

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM DE BACIAS URBANAS

DOI: 10.19177/rgsa.v9e2202074-95

Sinara Martins Camelo¹

Mônica de Amorim Coura²

Andréa Carla Lima Rodrigues³

Iana Chaiene de Araujo Vidal⁴

Francisco das Chagas da Costa Filho⁵

RESUMO

O Decreto nº 7.217/2010, regulamentador da lei 11.445/2007 de Saneamento básico no Brasil, estabelece que, assim com os outros serviços públicos de saneamento, o manejo de águas pluviais deve ser realizado de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente e deve possuir infraestrutura exclusiva e independente. No entanto, apesar da adoção de sistemas separados, conexões ilegais de esgoto no sistema de drenagem são frequentes. Nos períodos secos, onde quase não ocorrem precipitações ou, quando ocorrem, o volume total precipitado é muito baixo, existe dentro das galerias de drenagem apenas uma pequena lâmina d'água proveniente das ligações clandestinas de esgoto entre as redes. O objetivo do estudo foi caracterizar a magnitude da influência do volume de água de chuva na carga de poluentes presentes no escoamento veiculado pela rede de macrodrenagem urbana através do monitoramento de uma bacia urbana, situada na cidade de Campina Grande – PB. Foram avaliados parâmetros distintos de qualidade e quantidade da água para distinguir o nível de deterioração da água em relação ao período seco e chuvoso. Através da análise do comportamento das concentrações dos poluentes, constatou-se que as maiores concentrações são encontradas durante períodos secos. Foi observado também que a poluição na Bacia Hidrográfica Riacho do Prado aumentou durante o intervalo de tempo entre os estudos.

Palavras-chave: Drenagem. Precipitação. Qualidade. Saneamento.

¹ Engenheira Civil e mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. <http://orcid.org/0000-0001-5585-444X> Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: sinara@hotmail.com

² Química pela Fundação Universidade Regional do Nordeste - FURN. Mestre em Engenharia Civil e Doutora em Recurso Naturais pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. E-mail: mmonicadeac@gmail.com

³ Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Doutora em Recurso Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. E-mail: andreaufcg@gmail.com

⁴ Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. E-mail: jana-chaiene@hotmail.com

⁵ Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheiro Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: filhoshalom@hotmail.com

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PRECIPITATION ON THE QUALITY OF WATER IN THE URBAN BASIN MACRODRAINING SYSTEM

ABSTRACT

Decree No. 7,217 / 2010, which regulates Law 11,445 / 2007 on Basic Sanitation in Brazil, establishes that, like other public sanitation services, rainwater management must be carried out in an appropriate manner for public health and protection of the environment environment and must have exclusive and independent infrastructure. However, despite the adoption of separate systems, illegal sewage connections in the drainage system are frequent. In dry periods, where there is almost no precipitation or, when they do, the total precipitated volume is very low, there is only a small layer of water inside the drainage galleries coming from clandestine sewage connections between the networks. The objective of the study was to characterize the magnitude of the influence of the volume of rainwater on the load of pollutants present in the runoff conveyed by the urban macrodrainage network by monitoring an urban basin, located in the city of Campina Grande - PB. Different water quality and quantity parameters were evaluated to distinguish the level of water deterioration in relation to the dry and rainy season. Through the analysis of the behavior of the pollutant concentrations, it was found that the highest concentrations are found during dry periods. It was also observed that pollution in the Riacho do Prado Hydrographic Basin increased during the time interval between studies.

Keywords: Drainage. Precipitation. Quality. Sanitation.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano promove profundas alterações no meio ambiente, as quais se refletem principalmente na deterioração da qualidade dos recursos naturais (CAMPANA E BERNARDES, 2010).

A urbanização constitui uma das ações antrópicas que geram maiores impactos ambientais. A ocupação desordenada de áreas dos núcleos urbanos, a remoção indiscriminada da cobertura vegetal da bacia, a impermeabilização de grandes áreas, a geração de resíduos sólidos e esgoto sanitário que, por muitas vezes, não é coletado e tratado adequadamente, modificam e causam impactos diretos no sistema de drenagem (MIGUEZ et al., 2016).

No que diz respeito aos sistemas de saneamento e drenagem urbana, duas abordagens diferentes são empregadas. Os sistemas de esgoto combinados nos quais uma única rede de tubulações drena a água da chuva e as águas residuais; e os sistemas de esgoto separados nos quais diferentes redes de tubulações são usadas para drenar a água da chuva e as águas residuais (DESTRO, 2016).

O Decreto nº 7.217/2010, regulamentador da lei 11.445/2007 de Saneamento básico no Brasil, estabelece que, assim com os outros serviços públicos de saneamento, o manejo de águas pluviais deve ser realizado de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente e deve possuir infraestrutura exclusiva e independente, ou seja, sistema deve ser separador absoluto. No entanto, como destacado por Villanueva et al. (2011) e Freire et al. (2014), apesar da adoção de sistemas separados, conexões ilegais de esgoto no sistema de drenagem são frequentes e é raro encontrar um sistema separado funcionando adequadamente no Brasil.

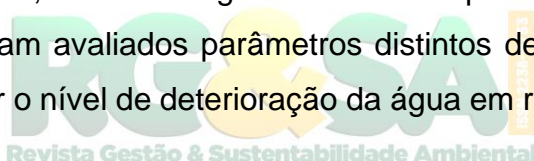
Tais lançamentos comprometem a qualidade das águas pluviais gerando risco a saúde da população e impactos ambientais graves pois as águas residuais no sistema de drenagem não recebem tratamento e são descartadas diretamente nos corpos d'água, expondo a população de áreas vulneráveis - como a população que vive em áreas de inundação - a doenças transmitidas pela água, além de ser responsável por maus odores no sistema de drenagem e poluição da água (DESTRO, 2016).

Além disso, as águas residuais são uma fonte de nutrientes, particularmente nitrogênio e fósforo, que podem impactar significativamente a produção primária de corpos d'água, levando à sua eutrofização (TCHOBANOGLIOUS; BURTON; STENSEL, 2003).

Em Campina Grande- PB o panorama não é diferente. Nos períodos secos, onde quase não ocorrem precipitações ou, quando ocorrem, o volume total precipitado é muito baixo, existe dentro das galerias de drenagem apenas uma pequena lâmina d'água proveniente das ligações clandestinas de esgoto entre as redes. Entretanto, com o aumento do volume escoado devido à precipitação, o comportamento dos poluentes no canal é alterado.

Campana et al. (2007) argumentam que os incrementos nas vazões do escoamento superficial decorrente das chuvas em áreas urbanas vêm sendo objeto de estudo de inúmeras pesquisas. Os autores afirmam que é de suma importância as observações in loco.

