

Artigo Técnico

Água de drenagem ou esgoto sanitário? Uma análise do sistema de macrodrenagem em cidade de médio porte na Região Nordeste

Drainage water or sanitary sewage? An analysis of the macro-drainage system in a medium-sized city in the Northeast Region

Juscelino Alves Henriques^{1*} , Rui de Oliveira² , Monica de Amorim Coura³ ,
Marcelo Libânio⁴ , Márcio Benedito Baptista⁵ 

RESUMO

A concepção dos sistemas de drenagem de águas pluviais como separador absoluto é uma característica marcante na gestão das águas urbanas, no entanto não é o reflexo da realidade de tal sistema na maioria das cidades brasileiras, onde frequentemente esgotos e águas pluviais escoam pelos mesmos condutos. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi investigar as contribuições de contaminação fecal dos canais de drenagem afluentes ao Canal do Prado, pertencentes ao sistema de macrodrenagem de águas pluviais da cidade de Campina Grande, na Paraíba. Para a realização da pesquisa de campo, foram definidos sete pontos de monitoramento ao longo do canal e, como indicadores de contaminação fecal, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e os ovos dos helmintos *Ascaris lumbricoides*, *Taenia sp*, *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Enterobius vermicularis*, *Ancilostomideo sp* e *Trichuris sp*. Os resultados apontaram que ovos de *Ascaris lumbricoides* foram os que apresentaram maior frequência nos pontos de monitoramento, relacionados à maior descarga de esgotos sanitários. Tais descargas também foram verificadas por elevados valores médios de coliformes termotolerantes que atingiram até $1,6 \times 10^7$ UFC/100 mL¹, valor típico de esgoto sanitário. *Escherichia coli* ocorreu em mais de 90% das amostras coletadas em todos os pontos de monitoramento.

Palavras-chave: drenagem urbana; sistema de macrodrenagem pluvial; contaminação fecal.

ABSTRACT

The design of rainwater drainage systems as an absolute separator is a significant feature in urban water management, however, this is not a reflection of the reality of such a system in most Brazilian cities, where sewage and rainwater often run along the same path. Therefore, the aim of this study was to investigate contributions of fecal contamination from tributary drainage channels to Canal do Prado, belonging to the urban macro-drainage system of rainwater in the city of Campina Grande, Paraíba State. For the fieldwork, seven monitoring points were set along the channel object of this study, determining thermotolerant coliforms, *Escherichia coli*, and helminth eggs of *Ascaris lumbricoides*, *Taenia sp*, *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Enterobius vermicularis*, and *Trichuris sp*, as fecal contamination indicators. The results pointed out that eggs of *Ascaris lumbricoides* were those with the highest frequency in monitoring points, being this related to the increased discharge of sewage. Such discharges were also verified by high mean values of thermotolerant coliforms that reached up to 1.6×10^7 CFU/100 mL¹, typical value of domestic sewage. *Escherichia coli* was present in over 90% of all samples collected from monitoring points.

Keywords: urban drainage; Rainwater macro-drainage system; fecal contamination

INTRODUÇÃO

O controle de fatores ambientais que exercem efeitos nocivos sobre o bem-estar da população impõe-se como objetivo do processo de gestão pública.

A importância das ações de saneamento básico, as quais se revestem de caráter preventivo, residem, primeiramente, na capacidade efetiva de controlar os efeitos adversos à saúde da população, além de influenciar positivamente o desenvolvimento econômico, social e humano.

¹Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Coordenação de Edificação Ouricuri - Ouricuri (PE), Brasil.

²Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Campina Grande (PB), Brasil.

³Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Civil - Campina Grande (PB), Brasil.

⁴Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁵Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Recursos Hídricos - Belo Horizonte (MG), Brasil.

*Autor correspondente: henriqueskj@gmail.com

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 26/07/2019 - **Aceito:** 13/10/2020 - **Reg. ABES:** 20190223

Na prática, particularmente nos países em desenvolvimento, a infraestrutura de saneamento básico não é planejada e executada previamente à ocupação do território pela população, mas aparece como resposta a demandas, ou seja, como solução para problemas estabelecidos. Essa situação é característica de ambientes urbanos formados espontaneamente, por ocupações não planejadas, às voltas com problemas de fluxos migratórios e a crônica falta de políticas públicas voltadas à redução do desnível social. De fato, as cidades de países em desenvolvimento apresentam continuamente, às vezes de forma crescente, quadro de defasagens entre as demandas da população e a infraestrutura adequada à sua satisfação.

É nesse quadro de defasagens que se situam as interconexões entre os sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU), cujo principal impacto negativo é a difusão da poluição fecal e a prevalência de doenças causadas por bactérias, vírus, protozoários e helmintos. As defasagens não se referem somente à inadequação de capacidade do sistema, motivada por aumento de população ou por alterações no ambiente, como o aumento da pavimentação, entre outros, mas também à falta de planos integrados de gerenciamento da operação e manutenção de sistemas administrados por agentes diversos.

No Brasil, conforme estabelecido pela Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2014), os municípios e o Distrito Federal são titulares dos serviços de saneamento básico, cabendo-lhes a formulação da respectiva política pública e a elaboração de planos, entre outras atribuições. Ordinariamente, do ponto de vista operacional, os sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas e de manuseio de resíduos sólidos são administrados pelo poder municipal, enquanto os de abastecimento de água e de esgotamento sanitário são operados pelas próprias prefeituras ou empresas concessionárias, na sua maioria autarquias municipais, companhias estaduais de saneamento ou empresas privadas.

A propósito, ao avaliar o Plano Nacional de Saneamento Básico, a Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo do Senado Federal (BRASIL, 2016) destacou a existência de defasagem no que diz respeito à drenagem de águas pluviais, quando comparada aos demais componentes do saneamento básico. Para a comissão, a drenagem é tratada apenas como elemento de uma estratégia de defesa civil, voltada para situações mais críticas de risco, e não como componente indissociável de saneamento básico e de promoção da saúde pública.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019, p. 37):

Os municípios apresentam deficiências de gestão da infraestrutura de DMAPU, geralmente considerada uma atividade secundária, subordinada aos outros componentes da infraestrutura urbana como, por exemplo, o sistema viário. Além disso, a capacitação técnica dos agentes municipais muitas vezes é insuficiente [...].

