



Geotecnologias na análise de vazão de interceptor de esgoto.

Pedro Ernesto Barbosa Zamboni¹
Vinícius de Oliveira Ribeiro¹
José Renato Doreto Hernando¹

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
Rodovia Dourados-Itaum KM 12 – Bairro Aeroporto - Caixa Postal 351
79804-970 - Dourados - MS, Brasil
jrdoreto@gmail.com
viniciusoribeiro@yahoo.com.br
pedroernestrobz@hotmail.com

Resumo. No Brasil, devido ao crescimento populacional, aliado ao aumento do uso e ocupação desordenados do solo em áreas urbanas, o saneamento básico tem se encontrado em situação precária na maioria das regiões do país, afetando o adequado escoamento das tubulações de esgoto, acarretando em transbordamentos, gerando riscos à saúde e ao meio ambiente. O presente estudo baseou-se na investigação da área de contribuição e verificação da capacidade de escoamento de um interceptor de esgoto da cidade de Dourados/MS, com auxílio do QGIS. Como resultado obteve-se uma delimitação de bacia que foi representativa da vazão observada na seção de análise, demonstrando a eficácia da metodologia empregada na caracterização de vazão de interceptores e coletores de esgoto sanitário. Foi possível também prever futuros problemas de escoamento devido à deterioração natural da tubulação.

Palavras-chave: geotecnologias, esgoto doméstico, transbordamento.

Abstract. In Brazil, due to population growth, along with increased use and disorderly occupation of land in urban areas, sanitation has been found in a precarious situation in most parts of the country, affecting the proper disposal of sewage pipes, resulting in overflows, creating risks to health and the environment. This study was based on flow investigation and outflow capacity verification of a sewer interceptor from the city of Dourados / MS, using the SIG QGIS as geospatial tool. As a result, was obtained a delimitation of basin which was representative of the observed flow rate in the analysis section, demonstrating the effectiveness of the methodology employed in the characterization of flow rate of interceptors and sewage collectors. Could be predicted future flow problems due to natural deterioration of the pipe.

Key-words: Geotechnology, domestic sewage, overflow.

1. Introdução

A população brasileira, nos anos 2000, aumentou em pouco mais de 21 milhões de habitantes, alcançando 191 milhões em sua totalidade (IBGE, 2010). Este crescimento tem desequilibrado ainda mais o saneamento básico no Brasil, onde o uso e ocupação desordenados do espaço urbano acabam prejudicam na implantação de um adequado sistema de esgotamento sanitário.

No Brasil, majoritariamente adota-se o sistema separador absoluto pelas vantagens como menor custo e tamanho das tubulações (Netto, 1998). Este compreende dois sistemas distintos de tubulações, um exclusivo para esgoto sanitário e outro destinado para águas pluviais. Desta forma, o esgoto sanitário é composto por três componentes: águas residuais decorrentes de uso doméstico ou industrial, parcela das águas subterrâneas que infiltram na tubulação e a contribuição pluvial parasitária, como definido pela norma da ABNT NBR 9648/86.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008 pelo IBGE informa que 55,2% dos municípios são providos por serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. Porém, este número além de precário, refere-se apenas à existência do serviço no município, não levando em consideração a extensão da rede, número de domicílios atendidos ou se o esgoto é despejado com ou sem tratamento. Assim, fatores como o aumento do adensamento populacional podem afetar a carga de efluentes gerada, podendo ultrapassar a capacidade de escoamento das tubulações mais antigas, obrigando empresas de saneamento a realizar obras de substituição (Ribeiro, 2013).

Além disso, MetCalf & Eddy (1991) citam problemas relacionados a idade das tubulações e componentes auxiliares, problemas estes que, acrescentados da falta de manutenção e método de construção, assim como o tipo de material, acarretam em vazamentos tanto por infiltração de água subterrânea na rede quanto por exfiltração da água residuária. Neste último caso, as águas pluviais possuem um impacto expressivo, usualmente acarretando em extravasamentos nos tampões da rede de esgoto, sendo considerada uma ameaça à saúde pública e ao meio ambiente.

