

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE INFILTRAÇÃO E DO COEFICIENTE DE RETORNO NAS REDES COLETORAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PATO BRANCO – PR.**

**Romulo Ruiz Gasparini** <sup>(1)</sup>

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) e em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário Unifae (UNIFAE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Clarice Soares Cerqueira, nº 185 – Bairro Santa Terezinha – Pato Branco – Paraná – Brasil – C.E.P.: 85501-140 – Telefone: +55 (46) 3902-1838 – Fax: +55 (46) 3902-1824 – E-mail: [romulorg@sanepar.com.br](mailto:romulorg@sanepar.com.br)

## RESUMO

A Taxa de Infiltração e o Coeficiente de Retorno são parâmetros significativos na determinação das vazões de projeto dos Sistemas de Esgotamento Sanitário – SES. A adoção de valores, para estes parâmetros, diferente do real, implicará no sub-dimensionamento ou no superdimensionamento das Unidades Operacionais deste tipo de infraestrutura. Com este trabalho, foi possível concluir que os valores indicados em literatura para a Taxa de Infiltração, podem ser diferentes dos valores que efetivamente ocorrem nas Redes Coletoras de Esgoto. Já com relação ao Coeficiente de Retorno, foi possível concluir que os valores indicados em literatura estão muito próximos. Para o SES Pato Branco, a Taxa de Infiltração observada ficou entre 0,108 l/s.km e 0,209 l/s.km, o que gera uma vazão de infiltração entre 34,60 l/s e 66,90 l/s. Considerando a Taxa de Infiltração média indicada pela ABNT NBR-9649/1986, ter-se-ia uma vazão de infiltração calculada, para o SES Pato Branco, de 167,93 l/s, ou seja, 151 % maior do que a vazão de infiltração máxima observada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Taxa de Infiltração, Coeficiente de Retorno e Redes Coletoras de Esgoto.

## INTRODUÇÃO

A vazão de infiltração nas Redes Coletoras de Esgoto – RCE's, que pode ser considerada uma situação inevitável, ocasiona um aumento considerável da vazão de operação dos Sistemas de Esgotamento Sanitário – SES's. O conhecimento da grandeza deste parâmetro é de extrema importância para o desenvolvimento de projetos de implantação e de expansão dos SES's, pois desta vazão partirá o dimensionamento das Unidades Operacionais constituintes deste tipo de infraestrutura, sendo elas:

- RCE's;
- Estações Elevatórias de Esgoto – EEE's;
- Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's.

Apesar da vazão de operação de um SES depender, normalmente, do Sistema de Abastecimento de Água – SAA, uma parcela do volume de água fornecido não retorna à rede de esgotos. Assim, águas utilizadas em processos industriais, lavagem de veículos, rega de jardins, lavagem de ruas e combate a incêndios, além de parte das perdas reais do Processo de Distribuição do SAA que se infiltram no solo, são exemplos de volumes de água que não retornam como volume de contribuição às RCE's. Em compensação, o volume dos esgotos pode ser aumentado por instalações industriais e particulares com abastecimento próprio e a inadequada entrada de águas pluviais às redes de esgotos prediais. Esta relação entre os volumes de esgoto produzido e da água efetivamente consumida é conhecida como Coeficiente de Retorno.

Uma avaliação da grandeza da vazão de infiltração e da relação entre os volumes de esgoto produzido e

volume de água consumido implicará no desenvolvimento de projetos de implantação e de expansão, além de Diagnósticos Operacionais, dos SES's, mais precisos. A adoção de valores, para estes parâmetros, diferente do real, implicará no sub-dimensionamento ou no superdimensionamento das Unidades Operacionais deste tipo de infraestrutura.

Por este motivo, o artigo tem por finalidade de avaliar, experimentalmente, a vazão de infiltração e o Coeficiente de Retorno nas RCE's do SES Pato Branco, com base em dados de Precipitação e de Temperatura Média da Estação Meteorológica local, de Vazão Afluente da ETE do SES Pato Branco (ETE Ligeiro) e Volume Distribuído no SAA Pato Branco. A Vazão Afluente da ETE Ligeiro foi medida através da instalação de *logger* de vazão em macromedidor instalado no início do Processo de Tratamento. O período de coleta de dados, para a efetivação da avaliação, foi compreendido entre os dias 13 de fevereiro de 2011 e 27 de agosto de 2011.

## FUNDAMENTAÇÃO

A cidade de Pato Branco, localizada 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.

O abastecimento com água tratada e esgotamento sanitário, da população urbana, é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Atualmente, os números de ligações totais de água e de esgoto estão em 21.592 lig.ag e 15.627 lig.esg. e os índices de atendimento com água tratada e de atendimento com esgotamento sanitário estão em 100% e 80%, respectivamente.

