



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

“Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças”

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

INICIAÇÃO CIENTÍFICA MUDANDO A VISÃO NO SANEAMENTO AMBIENTAL: ENTENDENDO O IMPACTO DAS CHUVAS INTENSAS NO ESGOTO DO ABC PAULISTA

André Luiz de Lima Reda – andrereda@maua.br

Escola de Engenharia Mauá – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia
Praça Mauá, 1.

CEP 09580-900 – São Caetano do Sul – SP

Gabriela Sá Leitão de Mello – gabrielamello@maua.br

Daniel Massashi Uehara – danuehara@maua.br

***Resumo:** Entre os projetistas brasileiros de coletores de esgoto, “redes separadoras absolutas” têm sido o tipo de concepção preferido. Porém, apesar de este tipo visar isolar os esgotos das águas pluviais, aumentos significativos de vazão têm ocorrido no esgoto coletado, concomitantes com variações na sua qualidade, devido a tormentas urbanas – a exemplo do que ocorre nas comunidades que optaram pelos sistemas coletores unitários! O trabalho, originado na iniciação científica do segundo autor, investiga tais variações na Região Metropolitana de São Paulo, incluindo registros temporais pluviométricos e de vazão e qualidade do esgoto bruto afluente à estação de tratamento de Riacho Grande, em São Bernardo do Campo. Tais registros são analisados, conduzindo a importantes conclusões e recomendações, tais como que o impacto de tormentas sobre o esgoto afluente pode aumentar muitas vezes sua vazão, perturbando sensivelmente sua qualidade – principalmente durante a ascensão do seu hidrograma de vazões. Tais conclusões devem ser consideradas nas atividades de planejamento, projeto, manutenção, operação, monitoramento e controle de redes coletoras e estações de tratamento de esgotos no Brasil e em outras regiões com problemas similares. Futuramente, isto poderá possibilitar a operação dinâmica de redes e estações de tratamento, baseada em monitoramento em tempo real da rede contribuinte. Já em termos imediatos, tal consciência é fundamental para que planejadores, projetistas e proprietários de sistemas de esgoto (coleta e tratamento) os concebam compatíveis com os compromissos futuros a que estarão sujeitos para atingirem seus propósitos durante suas vidas úteis. Tais conclusões foram atingidas devido à colaboração universidade-FAPESP-governos-empresa.*

***Palavras-chave:** Drenagem urbana, Perturbações transientes no esgoto, Trabalho de graduação, Saneamento ambiental, Iniciação científica.*

1. INTRODUÇÃO

As redes coletoras de esgotos no Brasil, salvo em algumas exceções regionais, têm sido preferencialmente planejadas, projetadas e construídas para funcionar como sistemas “separadores absolutos” (TSUTYIA e ALEM, 1999) – tipo de sistemas em que o esgoto sanitário é coletado separadamente das águas pluviais urbanas, que deveriam seguir por rede coletora própria para elas. Isto se deveu, principalmente, às características climáticas do País, em que são comuns chuvas convectivas (“chuvas de verão”), torrenciais; se parte de sua enxurrada seguir para a estação de tratamento de esgoto (ETE) juntamente com as águas sanitárias, pode gerar enormes vazões afluentes e inviabilizar o próprio tratamento. Tentativas incipientes de construir e operar “redes unitárias” (que coletam esgoto e águas pluviais conjuntamente) em áreas urbanas do Brasil foram malogradas e prontamente substituídas por concepções de redes separadoras (ver RODRIGUES e JORDÃO, 1999, como exemplo).

Já em países ou regiões com clima frio ou temperado, notadamente na Europa do Norte (BECK, 1995) e América do Norte (HALL *et al.*, 1989), sistemas públicos “unitários” de coleta, agregando o esgoto e as águas pluviais municipais, têm sido construídos historicamente e até o presente, tendo funcionado com problemas administráveis (REDA, 1996). A “administrabilidade” desses problemas, principalmente de ordem operacional durante o funcionamento da rede por ocasião de tormentas, se deve às modestas alturas pluviométricas das tormentas típicas em regiões urbanas daquela parte do Globo. Isto tem permitido ao planejador de Saneamento Básico e Ambiental nas sociedades mais desenvolvidas do Hemisfério Norte propor métodos de operação dinâmica do sistema (BECK, 1995), baseada em monitoramento hidrológico em tempo-real da bacia hidrográfica servida pela rede coletora e simulação matemática dinâmica da rede e da estação de tratamento de esgoto como um sistema integrado.

Ocorre que, com o passar do tempo, incursões de águas pluviais numa rede coletora que deveria funcionar principalmente como separadora absoluta, tal como em vários centros urbanos brasileiros, têm causado acréscimos de vazão de esgoto, por ocasiões de tormentas, da ordem de várias vezes a vazão normalmente afluente à ETE. Tais incursões se devem, em parte, a ligações clandestinas de sistemas de coleta pluvial aos de coleta de esgoto (comum no âmbito das instalações prediais, mas também possível na esfera das redes públicas ou comunitárias) e, em parte, às invasões para dentro da rede de esgoto (que, com a idade, sofre rachaduras e desconexões nas juntas) de águas pluviais previamente infiltradas no solo ou das que escapam de descontinuidades nos próprios coletores pluviais. Tal problema, comumente, torna impossível à estação admitir para dentro de seu processo de tratamento grande parte do volume total de esgoto (combinado com águas pluviais) que a ela aporta em tais ocasiões. Evidentemente, a parcela do volume afluente que, então, não sofreu o tratamento adequado, ao ser despejada no corpo d’água receptor pode vir a prejudicar a manutenção da qualidade de água desejada – sendo esta manutenção a razão máxima para a construção de estações de tratamento de esgoto.

