



## **XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**

### **AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL, NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PARAÍBA, O CASO DO CANAL DAS PIABAS**

*Hiran de Melo Filho<sup>1</sup>; Josefa Rafaela Pessoa Freire<sup>1</sup>; Patrícia Hermínio Cunha Feitosa<sup>1</sup>  
& Marília Silva Dantas Rocha<sup>1</sup>; Priscila Barros Ramalho<sup>1</sup>*

**RESUMO** – O sistema de drenagem de águas pluviais é o conjunto de infraestrutura existente no meio urbano responsável pela coleta, transporte e disposição final das águas superficiais. Assim, vê-se a relevância desse tipo de serviço para o crescimento harmônico das cidades. Todavia, o crescimento urbano não planejado dos centros urbanos tem gerado diversos impactos à população e ao meio ambiente. Em Campina Grande-PB, enchentes e inundações recorrentes em algumas regiões da cidade apontam para deficiências no sistema macrodrenante – fazendo-se necessária uma análise dimensional e qualitativa deste sistema para avaliar se o mesmo atende as demandas atuais e ao princípio do sistema separador absoluto. Para tanto, um trecho do Canal das Piabas foi reproduzido computacionalmente no SWMM para avaliação da capacidade de suporte e mediante análise laboratorial de amostras das águas que escoam pelo canal em estudo, averiguar uma possível contribuição irregular de esgotos. Os resultados obtidos não apresentaram comprometimento da capacidade do canal; entretanto, verificou-se que o trecho estudado possui inúmeras contribuições irregulares de esgoto doméstico que conferem às águas a caracterização de esgoto doméstico fraco. Conclui-se, portanto, que os problemas de extravasamentos em cheias, no trecho estudado, não são de ordem dimensional, mas de gerenciamento, operação e fiscalização.

**ABSTRACT**– Stormwater drainage system is the group of infrastructure existent in the urban centre responsible by collection, transport and final release of superficial water. Thereby, sees the relevance of that kind of service to the harmonic growth of cities. However, unplanned urban growth of large cities have created several impacts to population and environment. At Campina Grande – PB, floods recurrent in some regions of the city reveal deficiencies on the macrodraining system. Bringing with this, a dimensional and qualitative analysis of those systems in order to evaluate if all current demands satisfy and verify the efficiency of absolute separator system. Was chosen for initial studies the stretch of Canal das Piabas, it was computationally reproduced and simulated on SWMM to assessment of carrying capacity and were analyzed 15 samples of collected

1) Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, 83 2101.1154, [hiran\\_filho@hotmail.com](mailto:hiran_filho@hotmail.com) / [rafaelafreire34@yahoo.com.br](mailto:rafaelafreire34@yahoo.com.br) / [phfeitosa@hotmail.com](mailto:phfeitosa@hotmail.com) / [marilia.dantas@gmail.com](mailto:marilia.dantas@gmail.com) / [priscilabramalho@gmail.com](mailto:priscilabramalho@gmail.com)

water in the stretch on study, in order to identify possible contribution of sewages. The results not presented impaired of ability of carrying capacity of the canal, however, it was verified that the stretch under study have numerous irregular contributions of domestic sewage. Concludes, thus, problems of extravasation in water full, in the studied portion, are not of dimensional order, but from management, operation and supervision.

**Palavras-Chave** – drenagem urbana, macrodrenagem, águas pluviais

## 1. INTRODUÇÃO

Ainda na Roma Antiga, quando os camponeses começaram a migrar em grande quantidade da zona rural para as cidades romanas e, especialmente, para a capital do império, Roma, o êxodo rural tomava nuances de um processo irreversível. No Brasil, a alocação da população nos centros urbanos se acentuou após o governo de Juscelino Kubistchek, na década de 1960, quando houve um grande investimento no desenvolvimento industrial nas grandes cidades do Sudeste e, em particular, da capital federal, Brasília (PORTELA e VESENTINI, 1996). Atualmente, além das regiões metropolitanas, altas taxas de urbanização são comumente observadas em cidades de médio porte, com população entre 100 e 500 mil habitantes.