Azevedo Netto (1979) comenta que além das imperfeições nas instalações, outros fatores como ligações clandestinas de canalizações pluviais prediais, galerias pluviais na rede de esgoto e ligações de redes abandonadas contribuem para a intromissão das águas pluviais parasitárias na rede. Por isso a presença de fiscalização é importante para impedir um descontrole dessas contribuições indevidas na rede de esgoto.

Sobrinho & Tsutiya (1999) definem que, para projetos de dimensionamento de sistemas de esgoto sanitário, a determinação da carga de efluente é definida pela população das bacias contribuintes e a vazão de infiltração que ocorre no decurso da rede coletora, com um acréscimo da contribuição pluvial parasitária para dimensionamento, principalmente, de emissários e coletores troncos.

Concomitantemente, um problema encontrado em projetos de saneamento, como mencionado por Azevedo Netto (1998), está em admitir um nível de tolerância adequado de contribuição pluvial na rede, a má ponderação desta pode chegar a promover as complicações

citadas ou também quadros de superdimensionamento, onde a velocidade de escoamento é insuficiente para remover os detritos da tubulação.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido utilizados como ferramenta de gestão de cidades, principalmente em grandes aglomerações urbanas onde os problemas de saneamento são frequentemente observados, uma vez que os SIG são capazes de trabalhar com grandes volumes de dados de uma ampla variedade de fontes, como topografia da área, distribuição espacial de domicílios, mapa das tubulações, bacias hidrográficas, dentre outros (Camargo, 1997).

O sensoriamento remoto é a prática de se obter informações de maneira permanente sobre objetos na superfície do globo através das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (Menezes & Almeida et al., 2012), sendo imprescindível para projetos de análises espaciais. Ante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo a utilização do sensoriamento remoto, com auxílio de software SIG, para elaboração e execução de metodologia aplicável à investigação e verificação de vazão de esgoto sanitário através de medição em campo.

2. Objetivo

Elaboração de metodologia aplicável à investigação e verificação de vazão de esgoto sanitário através de geotecnologias.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida no município de Dourados (**Figura 1**), situado ao sul do Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste. Possui 4.086,237 km² de área e localiza-se dentro da Bacia do Rio Paraná, altitude de aproximadamente 410 m e o clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen (Fietz & Fisch, 2008).

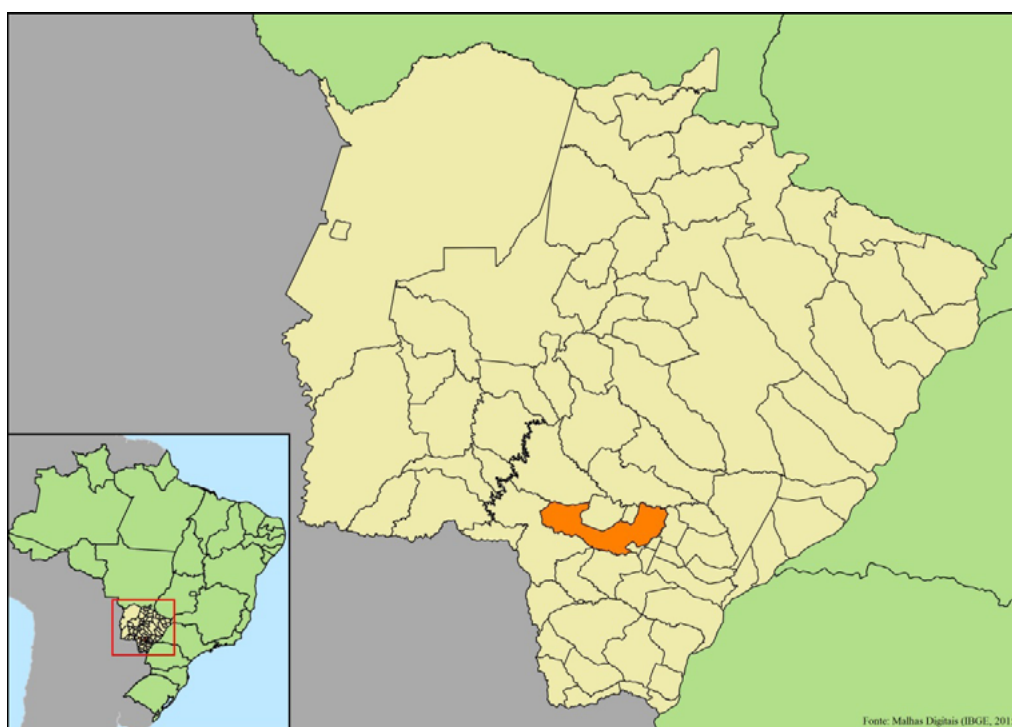


Figura 1. Mapa de localização do município de Dourados – MS.

O Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município foi outorgado à Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. Recentemente o sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário passou por melhorias e ampliações. O trecho selecionado para estudo remete-se parte do interceptor da margem esquerda do córrego Rego d'Água que tem sofrido problemas de transbordamento de esgoto sanitário, quando da ocorrência de eventos pluviométricos. O interceptor em questão foi implantado em dezembro de 2012, para substituição de um antigo coletor de manilha de barro vidrado (MBV), de DN 200, que estava em operação a mais de 30 anos (Sanesul, 2015).

3.2 Coleta de Dados

Selecionou-se os softwares QGIS 2.6 Brighton, software livre e gratuito sob licença GNU GPL (Licença Pública Geral), e AutoCAD 2015, software proprietário, porém possui uma versão gratuita de 30 dias utilizável para os trabalhos. As informações planialtimétricas (topografia, rede de esgoto, quadras, lotes, cotas de fundo dos poços de visita (PV), registro de economias), assim como os dados do trecho do interceptor (**Tabela 1**), foram adquiridas junto ao cadastro de obras da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL, em formato *dwg*. Os dados a serem utilizados foram filtrados do levantamento de informações e exportados para o ambiente SIG.

Tabela 1. Levantamento de dados dos trechos analisados (SANESUL, 2015)

Trecho	I (m/m)	D (m)	Material
1-1	0,00843	0,25	PVC
1-2	0,05283	0,30	PVC
1-3	0,00300	0,30	PVC

Em seguida, efetuou-se coleta das coordenadas dos Poços de Visita - PVs em estudo, utilizando um GPS portátil Garmin GPSmap 76CSx, para verificação da acurácia do georreferenciamento dos dados. Em seguida, os dados foram convertidos para formato vetorial de forma a possibilitar o processamento no ambiente SIG.

3.3 Tratamento de dados

Para elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizou-se o levantamento topográfico do acervo da SANESUL, o transformado em *raster* pelo método de Interpolação Triangular (Triangulação de *Delaunay*), no qual cria-se uma superfície formada por triângulos a partir de pontos vizinhos mais próximos, gerando um arquivo GeoTiff da altimetria da região de estudo com uma resolução espacial de 5 m.

A partir do MDE gerado, foi realizada a delimitação da bacia de contribuição através do pacote de algoritmos do GRASS (OSGeo), instalados em QGIS, utilizando os procedimentos *watershed* e *water.outlet*, com ponto de exutório da bacia coincidindo com o último PV do trecho em análise.

Na seqüência, efetuaram-se visitas a campo para verificação da acuraria da área de delimitação obtida automaticamente pelo SIG, com verificação do sentido de escoamento dos coletores de esgoto sanitário ao longo do divisor. Subsequentemente foi feita a adequação do divisor quando necessário.

Com a bacia de contribuição ajustada, a partir do registro de economias, através do algoritmo *points in polygon*, pôde-se obter número de economias residentes na região estudada.

Para verificação da capacidade de escoamento do trecho em estudo, inicialmente efetuou-se

a medição das alturas da lâmina d'água nos PV por meio de medição analógica com régua de nível, sempre em torno das 12 horas, por três vezes durante o mês de julho, no qual apresentou 108,1 mm de chuva (Embrapa, 2015).

3.4.1 Estimativa de Vazão de Esgoto e Lâmina D'Água

Para a estimativa de vazão de esgoto proveniente da bacia de contribuição utilizou-se a equação de dimensionamento de vazões de esgoto (Equação 1) usualmente empregada em projetos de redes coletoras de esgoto (Tsutiya & Sobrinho, 2011).

$$Q_f = \frac{C \times P_f \times q_f \times K_1 \times K_2}{86400} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q_f = Vazão máxima de esgoto doméstico l/s;

C = Coeficiente de retorno de água para esgoto, 0,8;

P_f = População final, em número de habitantes;

q_f = Consumo de água efetivo per capita final, 180 l/hab. X dia;

K_1 = Coeficiente de máxima vazão diária, 1,2;

K_2 = Coeficiente de máxima vazão horária, 1,5.