Diante do exposto, o presente estudo apresenta os resultados obtidos do monitoramento de uma bacia urbana, situada na cidade de Campina Grande - PB, tendo como objetivo caracterizar a magnitude da influência do volume de água de chuva na carga de poluentes presentes no escoamento veiculado pela rede de macrodrenagem urbana, a fim de gerar subsídios para a gestão integrada da drenagem pluvial. Foram avaliados parâmetros distintos de qualidade e quantidade da água para distinguir o nível de deterioração da água em relação ao período seco e chuvoso.



2 METODOLOGIA

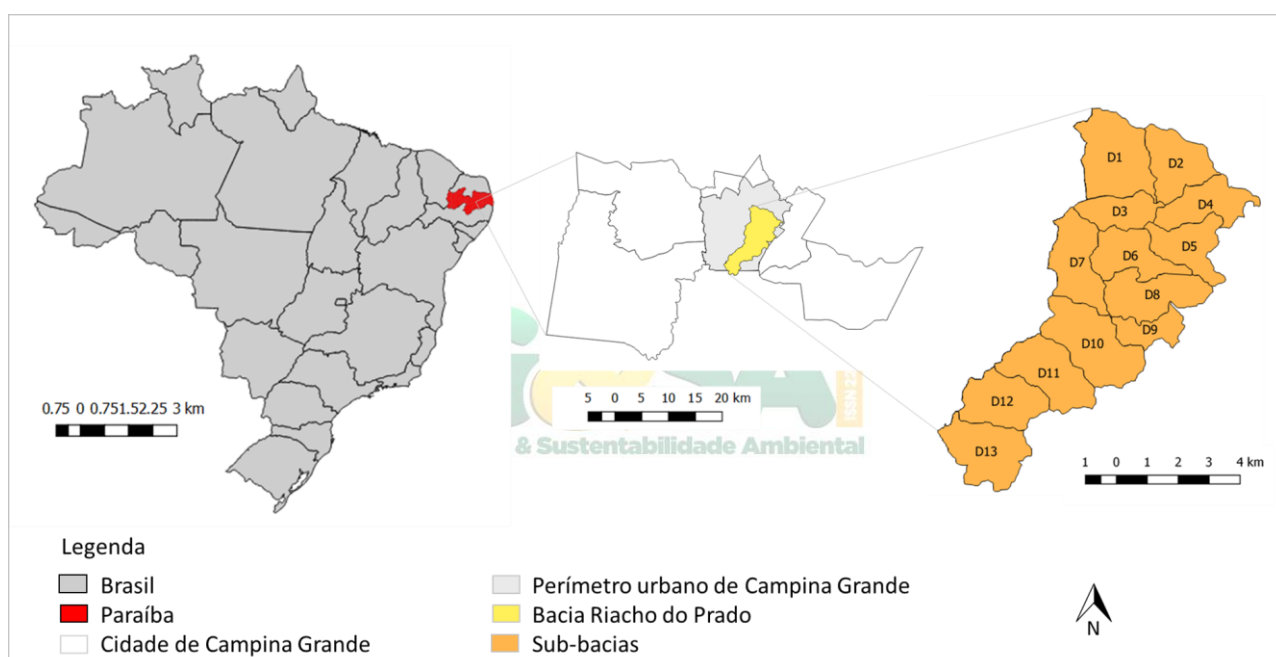
2.1 Área de estudo

O município de Campina Grande está inserido entre as regiões do Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba, localizado a 7°13'50" Sul do Equador e 35°52'52" Oeste de Greenwich; possui 594,182 km² de área territorial e 42,92 km² de área urbana (Figura 4); densidade populacional de 648,31 hab/km² e população estimada em 410.332 habitantes (IBGE, 2018).

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica Riacho do Prado. Esta possui uma área de 24,7 km² e um perímetro de 40,2 km, dividida em 13 sub-bacias compreendendo, de forma total ou parcial 22 bairros da cidade (Figura 1).

O canal de drenagem localizado na bacia é o Canal do Prado, que possui comprimento de 2,5 km, tendo início no extravasor das águas excedentes do Açude Velho (7° 13' 35,8" Sul e 35° 52' 47,7" Oeste) e, após certo ponto (7° 14' 47,6" Sul e 35° 53' 22,1" Oeste), deixa de ter seu revestimento artificial, seguindo seu percurso até desaguar no Riacho Bodocongó, o qual é afluente do Rio Paraíba. O referido canal possui dois tributários, um com 0,7 e outro com 0,6 km de comprimento que contribuem para o canal principal. Seu projeto é composto de seções transversais do tipo trapezoidal, retangular e parabólica (HENRIQUES, 2014).

Figura 1- Localização do município de Campina Grande, da Bacia Riacho do Prado e das suas sub-bacias.



A cidade adota o sistema separador absoluto, onde o esgoto sanitário é coletado totalmente separado das águas pluviais. No entanto, Freire (2014), em seu estudo na bacia do Riacho das Piabas, constatou a existência de ligações clandestinas de esgoto e acúmulo de resíduos sólidos no Canal das Piabas, tendo sido sua água caracterizada como esgoto doméstico fraco.

Após observações em campo, contatou-se a existência de vários pontos de entrada de esgoto no Canal do Prado. Foi verificada a existência de tubulações que desagüam no canal, porém, várias delas não apresentaram nenhuma contribuição de vazão em todo o período de análise, em contrapartida, algumas tubulações apresentaram contribuição de vazão, mas, por se tratar de esgotos domésticos, seu

volume depende do consumo de água da população, que varia a depender do dia e hora.

2.2 Amostragem de qualidade da água

Foram selecionados oito pontos para coleta de água (Figura 2). A definição dos locais de coleta foi realizada no intuito de se fazer uma boa cobertura do sistema de drenagem da bacia Riacho do Prado. A Figura 3 ilustra cada ponto escolhido. O período de monitoramento se deu de março a agosto de 2018, uma vez por semana.

Figura 2- Localização dos pontos de coleta ao longo do canal do Prado.