Todo este crescimento urbano é potencialmente consumidor do solo e induz impactos tanto ambientais, como sociais e econômicos. Particularmente, o saneamento básico dessas cidades é conduzido à situações caóticas – a sustentabilidade hídrica é comprometida, o que tem produzido um impacto significativo na infraestrutura de recursos hídricos, principalmente nos sistemas de drenagem de águas pluviais.

Segundo Fontes (2003), a urbanização das cidades traz profundas modificações no uso do solo – dentre elas, a transformação de um solo que outrora era permeável em uma superfície impermeável – cujo os efeitos mais notáveis são a diminuição da infiltração e o aumento do escoamento superficial. Por sua vez, as vazões máximas em áreas urbanizadas atingem maiores picos, o que acarreta em um aumento da frequência e magnitude de cheias e enchentes (TUCCI, 2002).

Na cidade de Campina Grande-PB, palco de um constante avanço demográfico devido a sua posição privilegiada face aos demais municípios interioranos da Região Nordeste, os efeitos da expansão urbana não planejada e consequente impermeabilização do solo são cotidianamente observados: mesmo precipitações de pequena ou média intensidade tem provocado problemas de inundações, alagamentos e enchentes por todo o perímetro urbano.

Este trabalho se propõe a analisar qualitativamente a água de drenagem nos períodos de chuva e estiagem, afim de identificar o atendimento do princípio do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial. E avaliar a capacidade do sistema de macrodrenagem em detrimento das expansões urbanas observadas na bacia de drenagem do trecho em estudo.

## 2. APORTE TEÓRICO

As interações entre as atividades antrópicas e o ciclo da água, se não cautelosamente assistidas, podem gerar riscos à população. Butler e Davies (2011) dividem essas interações em dois grupos: da retirada da água do ciclo hidrológico para prover e suprir às necessidades humanas, e da cobertura da terra com superfícies impermeáveis que alteram o curso natural da água da chuva. Ainda de acordo com Butler e Davies, podemos classificar as águas provenientes dessas interações em dois tipos: *águas residuais* e *águas pluviais*.

“O primeiro tipo, águas residuais, é a água fornecida para dar suporte à vida, manter um padrão de vida adequado e satisfazer as necessidades da indústria. Depois do uso, se não drenada apropriadamente, as águas residuais podem causar poluição e criar riscos à vida. (...) O segundo tipo, as águas pluviais, são as águas da chuva (ou água proveniente de qualquer tipo de precipitação) que tenha caído em área construída. Se as águas pluviais não forem drenadas corretamente, podem gerar inconveniências, danos, inundações e outros riscos à vida humana” (tradução própria) (Butler and Davies, 2011).

Neste contexto, a drenagem urbana se apresenta como o conjunto de ações que visam controlar o escoamento das águas pluviais e residuais, minimizando as inconveniências, danos, prejuízos e riscos a que as populações estão sujeitas, como a ocorrência de enchentes e inundações, e possibilitando uma expansão urbana articulada e sustentável (Tucci, 2013).

### Situação dos sistemas de drenagem no Brasil

Nas últimas décadas, o Brasil tem sofrido com a rápida ascensão da população dos centros urbanos: segundo dados do IBGE (2010), apenas entre as décadas de 1960 e 1980, houve um acréscimo de mais de 156% da população urbana, que chegou em 2010 a representar 84% da população brasileira, restando 16% na zona rural (Figura 1). De acordo com Tucci (2003), o crescimento populacional aumenta a porcentagem de áreas impermeáveis, o que, por sua vez, diminui a infiltração da água no solo, resultando no aumento do volume total de água escoada superficialmente. Isso acarreta no aumento do número de eventos de cheias (Figura 2).