A população final foi determinada utilizando o número de economias residentes na bacia de contribuição obtida com auxílio do SIG, multiplicado pela média de moradores por domicílio para área urbanizada de Dourados/MS (3,2 habitantes/domicílio) (IBGE, 2010).

Para determinar a vazão de esgoto total, foi utilizada a vazão de esgoto doméstico quantificada pela Equação 1, somada a contribuição linear por metro de rede oriunda da infiltração de água do subsolo na tubulação. O valor para esta taxa foi determinado pelo intervalo sugerido pela norma NBR 9649/1986 (0,05 a 1,0 l/s x km), sendo adotados 0,5 l/s x km, como determinado em função dos testes de infiltração do solo realizados durante a fase de elaboração do projeto executivo do interceptor por parte da SANESUL. A quantidade de rede na tubulação foi obtida através do cadastro de obras da SANESUL, com auxílio do SIG.

Determinou-se o fator hidráulico (FH) (Equação 2), em função da declividade, diâmetro e rugosidade dos trechos da tubulação existente, bem como a vazão de esgoto total calculada (Porto, 2006). O FH é usado para encontrar a altura da lâmina d'água em valores tabelados propostos por Netto (1998). Utilizando-se como preceitos nas análises e discussão dos dados, o limite máximo para a lâmina d'água aconselhável pela norma da ABNT NBR 9649/86 de 75% do diâmetro da tubulação.

$$FH = \frac{Q \times n}{D^3 \times I^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

FH = Fator Hidráulico;

Q = Vazão de esgoto total (m³/s);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adotado $n=0,010$, de acordo com a ABNT 7367/88, para tubos de PVC novos);

D = Diâmetro da tubulação (m);

I = Declividade do trecho em estudo (m/m).

Desta forma, foram encontradas as respectivas alturas de lâmina d'água esperadas nos tre-

chos (Netto, 1998).

3.4.2 Verificação Hidráulica dos Condutores

Em seguida, realizou-se uma comparação entre as alturas de lâmina d'água medidas *in loco* e as definidas teoricamente, assim como a vazão total esperada (Q_e) e a vazão média medida (Q_m). A vazão medida de cada trecho (Q_{m_n}) foi obtida através da Equação 2, utilizando o valor de FH equivalente à lâmina d'água medida, e efetuando a média das vazões obtidas (Equação 3), obteve-se então a Q_m média.

$$Q_m = \frac{Q_{m_{1-1}} + Q_{m_{1-2}} + Q_{m_{1-3}}}{3} \quad (\text{Equação 3})$$

3.4.3 Simulação Hidráulica para Más Condições

Por fim, efetuou-se a simulação das condições de escoamento do coletor, quando este estiver em piores condições de conservação (coeficiente de Manning igual a 0,013). Determinou-se assim a lâmina d'água do trecho com menor declividade através da Equação 2 e utilizando a vazão medida em julho de 2015 (Q_m).

4. Resultados e Discussão

A bacia delimitada através do MDE gerado apresenta declividade em direção ao córrego Rego D'Água (**Figura 2**). Os valores de área e perímetro encontrados, após a retificação resultante do levantamento de campo, foram de 2,61 km² e 8,49 km, respectivamente.