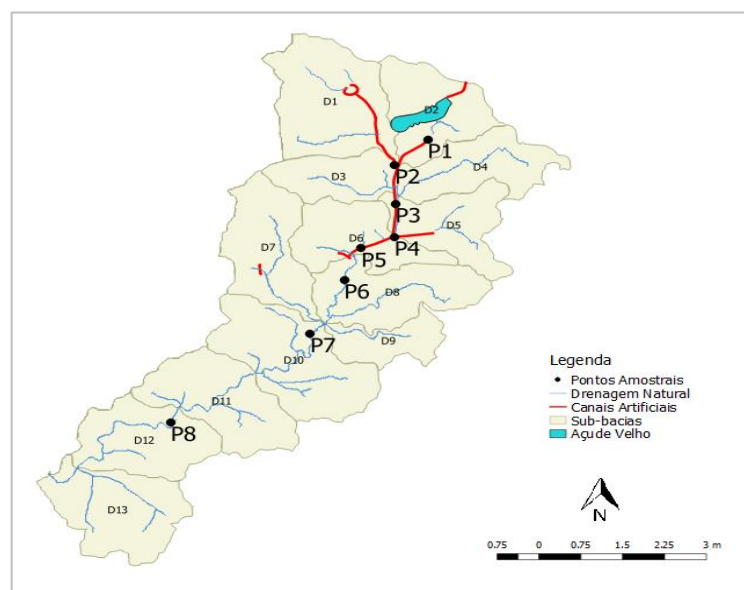
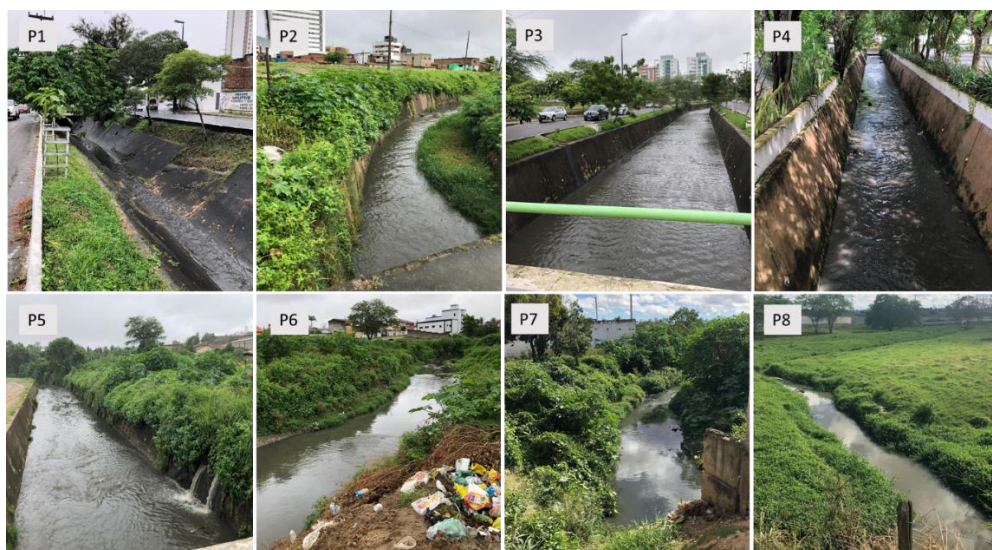


Figura 3 - Representação dos pontos de coleta ao longo do canal do Prado.



2.3 Procedimentos e análises de amostras

As análises físicas, químicas e microbiológicas foram realizadas para caracterizar a qualidade da água nos pontos escolhidos e envolveram as seguintes variáveis: turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (FT) e coliformes termotolerantes (CTT). As variáveis foram quantificadas por métodos padronizados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 2012). O Quadro 1 apresenta as variáveis determinadas e os respectivos métodos analíticos utilizados.

Quadro 1 - Métodos analíticos empregados na determinação das variáveis analisadas

Variável	Método
Turbidez (UNT)	Nefelométrico
Demanda bioquímica de oxigênio - DBO5 (mg/L)	Diluição em frascos padrões de DBO com incubação a 20° C durante 5 (cinco) dias
Demanda química de oxigênio – DQO (mg/L)	Refluxação fechada do dicromato de potássio com determinação titulométrica
Fósforo total (mg/L)	Ácido ascórbico após digestão
Coliformes termotolerantes – (UFC/100mL)	Membrana filtrante

O monitoramento da qualidade da água do Canal do Prado foi realizado entre março a agosto de 2018. As amostras foram coletadas com frequência semanal. Para distinção dos dados em período seco e chuvoso, foi considerado o número de dias antecedentes sem chuva à realização da coleta. Se a coleta foi realizada num dia com 6 ou mais dias anteriores a esse sem chuva, sua classificação seria período seco.

Assim, pôde-se fazer a determinação dos dias em que foram realizadas as coletas em período chuvoso ou seco, sendo obtidos 9 dias classificados como secos e 11 classificados como chuvosos (Tabela 1). A Tabela 1 também apresenta a precipitação acumulada nos dias anteriores à realização das coletas realizadas durante o período chuvoso e que tiveram influência nos valores encontrados.

Tabela 1 - Classificação das coletas em período seco e chuvoso

Dia de Coleta	Período Seco ou Chuvoso	Dias antecedentes sem chuva	Pacum nos dias anteriores (mm)
14/03/2018	Seco	12	-
22/03/2018	Seco	20	-
28/03/2018	Chuvoso	2	6,8
05/04/2018	Seco	6	-
11/04/2018	Chuvoso	3	14
19/04/2018	Chuvoso	1	53,9
25/04/2018	Chuvoso	0	59,5
02/05/2018	Chuvoso	3	32,5
10/05/2018	Chuvoso	0	11,1
17/05/2018	Chuvoso	0	11,6
24/05/2018	Chuvoso	4	22,1
07/06/2018	Chuvoso	3	5,6
13/06/2018	Chuvoso	4	13,6
21/06/2018	Seco	12	-
28/06/2018	Seco	19	-
05/07/2018	Seco	26	-
12/07/2018	Chuvoso	0	23,2
19/07/2018	Seco	8	-
26/07/2018	Seco	14	-
02/08/2018	Seco	22	-

2.4 Medidas de vazão

A vazão das águas nos canais de drenagem foi estimada por meio do método do flutuador, recomendado para cursos d'água pequenos, no dia 08/06/2018 referente ao período chuvoso, e nos dias 24/07/2018, 31/08/2018 e 11/09/2018 no período seco. A primeira medição foi realizada no final do evento de precipitação e apresentou um total de 10,6 mm. A segunda medição foi feita durante um período de 13 dias com nenhuma ou pouquíssima chuva, não contribuindo assim para o aumento na vazão do canal.

A medição da vazão foi feita nos mesmos pontos apresentados na Figura 2. Por ser uma área de difícil acesso, conseguiu-se realizar apenas uma medição no

ponto P7. Não foi possível fazer a medição ponto P8 pois o mesmo não apresentou variação significativa de vazão em nenhum dia monitorado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Vazão no canal de drenagem