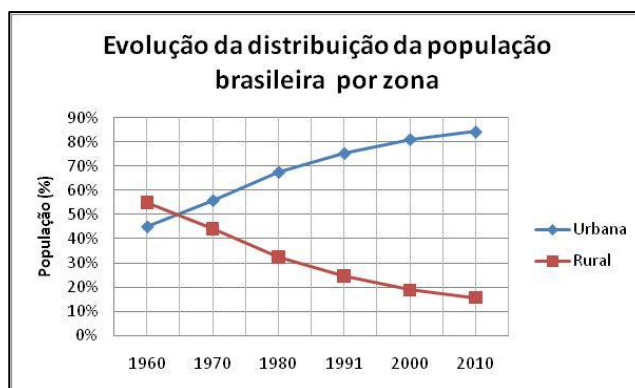


Figura 1: População nos Centros Demográficos (CENSO, 2010)

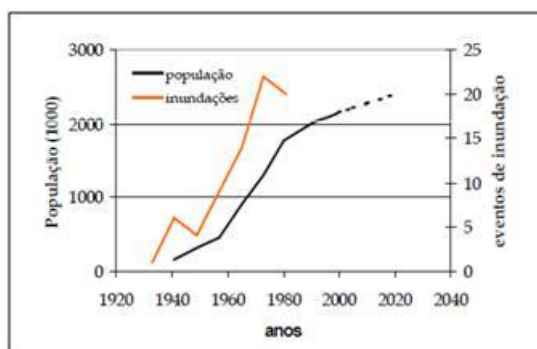


Figura 2: Relação entre o crescimento populacional e o número de eventos de cheias em Belo Horizonte (Tucci, 2003)

Outro grande problema na gestão das águas urbanas no Brasil é a deficiência na coleta e tratamento de esgoto domiciliar e industrial. Além de grande parte das águas residuais ser lançada no meio ambiente sem nenhum tratamento, contaminando os mananciais e as águas pluviais, o sistema separador absoluto adotado na maior parte das cidades brasileiras não é eficaz – seja pela falta de recursos, planejamento, mau dimensionamento, má execução ou por manutenção deficiente (Viola, 2008). Dados do IBGE (2000) apontam que apenas 52,2% dos municípios que possuem serviço de drenagem realizam dragagem e limpeza dos canais.

Aliado a esses fatores, a eficiência dos sistemas de drenagem esbarram ainda em outro fator: a negligência por parte dos gestores a um dos princípios notáveis da Política Nacional do Meio Ambiente que consiste em assegurar a educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente (Lei nº 6938/1981, art 1º, inciso X). Ao invés disso, a própria população, carente de informações, age contra o meio, por exemplo, depositando resíduos sólidos dentro dos canais de drenagem. Mesmo diante desse preocupante quadro, não há ainda uma conscientização da importância do gerenciamento da drenagem urbana no Brasil. Em geral, o gerenciamento das águas pluviais é realizado pelas secretarias municipais de obras e/ou de serviços urbanos e aparece muitas vezes desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como abastecimento d'água, esgotamento sanitário e coleta e manejo de resíduos sólidos (Cruz, 2007).

Segundo dados do IBGE (2000), em 78,6% dos municípios brasileiros não há órgãos reguladores dos sistemas de drenagem. A ausência desses órgãos culmina em outro desastre: a maior parte das cidades não possui um planejamento específico para o setor. Ainda de acordo com o IBGE (2000), apenas 841 municípios brasileiros (15,3%), de um total de 5.507, possuem um Plano Diretor de Urbanização (PDUs), do qual faz parte o gerenciamento da drenagem urbana.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

A área de estudo é o município de Campina Grande, que possui densidade demográfica de 648,31 hab/km<sup>2</sup> e área territorial de aproximadamente 621 km<sup>2</sup>, onde apenas 96 km<sup>2</sup> correspondem à zona urbana (MENESES, 2011 e IBGE, 2010). Segundo a AESA (2013), a média pluviométrica anual do município é de 820,16 mm, com estação chuvosa concentrada no período de março a agosto (LMRS/PB, 2007, *apud*, CUNHA, *et al*, 2009).