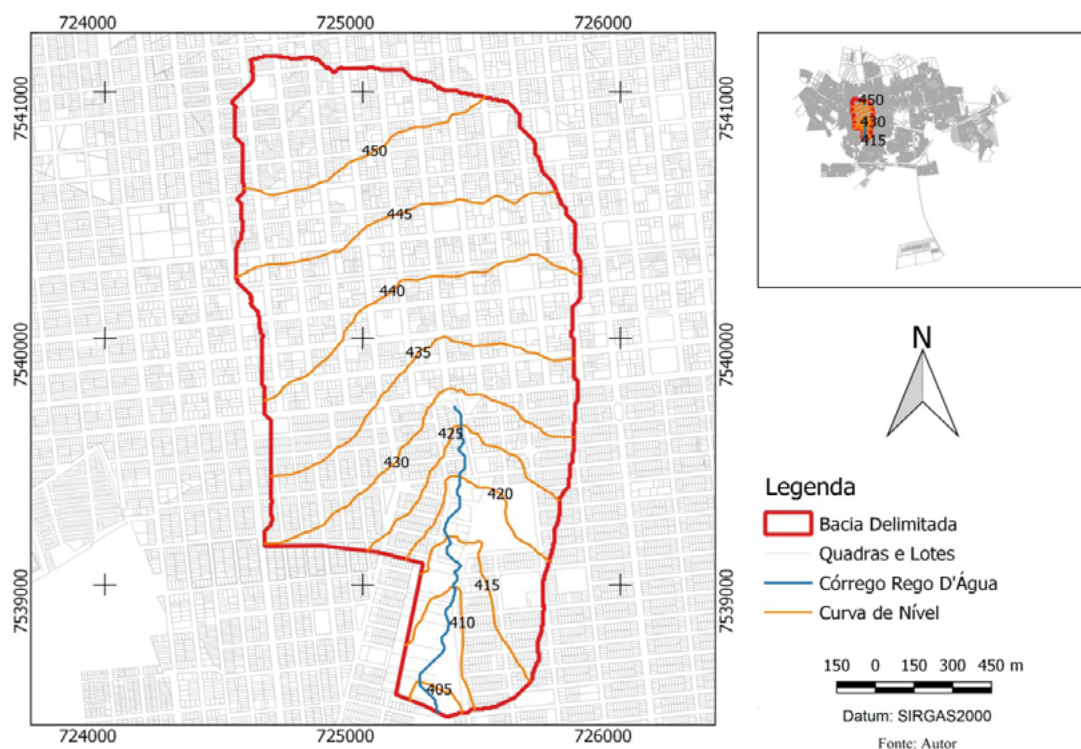


Figura 2. Mapa da bacia de contribuição delimitada.

A localização do trecho na bacia, assim como seu sentido de escoamento, está conforme a **Figura 3**.

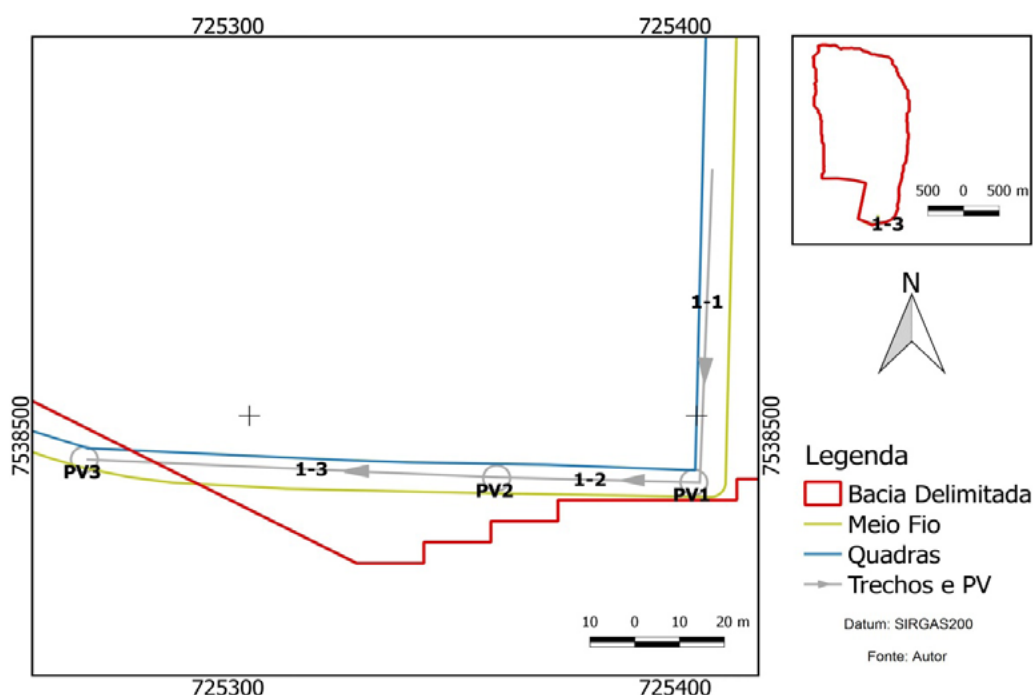


Figura 3. Mapa de localização do trecho em estudo.

