curva; h é a hora do dia (h); Q é a vazão (m^3/h). Deste modo, foi obtido o Perfil de Demanda Horário para cada um dos dias da semana, do SAA Pato Branco. Para a elaboração destes perfis, foi utilizando os dados dos 10 dias de maior consumo para cada dia da semana.

Nos domingos, a maior demanda registrada foi às 11:00 h (679 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 7:00 h (242 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 19:00 h (608 m^3/h). Nas segundas-feiras, a maior demanda registrada foi às 10:00 h (744 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 5:00 h (141 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 18:00 h (641 m^3/h). Nas terças-feiras, a maior demanda registrada foi às 12:00 h (690 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 5:00 h (222 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 18:00 h (628 m^3/h). Nas quartas-feiras, a maior demanda registrada foi às 12:00 h (726 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 6:00 h (195 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 19:00 h (630 m^3/h). Nas quintas-feiras, a maior demanda registrada foi às 11:00 h (731 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 6:00 h (178 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 19:00 h (644 m^3/h). Nas sextas-feiras, a maior demanda registrada foi às 10:00 h (755 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 6:00 h (170 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 21:00 h (580 m^3/h). Nos sábados, a maior demanda registrada foi às 10:00 h (713 m^3/h em média). Já a menor demanda registrada foi às 6:00 h (224 m^3/h em média). Houve um pico de consumo no final do dia às 20:00 h (618 m^3/h).

De maneira geral, ao longo de um dia, o pico de consumo horário, do SAA Pato Branco, ocorre entre as 10:00 h e 12:00 h, com um novo pico de consumo, porém em menor intensidade, entre as 18:00 h e 21:00 h. O que chama a atenção é que os picos de consumo de fim de dia, para as sextas-feiras e para os sábados, ocorre em horários posteriores em relação aos demais dias, o que leva a crer que, devido ao final de semana, onde as pessoas buscam entretenimento após uma semana de trabalho, exerce influência na demanda de água. O menor consumo foi o observado entre as 5:00 h e as 7:00 h. A Figura 04 apresenta a curva de demanda horária típica do SAA Pato Branco, com base nos dados levantados, considerando as vazões médias observadas para todos os dias da semana.