Recentemente, o administrador sanitário brasileiro tem-se visto às voltas com sérios problemas legais, pois, de acordo com a legislação ambiental do País, é considerado crime despejar esgoto com carga poluidora considerável seja na rede pública de drenagem onde esta já existir, seja em corpos d’água fluviais urbanos protegidos pela legislação pertinente. No Seminário Interamericano “Redes de esgotos sanitários e galerias de águas pluviais – interferências e interconexões” (AIDIS, 2004) e no “V Encontro Estadual de Saneamento Ambiental” (AESABESP, 2005), experiências de profissionais engajados no planejamento, no projeto e na operação de rede coletora, estação elevatória e ETE foram apresentadas para corroborar tal situação. Há mesmo casos extremos em que ordens de prisão em flagrante são

emitidas contra o profissional que esteja em serviço no momento em que tais descargas de esgoto são efetuadas, mesmo em situações emergenciais e se considerando que seria inviável para a ETE admitir todo o esgoto afluente para tratamento (tanto fisicamente, por limitação de seu dimensionamento hidráulico, quanto pelo fato de que vazões excessivas prejudicariam a qualidade do processo naquela ocasião e por considerável período a seguir).

Metodologias têm sido propostas para enfrentar tecnicamente tais problemas no âmbito da estação de tratamento de forma sistêmica, operacional e dinâmica por vários autores nos países desenvolvidos do Hemisfério Norte (LESSARD, 1989; BELHADJI *et al.*, 1995; REDA e BECK, 1997; PETRUCK *et al.*, 1998); incluindo, ainda, propostas de integrar esse sistema com o corpo d'água receptor, o qual também seria objeto de simulação matemática para a previsão de vazão e qualidade de suas águas e tomada de decisão, visando a qualidade ambiental de forma integrada espaço-temporalmente (SCHÜTZE *et al.*, 1998).

Tais interferências podem ser melhor avaliadas através da comparação dos dados horários de vazão e de qualidade do esgoto obtidos em tempo seco e em tempo chuvoso (como se vê em publicações regionais tais como as de BUTLER *et al.*, 1995; REDA, 1996; MELLO, 2002). Maiores detalhes e casos práticos com tais comparações são mais bem apresentados e discutidos em MELLO e REDA (2003) e FERREIRA (2004).

2. CASO ESTUDADO

No trabalho original e mais completo de MELLO (2002), vários casos foram estudados para ilustrar o problema acima apresentado. Desses, foi aqui selecionado o de uma área na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), no ABC Paulista.



Figura 1 – Situação de emergência na Estação de Tratamento de Esgoto do Riacho Grande – nível quase extravasando para pátio de operações

Tal caso foi escolhido para este artigo, de cunho não somente técnico, mas também didático-pedagógico, por dois motivos principais, a saber:

- a) as determinações laboratoriais de qualidade do esgoto foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da própria Escola de Engenharia Mauá, em conjunto, pelo segundo autor (quando no ano final de graduação em engenharia sanitária) e pelo terceiro (técnico em química e acadêmico de tecnologia ambiental);
- b) a região estudada se localiza próximo ao Campus do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, constituindo assim o trabalho um caso de interação com a comunidade local;
- c) o contato com técnicos municipais de São Bernardo do Campo, dentro de tal contexto, possibilitou construtiva interação para o aprendizado dos acadêmicos (segundo e terceiro autores), tendo significado experiência prática específica em suas áreas de formação.

A contribuição de esgoto investigada foi a que afluí à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo, localizada no Distrito de Riacho Grande, correspondendo a cerca de 1500 usuários. A área geradora dessa contribuição é a região central daquele Distrito, às margens da Represa Billings, tendo importância estratégica para a segurança ambiental regional. Essa ETE opera com o sistema de valos de oxidação (conforme descrito em JORDÃO e PESSÔA, 1995). Na Figura 1, pode-se ver parte do valo de oxidação, numa tormenta investigada por MELLO (2002), o qual está próximo de extravasar para o pátio da estação. Em outra ocasião, não registrada fotograficamente aqui, houve extravasamento de fato.

3. METODOLOGIA EMPREGADA

As informações de campo necessárias para as análises aqui desenvolvidas abrangeram séries de valores de vazão líquida do esgoto investigado e das concentrações de alguns parâmetros de qualidade desse mesmo esgoto. A discretização temporal dessas séries precisa, obviamente, mostrar as variações de alta frequência, sendo uma amostragem horária já suficiente, na prática.

A despeito de a amostragem em termos de vazão ser viável de forma contínua (com registros contínuos de nível d'água em gráficos de papel, mais tradicionalmente, que podem ser transformados em hidrogramas de vazão), sabe-se que em termos de qualidade isto seria impraticável. Assim, recorreu-se a amostras da qualidade do esgoto a cada uma ou duas horas, coletadas e levadas ao laboratório com suficiente rapidez para análise de vários parâmetros – dos quais somente alguns são mostrados aqui (ver MELLO, 2002, quanto aos outros).