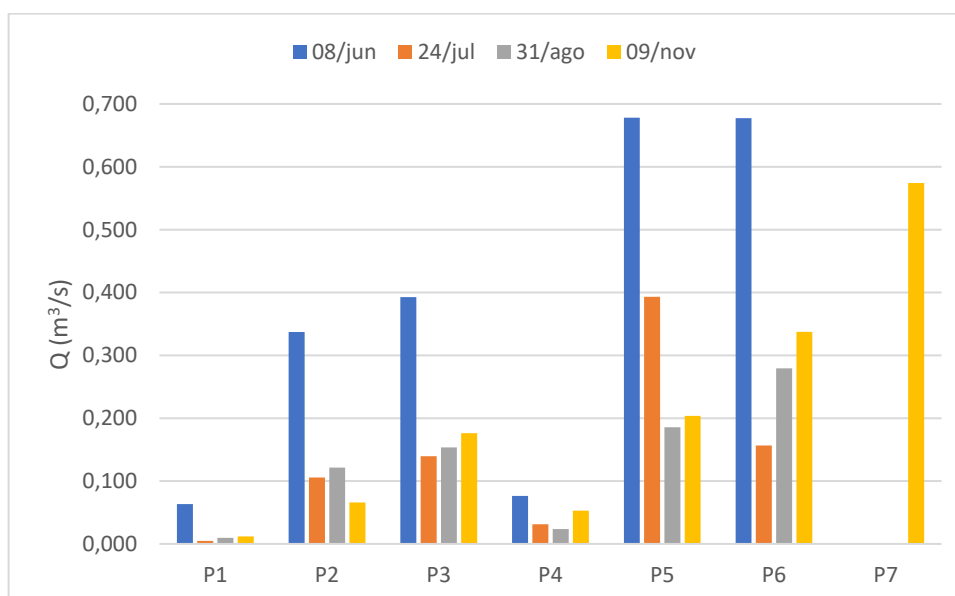
Na Tabela 2 são apresentados os dados das variáveis hidráulicas correspondentes às sete seções estudadas, obtidas durante as quatro medições realizadas no presente estudo. A Figura 4 mostra o gráfico de todas as vazões calculadas. Na Tabela 17 encontram-se os resultados da vazão específica para cada seção em estudo.

Tabela 2 – Variáveis hidráulicas das seções em estudo

Pontos	08/06/2018			24/07/2018		
	Altura da lâmina de água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Altura da lâmina de água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)
P1	0,13	0,41	0,063	0,06	0,10	0,005
P2	0,09	0,72	0,337	0,04	0,50	0,106
P3	0,07	0,63	0,393	0,04	0,37	0,140
P4	0,05	0,55	0,076	0,03	0,34	0,031
P5	0,20	0,39	0,678	0,13	0,34	0,393
P6	0,29	0,35	0,677	0,19	0,13	0,157
P7	-	-	-	-	-	-

Pontos	31/08/2018			11/09/2018		
	Altura da lâmina de água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Altura da lâmina de água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)
P1	0,05	0,20	0,01	0,07	0,22	0,01
P2	0,04	0,61	0,12	0,04	0,35	0,07
P3	0,04	0,48	0,15	0,05	0,43	0,18
P4	0,03	0,33	0,02	0,04	0,45	0,05
P5	0,09	0,31	0,19	0,09	0,34	0,20
P6	0,23	0,17	0,28	0,14	0,61	0,34
P7	-	-	-	0,19	0,78	0,57

Figura 4 – Gráfico dos valores de vazão para as quatro medições realizadas



Observaram-se maiores valores de vazão específica em todas as seções analisadas na primeira medição em consequência dos altos valores de vazão registrados nesse dia causados pela chuva ocorrida antes e durante a medição. Os maiores valores de vazão específica no período chuvoso são encontrados no ponto P2.

3.2 Análise da qualidade das águas da drenagem urbana

Segundo o Decreto nº 7.217/2010, regulamentador da lei 11.445/2007 de Saneamento básico no Brasil, estabelece que o manejo de águas pluviais deve possuir infraestrutura exclusiva e independente, ou seja, sistema deve ser separador absoluto. No entanto, observa-se na cidade a existência lançamento de esgotos clandestinos nos canais de drenagem de águas pluviais.

Por isso, nos períodos secos, onde quase não ocorrem precipitações ou, quando ocorrem, o volume total precipitado é muito baixo, existe dentro das galerias apenas uma pequena lâmina d'água proveniente das ligações clandestinas de esgoto predominantemente doméstico entre as redes. Foram feitas nove coletas da água do canal nessas condições (Tabela 1). Na Tabela 3 encontra-se um resumo estatístico dos dados de DBO, DQO, FT, Turbidez e CT.

Em 2013, Lima (2013) caracterizou as águas residuárias brutas de Campina Grande através de indicadores físicos, químicos e microbiológicos. Para a mesma

área desse estudo, os valores médios obtidos pela autora para DBO, DQO e CT foram 405 mg/L, 808 mg/L e 1,96E+07, respectivamente. Nesta pesquisa, foram encontrados valores de DBO e DQO semelhantes aos de Lima (2013) para as águas do Canal do Prado no ponto P4, caracterizando-o como semelhante a água residuária bruta, sendo assim o ponto mais poluído do canal.

Tabela 3 – Estatística descritiva para as variáveis analisadas no período seco

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
DBO (mg/L)								
Mín	44,40	240,90	129,19	353,00	63,75	53,60	76,40	126,75
Méd	81,87	341,29	271,95	516,61	134,66	96,79	113,83	155,30
Máx	121,43	443,10	501,30	849,00	259,80	151,69	148,38	171,30
CV	27%	18%	45%	29%	51%	37%	32%	16%
N	8	8	8	8	8	8	3	3
DQO (mg/L)								
Mín	127,41	430,28	282,87	540,65	258,96	87,65	262,55	301,16
Méd	195,40	618,26	518,40	795,58	416,11	209,37	308,13	335,95
Máx	318,55	866,94	791,51	967,74	590,73	294,35	351,35	366,94
CV	34%	20%	32%	16%	31%	39%	14%	10%
N	9	9	9	9	9	9	3	3
FT (mg/L)								
Mín	1,77	7,27	4,82	9,00	2,08	2,28	3,70	3,53
Méd	3,20	8,83	7,70	10,87	5,47	3,91	4,38	4,22
Máx	3,64	10,15	9,95	12,40	8,36	5,90	5,00	4,64
CV	19%	11%	22%	12%	43%	30%	15%	14%
N	9	9	9	9	9	9	3	3
Turbidez (UNT)								
Mín	26,00	233,00	108,00	296,00	44,10	39,90	40,00	78,00
Méd	53,44	303,57	240,57	497,43	115,01	69,64	90,67	82,33
Máx	108,00	388,00	512,00	992,00	292,00	116,00	136,00	87,00
CV	51%	19%	55%	47%	80%	47%	53%	5%
N	7	7	7	7	7	7	3	3
CTT (UFC/100mL)								
Mín	4,0E+05	3,3E+06	2,8E+06	3,4E+06	2,1E+06	2,0E+06	2,2E+06	2,1E+06
Méd	2,7E+06	5,0E+06	4,2E+06	8,2E+06	3,6E+06	4,0E+06	2,8E+06	3,7E+06
Máx	4,7E+06	8,0E+06	5,5E+06	2,6E+07	6,6E+06	8,0E+06	3,3E+06	5,8E+06
CV	48%	38%	22%	90%	45%	51%	21%	51%
N	9	9	9	9	9	9	3	3

Os dados apresentados na Tabela 3 também apontam para uma água de qualidade similar à de esgoto doméstico bruto quando comparadas com características do referido esgoto apresentadas por Jordão e Pessoa (2011), na Tabela 4. De acordo com o apresentado na tabela, apenas o ponto P4 apresenta características de esgoto forte para DBO e DQO. Os pontos P2 e P3 se adequam aos valores de esgoto médio, e, por fim, os pontos P1, P5, P6, P7 e P8 podem ser classificados como esgoto fraco, provavelmente diluídos por outras águas advindas de processos como lavagem de calçadas, áreas comuns, roupas, entre outros.