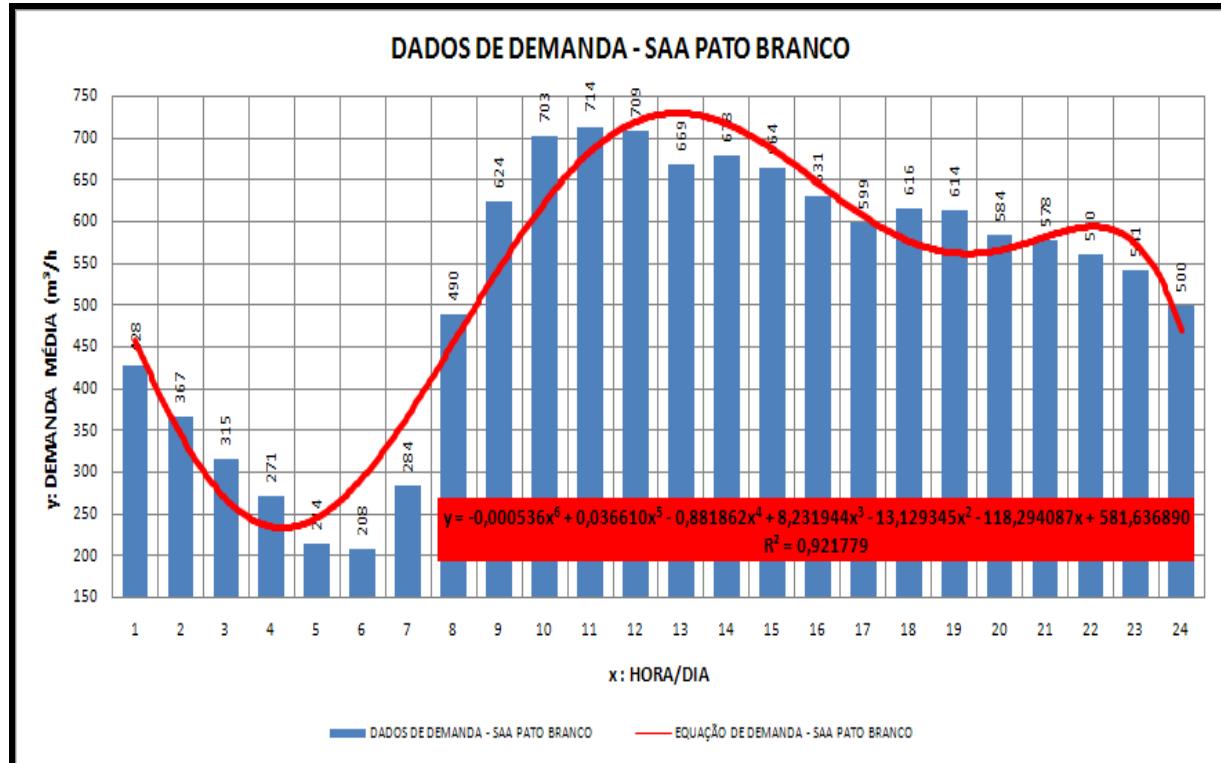


Figura 04: Curva de consumo horário do SAA Pato Branco.

Conforme a Figura 04, observa-se que a demanda de início da madrugada é relativamente alta, com redução gradativa com o avançar da madrugada, atingindo o menor nível de demanda nos início do dia (6:00 h). A Equação 02, a seguir, apresenta uma formulação para a estimativa da vazão, do SAA Pato Branco, em um determinado horário, ao longo de um dia, com base nos dados horários analisados:

$$Q = -0,0005 \cdot h^6 + 0,0366 \cdot h^5 - 0,8819 \cdot h^4 \\ + 8,2319 \cdot h^3 - 13,1293 \cdot h^2 - 118,2941 \cdot h + 581,6369 \quad (2)$$

Os dados apresentam coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9218, o que indica boa aderência entre a equação determinada pela linha de tendência e os dados do período de análise. Esta formulação pode ser utilizada para os anos subsequentes. Porém, como a mesma foi elaborada com base nos dados dos anos de 2009 e 2010, haverá a necessidade de corrigir os coeficientes do polinômio de ajuste da curva, através do incremento da taxa de crescimento do Volume Macromedido no Processo de Distribuição. Integrando esta formulação em relação às horas do dia, tem-se uma formulação, conforme a Equação 03, para o cálculo do volume a ser distribuído em um determinado intervalo, ao longo de um dia.

$$\begin{aligned}
 V = & \left(-0,000077 \cdot h_F^7 + 0,000077 \cdot h_I^7 \right) + \left(0,0061 \cdot h_F^6 - 0,0061 \cdot h_I^6 \right) \\
 & + \left(-0,1764 \cdot h_F^5 + 0,1764 \cdot h_I^5 \right) + \left(2,0580 \cdot h_F^4 - 2,0580 \cdot h_I^4 \right) \\
 & + \left(-4,3764 \cdot h_F^3 + 4,3764 \cdot h_I^3 \right) + \left(-59,1470 \cdot h_F^2 + 59,1470 \cdot h_I^2 \right) \\
 & + \left(581,6369 \cdot h_F - 581,6369 \cdot h_I \right)
 \end{aligned} \tag{3}$$

Onde: h_I : hora inicial do período de análise (horas);

h_F : hora final do período de análise (horas);

V : volume a ser distribuído no período tempo $h_F - h_I$ (m^3);

Um exemplo da aplicação da formulação apresentada na Equação 03 é o cálculo do volume de reservação mínimo necessário para a paralisação do Sistema Produtor no período horossazonal, de forma a garantir o abastecimento neste período. O período horossazonal ocorre de segundas-feiras as sextas-feiras, das 18:00 h as 21:00 h. Aplicando a formulação para o cálculo do volume de reservação mínimo necessário, verifica-se que, para a paralisação do Sistema de Produtor, há a necessidade de um volume de, pelo menos, 1.776 m^3 nos reservatórios “pulmões” do sistema, para garantia do abastecimento de todo o Sistema Distribuidor. Esta formulação também pode ser utilizada para verificar se haverá dificuldades de abastecimento em casos de necessidade de programação de serviço de melhoria em que haja a necessidade de paralisação do Sistema Produtor.

Com base no perfil de demanda horário de todos os dias de uma semana, na Capacidade de Produção e no Volume de Reservação do Sistema, que é de 6.200 m^3 , foi elaborado um Procedimento Operacional para viabilizar a paralisação total da Captação Rio Pato Branco no horossazonal, durante o período de inverno de 2011, conforme demonstra a Tabela 01 a seguir:

Tabela 01: Procedimento de Operação da Captação Rio Pato Branco para a paralisação no horossazonal.