Para analisar o nível de comprometimento do sistema de drenagem da cidade foi escolhido para estudo de caso um canal que apresentasse os mesmos problemas observados nas demais estruturas de drenagem da cidade. Desse modo, foi escolhido o Canal das Piabas (Figura 3), no trecho que vai da Rua Severino Verônica (Ponto A) até o Ponto Cem Reis, no bairro da Conceição (Ponto B) – com extensão de aproximadamente 700 metros. Nos últimos anos foram registradas diversas ocorrências de inundação ao longo do canal e em suas proximidades. O Ponto de Cem Reis tem sido palco constante desse tipo de ocorrência.



Figura 3: Imagem em satélite do canal das Piabas

O Riacho das Piabas tem sua nascente no sítio Covão, é represado nas granjas do Dr. Maurício Almeida e se torna canalizado no bairro Louzeiro, zona Norte da cidade, início do Canal das Piabas. Em seguida, o canal perpassa pelos bairros: Lauritzen, Centro, Jardim Tavares, Santo Antônio, José Pinheiro, Monte Castelo, Alto Branco e Conceição.

### 3.2. Capacidade de suporte

Ao longo dos últimos anos foram desenvolvidos diversos softwares para aplicação no âmbito da drenagem de águas pluviais, dentre eles o *Infoworks CS*, o *HEC-HMS* e o *SWMM*, sendo este último o utilizado neste trabalho.

O *Storm Water Management Model (SWMM)* é um simulador chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em perímetros urbanos. O componente relativo ao escoamento superficial do *SWMM* opera com um conjunto de sub-bacias hidrográficas que recebem precipitações e geram escoamentos e cargas poluidoras.

A versão 5.0.022 é a mais atual e utilizada neste trabalho. Foi produzida pelo Laboratório Nacional de Gestão de Riscos, dos Estados Unidos, pertencente à Agência para Proteção do Meio Ambiente (EPA), em 21 de abril de 2011. O software é disponibilizado *on-line*, gratuitamente, através do site da EPA.

A reprodução do cenário atual do sistema de macrodrenagem dentro do software demanda o fornecimento de parâmetros físicos (das sub-bacias e das estruturas hidráulicas do sistema) e parâmetros hidrológicos. Em todo o trabalho foram utilizados os mapas e dados oficiais fornecidos pela Secretaria Municipal de Planejamento - SEPLAN. A manipulação desses dados foi feita através de softwares de um Sistema de Informação Geográfica (SIGs).

### 3.3. Análise qualitativa

Ao longo do trecho em estudo no Canal das Piabas foram determinados dois pontos para a realização das coletas das amostras de água a serem avaliadas; um situado no início do canal de construído, e o segundo, no cruzamento da Av. Cajazeira com a Rua Vigolvin Wanderley, no ponto Cem Reis. Foram realizadas análises semanalmente, totalizando quinze amostras em cada ponto monitorado, de forma a propiciar a identificação de interferência gerada pela contribuição de esgotos no sistema de águas pluviais. O material usado na coleta foi composto por tubos de PVC, com rosca e garrafas de plástico, para facilitar o acesso aos pontos de coleta (Figura 4).

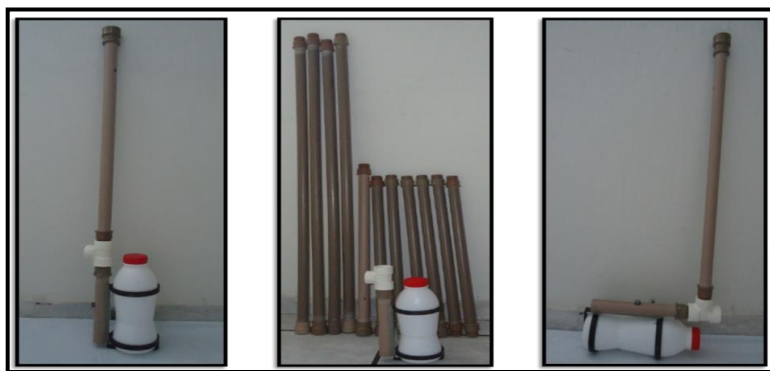


Figura 4: Material Utilizado para coleta das amostras de água do canal das Piabas

Todas as 15 análises laboratoriais dos parâmetros usados para avaliação das características das águas do sistema de drenagem foram realizadas do mês abril a agosto de 2013. Os indicadores de qualidade de água adotados foram: temperatura, pH, turbidez, sólidos suspensos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, afim de identificar contaminação por esgoto.