Pôde-se, neste caso, medir vazões de modo horário. Assim, os gráficos mostrados mais adiante são informações seguras da variação quase-contínua da vazão dos esgotos monitorados.

As alturas pluviométricas foram disponibilizadas pelo Centro Tecnológico de Hidráulica-CTH, do DAEE-SP, o qual, através de sua Rede Telemétrica de Hidrologia, também proveu a equipe de medição com previsões de tormentas, em tempo real, que serviram para colocá-la em prontidão.



Figura 2 – Etapas das determinações laboratoriais: separação de amostras para determinar DQO (esquerda) e cápsulas em estufa para secagem (para concentração de sólidos - direita)

Quanto à qualidade do esgoto, foram tomadas amostras de sólidos sedimentáveis (SS), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos totais (ST) a cada hora durante as quinze horas de um dia seco (7h12 a 22h12) e, num dia chuvoso (15h15 a 19h45), de DQO e ST a intervalos menores que 1h. As determinações laboratoriais foram efetuadas no Laboratório de Saneamento Ambiental – que dá apoio a trabalhos de pesquisa de graduação e de mestrado *strito-sensu* e às aulas de graduação em engenharia civil da Escola de Engenharia Mauá, do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. A Figura 2 exemplifica a fase de determinações laboratoriais com duas de suas etapas: a colocação de amostra de sólidos em estufa para secagem e a separação de parte da amostra para análise de DQO (demanda química de oxigênio).

Dados mais específicos sobre toda a amostragem são citados em MELLO (2002).

4. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Num trecho da rede coletora há estações elevatórias que interferem com a vazão pelo menos uma vez ao dia – espera-se acumular volume suficiente para acionar o bombeamento. Quando chove, porém, sua influência relativa diminui, pois se bombeia quase em tempo real.

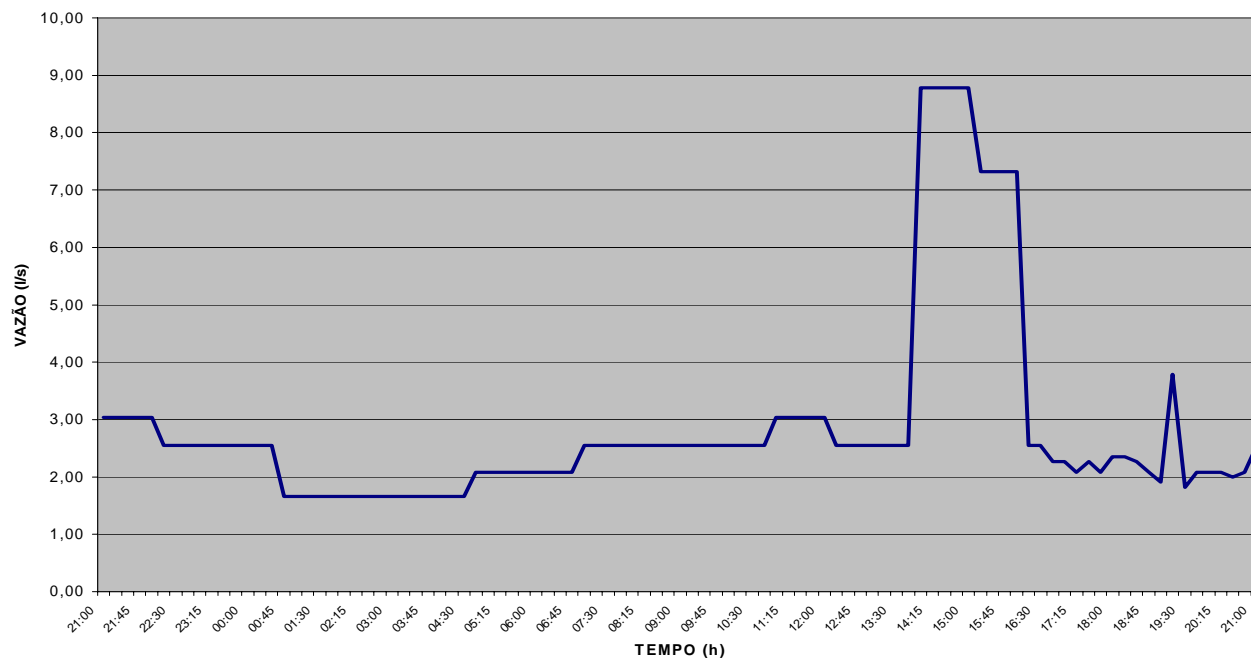


Figura 3 – Variação da vazão afluyente à ETE: 24 horas de tempo seco (14 e 15/09/01)

Dentro das 24 horas desde 21h00 em 14 de setembro até 21h00 em 15 de setembro de 2001, foi monitorada a vazão de tempo seco no esgoto afluyente à ETE Riacho Grande, como mostra a Figura 3. O efeito da entrada em funcionamento das bombas pode ser observado a partir das 14h00. Apesar dessa interferência nas mesmas horas do dia em que a vazão cresceu naturalmente, com a maior contribuição dos usuários, ainda se observa o decréscimo típico na madrugada.