Segundo Hanai e Campos (1997), a vazão de infiltração é um parâmetro significativo na determinação das vazões de projeto dos SES's, sendo que a mesma pode ser determinada a partir da Taxa de Infiltração. Esta Taxa de Infiltração é definida pela razão entre a vazão infiltrada no sistema por extensão de RCE, sendo expressa em l/s.m ou l/s.km.

Conforme Azevedo Netto *et al.* (1977), a infiltração nas RCE's ocorre através de juntas defeituosas, tubulação rompida e parede e orifícios de tampões dos poços de visita. A quantidade de água infiltrada depende, principalmente, das características do solo, da posição do nível do lençol freático em relação à canalização da rede de esgoto, da qualidade de execução e do estado de conservação da canalização, do material e do tipo de junta da tubulação e das estruturas dos poços de visita.

Azevedo Netto *et al.* (1977) indicam que a Taxa de Infiltração, no Brasil, está compreendida entre 0,2 e 0,8 l/s.km, enquanto o Coeficiente de Retorno está compreendido entre 0,75 e 0,85. A ABNT NBR-9649/1986 indica que a Taxa de Infiltração está compreendida entre 0,05 a 1,0 l/s.km, enquanto o Coeficiente de Retorno é de 0,80.

O SES Pato Branco é composto por um total de 319,87 km de RCE's, para uma faixa de diâmetro nominal entre 150 mm e 700 mm. Deste total, 180,04 km da tubulação é composto por material cerâmico e em concreto armado e 139,84 km da tubulação é composto material em PVC, em PEAD e em FD. As RCE's do SES Pato Branco estão compreendidas em uma única Bacia Hidrográfica, a do Rio Ligeiro.

Para exercício de Diagnóstico Operacional do SES, a Taxa de Infiltração das tubulações em cerâmica e em concreto armado é considerada de 0,5 l/s.km e das tubulações em PVC, em PEAD e em FD é considerada de 0,1 l/s.km. Desta maneira, tem-se uma Taxa de Infiltração global calculada do SES Pato Branco de 0,320 l/s.km, o que gera uma Vazão de Infiltração calculada de 104,00 l/s.

Segundo Hanai e Campos (1997), a maioria dos sanitaristas considera que os valores da Taxa de Infiltração, conforme recomendado, são muito elevados. Considerando a Taxa de Infiltração média indicada por Azevedo Netto *et al.* (1977), que é de 0,500 l/s.km, tem-se uma vazão de infiltração calculada, para o SES Pato Branco, de 159,93 l/s. Considerando a Taxa de Infiltração média indicada pela ABNT NBR-9649/1986, que é de 0,525 l/s.km, tem-se uma vazão de infiltração calculada, para o SES Pato Branco, de 167,93 l/s.

A adoção das Taxas de Infiltração média, conforme indicado por Azevedo Netto *et al.* (1977) e pela ABNT NBR-9649/1986, ter-se-ia um indicativo da saturação prematuro da ETE Ligeiro, cuja Capacidade de Tratamento é de 200 l/s. Segundo Bruno e Tsutiya (1983) *apud* Hanai e Campos (1997), em trabalho realizado em SES's do interior do Estado de São Paulo, concluíram que a Taxa de Infiltração destes sistemas eram inferiores as recomendadas pela ABNT NBR-9649/1986, conforme a seguir:

- SES Cardoso: 0,025 l/s.km;
- SES Fernandópolis: 0,159 l/s.km;
- SES Lucélia: 0,017 l/s.km;
- SES Pinhal: 0,125 l/s.km.

Observando as Taxas de Infiltração de SES's onde foi realizada uma avaliação das RCE's, observa-se que a atual Taxa de Infiltração utilizada para análise do SES Pato Branco pode ser elevada, objeto este de necessidade de investigação. Mesmo a maior taxa determinada por Bruno e Tsutiya (1983) *apud* Hanai e Campos (1997), que é de 0,159 l/s.km, é, aproximadamente, 50 % inferior a atualmente utilizada.

Para a estimativa indireta da Taxa de Infiltração, utilizou-se do Perfil de Vazão Afluente da ETE Ligeiro de modo a identificar a sua vazão mínima noturna, pois no período noturno as atividades com o uso de água são menores e conseqüentemente há pouca contribuição de esgoto nos SES's. Segundo Hanai e Campos (1997), no período noturno, percebe-se visualmente a clarificação do esgoto sanitário, a montante da ETE, devido à infiltração. Em trabalho realizado na cidade de Araraquara, no interior do Estado de São Paulo, Hanai e Campos (1997) concluíram que aproximadamente 90 % do total das vazões afluentes, no período mínimo noturno, são devidas as águas de infiltração.