As metodologias utilizadas nas análises laboratoriais seguiram as recomendações descritas no Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 2005).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. Da capacidade de suporte

O período de retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento ser igualado ou superado em um ano qualquer (Tucci, 2013). Ou seja, quando se determina que uma obra/canal terá um tempo de retorno de T anos, é estimado um risco a que a população estará sujeita. A escolha do tempo de retorno de uma obra trata-se, portanto, de uma decisão delicada que envolve interesse políticos, econômicos e sociais. Os riscos usualmente adotados na América do Sul estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Tempo de retorno para sistemas urbanos

Sistema	Característica	Intervalo	Valor frequente
Microdrenagem	Residencial	2 – 5	2
	Comercial	2 – 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 – 5	5
	Aeroporto	5 – 10	5
	Áreas comerciais e avenidas	5 – 10	10
Macro drenagem		10 – 25	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 – 100	100* * limite da área de regulamentação

Fonte: Tucci e Bertoni, 2006

Devido ao foco deste trabalho ser a avaliação do desempenho do sistema de macro drenagem, os tempos de retorno escolhidos para análise foram de 10 e 25 anos. Todavia, como as cheias observadas ao longo do canal ocorrem com frequência maior, será analisado também o desempenho do canal para intensidades com período de retorno de 1 e 5 anos. Essas intensidades foram obtidas da curva Intensidade x Duração x Frequência e estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Intensidades pluviométricas (mm/h) extraídas da curva IDF para Campina Grande

Duração (min)	Tempo de Retorno			
	01 ANO	05 ANOS	10 ANOS	25 ANOS
30	40,13	57,83	67,68	83,33
60	27,75	39,99	46,8	57,62
120	18,79	27,08	31,69	45,67

Para a modelagem do sistema recriou-se o cenário atual em que se encontra o sistema de macro drenagem, afim de melhor averiguar o nível de comprometimento real da estrutura, de acordo com um dado tempo de retorno – aferido em consonância com o período de retorno sugerido por Tucci e Bertoni (2006) para sistemas de macro drenagem. Após a calibração e as primeiras simulações com o *software*, considerando que o estado do revestimento do canal encontra-se

regular, foram obtidos a capacidade máxima de vazão para os dois trechos, e o comprometimento percentual destes (Tabela 3).

Tabela 3 – Comprometimento em porcentagem da capacidade de suporte do conduto livre.

Trechos	Capacidade Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Tempo de retorno (anos)			
		1	5	10	25
1	23,74	56%	67%	73%	81%
2	33,51	64%	76%	81%	90%

O maior nível de comprometimento ocorre para uma precipitação de intensidade de 57,62 mm/h com duração de uma hora – cujo período de retorno é de 25 anos (Figura 5). Nessa situação, 81% da capacidade do canal ao longo do trecho 1 encontra-se comprometida, enquanto no trecho 2 o comprometimento é de 90% da capacidade. Para uma intensidade menor, 46,8 mm/h, e igual duração de 60 minutos, os trechos 1 e 2 comprometem 73% e 81% de suas capacidades de suporte, respectivamente. Em síntese, não houve sobrecarga em nenhum trecho do conduto.