Tabela 4 – Características de parâmetros típicas de esgoto doméstico bruto

Parâmetro	Forte	Médio	Fraco
DBO5 (mg/L)	400	200	100
DQO (mg/L)	800	400	200
FT (mg/L)	20	10	5

Fonte: Adaptado de Jordão e Pessoa (2011).

Henriques (2014) estudando a distribuição da contaminação fecal na mesma área de estudo, encontrou valores compatíveis com os desta pesquisa. Os valores médios de concentração no período seco obtidos por Alvarez (2010) ao avaliar a qualidade da água de bacias urbanas da cidade de São Carlos- SP, foram 4,9 mg/L para DBO, 9,3 mg/L para DQO e 0,5 mg/L para FT, o que caracteriza um sistema expressivamente menos poluído do que o analisado neste estudo. Para a turbidez, os valores variaram de 15,3 a 36 UNT.

Para se avaliar a precisão experimental dos dados foi utilizado o coeficiente de variação (CV), que teve classificação determinada por Pimentel-Gomes (1985), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação e intervalos dos coeficientes de variação

Classificação CV	Intervalos CV
Baixo	$CV \leq 10\%$
Médio	$10\% < CV \leq 20\%$
Alto	$20\% < CV \leq 30\%$
Muito alto	$CV > 30\%$

Fonte: Pimentel-Gomes (1985).

Pode-se observar que os valores das variáveis analisadas variaram muito nos diferentes pontos analisados em decorrência das características das contribuições de

esgotos domésticos. Os coeficientes de variação dos dados obtidos, de forma geral, foram classificados como muito elevados conforme o abordado por Pimentel-Gomes (1985), com vários pontos apresentando valores acima de 30% em todas as variáveis, o que mostra a variabilidade dos resultados obtidos nos diferentes locais avaliados ao longo do Canal do Prado.

3.3 Qualidade da água no período chuvoso

Para as análises de qualidade da água de drenagem urbana no período chuvoso foram realizadas 11 medições. Em razão dos pontos P7 e P8 terem sido incluídos na análise durante a realização da pesquisa, todas as amostras coletadas nesses pontos foram referentes a dias secos, por isso, para a análise de qualidade da água no período chuvoso, serão apresentados os dados dos pontos P1 a P6.

As Figuras de 5 a 9 ilustram os valores de turbidez, DBO, DQO, FT e CTT durante todo o período analisado (seco e chuvoso) com objetivo de mostrar a influência da precipitação nos valores encontrados, em cada ponto analisado. O volume precipitado em mm (colunas em azul claro) apresentado na figura se refere à soma do volume precipitado dos eventos que ocorreram antes da realização da coleta e assim tiveram influência nos valores encontrados. Ao lado das colunas, encontra-se o número de dias sem precipitação antecedentes à coleta.

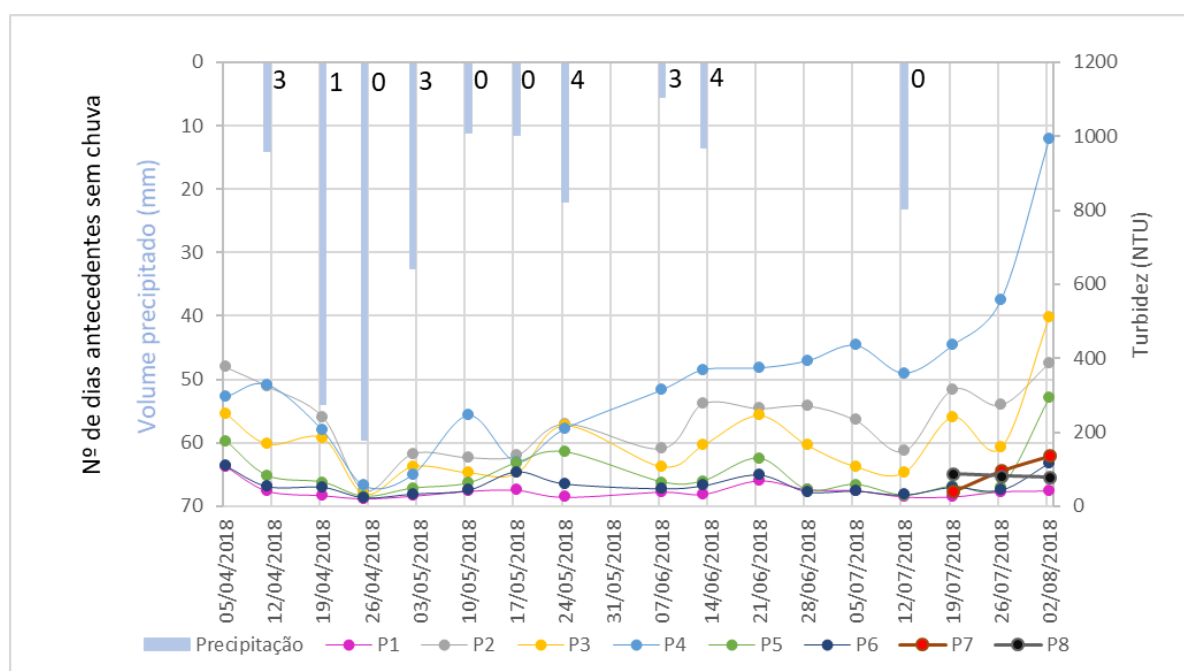
Turbidez

A chuva é um fator importante para ser analisado. Os eventos ocorridos com pequeno intervalo de tempo posterior a outro apresentam menores valores de turbidez, como é o caso dos dias 19/4/2018 e 25/4/2018 (Figura 23), isso devido ao fato de que, provavelmente, não ocorreu acúmulo de sedimentos na bacia. Quando não há ocorrência de precipitação, os valores são mais elevados devido às concentrações de sedimentos dos esgotos domésticos, como no intervalo de 14/6/2018 e 21/7/2018 e de 21/7/2018 até 12/8/2018.

Os valores de turbidez variaram de 21 a 359 UNT considerando-se todos os pontos em todo o período monitorado. Os menores valores ocorreram no dia 25/04/2018, devido a sucessivos eventos de precipitação nos dois dias anteriores à coleta. Os coeficientes de variação dos dados obtidos foram classificados como muito elevados (PIMENTEL-GOMES, 1985) para todos os pontos analisados, menos o ponto P1.