O gráfico da Figura 4 mostra as vazões e os valores típicos de concentrações de sólidos sedimentáveis (SS), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos totais (ST) ao longo de um dia seco típico, das 7h12 às 22h12 (isto é, sem os valores da madrugada). Tais valores são úteis para comparação com os gráficos de dia chuvoso que serão mostrados a seguir. Nessa figura se

pode observar as maiores concentrações dos poluentes nas horas de maior atividade com relação ao momento em que a produção de esgoto diminui – isto é, ao se aproximar das 22h00 e, supostamente, daí em diante até cerca de 5h00 ou 6h00, quando muitas atividades se reiniciam. A visualização de padrões diários típicos mais marcantes fica prejudicada pela influência das bombas e, obviamente, pela falta dos dados das horas da madrugada. No entanto, pode-se verificar certa dependência entre as concentrações de SS e DQO.

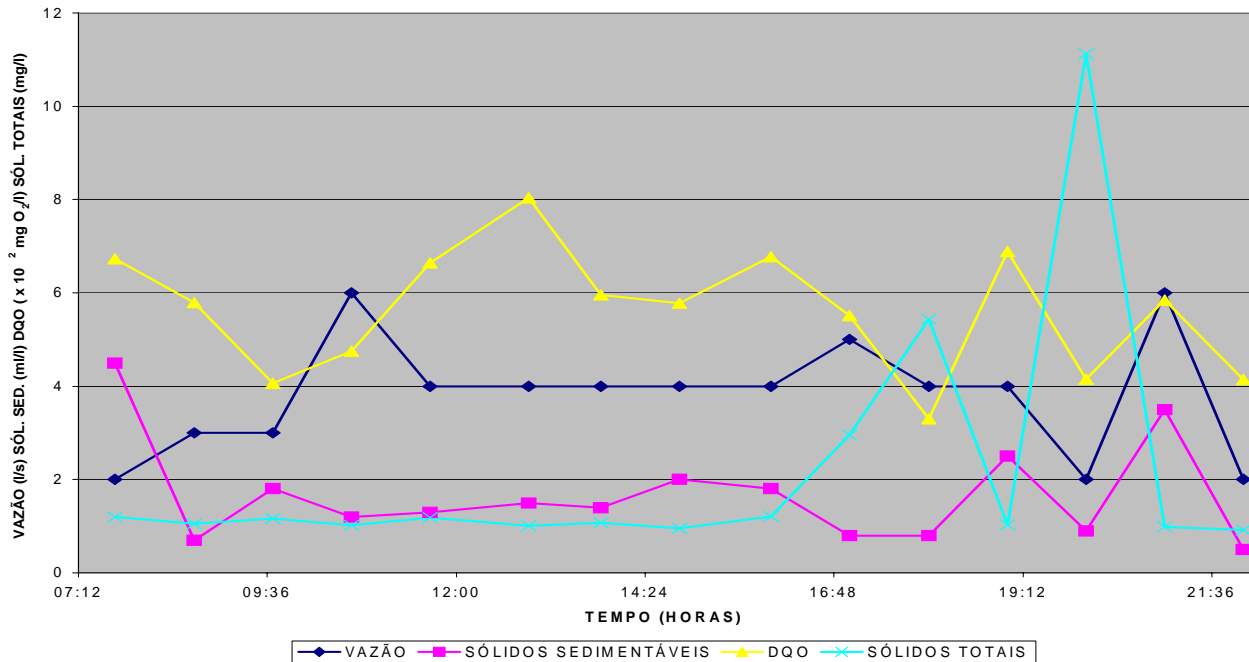


Figura 4 – Variação da vazão afluyente e dos parâmetros de qualidade – dia seco (21/11/01)

Para comparação com os dados de dias secos, foram monitoradas no dia chuvoso 14-15/01/2002 a vazão e a concentração de DQO, mostradas na Figura 5 (onde também se reporta a altura pluviométrica a cada 10min), e a concentração de SS, na Figura 6.

Na Figura 5, a interferência da chuva na vazão do esgoto afluyente é facilmente identificada. Os picos de vazão seguem bem de perto os períodos de maiores alturas pluviométricas, defasadas cerca de uma hora. Isto pode ser explicado pela pequena área de contribuição à ETE, ou seja, as águas pluviais se imiscuem rapidamente na rede coletora – de curto tempo de percurso – e são conduzidas também rapidamente à ETE.

Ainda na Figura 5, durante a ascensão da vazão são observados picos na DQO (apesar da diluição promovida pelo aporte de águas pluviais!), devidos, provavelmente, ao desprendimento de sólidos do fundo da rede quando do aumento da velocidade. Estes seriam, daí, transportados pela onda de vazão (constituindo a “primeira leva” desta), vindo a contribuir para o aumento observado na DQO. De fato, para uma comparação, observa-se que as concentrações de DQO após passada a maior interferência da chuva (às 16h15, por exemplo) não chegam a 200mgO₂/L. Já o pico de DQO que ocorreu durante a ascensão do hidrograma apresentou valor dentro da faixa encontrada em tempo seco (ainda na Figura 5), ou seja, cerca de 600mgO₂/L.