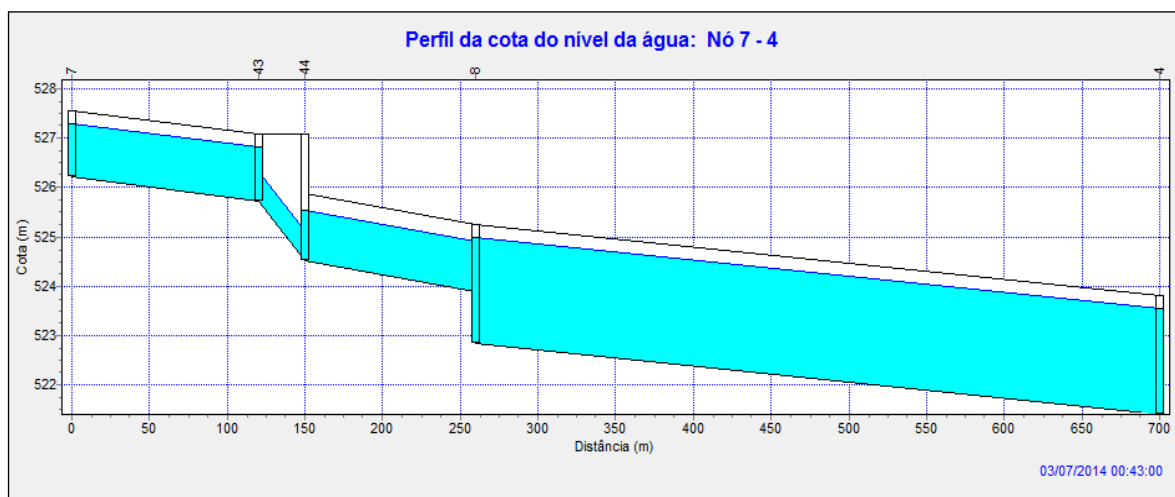


Figura 5 – Perfil longitudinal do canal das Piabas após uma precipitação de 57,62mm/h, com duração de 60 minutos.

#### 4.2. Da análise qualitativa

Durante as visitas semanais para coleta das amostras nos pontos amostrais A e B, foi observado que as contribuições de esgoto doméstico e de resíduos sólidos no canal das Piabas são constantes. Dentre os indicadores analisados, encontraram-se elevadas concentrações de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) nos dois pontos amostrais.

O primeiro ponto, localizado no início do canal, apresentou índices – referentes às concentrações de material orgânico, fecal e materiais em suspensão – inferiores aos do segundo ponto. Tal discrepância indica a influência da maior urbanização entre os pontos A e B, onde o número de ligações irregulares de esgoto doméstico deve ser maior. Já a sub-bacia que contribui



diretamente no início do canal encontra-se bem menos urbanizada, apresentando cerca de apenas 35% de sua área impermeabilizada.

Quando analisado o parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido) os resultados demonstram que só há presença de oxigênio dissolvido nas águas do canal nos dias em que houve precipitação. Nos demais dias, a predominância do esgoto cloacal/matéria orgânica inibe a presença de OD (Figura 6).