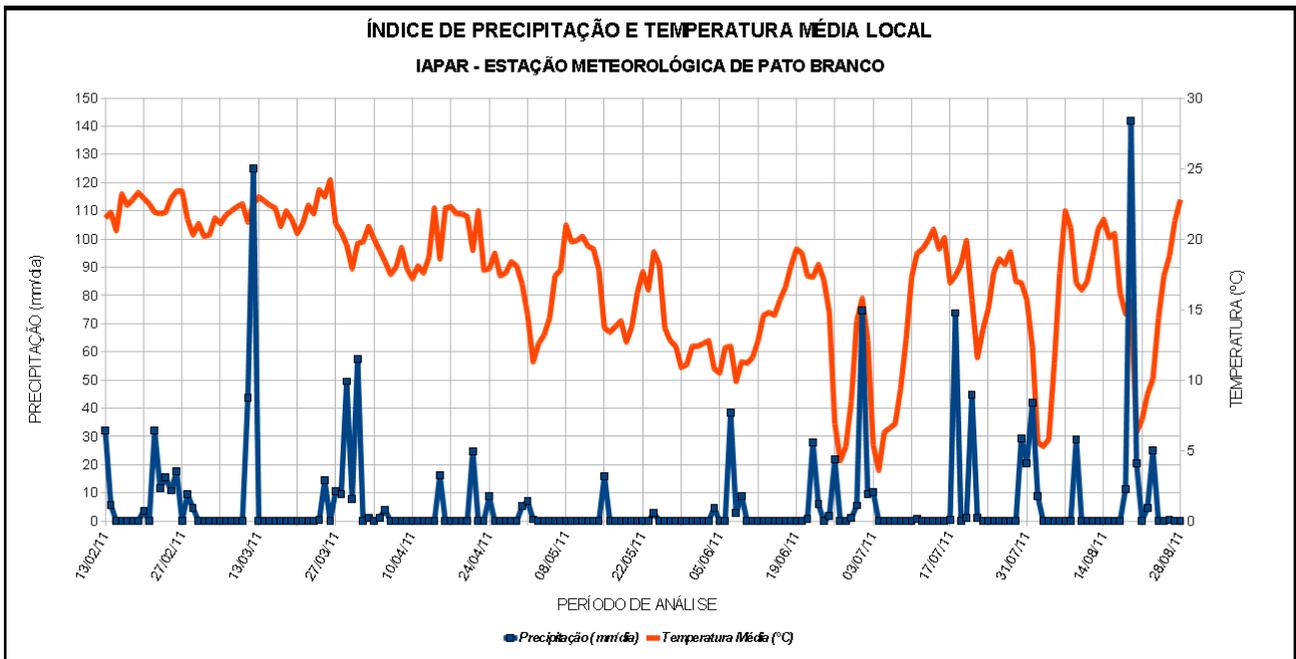
Para a estimativa indireta do Coeficiente de Retorno (CR), utilizou-se do Perfil de Vazão (VP), para o período de análise, do SAA Pato Branco. Relacionando este Perfil de Vazão (VP) com o Volume Total Micromedido (VM) e o Volume Micromedido das ligações com serviço de água e de esgoto ( $VM_{AE}$ ) deste SAA, tem-se o Perfil de Vazão Teórico ( $VE_T$ ) do SES Pato Branco. Este Perfil de Vazão Teórico ( $VE_T$ ) pode ser comparado com o Perfil de Vazão Afluente (VE) da ETE Ligeiro, estabelecendo uma faixa em função das Perdas Totais de Água (IPL) do SAA Pato Branco, de modo a se ter uma estimativa do Coeficiente de Retorno (CR). Sabe-se que nem toda a parcela de Perdas Totais de Água de um SAA é de Perdas Reais, tendo a parcela de Perdas Aparentes. Sabe-se que nem toda a parcela de Perdas Reais, que são os vazamentos nas Redes de Distribuição de Água, infiltrar-se-á no solo, tendo uma parcela que adentrará as RCE's, que contribuirá para o Coeficiente de Retorno. Por esse motivo de se considerar esta faixa. Desta forma, tem se a seguinte relação para a estimativa indireta do Coeficiente de Retorno, conforme as Equações 01 e 02 a seguir:

$$VE_T = VP \cdot IPL \cdot VM_{AE} \cdot VM^{-1} \quad (\text{Equação 01})$$

$$CR = VE_T \cdot VE^{-1} \quad (\text{Equação 02})$$

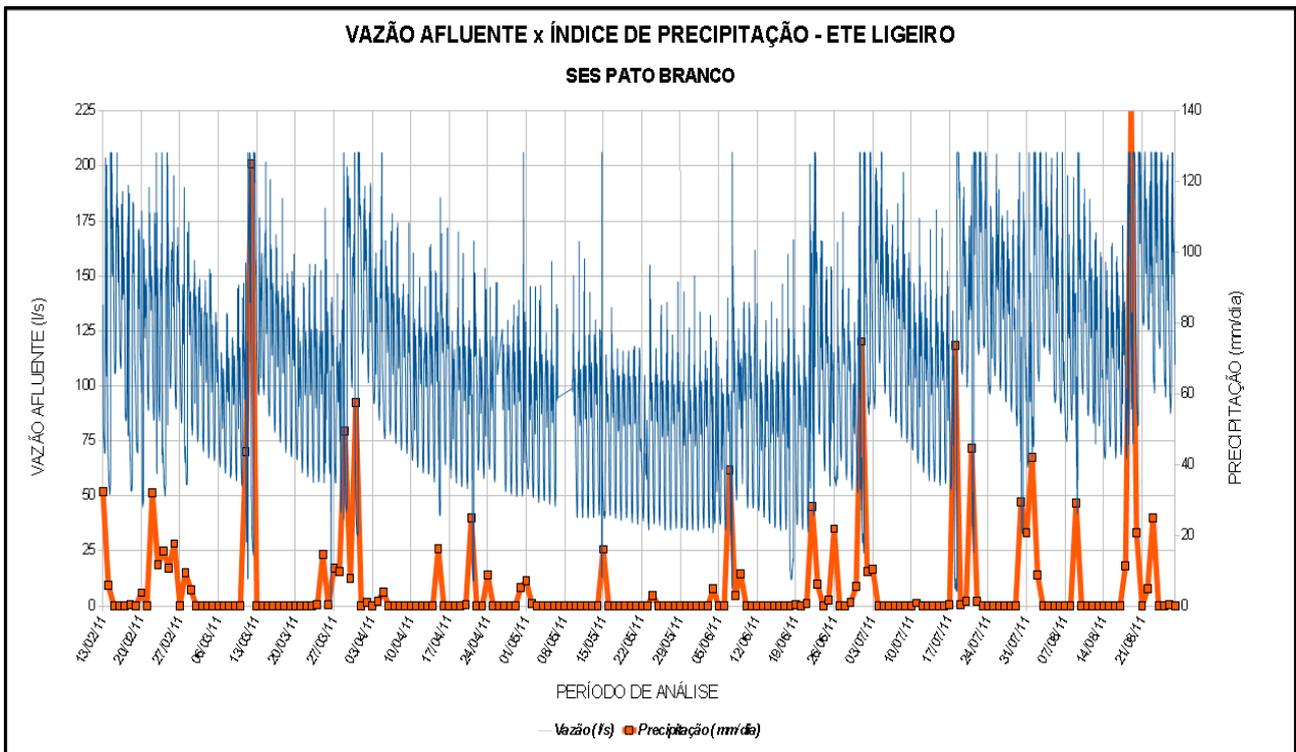
O Volume Total Micromedido, para o ano de 2012, foi de 3.799.869 m<sup>3</sup>/ano, enquanto o Volume Micromedido das ligações de água e de esgoto, para o ano de 2012, foi de 2.989.290 m<sup>3</sup>/ano. Desta maneira, pode-se afirmar que, 78,67 % do Volume Micromedido do SAA Pato Branco é para atendimento as ligações contempladas com os serviços das RCE's. O Índice de Perdas Totais por Ligação do SAA Pato Branco, para o ano de 2012, foi de 96,64 l/lig.dia ou 16,74 %.

Para o procedimento de análise da Taxa de Infiltração e do Coeficiente de Retorno, utilizou-se de dados de Precipitação e de Temperatura Média. Estes dados foram gentilmente cedidos IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná, de sua Estação Meteorológica local. A Figura 01 apresenta estes dados.



**Figura 01:** Índice de Precipitação e Temperatura Média do período de análise, da Estação Meteorológica do IAPAR em Pato Branco.

A Estação Meteorológica do IAPAR não está inserida na Bacia de Esgotamento do SES Pato Branco, estando distante da ETE Ligeiro em, pelo menos, 4 km. Em função desta situação, optou-se em comparar a Vazão Afluente da ETE Ligeiro e o Índice de Precipitação registrado na Estação Meteorológica do IAPAR. A Figura 02 apresenta esta análise.