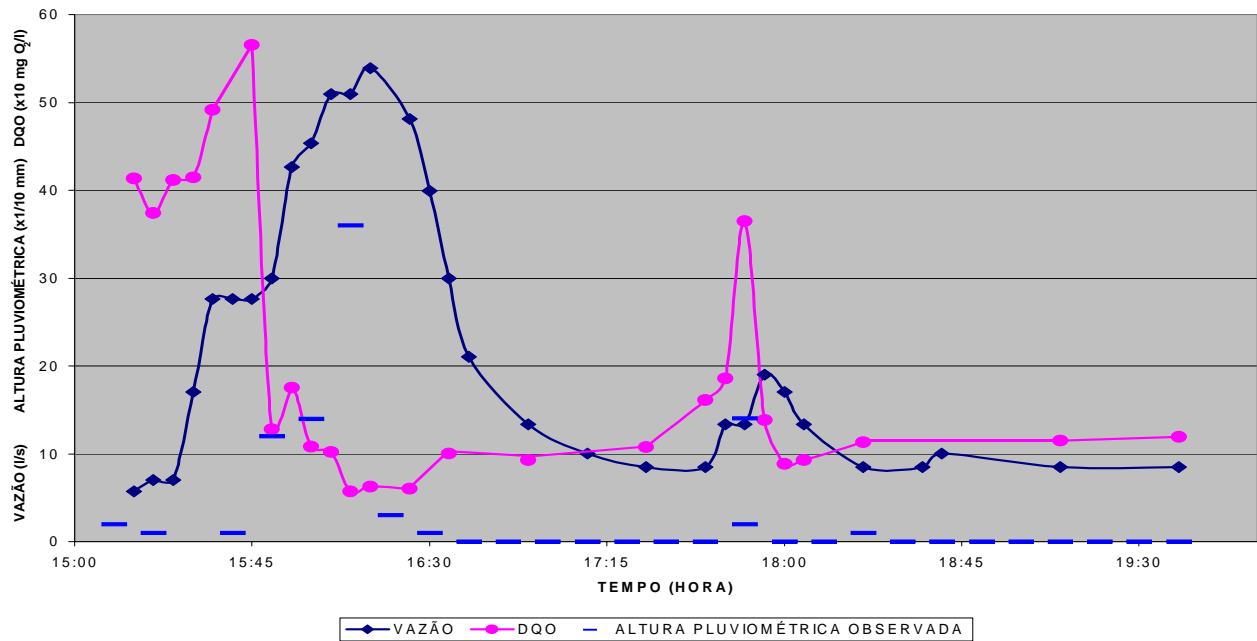


Figura 5: Altura pluviométrica; vazão e DQO no afluente à ETE Riacho Grande (14/01/02).

O registro do valor máximo de DQO, acima citado, por ocasião da chegada da “primeira leva” da enxurrada (com o desprendimento de sólidos depositados ao longo da rede no tempo seco antecedente), só foi possível porque o monitoramento foi realizado desde o início da chuva. Aquele pico de DQO por pouco não ultrapassou os valores encontrados em tempo seco (vistos na Figura 4), apesar da presença da água pluvial. Porém, se tivesse sido possível monitorar a primeira chuva após uma longa estação estiva antecedente, a DQO máxima durante a primeira leva teria provavelmente ultrapassado aqueles valores.

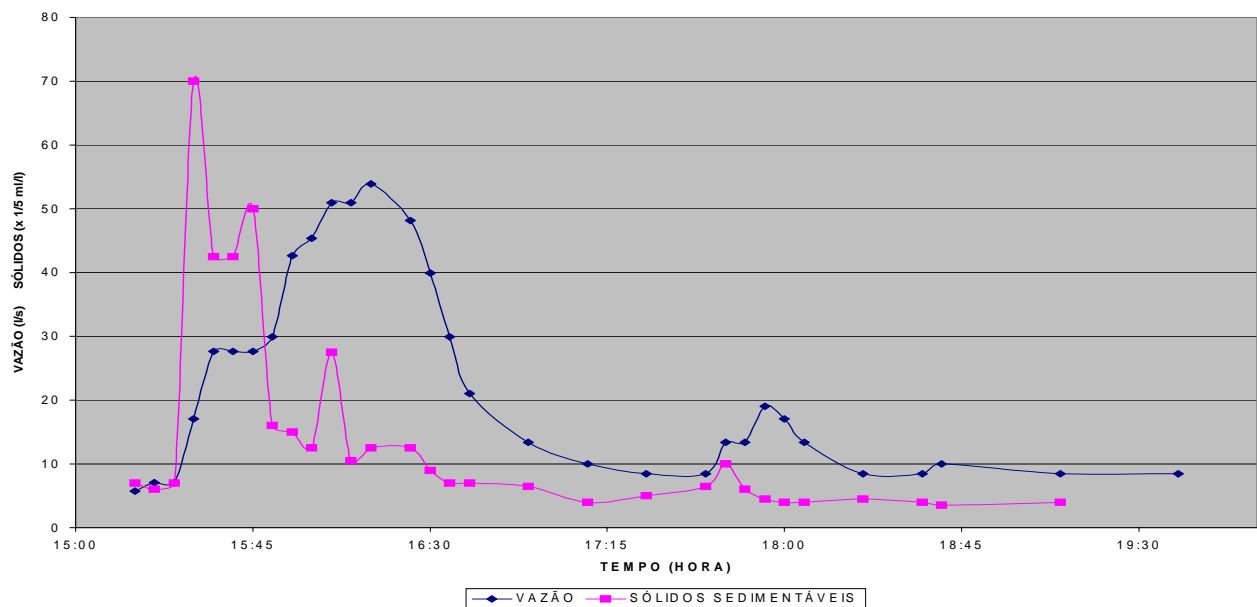


Figura 6: Vazão e sólidos sedimentáveis (SS) no afluente à ETE Riacho Grande (14/01/02)