Adicionados a essas carências, os sistemas de drenagem pluvial urbanos consolidam-se como importantes estruturas de condução de águas, que podem ser usadas para diversos fins por sua integralidade com os diversos corpos de água presentes em cada bacia hidrográfica (SIDHU *et al.*, 2012). Os usos a que essas águas se destinam, além de alimentar os diversos cursos d'água a jusante, dependem de suas características físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas (SAUER *et al.*, 2011).

Nesse contexto de serviços de drenagem e saúde pública, Campina Grande, na Paraíba, importante cidade de porte médio da Região Nordeste do Brasil, conta com infraestrutura de saneamento básico, notadamente os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, operados por empresa concessionária de âmbito estadual. Cabe à prefeitura municipal o manejo de águas pluviais urbanas e, em conjunto com empresas privadas, o manejo de resíduos sólidos urbanos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o município de Campina Grande apresenta população predominantemente urbana (95,4%), 1,7 internação por doenças diarreicas/mil habitantes (ano de 2016), mortalidade infantil de 12,7 por mil nascidos vivos (ano de 2014) e cobertura de 84,1% de esgotamento sanitário considerado adequado (ano de 2010). A despeito desses indicadores de saneamento básico, tem sido verificado (FREIRE, 2014; HENRIQUES, 2014) que as águas do sistema de macrodrenagem urbana apresentam características físico-químicas e microbiológicas típicas de contaminação por esgotos domésticos.

Nesse cenário, o objetivo deste trabalho é avaliar o nível de contaminação fecal nas águas de drenagem afluentes a um dos principais canais do sistema de macrodrenagem da cidade de Campina Grande, diante da perspectiva de intrusão de esgotos sanitários.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A área de estudo da presente pesquisa foi definida na cidade de Campina Grande (7°13'51" S e 35°52'54" O), sede do município de mesmo nome, localizada na sub-bacia do médio curso do Rio Paraíba, conforme ilustrado na Figura 1.

A referida cidade situa-se aproximadamente 550 m acima do nível médio do mar. Localizada na mesorregião Agreste, o clima predominante é As' (classificação climática de Köppen-Geiger), apresentando, conforme indicado por Macedo *et al.* (2011), precipitação média anual de 800 mm. Segundo o IBGE (2014), o município de Campina Grande possui população estimada de 400 mil habitantes e ocupa área de 594 km², o que resulta em densidade demográfica de 673 hab.km⁻².

Com relação ao saneamento básico, assim como a maioria das cidades brasileiras, Campina Grande possui alguns serviços prestados por empresas públicas e por empresas terceirizadas. O abastecimento de água e o esgotamento sanitário estão sob responsabilidade da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (Cagepa), a limpeza urbana é realizada pela Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (Sesuma) e a coleta e a disposição final de resíduos sólidos urbanos e de serviços de saúde são divididas entre a Sesuma e empresas terceirizadas (PMCG, 2014a).

O sistema de esgotamento sanitário é do tipo separador absoluto e, de acordo com a Cagepa (2012 *apud* PMCG, 2014a), a rede de esgotamento sanitário do município apresenta extensão da ordem de 566 km, com 87.382 ligações domiciliares. De acordo o Instituto Trata Brasil (2013), aproximadamente 76% da população urbana dispõe do referido serviço. Essa informação é conflitante com os 84,1% mencionados.

A cidade conta com sistema de microdrenagem, com a presença de bocas de lobo, sarjetas, sarjetões, entre outros. Já a macrodrenagem compreende três importantes bacias urbanas: Piabas (Bacia C), Bodocongó (Bacia B) e Prado

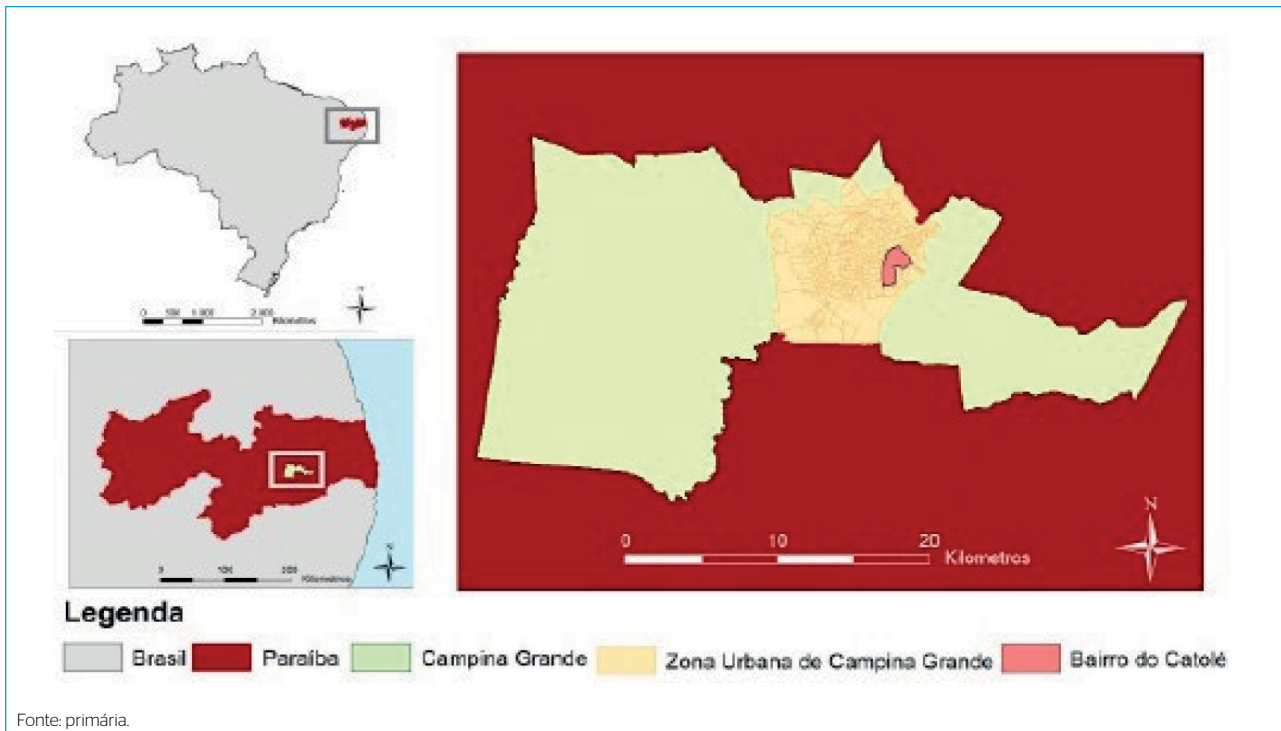


Figura 1 - Localização do município de Campina Grande.