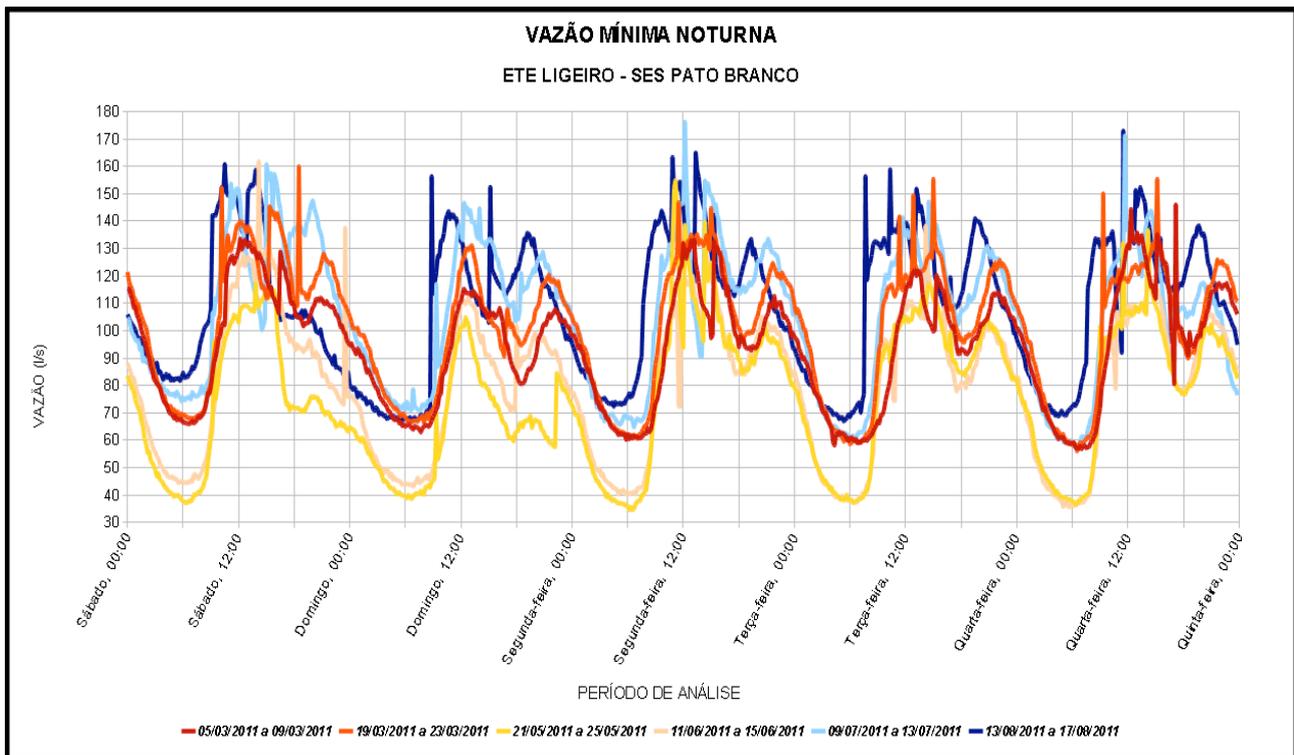
**Figura 02:** Perfil de Vazão Afluente da ETE Ligeiro e Índice de Precipitação, para o período entre os dias 13 de fevereiro de 2011 e 27 de agosto de 2011.

Pode ser observado que, para cada ocorrência de Precipitação, houve uma reação imediata da Vazão Afluente da ETE Ligeiro, através de sua elevação, sucedida de uma redução gradativa desta mesma vazão, após a ocorrência da precipitação. Esta observação remete que, apesar da Estação Meteorológica do IAPAR não estar na Bacia de Esgotamento do SES Pato Branco, o Índice de Precipitação apresentado reflete de maneira satisfatória a ocorrência de chuvas na Bacia de Esgotamento deste mesmo SES.

## RESULTADOS

Conforme a Figura 03 foi avaliado o Perfil de Vazão Afluyente da ETE Ligeiro em 06 períodos distintos, sendo eles:

- 05/03/2011 a 09/03/2011 e 19/03/2011 a 23/03/2011, ambos no verão;
- 21/05/2011 a 25/05/2011 e 11/06/2011 a 15/06/2011, ambos no outono;
- 09/07/2011 a 13/07/2011 e 13/08/2011 a 17/08/2011, ambos no inverno.



**Figura 03:** Perfil de Vazão Afluyente, para 06 períodos distintos, da ETE Ligeiro.

Ambos os 06 períodos tinham o seu início as 0:00 h de um sábado e o seu fim as 0:00 h de uma quinta-feira. O Índice de Precipitação acumulado entre os dias 05/03/2011 e 09/03/2011 foi de zero mm, enquanto o Índice de Precipitação acumulado nos 07 dias anteriores a este mesmo período foi de 31,7 mm. A temperatura média neste período foi de 21,7° C. O Volume de Água distribuído no SAA Pato Branco foi de 59.676 m<sup>3</sup>, enquanto o Volume de Esgoto Tratado na ETE Ligeiro foi de 40.703 m<sup>3</sup>. A vazão afluyente média observada da ETE Ligeiro foi de 94,22 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 146,00 l/s e a vazão mínima noturna foi de 56,90 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu entre 6:40 h e 7:00 h do dia 09/03/2011 (quarta-feira). Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,178 l/s.km. Nesta série, observou-se que a vazão mínima noturna apresentou redução gradativa no período de análise, fato este que a menor vazão ter sido observada no último dia. Este situação pode estar relacionada com a natureza do solo local, que é de baixa granulometria e a ocorrência de precipitação nos 07 dias anteriores ao período de análise, que foi de 31,7 mm. Porém esta discussão não é objeto deste trabalho. Substituindo os dados do período nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 104,1 % ou 1,04, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 86,7 % ou 0,87. Há de se considerar que apenas uma parcela do Índice de Perdas Totais retornará ao SES, conforme já explicado, além da possibilidade de elevação do nível de água do lençol freático em relação às RCE's, que permite um maior volume de água de infiltração nas redes coletoras.