Foram contabilizadas 2.988 economias localizadas dentro da bacia delimitada. A partir da média de moradores por domicílios para área urbanizada de Dourados/MS (3,2 habitantes/domicílio) (IBGE, 2010) encontra-se uma população de contribuição na ordem de 9.562 pessoas. Introduzindo os valores na Equação 1, tem-se uma vazão de contribuição domiciliar de 28,7 l/s.

Alguns dias antes da medição de vazão ocorreram eventos pluviométricos na região da bacia de contribuição. A extensão da rede de esgoto da bacia de contribuição calculada é de aproximadamente 60,6 km. Utilizando a taxa de infiltração adotada (0,5 l/s.km) obtêm-se uma vazão de 30,3 l/s. Valor equivalente a 105,6% da vazão domiciliar, este pode ser, dentro outros aspectos, devido ao fato de boa parte da rede coletora pertencente a bacia de contribuição ser de manilha de barro vidrado (MBV), material quebradiço, instalado na década de 80 (Sanesul, 2015). Contribuição pluvial parasitária domiciliar na rede coletora de esgoto também pode estar somada à vazão oriunda de infiltração.

Sendo então somada a vazão de contribuição domiciliar com a vazão de infiltração da água do subsolo na rede de esgoto, tem-se uma vazão total esperada (Q_e) de 59,0 l/s ou 0,0590m³/s de efluente percorrendo pelo trecho de tubulação.

A **Tabela 2** apresenta os dados de lâmina (Y/D) estimados e medidos (média das três medições), assim como a vazão total esperada (Q_e) e medida (Q_m).

Tabela 2. Valores de lâmina d'água e vazão esperados e medidos.

Trecho	Y/D Esperado	Y/D Medido (média)	Q_e (l/s)	Q_m (l/s)
1-1	0,69	0,68	59,0	59,1
1-2	0,30	0,31		
1-3	0,71	0,72		

Avaliando-se comparativamente os dados das lâminas d'água e vazões, nota-se uma diferença muito pequena entre o valor calculado com auxílio do SIG e o medido *in loco*. Devido à variação natural entre o teórico e o prático, pode-se dizer que o resultado obtido utilizando a metodologia proposta foi bastante satisfatório. Porém, o êxito na metodologia se deve aos testes efetuados pela SANESUL para determinação de uma adequada taxa de infiltração linear.

Dentre os analisados, o trecho 1-3 apresentou menor declividade (0,003 m/m) e maior lâmina (72%) nas condições estudadas com tubulação de PVC novo e em bom estado. Avaliando as condições hidráulicas de trecho do interceptor, para fim de plano, com a tubulação em más condições (coeficiente de Manning de 0,013), sem nenhum incremento de vazão, obtém-se um valor de FH na ordem de 0,3478. O valor máximo de FH é na ordem de 0,3116 para seção plena ($y/D = 1$), caracterizando assim a incapacidade de escoamento, ou seja, o extravasamento do interceptor. Caso o adensamento populacional aumente, o que é naturalmente esperado, o problema irá se agravar ainda mais.

Desta forma, conforme a deterioração que ocorre de forma natural na tubulação aumentar, a altura da lâmina d'água também se tornará maior com o passar dos anos, possivelmente acarretando em quadros de transbordamento neste trecho, que deve ter monitoramento sistemático.

Considerando que o referido coletor já se apresenta próximo ao limite de lâmina máxima (75%) recomendado por norma, tendendo a ter lâmina incrementada com o aumento da rugosidade da tubulação ao longo dos anos de uso, assim como o provável adensamento populacional, recomenda-se a não concessão de interligação de novas economias dentro da área da bacia delimitada, bem como o estudo de substituição futura do trecho em questão.

Nas visitas a campo, constatou-se que o PV2 encontra-se sem tampão, tendo apenas tábuas o fechando. Pelo fato de a rede possuir declividade elevada (0,05283 m/m), a água proveniente da chuva pode escoar para dentro do PV, causando extravasamento dos trechos à jusante, que como agravante, já possuem elevadas lâminas em função da baixa declividade.