(Bacia D), conforme ilustrado na Figura 2; e, do Prado, fazem parte canais de seções trapezoidais e retangulares cobertos e a céu aberto.

O Canal do Prado constitui o talvegue da bacia homônima, tendo início no extravasor das águas excedentes do Açude Velho ($7^{\circ}13'36''\text{S}$ e $35^{\circ}52'48''\text{O}$) e término no bairro Jardim Paulistano, nas coordenadas $7^{\circ}14'48''\text{S}$ e $35^{\circ}53'22''\text{O}$. Após esse ponto, o riacho volta às suas características naturais de revestimento até desaguar no Riacho Bodocongó, afluente do Rio Paraíba, principal rio do Estado.

Pontos de amostragem

Para a realização desta pesquisa foram escolhidos sete pontos de amostragem, sendo dois os pontos extremos (montante e jusante) do Canal do Prado e os outros definidos nos principais afluentes, imediatamente a montante da confluência com o canal objeto do estudo, conforme mostrado na Figura 3.

A escolha dos principais afluentes levou em consideração a magnitude das vazões resultantes das respectivas áreas de drenagem.

Os pontos de amostragem foram:

- ponto P1 ($7^{\circ}13'49''\text{S}$ e $35^{\circ}52'52''\text{O}$), a montante de todas as contribuições do Canal do Prado; representativo das águas excedentes do Açude Velho e das águas pluviais das sub-bacias D4 e D5, provenientes do Centro e de pequena porção do bairro do Catolé;
- ponto P2 ($7^{\circ}13'49''\text{S}$ e $35^{\circ}52'52''\text{O}$), primeira contribuição significativa do Canal do Prado e responsável pela drenagem da sub-bacia D5, proveniente de outra parcela do bairro do Catolé;
- ponto P3 ($7^{\circ}14'1''\text{S}$ e $35^{\circ}53'2''\text{O}$), área de drenagem no bairro da Bela Vista, que passa pelos bairros da Prata, São José e Estação Velha até chegar ao canal em estudo, drenando as sub-bacias D2 e D3;

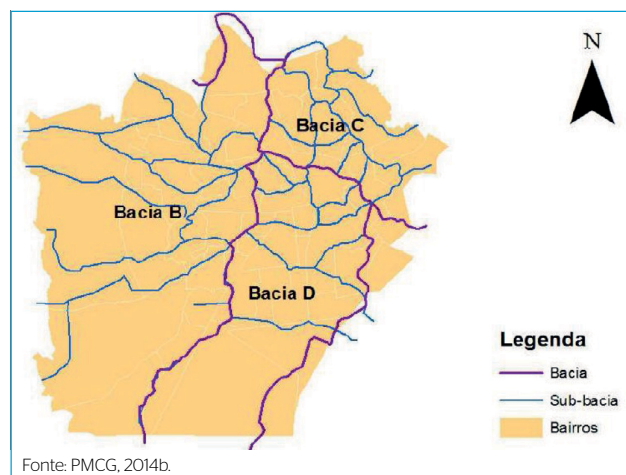
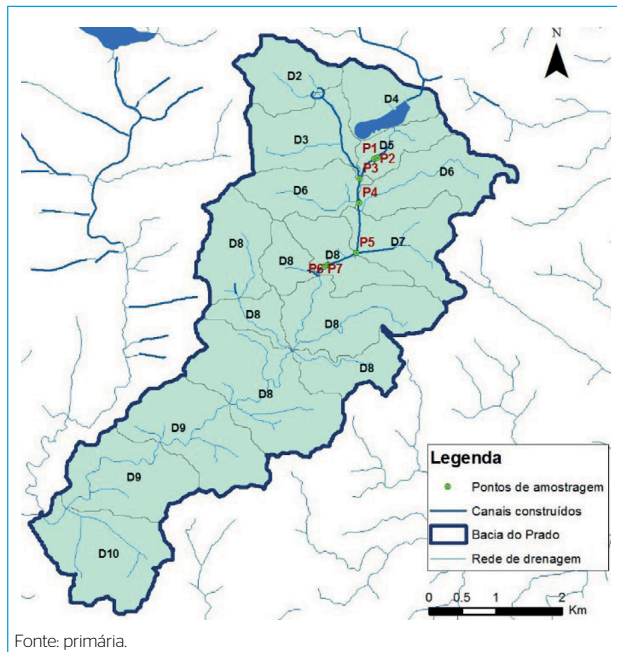


Figura 2 - Bacias do sistema de macrodrenagem de Campina Grande.

- ponto P4 ($7^{\circ}14'10''\text{S}$ e $35^{\circ}53'2''\text{O}$), representativo da drenagem da sub-bacia D6, que corresponde a outra parcela do bairro do Catolé;
- ponto P5 ($7^{\circ}14'37''\text{S}$ e $35^{\circ}53'3''\text{O}$), representativo da contribuição da drenagem da sub-bacia D7 e, por conseguinte, dos bairros do Catolé e Sandra Cavalcanti;
- ponto P6 ($7^{\circ}14'42''\text{S}$ e $35^{\circ}53'16''\text{O}$), ponto de amostragem de duas tubulações subterrâneas que drenam a sub-bacia D8 e os bairros Tambor e Liberdade;
- ponto P7 ($7^{\circ}14'42''\text{S}$ e $35^{\circ}53'17''\text{O}$), ponto de amostragem a jusante de todas as contribuições, localizado a 100 m do final do canal em estudo.