Para o período entre os dias 19/03/2011 e 23/03/2011, o Índice de Precipitação acumulado foi de zero mm, enquanto o Índice de Precipitação acumulado nos 07 dias anteriores a este mesmo período foi de 125 mm. A temperatura média neste período foi de 21,4° C. O Volume de Água distribuído no SAA Pato Branco foi de 61.168 m<sup>3</sup>, enquanto o Volume de Esgoto Tratado na ETE Ligeiro foi de 43.701 m<sup>3</sup>. A vazão afluyente média observada da ETE Ligeiro foi de 101,16 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 160,00 l/s e a vazão mínima

noturna foi de 56,10 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu as 6:30 h do dia 23/03/2011 (quarta-feira). Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,175 l/s.km. Também nesta série, observou-se que a vazão mínima noturna apresentou redução gradativa no período de análise, fato este que a menor vazão ter sido observada no último dia. Substituindo os dados do período nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 109,1 % ou 1,09, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 90,8 % ou 0,91.

Para o período entre os dias 21/05/2011 e 25/05/2011, o Índice de Precipitação acumulado foi de 3 mm, enquanto o Índice de Precipitação acumulado nos 07 dias anteriores a este mesmo período foi de 16 mm. A temperatura média neste período foi de 17,5° C. O Volume de Água distribuído no SAA Pato Branco foi de 56.234 m<sup>3</sup>, enquanto o Volume de Esgoto Tratado na ETE Ligeiro foi de 32.581 m<sup>3</sup>. A vazão afluyente média observada da ETE Ligeiro foi de 75,42 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 155,00 l/s e a vazão mínima noturna foi de 34,60 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu entre as 6:10 h e 6:30 h do dia 23/05/2011 (segunda-feira). Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,108 l/s.km. Substituindo os dados do período nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 88,5 % ou 0,88, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 73,7 % ou 0,74.

Para o período entre os dias 11/06/2011 e 15/06/2011, o Índice de Precipitação acumulado foi de 0 mm, enquanto o Índice de Precipitação acumulado nos 07 dias anteriores a este mesmo período foi de 54,9 mm. A temperatura média neste período foi de 13,6° C. O Volume de Água distribuído no SAA Pato Branco foi de 57.022 m<sup>3</sup>, enquanto o Volume de Esgoto Tratado na ETE Ligeiro foi de 34.626 m<sup>3</sup>. A vazão afluyente média observada da ETE Ligeiro foi de 80,15 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 161,80 l/s e a vazão mínima noturna foi de 35,60 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu as 5:40 h do dia 15/06/2011 (quarta-feira). Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,111 l/s.km. Também nesta série, observou-se que a vazão mínima noturna apresentou redução gradativa no período de análise, fato este que a menor vazão ter sido observada no último dia. Substituindo os dados do período nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 92,7 % ou 0,93, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 77,2 % ou 0,77.

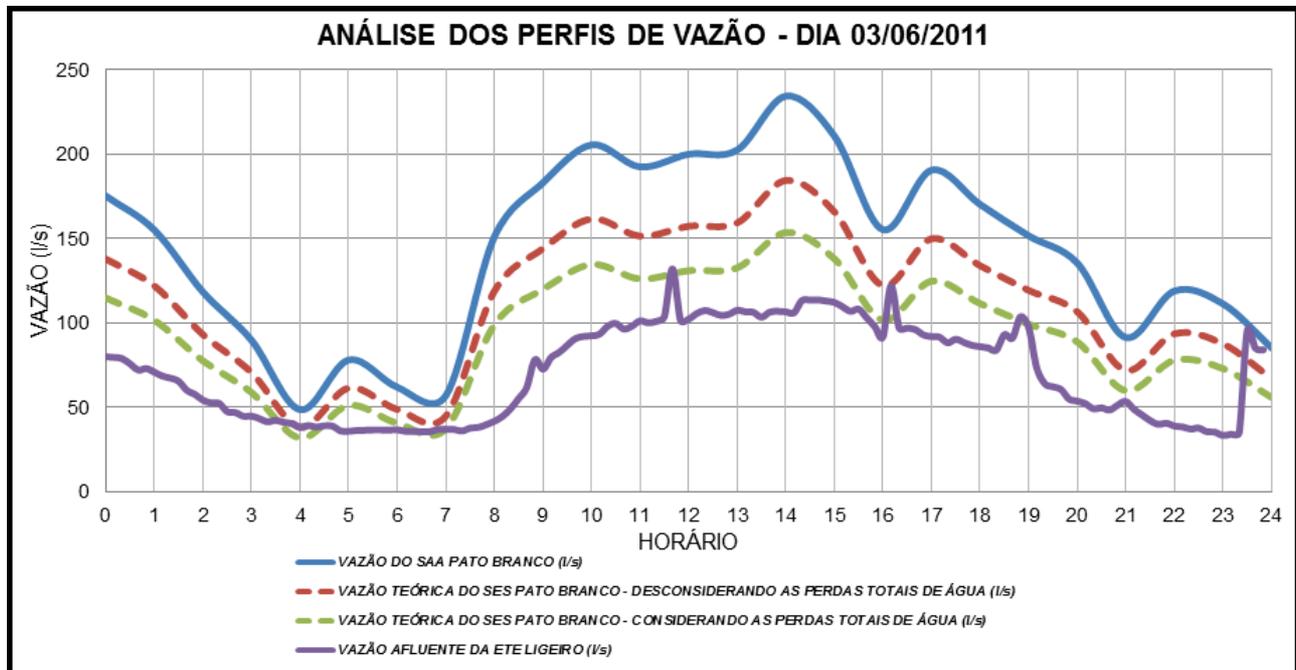
Para o período entre os dias 09/07/2011 e 13/07/2011, o Índice de Precipitação acumulado foi de 0,8 mm, enquanto o Índice de Precipitação acumulado nos 07 dias anteriores a este mesmo período foi de 20 mm. A temperatura média neste período foi de 17,9° C. O Volume de Água distribuído no SAA Pato Branco foi de 58.623 m<sup>3</sup>, enquanto o Volume de Esgoto Tratado na ETE Ligeiro foi de 45.574 m<sup>3</sup>. A vazão afluyente média observada da ETE Ligeiro foi de 105,49 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 176,30 l/s e a vazão mínima noturna foi de 56,90 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu as 6:30 h do dia 13/07/2011 (quarta-feira). Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,178 l/s.km. Substituindo os dados do período nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 118,7 % ou 1,19, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 98,8 % ou 0,99.