DIA DA SEMANA	HORA	PRODUÇÃO DO SISTEMA (m ³ /h)	VOLUME DE RESERVAÇÃO NO SISTEMA (m ³)	PERCENTUAL DO VOLUME DE RESERVAÇÃO DO SISTEMA (%)
SÁBADO	00:00	630	0	0%
	12:00	630	1.758	31%
DOMINGO	00:00	520	1.734	31%
	12:00	520	2.655	47%
SEGUNDA-FEIRA	00:00	630	1.674	30%
	12:00	630	3.869	69%
	18:00	0	3.362	60%
	21:00	630	1.502	27%
TERÇA-FEIRA	00:00	630	1.722	31%
	12:00	630	3.457	62%
	18:00	0	3.176	57%
	21:00	630	1.284	23%
QUARTA-FEIRA	00:00	630	1.498	27%
	12:00	630	3.569	64%
	18:00	0	3.182	57%
	21:00	630	1.248	22%
QUINTA-FEIRA	00:00	630	1.392	25%
	12:00	630	3.259	58%
	18:00	0	2.878	51%
	21:00	630	930	17%
SEXTA	00:00	630	1.079	19%
	12:00	630	2.579	46%
	18:00	0	2.188	39%
	21:00	630	357	6%

Com base na Tabela 01, o operador do sistema definia o regime de produção do sistema. A Captação Rio Pato Branco tem 03 regimes de operação, sendo as seguintes:

- 01 conjunto motor-bomba do Alto Recalque operando: vazão de 260 m³/h;
- 02 conjuntos motor-bomba do Alto Recalque operando: vazão de 520 m³/h;
- 03 conjuntos motor-bomba do Alto Recalque operando: vazão de 630 m³/h.

O 3º conjunto motor-bomba possui inversor de frequência instalado, ajustado em 54 Hz. Para auxiliar a paralisação do sistema no horossazonal, de modo que não haja riscos de não abastecimento no período das 18:00 h e 21:00 h, de segunda-feira a sexta-feira, a Tabela 01 apresenta o volume mínimo de reservação do sistema, em percentual. Este percentual de reservação pode ser observado no Sistema Supervisório do CCO. Caso o volume de reservação se encontre abaixo do indicado na planilha, há risco de desabastecimento durante o período horossazonal, sendo, neste caso, recomendado apenas paralisação parcial. Para ambos os regimes de produção do sistema, o consumo específico de energia elétrica da Captação Rio Pato Branco é o mesmo, em torno de 0,87 kWh/m³.

A Tabela 01 foi desenvolvida com base na expectativa de demanda ao longo de uma semana, desconsiderando as possíveis anomalias que por ventura possam ocorrer no Processo de Distribuição, como, por exemplo, um arrebentamento de rede de grande diâmetro. Se as 00:00 horas de um sábado qualquer, o percentual de reservação do sistema encontrar-se próximo a zero, no sábado subsequente, no mesmo horário, seria possível acumular um volume de reservação de 357 m³, o que corresponde a 6 % do volume total de reservação do SAA Pato Branco, paralisando o Sistema Produtor no horossazonal. Haveria a necessidade de se operar apenas com 02 conjuntos-motor bomba no Alto Recalque da Captação durante os domingos, de modo a evitar o que os reservatórios do sistema ficassem totalmente cheios na madrugada das segundas-feiras, o que aumentaria a pressão na rede de distribuição.

A Figura 05, a seguir, apresenta uma comparação entre a demanda horária do sistema, conforme apresentado na Figura 04 e a Capacidade Real de Produção considerando um regime de produção com 03 conjuntos motor-bomba do SAA Pato Branco, com base na expectativa de demanda ao longo de um dia.