Fonte: primária.

Figura 3 – Bacia de drenagem em estudo e sub-bacias.

Na Tabela 1, ilustram-se importantes características relacionadas às sub-bacias representadas pelos pontos de amostragem.

Coleta das amostras

As coletas de amostras para as análises parasitológicas e microbiológicas contabilizaram cinco meses de amostragem. Essas coletas foram realizadas com uma frequência de uma a duas vezes por semana, totalizando 35 mostras. O horário adotado para o início da sua realização foi 9 h, iniciando-se no ponto P1 e indo até o P7. A escolha do horário foi realizada mediante observação do período de maior vazão representativa dos principais contribuintes do Canal do Prado.

Para cada tipo de análise foi utilizado um recipiente de coleta, sendo um estéril de 250 mL para as análises microbiológicas e outro de 10 L para a análise parasitológica. O acondicionamento dos recipientes de coleta para as análises microbiológicas foi realizado em caixas térmicas com gelo, com vistas a manter a temperatura em torno de 4°C; para os recipientes de 10 L não foi empregado qualquer tipo de acondicionamento.

Análise parasitológica

Entre os gêneros e espécies de helmintos, para a realização deste trabalho foram selecionados sete: *Ascaris lumbricoides*, *Taenia sp.*, *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Enterobius vermicularis*, *Ancilostomídeo sp.* e *Trichuris sp.* Essa seleção deu-se pelo fato de serem os gêneros e espécies mais comumente encontrados no trato intestinal humano e de alguns animais, embora alguns também sejam de vida livre.

A determinação de ovos de helmintos foi realizada pelo método da sedimentação de Bailenger (1979), modificado por Ayres e Mara (1996) e detalhado por Zerbini (2000).

Tabela 1 – Características de algumas sub-bacias em estudo de acordo com o uso e ocupação do solo.

Sub-bacia	Área (km ²)	Grupo Hidrol.	Imper. (%)	Dens. Pop. (hab/km ²)	CN
D4/D5	1,8	D	77	6.354,6	94,9
D2/D3	2,7	A	81	6.110,9	89,2
D6	1,2	A	83	10.473,3	89,5
D7	1,6	C	74	5.635,7	93,3
D8	1,6	C	78	6.934,3	93,6

Área: área da sub-bacia; Grupo Hidrol.: grupo hidroológico; Imper.: percentual de impermeabilidade do solo; Dens. Pop.: densidade populacional; CN: curva número. Fonte: adaptado de Tsuyuguchi (2015).

Análises microbiológicas

Na determinação dos coliformes termotolerantes foi utilizado o método de membrana filtrante, segundo a American Public Health Association — APHA, a American Water Works Association — AWWA e a Water Environment Federation — WEF (2012), com utilização do meio de cultura MF-C AGAR (Difco).

A confirmação de *Escherichia coli* foi feita com base nas colônias de coliformes termotolerantes desenvolvidas após incubação, utilizando-se 10% delas. Para essa determinação, foi utilizado um método adaptado do substrato cromogênico COLILERT®, conforme o apresentado por APHA, AWWA e WEF (2012).

Em todas as análises e testes estatísticos foi empregado o software Action®.

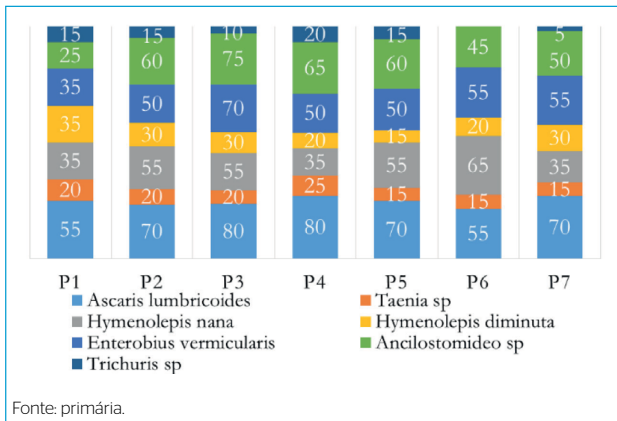
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de ovos de helmintos estão apresentadas na Figura 4, observando-se que os gêneros e espécies com maior frequência foram *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis* e *Ancilostomídeo sp.* Na maioria dos pontos, eles apresentaram frequência acima de 50% no total de 20 campanhas de coleta. O gênero que apresentou menor frequência foi o *Trichuris sp.* Os pontos de amostragem com maior presença para esses indicadores foram P2, P3 e P5.

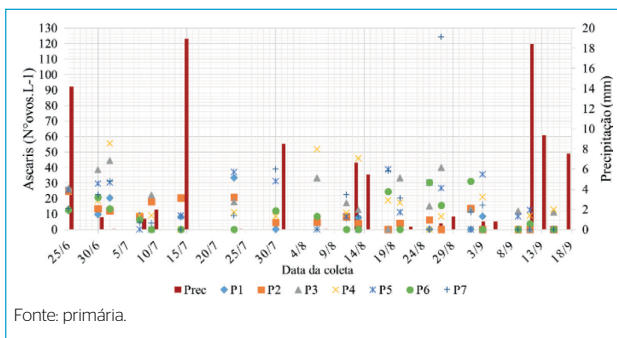
Ovos de *Ascaris lumbricoides* foram os que apresentaram os valores mais elevados em todos os pontos, notadamente em P7, situado mais a jusante e para o qual convergem as várias contribuições afluentes ao Canal do Prado. Também é importante destacar que, embora o ponto P1 seja admitido como “sem contribuição de esgotos”, ele apresentou frequência para todos os ovos de helmintos, especialmente *Ascaris lumbricoides*, que ocorreu em mais de 50% das campanhas de coleta em concentração relativamente alta. Vale ressaltar que, entre os parasitas analisados, ele é o mais comumente encontrado no trato intestinal humano em regiões de clima tropical.