Para o período entre os dias 13/08/2011 e 17/08/2011, o Índice de Precipitação acumulado foi de 0 mm, enquanto o Índice de Precipitação acumulado nos 07 dias anteriores a este mesmo período foi de 29 mm. A temperatura média neste período foi de 19,8° C. O Volume de Água distribuído no SAA Pato Branco foi de 56.968 m<sup>3</sup>, enquanto o Volume de Esgoto Tratado na ETE Ligeiro foi de 46.854 m<sup>3</sup>. A vazão afluyente média observada da ETE Ligeiro foi de 108,46 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 173,00 l/s e a vazão mínima noturna foi de 66,90 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu as 6:40 h do dia 14/08/2011 (domingo). Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,209 l/s.km. Substituindo os dados do período nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 125,6 % ou 1,26, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 104,6 % ou 1,05.

Observou-se que as vazões do SES Pato Branco, para o período de inverno, foram as que apresentaram as maiores ordens de grandeza. Este fato pode estar relacionado com a temperatura, já que, neste período, as temperaturas médias foram superiores as temperaturas médias do período de outono e próximas as temperaturas médias do período de verão. Porém, tal fato, não é objeto de investigação deste trabalho, sendo necessária uma melhor investigação de tal fato em trabalhos futuros. Observou-se que o menor Coeficiente de Retorno ocorreu juntamente com menor Taxa de Infiltração, no período de 11/06/2011 a 15/06/2011, enquanto o maior Coeficiente de Retorno ocorreu juntamente com maior Taxa de Infiltração, no período de 13/08/2011 a 17/08/2011, fato este que pode estar relacionado a variação do nível de água do

lençol freático em relação as RCE's.

Desta forma, buscou-se identificar a data com maior período de estiagem do levantamento de dados, sendo que, o dia identificado para esta finalidade, foi de 03 de junho de 2011. Nesta data, o índice de precipitação foi de 0 mm. Os 07 dias anteriores a esta data, o índice de precipitação acumulado foi de 0 mm. Os 31 dias anteriores a esta data, o índice de precipitação acumulado foi de 19 mm. Assim, confrontou-se o Perfil de Vazão do SAA Pato Branco, relacionado o mesmo com o Volume Total Micromedido e o Volume Micromedido das ligações com serviço de água e de esgoto, além do Índice de Perdas Totais de Água, com o Perfil de Vazão Afluente da ETE Ligeiro. A Figura 04 apresenta esta análise.



**Figura 04:** Perfil de Vazão, referente ao dia 03 de junho de 2011, para estimativa do Coeficiente de Retorno do SES Pato Branco.

Para o dia 03/06/2011, a vazão afluente média observada da ETE Ligeiro foi de 70,62 l/s, enquanto a vazão máxima foi de 132,10 l/s e a vazão mínima noturna foi de 35,50 l/s. Esta vazão mínima noturna ocorreu entre as 6:30 h e 6:40 h. Relacionando esta vazão mínima com a extensão da rede coletora, tem-se uma Taxa de Infiltração de 0,111 l/s.km. Substituindo os dados de vazão, referente ao dia 03/06/2011, nas equações 01 e 02, tem-se que o Coeficiente de Retorno, considerando o Índice de Perdas Totais, foi de 93,2 % ou 0,92, enquanto o Coeficiente de Retorno, desconsiderando o Índice de Perdas Totais, foi de 77,6 % ou 0,78.