Após este monitoramento, no dia seguinte pela manhã, duas amostras do esgoto afluyente à ETE foram coletadas, apresentando concentrações de DQO em torno de 280mgO₂/L – pouco abaixo das máximas concentrações verificadas em tempo seco. Isto pode significar que a chuva do dia anterior “lavou” a rede, diminuindo a quantidade de sólidos depositados ao longo desta; aumentando, ainda, a área útil da seção transversal e possibilitando a deposição de mais sólidos que exerceriam DQO, ao se reduzirem novamente as velocidades da corrente.

Efetuada-se agora uma análise da Figura 6, os picos de concentração de SS, assim como os de DQO (Fig. 5), ocorreram durante as ascensões de vazão – porém, com mais prontidão e antecipação que aqueles – indicando novamente dois fenômenos: a)ressuspensão de sólidos depositados ao longo da rede quando a velocidade da corrente cresce e b)carreamento destes pela onda de vazão. Observando-se conjuntamente os gráficos das figuras 5 e 6, há, então, certa relação entre as elevações na DQO e na concentração de SS, o que indica que estes são correlacionados e, provavelmente, os SS são responsáveis por parte da DQO. A propósito, voltando-se aos dados de tempo seco da Figura 4, pode-se observar uma franca correlação entre as concentrações de DQO e de SS (o que não se observa lá com as concentrações de ST), sugerindo que parte dos SS seja mesmo responsável pela DQO.

Levando-se em conta, afinal, que uma altura pluviométrica precipitada de cerca de 80mm causou uma elevação de cerca de quinze vezes na vazão afluyente à ETE (comparada ao pico das 12h no hidrograma do dia 14/09 – Figura 3), este caso é uma demonstração contundente do potencial de poluição por eventos que pode ocorrer num futuro em que os corpos d’água receptores de esgotos estejam despoluídos. Considerando que alturas pluviométricas de chuvas convectivas na região podem freqüentemente chegar ao dobro do valor aqui relatado, tal possibilidade se torna ainda mais alarmante.

Concluída a análise acima, resta enfatizar o risco de extravasamento pelo qual passa a ETE do Riacho Grande cada vez que uma tormenta relevante ocorre na sua bacia contribuinte. A fotografia da Figura 2 exemplificou um destes eventos, que não foi o maior ocorrido – daquele, não se encontrou registro fotográfico, mas, segundo entrevistas com a equipe local, atingiu níveis que causaram um extravasamento para a área vizinha à ETE.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Detalhou-se e analisou-se perturbações causadas por precipitações intensas à vazão e à qualidade do esgoto bruto coletado em bacias urbanas de porte pequeno a médio. Conclui-se que a magnitude dessas perturbações é preocupante, sendo provavelmente uma função do envelhecimento das redes de esgoto e de drenagem pluvial públicas e podendo, também, vir a agravar-se à medida que as edificações dos diversos tipos de economias vão sendo adaptadas, com o tempo, fora da prática correta da engenharia – afetando-se suas instalações hidráulicas (prediais), que podem passar a descarregar águas pluviais na rede pública coletora de esgotos.

Note-se que oscilações de vazão e qualidade como as acima analisadas devem ser reconhecidas desde já como de alta relevância para o desenvolvimento de estudos e o aprimoramento de projetos de redes coletoras e ETE, bem como para o planejamento operacional do sistema de esgotos. Tais oscilações, porém, não podem ser notadas se a coleta de dados continuar seguindo a prática tão comum de freqüência diária, apenas. Assim, fica enfatizada, com o esforço desenvolvido nesta pesquisa acadêmica, a importância do monitoramento contínuo (ou quase-contínuo) de vazão e qualidade em pontos estratégicos da rede coletora pelas entidades profissionais que detêm a concessão para sua administração.

Foram aqui documentadas oscilações transitórias de vazão na rede de esgoto (inadequadamente combinado com águas pluviais) de cerca de 15 vezes a máxima diária de tempo seco, numa bacia de porte pequeno. Aumentos de vazão de desde 6 até 15 vezes foram observados por MELLO (2002) em outras bacias, algumas de porte médio. Nestas últimas, com talvegues de comprimentos mais consideráveis, os reflexos das tormentas das várias sub-bacias suas constituintes, com diferentes tempos de propagação de ondas e diferentes tempos de percurso para solutos e materiais suspensos, chegam defasados uns dos outros à entrada da ETE – o que já não produziria no afluente à estação variações de vazão ou qualidade com amplitudes relativamente tão altas quanto no caso de pequenas bacias. Mesmo assim, as magnitudes de crescimento de vazão e perturbações na qualidade naquelas bacias estudadas por Mello (2002) resultaram bem relevantes, constituindo isto um prenúncio de ameaça não somente ao bom funcionamento da rede coletora, mas também à boa performance da ETE e à resultante qualidade das águas receptoras – em geral, para toda a Região Metropolitana de São Paulo.