Para avaliar a influência da pluviosidade na concentração de ovos de helmintos, foram utilizados apenas os dados referentes aos ovos de *Ascaris lumbricoides*, já que estes apresentaram maior concentração em todos os pontos monitorados. Conforme ilustrado na Figura 5, nos períodos de menor precipitação há aumento da concentração de *Ascaris lumbricoides*, fenômeno justificado pela menor diluição e arraste de material no interior dos canais.

Com vistas a ilustrar o comportamento dos helmintos nessas águas, na Figura 6 apresenta-se o *box plot* para *Ascaris lumbricoides*, no qual é possível observar que tanto a média como a mediana se situaram entre 0–20 N°ovos.L⁻¹, apresentando valores acima da dose infectante (1 N°ovo.L⁻¹) para esse parasita. Valores similares da mediana foram estimados para os pontos P1 e P2, e P4 e



Fonte: primária.
Figura 4 - Frequência (%) de presença de ovos de helmintos por ponto de amostragem.



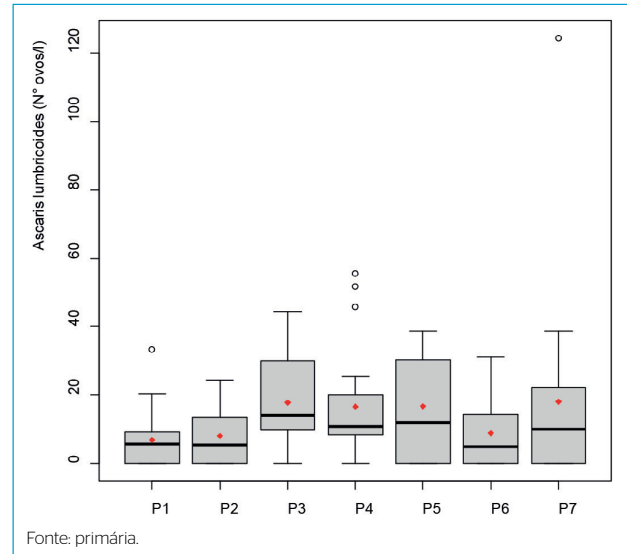
Fonte: primária.
Figura 5 - Distribuição temporal de *Ascaris lumbricoides* nos pontos monitorados.

P5. Também foram verificados cinco valores atípicos, ou seja, valores fora do conjunto dos dados, comportamento este justificado por se tratar de parasitas cuja ocorrência está condicionada, principalmente, à presença em fezes de indivíduos parasitados pelo organismo adulto.

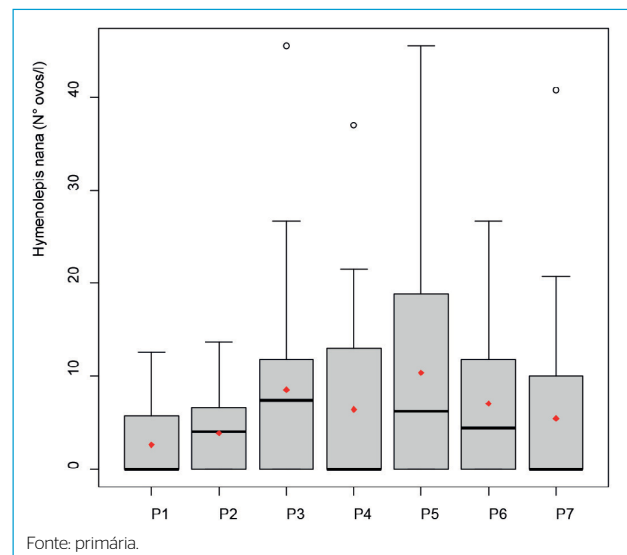
Para os ovos de *Hymenolepis nana*, as médias e mediana ocorreram entre 0~10 N°ovos.L⁻¹, não havendo similaridade entre ambas. No conjunto de dados analisados os valores atípicos foram em número de três (Figura 7), o que também se justifica pela sua presença em fezes de indivíduos parasitados pelo verme adulto.

Com relação ao *Enterobius vermicularis*, Figura 8, os pontos de P4 a P7 apresentaram valores de medianas iguais, variando entre 0~20 N°ovos.L⁻¹, estando a dose infectante inserida nessa faixa. É importante destacar que esse parasita é muito comum em crianças em idade escolar, sendo responsável por causar o prurido perianal, frequentemente noturno, que causa irritabilidade, desassossego, desconforto e sono intranquilo (BRASIL, 2010; MORAES *et al.*, 2004).

As médias e medianas de *Ancilostomideo sp* também apresentaram valores entre 0~20 N°ovos.L⁻¹, faixa na qual dose infectante está inserida. Nos pontos P3, P4 e P5 os valores das medianas foram próximos e, em todo o conjunto de pontos, ocorreram nove valores atípicos (Figura 9). Como esse tipo de helminto está também presente no ambiente natural, os valores fora do conjunto de dados estão relacionados tanto à presença em fezes de indivíduos infectados como à reprodução do verme adulto no ambiente natural.



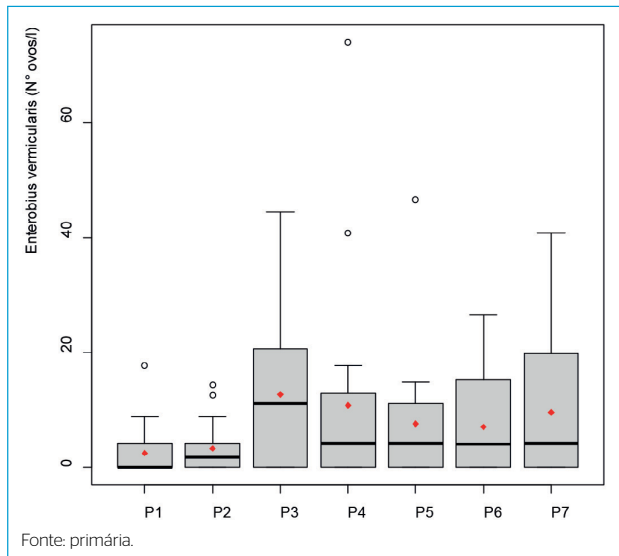
Fonte: primária.
Figura 6 - Box plot para a distribuição de ovos de *Ascaris lumbricoides*.