Em 1979, Azevedo Netto já afirmava a problemática da existência dessas contribuições indevidas, podendo ser provenientes tanto do subsolo quanto das águas pluviais, o estudo em questão pôde confirmar que estas parcelas das águas parasitárias ainda são um problema atual no Brasil.

5. Conclusões e Sugestões

O trabalho apresentou a manipulação de informações espaciais utilizando softwares SIG. Somado ao banco de dados georreferenciado, o geoprocessamento para análise de esgoto sanitário se torna uma grande ferramenta para gestão de saneamento urbano considerando diversos critérios.

Pôde-se verificar o adequado dimensionamento do interceptor de esgoto em questão, descartando-se, assim, problemas com subdimensionamento. Com as vazões obtidas, pôde-se também confirmar uma paridade bastante satisfatória entre a vazão de projeto calculada e a vazão real obtida através de amostragem, além de uma elevada parcela de contribuição por águas de infiltração, correspondente a um acréscimo de 105,6% na vazão proveniente das economias.

A metodologia proposta, através de uso de SIG para determinação da Bacia de contribuição a montante do coletor, e por consequência a obtenção da vazão de esgoto, apresentou-se bom grau de precisão, podendo ser replicado em regiões que não dispuserem de cadastro de rede coletora confiável em seus acervos técnicos para tais análises de capacidade escoamento e concessão de interligação.

O software QGIS 2.6.1 Brighton apresentou-se estável em todas as funções demandadas, e por ser livre e gratuito, apresenta-se como uma alternativa de baixo custo para adoção de

soluções de geotecnologia para atividades de gestão no saneamento básico.

Sugere-se em futuros estudos o uso de imagens de satélite de alta resolução para avaliação do uso e ocupação do solo na bacia de contribuição, com vistas a identificação e mapeamento, dentre outros, da disposição dos pontos críticos de extravasamento na rede coletora de esgoto. Também se recomenda o monitoramento do referido trecho durante o período de pelo menos 12 (doze) meses, para determinação das lâminas em diferentes épocas do ano.

A metodologia elaborada neste trabalho é completamente aplicável à investigação e verificação de vazão de esgotamento sanitário na região do pantanal.

6. Referências

- Abnt, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648 – **Estudo de Concepção de Sistema de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.
- Abnt, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9649 – **Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.
- Abnt, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7367 – **Projeto e Assentamento de Tubulações de PVC Rígido para Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1988.
- Camargo, M. U. de C. **Os Sistemas de Informações Geográficas (S.I.G.) como Instrumento de Gestão em Saneamento**. Rio de Janeiro: ABES. 224p. 1997.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Estatística Agropecuária. **Sistema de Monitoramento Agroclimático – Guia Clima**. Disponível em <<http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>>. Acesso em 05 de Agosto de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas Digitais**. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em 15 de julho de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **XII Censo Demográfico**. Disponível em <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de julho de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/>>. Acesso em 15 de julho de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **XII Censo Demográfico 2010**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_uf_zip.shtm>. Acesso em 20 de Agosto de 2015.
- Fietz, C. R.; Fisch, G. F. **O Clima da Região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2008.
- Menezes, P. R.; Almeida, T.; et al. **Introdução ao Processamento de Imagens ao Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB. 2012.
- Metcalf & Eddy, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. 3ª ed. New York, EUA: McGraw-Hill International Editions. 1991.
- Netto, J. M. de A. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Edgard Blücher. 1998.
- Netto, J. M. de A. Contribuições Indevidas Para a Rede de Esgotos. **Revista DAE**, São Paulo, n. 120. p. 36-38. 1979.
- Porto, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4ª ed. São Carlos, SP, Brasil: EEESC USP. 2006.
- Ribeiro, V. O. **Modelo de sistema de informação geográfica livre e gratuito aplicado à gestão no saneamento básico**. Tese de Doutorado em Tecnologias Ambientais. Campo Grande: UFMS. 2013.
- Sanesul, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. **Dourados, MS, Brasil**. 2015.
- Sobrinho, P. A.; Tsutiya, M. T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2ª ed. Editora PHD/EPUSP. 547p. 1999.
- Tsutiya, M. T.; Sobrinho, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: ABES. 2011.