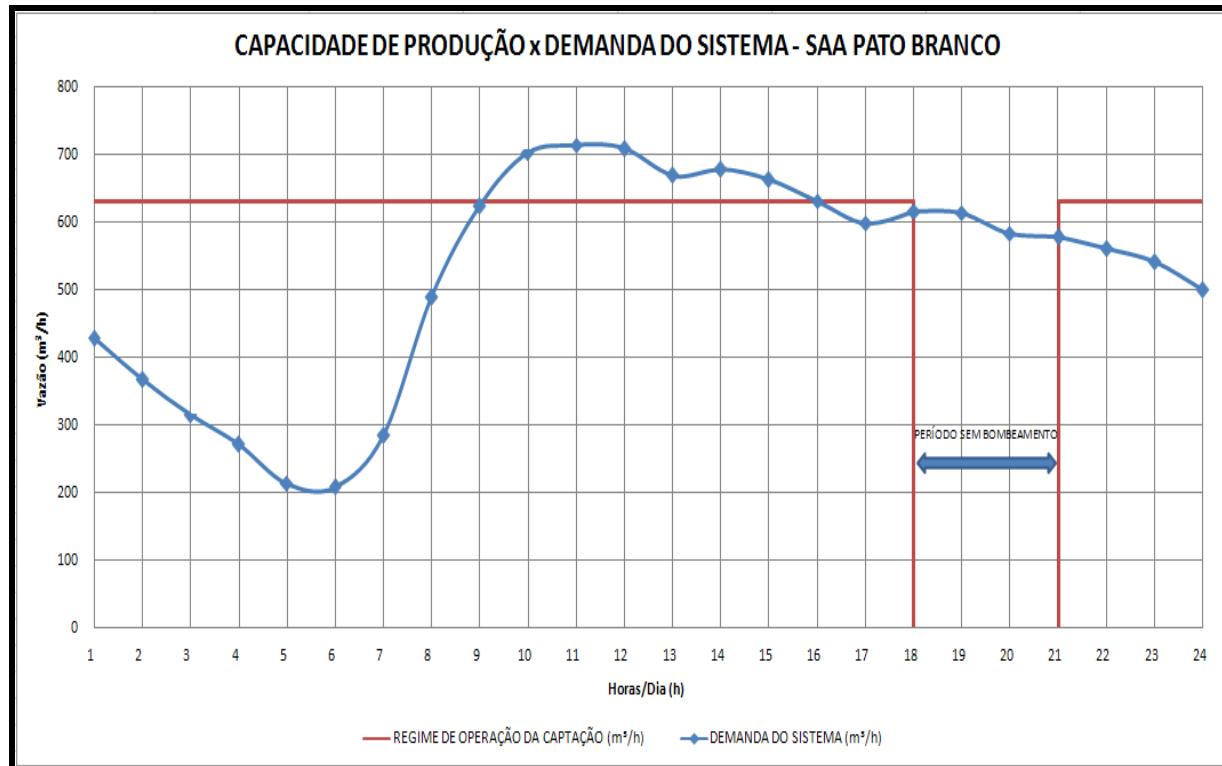


Figura 05: Comparação entre a Capacidade Real de Produção e a Demanda do SAA Pato Branco.

Pode ser observado que a Capacidade Real de Produção é superior a demanda do sistema nos períodos compreendidos entre as 0:00 horas e as 9:00 horas, entre as 17:00 horas e as 18:00 horas e entre as 21:00 horas e as 0:00 horas do dia subsequente. A diferença entre a Capacidade de Produção e a demanda do sistema pode chegar a 422 m³/h no período entre as 5:00 horas e as 7:00 horas, que é o horário de menor demanda do sistema. Após as 9:00 horas até as 16:00 horas, a demanda é superior a Capacidade de Produção.

Acumulando os volumes referente à Capacidade Real de Produção e demanda do sistema, conforme apresentado na Figura 05, pode ser realizado um balanço de reservação do sistema, conforme é expresso na Figura 06 a seguir:

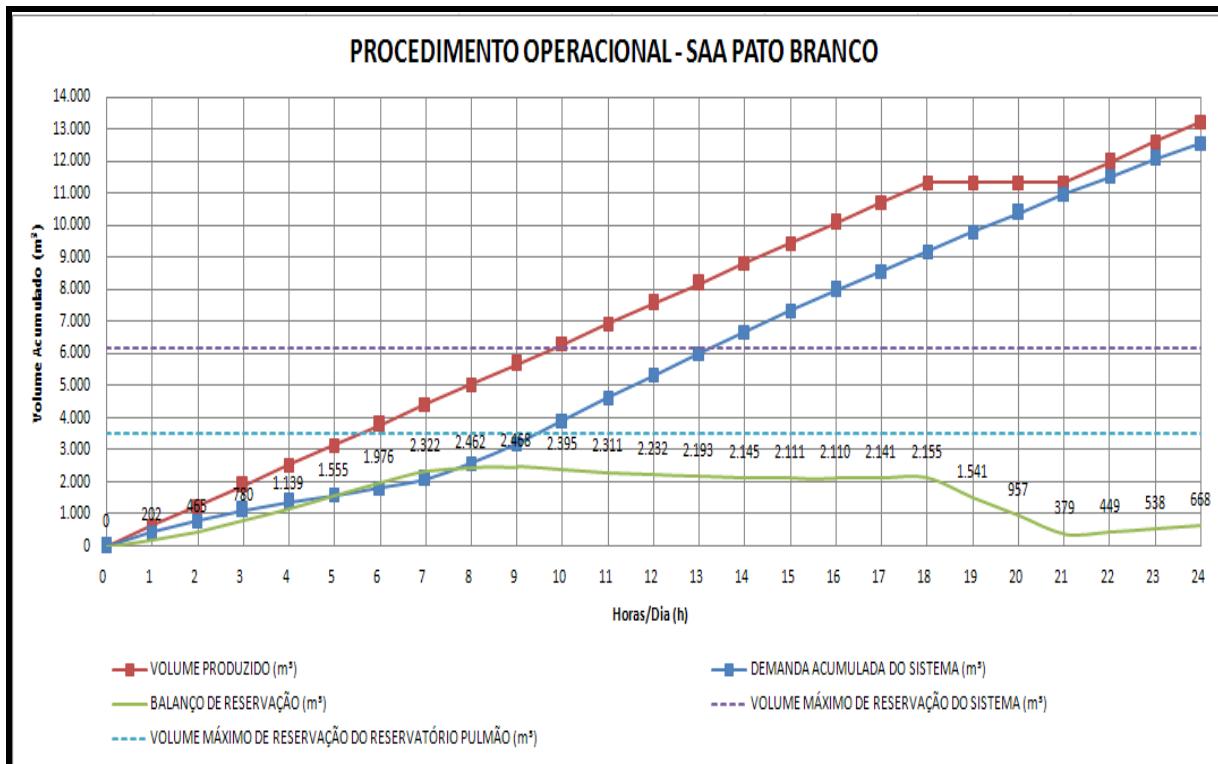


Figura 06: Balanço de reservação do SAA Pato Branco, com base na Capacidade Real de Produção e Demanda do Sistema.

Iniciando a análise com o volume de reservação próximo a zero, pode ser observado que o maior volume de reservação será próximo a 2.500 m³, que ocorrerá entre próximas às 9:00 horas, com ligeira redução do volume de reservação a partir deste momento. Pode ser observado que, as 18:00 horas, que é o horário de início do horrossazonal, o volume de reservação será próximo a 2.100 m³, suficiente para a paralisação total do Sistema Produtor no horrossazonal, conforme determinado pela Equação 03. O volume máximo necessário para o sistema, que ocorre as 9:00 horas, é correspondente a 40 % do volume de reservação do SAA Pato Branco, o que demonstra que, juntamente com a análise semanal apresentada na Tabela 01, não haveria a necessidade de se operar o sistema com seus reservatórios totalmente cheios, o que reduziria a pressão na rede de distribuição, contribuindo assim para a redução das perdas reais do sistema. Vale mencionar que o volume máximo necessário é inferior ao volume do reservatório “pulmão” do sistema, que é de 3.500 m³.

RESULTADOS

No período compreendido entre julho e setembro de 2010, ou seja, período de inverno anterior a realização do estudo, a Captação Rio Pato Branco aduziu um volume total de 1.067.652 m³ e consumiu um total de 933.934 kWh a um importe de R\$ 250.275,84. Portanto, pode-se afirmar que, naquele período, o Custo Médio da Energia Elétrica foi de R\$ 267,98/1.000 kWh. Após a realização do estudo, no período compreendido entre julho e setembro de 2011, a Captação Rio Pato Branco aduziu um volume total de 1.105.655 m³ e consumiu um total de 993.485 kWh a um importe de R\$ 261.018,17. Portanto, pode-se afirmar que o Custo Médio atual está em R\$ 262,73/1.000 kWh.

O crescimento observado, entre os períodos de análise, com relação ao Volume Aduzido foi de 3,56%; com relação ao Consumo de Energia Elétrica foi de 6,38 %; com relação ao Importe de Valor referente ao Consumo foi de 4,29 %, crescimento este inferior ao crescimento do consumo; com relação ao Custo Médio a variação foi de -1,96 %.