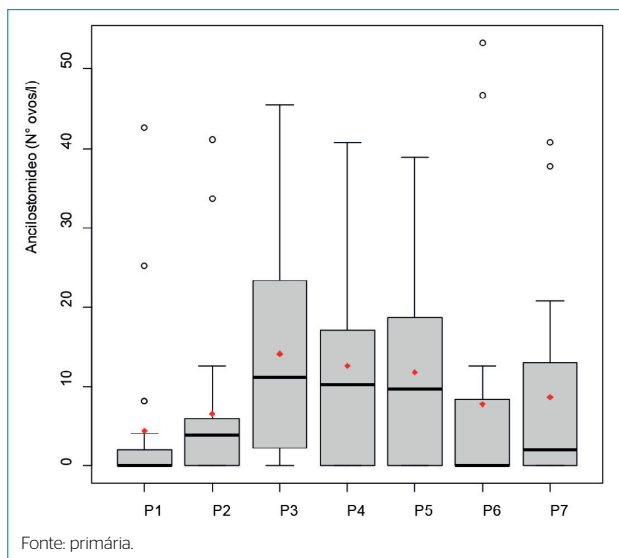
Fonte: primária.
Figura 7 - Distribuição de ovos de *Hymenolepis nana* em box plot.

Os resultados apresentados podem ser comparados aos relatados por Jiménez (2008) para esgotos domésticos em países como México, Estados Unidos, Ucrânia, França e outros. Esses valores também se enquadram na faixa de valores para esgoto sanitário (10~1000 ovos.L⁻¹) citada por Blumenthal *et al.* (2000) e Metcalf e Eddy (2004).

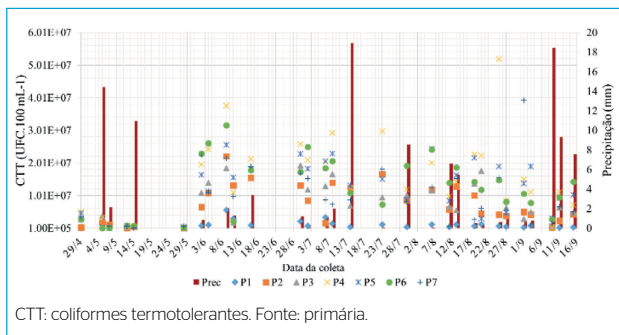
Com relação aos coliformes termotolerantes, as concentrações (Figura 10) variaram entre as ordens 10⁵~10⁷, demonstrando a existência de associação entre a qualidade das águas do sistema de macrodrenagem e o lançamento de esgotos sanitários. O ponto P1 apresentou os menores valores desse indicador, enquanto os demais pontos, particularmente o P4, apresentaram valores bem maiores, típicos de águas residuárias domésticas. Também foi verificada associação inversa entre a pluviosidade e a concentração desses indicadores de contaminação fecal.



Fonte: primária.
Figura 8 – Ovos de *Enterobius vermicularis* representados em box plot.



Fonte: primária.
Figura 9 – Box plot para a concentração de ovos de *Ancilostomideo sp.*

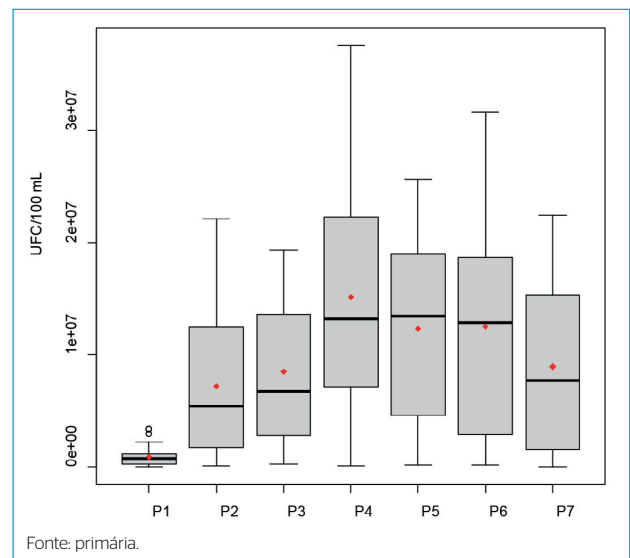


CTT: coliformes termotolerantes. Fonte: primária.
Figura 10 – Distribuição temporal de coliformes termotolerantes nos pontos monitorados.

Na Figura 11 são apresentados os valores de concentração de coliformes termotolerantes. Observa-se que os pontos P4, P5 e P6 apresentaram as maiores contribuições para esse indicador, com valores semelhantes de mediana. O ponto P1 apresentou os valores mais reduzidos e, quando aplicado o teste de Kruskal-Wallis (comparação múltipla entre medianas e suas variâncias) para o conjunto de dados, verificou-se diferença significativa ($\alpha = 5\%$) apenas entre esse ponto em relação aos demais.

Na Tabela 2, ilustra-se a distribuição de frequência de *Escherichia coli* nos pontos de coleta de amostras. Em todos os pontos, foi verificada a presença desse indicador em percentual acima de 90%, o que confirma a hipótese abordada nesta pesquisa, de contaminação por microrganismo do trato intestinal de animais homeotérmicos nas águas de drenagem em estudo.

Na cidade de Edmonton, na província de Alberta (Canadá), a concentração de coliformes termotolerantes nas águas de drenagem urbana foi da ordem de $1,22 \times 10^5$ UFC.100mL⁻¹ (ALBERTA, 1999) e, de acordo com a Water Security Agency (WSA, 2014), na província vizinha de Saskatchewan foi de $9,1 \times 10^4$ UFC.100mL⁻¹. Conforme ilustrado na Figura 9, praticamente todos os valores de coliformes termotolerantes foram superiores, indicando que as águas drenadas pelo Canal do Prado não se apresentam apenas como águas de drenagem pluvial, mas como esgoto doméstico *in natura*, classificado como médio, de acordo com Jordão e Pessoa (2009). Corroboram assim os resultados encontrados por Vidal et al. (2020) ao avaliarem a poluição difusa do sistema de drenagem da mesma cidade.