Neste ponto, cabe frisar que a campanha desenvolvida para este estudo foi bastante modesta e pioneira, tendo deixado de atingir maior abrangência temporal, espacial e de variabilidade de situações somente devido à grande dificuldade de agregar, no curto tempo de que se dispunha, mais contribuição ainda de diversos órgãos públicos e privados. No entanto, em vista dos resultados contundentes aqui obtidos, pode-se esperar que campanhas deste tipo que forem planejadas para maior duração e continuidade, com apoio de mais órgãos públicos e privados atuantes na área, venham a agregar conhecimento muito mais relevante e propiciar melhores bases para uma revisão das hipóteses de planejamento de Saneamento Básico na RMSP e no Brasil em geral. Para tanto, levantamentos de dados contínuos de vazão e a amostragem de qualidade do esgoto bruto, por concessionárias, pelo menos a cada uma ou duas horas em momentos estratégicos, serão fontes importantes de dados para análises como esta – um primeiro passo para prevenir problemas de maior gravidade no futuro.

Para futuros estudos deste tipo, recomenda-se que uma visão mais completa da integração entre contribuição de esgoto e caracterização hidrológica das bacias estudadas seja construída, com uma base de dados planejada para tanto, pois é importante estabelecer regras que permitam classificar bacias hidrográficas em duas categorias: aquelas em que a combinação das vazões pluviais e de esgoto seja potencialmente mais perniciosa e aquelas em que, eventualmente, tal combinação não constitua tão grande problema. Isto poderá nortear o planejamento dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto de uma forma regionalizada e, acima de tudo, permitirá uma administração mais racional dos sistemas em regiões onde o problema da intrusão de águas pluviais no esgoto já exista.

Pensando-se, agora, numa urgência maior do planejamento sanitário e social, é fundamental que se passe a tomar providências imediatas para coibir o crescimento do número de ligações clandestinas de águas pluviais prediais na rede de esgoto por parte da população. Além disso, o abandono físico da rede de esgoto construída para ser separadora, que carece de manutenção e daí passa a receber infiltrações de águas pluviais e freáticas por rachaduras, folgas surgidas nas emendas e até através dos poços-de-visita, também é causa de perturbações cada vez maiores no fluxo de esgoto e na sua qualidade.

Pode-se ainda concluir que grande parte das alterações no funcionamento da rede com relação ao inicialmente concebido, aqui demonstradas, veio para ficar. Assim, cabe considerar com urgência que a rede coletora passe a ser encarada, também, como um sistema a ser operado de forma dinâmica, com controles de fluxo e dispositivo de amortecimento de oscilações, auxiliado por ferramentas de monitoramento e simulação matemática, e de forma integrada com o sistema de recursos hídricos local e regional (como detalhadamente revisto e proposto em REDA,

1996). Isto deverá ser feito considerando que aspectos específicos de cada bacia, tais como, por exemplo, as relações entre: a)hidrologia e tipo de ocupação urbana; b)vazões de drenagem pluvial e de esgoto; c)área de drenagem e área servida pela coleta sanitária e d)contribuição doméstica e outras contribuições, podem influir sobre as decisões de planejamento e operação a serem tomadas, bem como os tipos de soluções adotadas em cada sistema.

Finalmente, pode-se concluir que este estudo só se tornou possível pelo trabalho conjunto, em termos de intenção e de engajamento de fato, entre a instituição acadêmica (Instituto Mauá de Tecnologia – pessoal acadêmico, técnico e administrativo), o Governo Municipal (DAE do município de São Bernardo do Campo), órgãos do Governo Estadual (representados pelo CTH-USP/DAEE e pela SABESP, com informações de apoio) e a Agência de fomento à pesquisa (FAPESP, providenciando bolsa de iniciação científica). Conseqüentemente, esta experiência foi marcante na formação da acadêmica (segundo autor) ao finalizar seus estudos de graduação em engenharia sanitária.

Agradecimentos

Os autores agradecem o fornecimento de dados e o apoio em geral da Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo, através dos funcionários de seu Departamento de Águas e Esgotos lotados na ETE de Riacho Grande, bem como da SABESP, que mantém o apoio após ter recebido a concessão municipal para operar o serviço. Ao Centro Tecnológico de Hidráulica, do DAEE-SP, pelo apoio com a previsão meteorológica que permitiu nortear as campanhas em tempo real, através da Rede Telemétrica de Hidrologia.

Pelo apoio material, funcional e laboratorial, os autores são imensamente agradecidos à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia; sem o apoio da Diretoria da Escola, o presente projeto não teria sequer começado.

A segunda autora agradece à FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – pela bolsa de iniciação científica que lhe possibilitou participar desta pesquisa, a qual lhe conferiu condições parciais para a obtenção do diploma de engenheira sanitária, a título de “trabalho de graduação”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESABESP. V ENCONTRO ESTADUAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL: “Saneamento ambiental, uma questão de responsabilidade social”, 1-2, junho, 2005, Lins-SP. **Anais**. Lins, AESABESP, 2005 (em preparação).

AIDIS. SEMINÁRIO [Interamericano]: REDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS E GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS – INTERFERÊNCIAS E INTERCONEXÕES, 8-9, setembro, 2004, São Paulo. **Anais**. São Paulo: AIDIS (Asociacion Interamericana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental), 2005 – disponíveis em www.aidis.org.br.