Os valores de turbidez encontrados estão compatíveis com os encontrados por Costa (2013) em sua análise do comportamento qualitativo das águas de drenagem urbana em uma bacia de Brasília - DF, cujos valores médios encontrados variaram entre 30,2 e 483 UNT. Entretanto, o valor médio nos pontos P2 e P4 é elevado quando comparado com o valor máximo de 120 UNT obtidos por Pimentel (2009) para um riacho que, semelhante ao estudado, recebe várias contribuições de esgotos in natura.

Figura 1 – Variação espaço temporal da turbidez em todos os eventos analisados



Demanda bioquímica de oxigênio – DBO

Para o período analisado, os valores de DBO apresentaram uma elevada concentração de compostos orgânicos biodegradáveis. Os menores valores são encontrados no ponto 1 por não possuir nenhuma contribuição de esgoto, e nos pontos 5 e 6 por serem pontos onde já ocorrerem a diluição das elevadas concentrações a montante. A Figura 24 mostra todos os valores de DBO em cada ponto analisado.

O menor valor em todos os pontos foi obtido no dia 25/04/2018, quando ocorreram sucessivos eventos de precipitação nos dois dias anteriores à coleta, com um total precipitado de 59,5 mm. Quando há intervalos sem precipitação, os valores de concentração aumentam devido ao acúmulo do poluente.

A Tabela 24 mostra as médias dos valores de DBO para os períodos seco e chuvoso. Através da tabela pode-se observar que houve reduções de 19,8% a 43,7% nas concentrações dos pontos P1 a P6 no período chuvoso, quando comparado ao período seco.

Caminha (2014), para a mesma área de estudo, encontrou valores médios de DBO para o período seco de 179 mg/L e para os eventos com influência da precipitação de 87 mg/L. Para a pesquisa atual, o valor médio de DBO no período seco foi de 240,4 mg/L e 157,2 no período chuvoso. Esses valores evidenciam que a poluição vem apresentando um aumento significativo ao longo dos anos.

Figura 2 - Variação espaço temporal da DBO em todos os eventos analisados

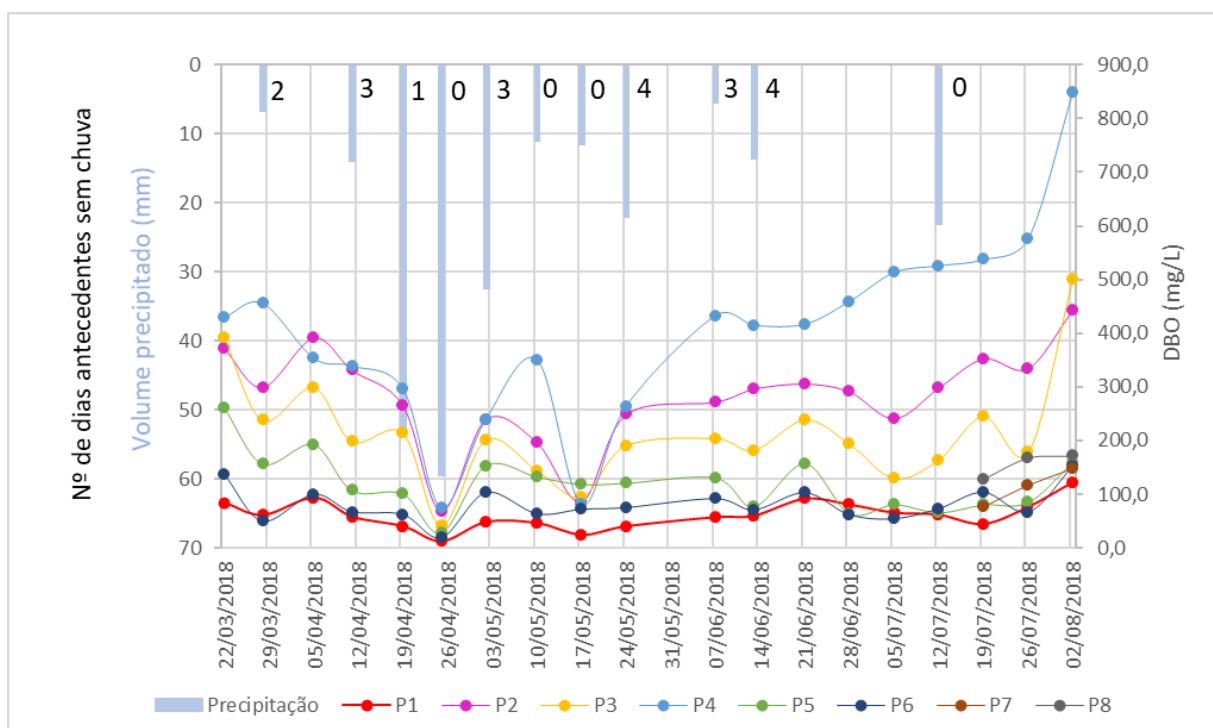


Tabela 2 – Comparativo das médias de DBO para o período seco e chuvoso

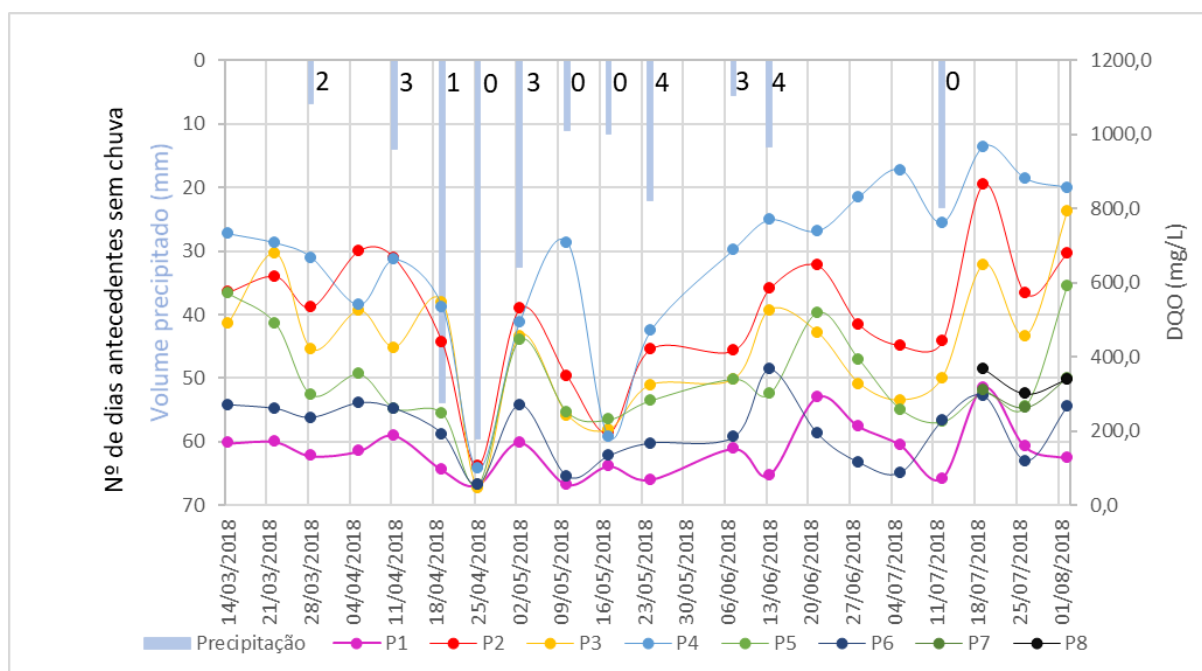
Pontos	Média DBO (mg/L)		Redução (%)
	Seco	Chuvoso	
P1	81,87	46,1	43,7%
P2	341,29	236,5	30,7%
P3	271,95	169,9	37,5%
P4	516,51	315,4	38,9%
P5	134,66	108	19,8%
P6	96,79	67,3	30,5%