Pode ser observado que o crescimento do Consumo de Energia Elétrica foi superior ao crescimento do Volume Aduzido, o que implica em redução da eficiência operacional da Captação Rio Pato Branco. Esta diferença pode estar relacionado a perda de rendimento dos conjuntos motor-bomba da captação e a redução da

confiabilidade de registro do medidor de vazão da AAB, o que deverá ser objeto de investigação de um novo trabalho.

Como o crescimento do consumo de energia foi superior ao crescimento do volume, esta relação fez com que o crescimento do Importe de Energia Elétrica sofresse uma alavancagem. Porém, analisando o indicador de Custo Médio, observa-se que o mesmo apresentou crescimento negativo, ficando inferior ao reajuste de 4% da Tarifa de Energia Elétrica no período de análise. Portanto, pode-se afirmar que, em função da proposta de Procedimento de Operação da Captação Rio Pato Branco, considerando a situação atual, houve redução do custo médio de operação da captação, ou seja, mantendo-se o mesmo procedimento operacional do ano passado, o custo médio atual poderia estar em R\$ 278,69/1.000 kWh. Projetando este indicador, significa dizer que houve uma economia de R\$ 15.856,16, valor este que refere-se a operação da Captação Rio Pato Branco durante um período de 05 dias.

CONCLUSÕES

Comparando os períodos de inverno antes e após a realização da análise do Perfil de Consumo, pode-se afirmar que houve uma significativa redução de valores, referente à utilização de energia elétrica, em relação ao procedimento anterior. Vale ressaltar que, antes da análise do Perfil de Consumo do Sistema, não havia qualquer planejamento de paralisação do mesmo no horossazonal. O procedimento adotado era de manter os níveis de reservação próximo ao máximo, evitando assim o risco de desabastecimento. Porém o resultado obtido não foi o esperado, pois, no período de análise referente ao inverno/2011, ou seja, após a elaboração do Procedimento Operacional, foi consumido um total de 25.631 kWh no período horossazonal, que representa aproximadamente 55 h das 195 h possíveis. Este valor corresponde à operação média de 0,85 h/dia na ponta, ou seja, um Fator de Carga equivalente a 0,28 no horário de ponta. Vale destacar que, durante o inverno/2011, a captação operou em média 19,15 h/dia, o que demonstra que havia a total viabilidade de paralisação integral da captação no horossazonal, conforme demonstrado no estudo.

Se a Captação Rio Pato Branco mantivesse a mesma eficiência operacional em relação ao inverno/2010 e se a mesma não tivesse sido operado na ponta durante o inverno/2011, poderia ter gerado uma economia de R\$ 26.552,25. Observando os registros de nível de reservação do sistema, conforme dados do CCO, observa-se que, no inverno de 2011, os níveis de reservação foram superiores ao indicado no Procedimento de Operação, ou seja, a reservação do sistema foi operado com seus níveis próximo ao máximo. Isso demonstra que, além de estudos técnicos de rotinas operacionais, é muito importante avaliar e de se trabalhar os paradigmas dos operadores do sistema.

Recomenda-se que, para possibilitar a paralisação total da Captação Rio Pato Branco no período horossazonal, durante os invernos de 2012 e de 2013, a Capacidade Real de Produção do sistema seja elevada para 650 m³/h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GASPARINI, R. R.; FAVARO, M. A.; DEPEXE, M. D. Ampliação da capacidade real de produção do Sistema de Abastecimento de Água de Pato Branco – PR. In: XXII ENCONTRO TÉCNICO AESABESP. 2011. **Anais**. São Paulo-SP, 2011. 14p.
2. LEÓN, C.; MARTÍN, S.; ELENA, J. M.; LUQUE, J. EXPLORE—Hybrid Expert System for Water Networks Management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 126, n. 2, 10p., 2000.
3. LERTPALANGSUNTI, N.; CHAN, C. W.; MASON, R.; TONTIWACHWUTHIKUL, P. A toolset for construction of hybrid intelligent forecasting systems: application for water demand prediction. **Artificial Intelligence in Engineering**. v.13, n. 1, p. 21-42, 1999.
4. TAYLOR, J. R. **An introduction to error analysis**. 2nd Ed. Sausalito: University Science Books, 1997. 333 p.
5. 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. 185p.