BECK, M. B. Contingencies, transient events and reliability in managing water quality. In: GEORGIA WATER RESOURCES CONFERENCE, abril, 1995, Athens-GA-EUA. **Anais**. Athens: The Univ. of Georgia, ed. Kathryn J. Hatcher, p.106-114, 1995.

BELHADJI, N.; JOANNIS, C.; RAIMBAULT, G. Modelling of rainfall induced infiltration into separate sewerage. **Water Science and Technology**, London, v.32, n.1, p.161-68, 1995.

BUTLER, D.; FRIEDLER, E.; GATT, K. Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows. **Water Science and Technology**, London, v.31, n.7, p.13-24, 1995.

FERREIRA, M. P. **O impacto das tormentas nos sistemas de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo**. 2004. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 71p.

JORDÃO, E. P.; PESSÓA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 720p., 1995.

HALL, J. C.; RISSETO, C. L.; SANTARELLA, Jr., J. M. Control strategies for combined sewer overflow. **Journal of the USA Water Pollution Control Federation**, v.61, n.8, p.1408-13, 1989.

LESSARD, P. **Operational water quality management: control of stormwater discharges**. Tese (Doctor of Philosophy-PhD, Engenharia de Sistemas Ambientais), Imperial College of Science, Technology and Medicine, Universidade de Londres, Londres, 390p., 1989.

MELLO, G. S. L. de. **Investigação das oscilações diárias e transientes de vazão e qualidade em esgotos urbanos na Região Metropolitana de São Paulo**. Dissertação (Graduação em Engenharia Sanitária), Escola de Engenharia, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 131p., 2002.

MELLO, G. S. L. de; REDA, A. L. de L. Impacto de tormentas urbanas sobre a variação na qualidade do esgoto sujeito a inclusões de drenagem. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003, Joinville. **Anais**: 16p. (disco ótico), 2003.

PETRUCK, A., JAEGER, D., SPERLING, F. Dynamic simulation of the effects of CSO on small urban streams. In: FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEVELOPMENTS IN URBAN DRAINAGE MODELLING, 21-24, setembro, 1998, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Universidade de Londres, Londres. **Anais**. Londres: IAWQ (International Water Quality Association); IAHR (International Association for Water Research); UNESCO, v.2, p.739-46, 1999.

REDA, A. L. de L. **Simulation and control of stormwater impacts on river water quality**. Tese (Doctor of Philosophy-PhD, Engenharia de Sistemas Ambientais), Imperial College of Science, Technology and Medicine, Universidade de Londres, Londres, 512p., 1996.

REDA, A. L. de L.; BECK, M. B. (1997) Modelagem dinâmica de qualidade da água em rios como apoio à operação em tempo real de estações de tratamento de esgoto e de comportas fluviais em episódios de extravasamento de esgoto misto. **Revista de Engenharia Mackenzie**. São Paulo, Centro Acadêmico Horácio Lane, Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, n.171, maio, p.17-27, 1997.

RODRIGUES, J. M. C.; JORDÃO, E. P. Planning for wastewater treatment in São Paulo. **Journal of the USA Water Pollution Control Federation**. Washington, v.61, n.7, p. 1190-7, 1989.

SCHÜTZE, M.; BUTLER, D.; BECK, M. B. Optimization of control strategies for the urban wastewater system – an integrated approach. In: FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEVELOPMENTS IN URBAN DRAINAGE MODELLING, 21-24, setembro, 1998, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Universidade de Londres, Londres. **Anais**. Londres: IAWQ (International Water Quality Association); IAHR (International Association for Water Research); UNESCO, v.2, p.707-14, 1999.

TSUTIYA, M. T.; ALEM, Sobrinho, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 3.ed.. 548p., 1999.

UNDERGRADUATE RESEARCH CHANGING THE VIEW OF ENVIRONMENTAL SANITATION: UNDERSTANDING STORMWATER IMPACTS ON SEWAGE IN THE “ABC” REGION (SÃO PAULO, BRAZIL)

***Abstract:** The conception choice for the separate-sewer type of systems has been preferred among Brazilian sanitation designers. However, although such option is meant to separate sewage and stormwaters (these to be then collected by drainage systems), considerable surges have been observed after urban storms in sewage flow rate and quality – as it happens in regions adopting combined sewers! The study investigates such variations in the Greater São Paulo metropolitan area, based on time series of storm-rainfall depths and influent flow rate and quality in the São Bernardo do Campo Municipality treatment plant at Riacho Grande. The analysis of such data led to important conclusions and recommendations, such as that stormflow can increase sewage flow rates several times, also disturbing its quality – this, mainly during the rising limb of the inflow hydrograph. Consideration of such conclusions must be taken whenever sewers and treatment-plants are planned, designed, maintained, operated, monitored and controlled, both in Brazil and in other regions facing similar difficulties. This may be of further use to make it possible to operate sewers and treatment plants in a dynamic fashion in the future, on the basis of real-time sewer monitoring. Now in more immediate terms, the conscience about this problem by system planners, designers and owners is urgent, so that sewers and treatment plants be conceived compatible not only with present needs, but also with those they will face throughout their lives. All the conclusions above could only be reached with the collaboration among university, FAPESP (research agency), governments and industry.*

***Key words:** Urban drainage, Transient wastewater variations, Graduate dissertation, Environmental sanitation, Undergraduate research*