Demanda química de oxigênio – DQO

As médias dos valores de DQO variaram entre 197,4 a 795,6 mg/L. O valor máximo encontrado para o período chuvoso foi de 769,6 mg/L no ponto P4. O máximo para esse mesmo ponto no período seco foi de 967,7 mg/L. A DQO corresponde ao consumo equivalente de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica biodegradável e não biodegradável presentes (VON SPERLING, 2005), e um valor de DQO elevado indica um valor de matéria orgânica elevado.

A Figura 25 mostra os valores de DQO durante o período analisado. Percebe-se que os eventos ocorridos com 0 dias antecedentes sem chuva são os que apresentam menores valores.

Figura 3 – Variação espaço temporal da DQO em todos os eventos analisados



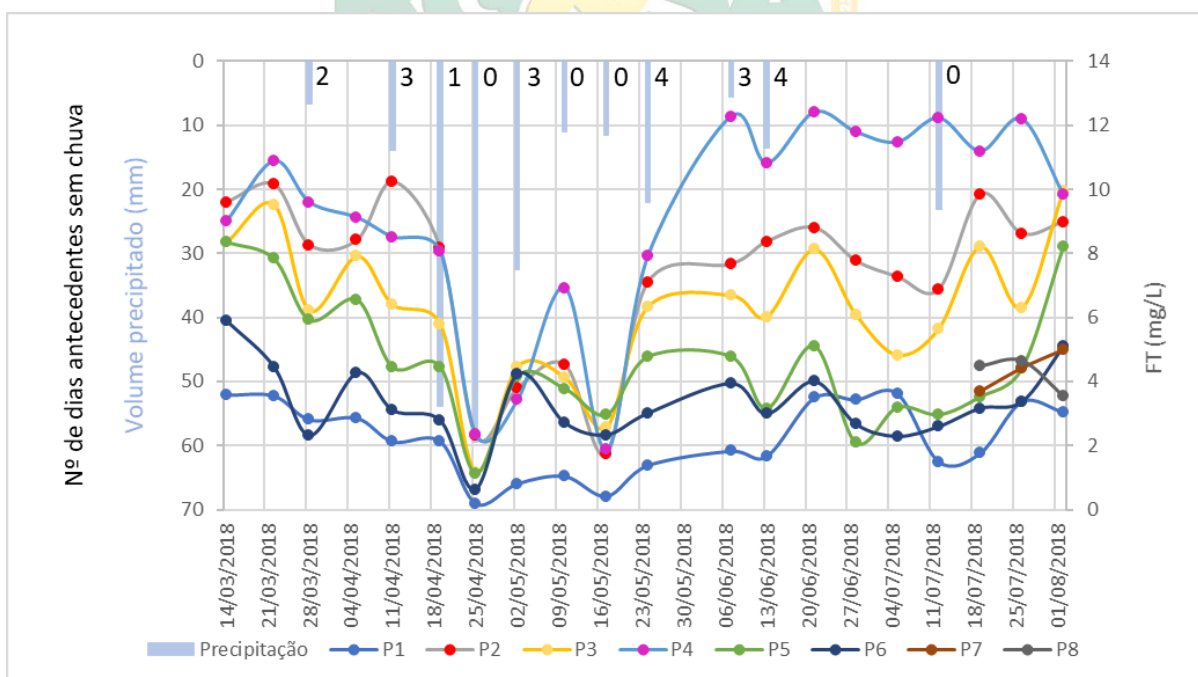
Fósforo total – FT

O fósforo aparece em águas naturais em virtude do lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais (indústrias de fertilizantes, pesticidas, frigoríficos e laticínios). Os dados de fósforo total ao longo do tempo de monitoramento, juntamente com o volume precipitado (mm) dos eventos que influenciaram nos resultados coletados e o número de dias antecedentes a esses eventos, estão indicados na Figura 26.

Percebe-se que a variação do FT com a precipitação nem sempre apresenta a mesma tendência. Os maiores valores de FT foram obtidos nos pontos P2, P3 e P4. Durante as visitas a campo, observou-se nas imediações do ponto P2 pequenas áreas de agricultura familiar, o que pode ter contribuído para os elevados valores de FT nessa localidade. A grande quantidade de resíduos sólidos como também a presença de animais na área, também podem ter influenciado no aumento do FT. O ponto P3, situado a jusante do ponto P2, por consequência da sua proximidade, também apresenta valores elevados. Já o ponto P4 localiza-se em uma área predominantemente residencial, o que pode justificar a elevada concentração de detergentes fosfatados advindos das atividades domésticas.

Costa (2013) observou que o valor máximo de fósforo total em águas de drenagem urbana em uma bacia de Brasília - DF não ultrapassou 0,7 mgP/L e concluiu que esse seria um indicador da presença de águas cinzas, águas residuais oriundas de lavagens onde se faz uso de detergentes, que se encontram diluídas pelas águas pluviais.

Figura 4 – Variação espaço temporal do FT em todos os eventos analisados



Na pesquisa atual, o valor máximo de FT encontrado foi de 12,3 mgP/L. Os pontos P1, P5 e P6 obtiveram médias bem mais baixas quando comparadas aos pontos P2, P3 e P4, que apresentaram médias acima de 5,0 mgP/L, sendo

classificados, assim, como esgoto médio, de acordo com o apresentado por Jordão e Pessoa (2011).

Coliformes termotolerantes – CTT

A concentração de CTT se apresentou de forma mais expressiva nos pontos P2, P3 e P4, como pode-se observar na Figura 26. Todos os valores médios observados foram da ordem de 10^6 (Tabela 27), apresentando características condizentes ao esgoto bruto, que, segundo Jordão e Pessoa (2011), apresenta uma faixa de 105 a 108 microrganismos por 100 ml.

A Tabela 28 mostra as médias dos valores de CTT para os períodos seco e chuvoso. Através da tabela pode-se observar que houve uma redução nas concentrações dos pontos P1 a P6 entre os dois períodos.