Desta forma, pode-se concluir que a Taxa de Infiltração das RCE's do SES Pato Branco está entre 0,108 l/s.km e 0,209 l/s.km, ou seja, inferior a indicada em literatura, conforme já mencionado. Com esta faixa da Taxa de infiltração, pode-se afirmar que a Vazão de Infiltração as RCE's ficou entre 34,60 l/s e 66,90 l/s. Foi observado que as Vazões Mínimas Noturnas, utilizadas para a determinação da vazão de infiltração, ocorreu entre as 5:40 h e as 7:00 h. Em períodos de estiagem, onde há a redução do nível de água do lençol freático em relação as RCE's, a Taxa de Infiltração se apresentou próximo ao mínimo observado.

Já com relação ao Coeficiente de Retorno das RCE's do SES Pato Branco, conforme análise, a mesma está entre 0,74 e 1,26. Conforme já mencionado, esta variação pode estar relacionada à variação do nível de água do lençol freático em relação as RCE's. A contribuição de água de origem de solo não pode ser considerada como contribuição ao Coeficiente de Retorno, já que a mesma é uma contribuição à Vazão de Infiltração, por isso o motivo da análise do dia de estiagem. Procedendo a análise de um dia de estiagem, observou-se que o Coeficiente de Retorno ficou entre 0,78 e 0,92, ou seja, muito próximo ao indicado em literatura.

## CONCLUSÃO

A Taxa de Infiltração e o Coeficiente de Retorno são parâmetros significativos na determinação das vazões

de projeto dos SES's. A adoção de valores, para estes parâmetros, diferente do real, implicará no subdimensionamento ou no superdimensionamento das Unidades Operacionais deste tipo de infraestrutura. A análise destes parâmetros contribuirá para o desenvolvimento de futuros projetos, de implantação e de ampliação do SES, de melhor qualidade, minimizando os custos decorrentes de um possível superdimensionamento, além de possibilitar um melhor funcionamento hidráulico das RCE's.

Com as observações deste trabalho, foi possível concluir que os valores indicados em literatura para a Taxa de Infiltração, podem ser diferentes dos valores que efetivamente ocorrem nas RCE's. Já com relação ao Coeficiente de Retorno, foi possível concluir que os valores indicados, em literatura, estão muito próximos.

Para o SES Pato Branco, a Taxa de Infiltração observada ficou entre 0,108 l/s.km e 0,209 l/s.km, o que gera uma vazão de infiltração entre 34,60 l/s e 66,90 l/s. Para efeito de exemplo, se fosse adotada a Taxa de Infiltração média indicada por Azevedo Netto *et al.* (1977), ter-se-ia uma vazão de infiltração calculada de 159,93 l/s, ou seja, 139 % maior do que a vazão de infiltração máxima observada. Considerando a Taxa de Infiltração média indicada pela ABNT NBR-9649/1986, ter-se-ia uma vazão de infiltração calculada, para o SES Pato Branco, de 167,93 l/s, ou seja, 151 % maior do que a vazão de infiltração máxima observada. Considerando a Taxa de Infiltração das tubulações em cerâmica e em concreto armado em 0,5 l/s.km e das tubulações em PVC, em PEAD e em FD em 0,1 l/s.km, ter-se-ia uma vazão de infiltração calculada, para o SES Pato Branco, de 104,00 l/s, ou seja, 55 % maior do que a vazão de infiltração máxima observada. Desta forma, ter-se-ia um indicativo prematuro de saturação da ETE do SES. Mas, por outro lado, considerasse a Taxa de Infiltração média de 0,1 l/s.km, ter-se-ia uma vazão de infiltração, para o SES Pato Branco, de 31,99 l/s, ou seja, 52 % menor do que a vazão máxima observada. Desta forma, ter-se-ia um indicativo tardio de saturação da ETE do SES. Desta forma, justifica-se a importância deste tipo de análise.

Para a sequência deste trabalho, recomenda-se avaliar qual é a parcela de vazão de esgoto na vazão mínima noturna, como forma de efetivamente determinar a vazão de infiltração, através de coleta de amostras da Vazão Efluente da ETE Ligeiro na faixa de horário de menor vazão noturna. A faixa de menor vazão noturna foi entre as 5:40 h e 7:00h. Com estas amostras, poder-se-ia determinar a sua DQO<sub>média</sub> e realizar comparação com a DQO de amostras de esgoto. Com esta análise, haverá uma tendência de redução da Taxa de Infiltração do SES Pato Branco.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETO, J. M. (Organizador). **Sistemas de esgotos sanitários**. São Paulo: CETESB, 1977. 467 p.

HANAI, F. Y. e CAMPOS, J. R. Avaliação da infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara – SP. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997. **Anais**. Foz do Iguaçu – PR, 1997. 14 p.

[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) – Site Oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.