Fonte: primária.
Figura 11 – Comparação da concentração de coliformes termotolerantes entre os pontos monitorados.

Tabela 2 – Frequência da presença de *Escherichia coli* por número de coleta de amostras nos pontos monitorados.

Indicador	Frequência por ponto (%)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>E. coli</i>	100	100	100	100	95	100	95

Fonte: elaboração própria.

A presença de tão elevada concentração de indicadores de contaminação fecal em um canal de água pluvial é remanescente de contribuições clandestinas de esgotos, que implica uma possível fonte de poluição difusa nos corpos receptores. Esses indicadores em canais de água pluvial ocorrem em países desenvolvidos e em países em desenvolvimento. No entanto, sua maior carga é predominante em países com baixos níveis de cobertura de saneamento básico e relaciona-se às questões econômicas, sociais, ambientais e demográficas (MORAES *et al.*, 2004; MWAKITALU *et al.*, 2014).

Aliado às questões mencionadas, pode-se afirmar com base na Tabela 1 que o grau de impermeabilidade do solo pode ter influenciado o escoamento superficial, favorecendo a afluência da contaminação fecal ao Canal do Prado e aos seus tributários. Quando comparados os resultados das análises com as características de cada uma das sub-bacias, conforme apresentado por Tsuyuguchi (2015), observa-se que os pontos que apresentaram maior contribuição por contaminação fecal são representativos de sub-bacias com percentuais de impermeabilidade acima de 74%, densidade populacional maior que 5.600 hab.km², curva número (CN) de aproximadamente 90 e grupo hidrológico entre C e D.

A características supracitadas são fundamentais para explicar alguns fenômenos relativos à contaminação fecal nas sub-bacias, consequência do aumento da impermeabilidade do solo e da acentuada densidade demográfica associada à má cobertura de serviços de esgotamento sanitário.

A situação aqui apresentada está inserida numa problemática que ocorre em diversas cidades e regiões metropolitanas do Brasil e de alguns países em desenvolvimento, que é a falta de gestão das águas pluviais urbanas. Alguns países como Austrália, Canadá, Japão, entre outros, são exemplos para o resto do mundo por possuírem diretrizes e padrões que dão linhas gerais de como deve ser realizada a gestão dessas águas. Como exemplo, podem ser citadas as Urban Stormwater Quality Planning Guidelines, do estado de Queensland, Austrália; os Storm Water Standards, em San Diego, Estados Unidos; e o Stormwater Drainage Manual, Planning, Design and Management, em Hong Kong, na China. No Brasil, a cidade de São Paulo, por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, lançou em 2012 o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Gerenciamento do Sistema de Drenagem Urbana (PMSP, 2012), o qual traz importantes diretrizes para o setor por meio de diversas informações referentes à legislação pertinente, planos de contingência, operação e controle de tais sistemas.

Pelos documentos supracitados, observa-se que tais diretrizes ou planos de ação contemplam vários aspectos importantes na gestão das águas pluviais urbanas. Por exemplo, a legislação vigente, os códigos de conduta municipais ou planos diretores, aspectos como planos de contingências, risco de inundações, planejamento e controle de operações, aspectos construtivos, entre outros. No entanto, pouco e/ou quase nenhuma informação faz referência à qualidade dessas águas. Esse contexto ilustra a não valoração da qualidade das águas de drenagem pluvial urbana, tendo em vista que elas têm grande influência no ciclo hidrológico e resultam em problemas ambientais como o aumento das cargas poluidoras em mananciais, a disseminação de doenças diarreicas, a perda de ecossistemas aquáticos, entre outros, especialmente quando nessas águas estão contidos esgotos sanitários, como é caso aqui estudado.

Esta pesquisa e as desenvolvidas por Feire (2014), Caminha (2014), Vidal (2019) e Camelo (2019) ilustram a realidade do sistema de drenagem da cidade de Campina Grande, no qual o conceito do sistema separador absoluto foi desvirtuado pela ocorrência de contribuições crescentes de esgotos para o sistema

de águas pluviais e de águas pluviais para o sistema de esgotamento sanitário. A principal consequência do funcionamento de dois sistemas de drenagem deficitários é a maior prevalência de doenças, particularmente infecções por parasitas oportunistas e contaminação dos ecossistemas aquáticos.

CONCLUSÕES

De posse dos resultados das análises nos sete pontos de monitoramento na Bacia Urbana do Prado, é possível concluir que:

- i) as águas de drenagem apresentaram, para os indicadores de contaminação fecal, qualidade semelhante à do esgoto sanitário *in natura*. Essa constatação deve-se à presença de esgotos no sistema de drenagem, o que mostra fragilidade no funcionamento tanto do sistema de esgotamento sanitário — concebido como separador absoluto — como do sistema de drenagem de águas pluviais;
- ii) a presença de ovos de helmintos nas águas do Canal do Prado confirma a contaminação de origem fecal e a ineficiência da separação dos esgotos sanitários das águas pluviais. Essa ocorrência representa importante fator de risco à saúde pública, tendo em vista que parasitas dessa natureza apresentam alta resistência a fatores ambientais, alta mobilidade e facilidade de contato com seres humanos e outros animais, tipicamente por via feco-oral;
- iii) os resultados de qualidade das águas indicam alto risco para as populações que residem próximo a tais canais, principalmente a jusante nas áreas periurbanas, que tendem a fazer uso de quaisquer águas para cultivo agrícola e outras finalidades. O contato com águas dessa natureza resulta em diversos tipos de infecções, bem como em sua alta prevalência, particularmente em crianças e indivíduos imunodeprimidos;
- iv) a pluviosidade apresentou grande influência na qualidade das águas da bacia urbana em estudo, principalmente pela sua capacidade de arraste e diluição dos contaminantes. Neste caso, também é importante perceber que as características de uso e ocupação do solo em cada sub-bacia irão influenciar tanto na geração da contaminação como na sua disseminação e efeito;
- v) verifica-se a necessidade cada vez maior de ações que levem à universalização do saneamento básico para o município de Campina Grande, sobretudo no tocante à coleta e ao tratamento das águas residuárias. Além disso, verifica-se a ausência de medidas estruturantes e não estruturantes para a concepção e, notadamente, para a gestão do sistema de drenagem pluvial urbana do município, de modo a diminuir os riscos de contaminação ao longo do referido canal.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Henriques, J. A.: Planejamento, implementação e desenvolvimento da pesquisa; escrita; Coleta de amostras; Análises laboratoriais; Análise dos dados. Oliveira, R.: Planejamento, implementação e desenvolvimento da pesquisa; Análise dos dados; Orientação; Revisão. Coura, M. A.: Planejamento, implementação e desenvolvimento da pesquisa; Análise dos dados; Coorientação. Libânio, M.: Escrita da segunda versão; Ampliação do texto; Discussão dos resultados; Revisão. Baptista, M. B.: Ampliação do texto; Discussão dos resultados; Aspectos hidrológicos e drenagem.