Caminha (2014) encontrou valores médios de CTT para o período seco de $16E+05$ UFC/100mL e para os eventos com influência da precipitação de $8,3E+05$, ambos os valores são inferiores aos encontrados nesta pesquisa, evidenciando que a poluição associada à presença de contaminação predominantemente fecal vem aumentando ao longo dos anos, o que traduz num alto risco para a saúde ambiental. Esses dados demonstram o não avanço da gestão pública na cidade, pois no intervalo de 5 anos entre as pesquisas a problemática que deveria ter sido melhorada, encontra-se agravada.

Figura 5 - Variação espaço temporal de CTT em todos os eventos analisados

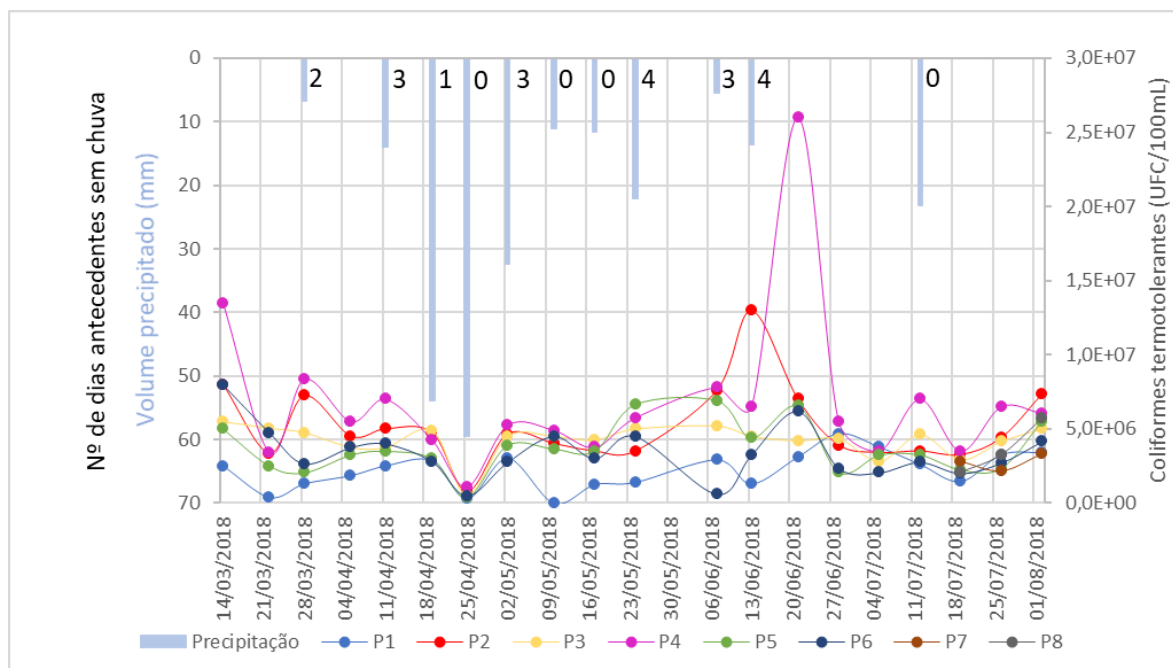


Tabela 3 – Comparativo das médias de CTT para os períodos seco e chuvoso

Pontos	Média CTT (UFC/100ml)	
	Seco	Chuvoso
P1	2,71E+06	1,76E+06
P2	5,02E+06	5,23E+06
P3	4,19E+06	4,22E+06
P4	8,16E+06	5,60E+06
P5	3,64E+06	3,75E+06
P6	3,99E+06	2,84E+06
Média	4,62E+06	3,9E+06

4 CONCLUSÕES

A investigação da ocorrência de pontos clandestinos de intrusão de esgotos sanitários no canal de drenagem possibilitou a realização de um diagnóstico do que acontece na área de estudo durante os períodos secos, onde não há precipitação, e o canal funciona apenas para a propagação e mistura desses efluentes, apresentando uma pequena lâmina d'água. Além da contribuição dos esgotos, o sistema apresenta acúmulo de resíduos sólidos que, além de serem carreados pelo escoamento superficial, são também depositados pela própria população do entorno.

As amostras coletadas das águas do Canal do Prado, os dados de precipitação e de vazão permitiram a análise da qualidade em períodos secos e a influência da chuva na qualidade da água que escoava pelo canal. Através da análise do comportamento das concentrações dos poluentes, constatou-se que as maiores concentrações são encontradas durante períodos secos. Foi visto também, ao comparar os dados com os encontrados por Caminha (2014) para mesma área de estudo, que a poluição na Bacia Hidrográfica Riacho do Prado aumentou durante o intervalo de tempo entre os estudos, o que implica em um maior grau de risco para a população que reside próxima ao canal.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012.

CAMINHA, M. J. **Degradação da qualidade da água do sistema de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande – Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.

CAMPANA, N. A., BERNARDES, R. S., SILVA, J. A. “Controle Qualitativo e Quantitativo do Escoamento Pluvial Urbano com Bacias de Detenção”, Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 2, n. 3, p. 98-111, 2007.

CAMPANA, N. A.; BERNARDES, R. S. Qualidade do escoamento na rede de drenagem pluvial urbana: a situação de Brasília-DF. **REGA**. v. 7, n. 2, p. 53-65, Jul./Dez. 2010.

COSTA, M. E. L. **Monitoramento e Modelagem de Águas de Drenagem Urbana na Bacia do Lago Paranoá**. 203 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2013.

DESTRO, C. A. M. **The urban water use model as a tool to support the evaluation of sustainable drainage measures in Brazilian cities.** Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba, 2016.

FREIRE, J. R. P. **Análise do Sistema Separador Absoluto no Âmbito da Drenagem Pluvial da Cidade de Campina Grande - Estudo de Caso do Canal das Piabas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

FREIRE, J. R. P.; FEITOSA, P. H. C.; COURA, M. A.; CAMINHA, M. J. Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - Estudo de caso do Canal das Piabas. **Revista Monografias Ambientais**, v.13, n.5, dez. 2014, p.4034-4043.

HENRIQUES, J. A. (2014) **Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do prado, Campina Grande-PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018) Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgoto doméstico.** Rio de Janeiro. 6. ed. 2011.

LIMA, N. **Recuperação de ovos de helmintos em amostras de águas residuárias urbanas de populações de baixa renda da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.** 2013. 72p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

NÓBREGA, P. V. de M. (2012). **Análise do sistema de drenagem de Campina Grande/PB para proteção de áreas de risco de inundação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985.

SPERLING, M V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ed, Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, 452p.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4. ed. New York, NY: Metcalf & Eddy Inc - McGraw-Hill, 2003. 1819 p. ISBN 0-07-041878-0.

VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; BEMFICA, D.; TUCCI, C. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. **REGA**, v. 8, n. 1, p. 5–18, 2011.