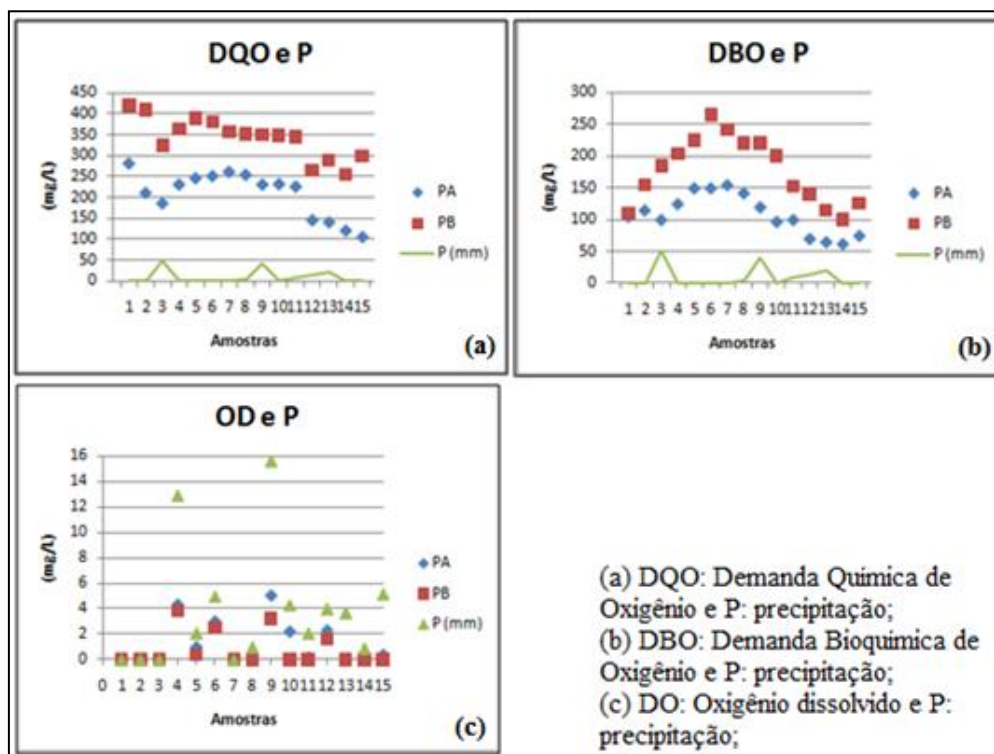


Figura 6 – Variação temporal das concentrações de DBO, DQO e OD, e a precipitação em amostras coletadas nos pontos A e B, entre abril e agosto de 2013.

Comparando as médias das concentrações de DBO e DQO obtidas nas análises laboratoriais (109,5 e 236 mg/L, respectivamente) com os padrões estabelecidos por Jordão e Pessoa (2011), mostrados na tabela 4, pode-se classificar a água do canal das Piabas como esgoto doméstico fraco.

Tabela 4 – Valores típicos de carga orgânica (mg/L) no esgoto.

Parâmetro	Esg. forte	Esg. médio	Esg. Fraco
<b>DQO</b>	800	400	200
<b>DBO</b>	400	200	100

## 5. CONCLUSÃO

O princípio básico do sistema separador absoluto adotado no município de Campina Grande é cotidianamente negligenciado: os canais de drenagem da cidade possuem inúmeras contribuições irregulares de esgoto doméstico que contaminam o sistema de drenagem das águas pluviais urbanas

desde o ponto de contribuição até a sua disposição final. Apesar de ser uma obra sem problemas de subdimensionamento, o canal das Piabas sofre com a falta de gerenciamento e manutenções regulares no canal somados à escassa consciência da própria comunidade das redondezas beneficiada pelo sistema de drenagem, o que conduz ao comprometimento da capacidade de suporte do sistema.

## BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. (2001). *Estatuto das Cidades*. Lei no 10.257, de 10 de Julho de 2001. 16 p;
- BURIAN, S.J. and EDWARDS, F.G. (2002). “*Historical perspectives of urbandrainage*”. Global Solutions for Urban Drainage; CD-ROM Proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage, 8-13, Portland, OR;
- BUTLER, D. and DAVIES, J. W. (2011) *Urban Drainage*. 3rd Edition. London: Spon Press.
- CRUZ, M. A. S., SOUZA, C.F; TUCCI, C. E. M. (2007). “*Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade*”. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo-SP.
- HILL, D. (1984). *A history of engineering in classical and medieval times*. Croom Helm Ltd., London.
- IBGE, Censo demográfico. (2010). Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br> >.
- IBGE. (2000) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br> >.
- TUCCI, C. E. M. e BERTONI, J. C. B. (2003). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- TUCCI, C. E. M. (2013). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4ª Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 844 p.
- TUCCI, C. E. M. (2002). “*Gerenciamento da drenagem urbana*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*”, Vol. 7, N.1, jan/mar, pp 5-27.
- TUCCI, C. E. M. (2003). “*Parâmetros dos hidrogramas unitários para bacias urbanas brasileiras*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.8, n.2, p. 195-199.
- VIOLA, H. (2008). *Gestão de Águas Pluviais em Áreas Urbanas – O estudo de caso da cidade do Samba*. Dissertação. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.