REFERÊNCIAS

- ALBERTA. *STORMWATER MANAGEMENT GUIDELINES for the Province of Alberta*. Alberta: Alberta Environmental Protection, 1999.
- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd ed. Washington, DC., 2012.
- AYRES, R.; MARA, D. D. *Analysis of wastewater for use in agriculture*. A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Geneva: WHO, 1996.
- BAILLENGER, J. Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their practical consequences. *Journal of American Medical Technology*, v. 41, n. 11, p. 65-71, 1979.
- BLUMENTHAL, U. J.; MARA, D. D.; PEASEY, A. RUIZ-PALACIOS, G.; STOTT, R. *Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines*. Bulletin of the World Health Organization. Geneva: WHO, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *DOENÇAS INFECCIOSAS E PARASITÁRIAS – GUIA DE BOLSO*. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.
- BRASIL. *Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 29 set. 2014.
- BRASIL. *RELATÓRIO Nº 04 – CDR, 2016 de Avaliação de Políticas Públicas, da Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo do Senado Federal*. Brasília: Senado Federal, 2016.
- CAMINHA, M. J. *Degradação da qualidade da água do sistema de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande – Paraíba*. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, 2014.
- CAMELO, S. M. *Modelagem da poluição difusa em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas*. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, 2019.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE (PMCG). Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (Sesuma). *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Campina Grande-PB*. Campina Grande, 2014a.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE (PMCG). SECRETARIA DE PLANEJAMENTO. *Diagnóstico da Situação dos Serviços de Saneamento Básico*. In: *Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Campina Grande*. Campina Grande: UFCCG, 2014b.
- 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*. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
- HENRIQUES, J. A. *Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do Canal do Prado, Campina Grande-PB*. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *IBGE Cidades*. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 28 set. 2014.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *IBGE Cidades – Campina Grande*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campinagrande/panorama>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- Instituto Trata Brasil. *Ranking do saneamento – Instituto Trata Brasil*. São Paulo: GO associados, 2013.
- JIMÉNEZ, B. Helminth ova control in wastewater and sludge for agricultural reuse. In: GRABOW, W. O. K. (Ed.). *Water reuse new paradigm towards integrated water resources management in Encyclopedia of Biological, Physiological and Health Sciences*. Water and Health. Vol. II, Life Support System. UNESCO, 2008. p. 429-449.
- JORDÃO, E. P.; PESSÓA, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 5ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
- MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 8, p. 105-117, 2011. <http://doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25797>
- METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering – Treatment and Reuse*. 4ª ed. Singapura: Mc Graw Hill, 2004.
- MORAES, L. R. S.; CANCIO, J. A.; CAIRNCROSS, S. Impact of drainage and sewerage on intestinal nematode infections in poor urban areas in Salvador, Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 98, n. 4, p. 197-204, 2004. [https://doi.org/10.1016/s0035-9203\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/s0035-9203(03)00043-9)
- MWAKITALU, M. E.; MALECELA, M. N.; MOSHA, F. W.; SIMONSEN, P. E. Urban schistosomiasis and soil transmitted helminthiases in young school children in Dar es Salaam and Tanga, Tanzania, after a decade of anthelmintic intervention. *Acta Tropica*, v. 133, p. 35-41, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.01.012>
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (PMSP). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo. *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana*. São Paulo: SMDU, 2012.
- SAUER, E. P.; VANDEWALLE, J. L.; BOOTSMA, M. J.; MCLELLA, N. S. L. Detection of the human-specific *Bacteroides* genetic marker provides evidence of widespread sewage contamination of stormwater in the urban environment. *Water Research*, v. 45, n. 14, p. 4081-4091, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.04.049>
- SIDHU, J. P.; HODGERS, L.; AHMED, W.; CHONG, M. N.; TOZE, S. Prevalence of human pathogens and indicators in stormwater runoff in Brisbane, Australia. *Water Research*, v. 46, n. 20, p. 6652-6660, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.012>

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2018*. Brasília: SNS/MDR, 2019.

TSUYUGUCHI, B. B. *Macro drenagem e ocupação do solo no município de Campina Grande*: caracterização, simulação e análises sistêmicas. Campina Grande: UFCG, 2015. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, 2015.

VIDAL, I. C. A.; OLIVEIRA, R.; COURA, M. A.; RODRIGUES, A. C. L.; COSTA FILHO, F. C.; CAMELO, S. M. Corretion to: Degradation of the macro-drainage water quality of an urban basin in Northeastern Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v. 23, n. 3, p. 4357-4372, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00830-x>

VIDAL, I. C. A. *Avaliação da poluição difusa no sistema de macro drenagem de Campina Grande-PB*. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, 2019.

Water Security Agency (WSA). *Stormwater Guidelines EPB 322*. Saskatchewan: WSA, 2014.

ZERBINI, A. M. *Identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos constituído de reatores anaeróbios e rampas de escoamento superficial*. 111 f. Dissertação (Mestrado Em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais., 2000.

