



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



## Avaliação das Condições de Recarga dos Aquíferos e Análise da Eficiência de Estruturas de Contenção de Sistemas de Drenagem Urbana na Região do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia, Distrito Federal

Geovane de Barros Borges<sup>1</sup>, José Eloi Guimarães Campos<sup>2</sup>, Drielly Souza Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Geologia. Instituto de Geociências (IG), Universidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.910.970, Brasília (DF), Brasil, Tel (+55 61) 999183235, geovane.borges@aluno.unb.br. ORCID 0009-0006-5651-6438 <sup>2</sup> Professor no Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica da Universidade de Brasília (UnB). Instituto de Geociências (IG), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.910.970, Brasília (DF), Brasil, Tel (+55 61) 999898167, camposeloi@gmail.com, ORCID 0000-0003-2007-2223. <sup>3</sup> Doutoranda em Geociências Aplicadas e Geodinâmica pela Universidade de Brasília (UnB). Instituto de Geociências (IG), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.910.970, Brasília (DF), Brasil, Tel (+55 61) 985252780, driellysrodrigues@gmail.com, ORCID 0000-0001-7752-1400.

Artigo recebido em 23/06/2024 e aceito em 03/12/2024

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a eficiência de sistemas de contenção de águas pluviais urbanas para mitigar impactos relativos a processos erosivos, na região administrativa de Brazlândia, no Distrito Federal. O estudo comparou duas áreas com padrões de ocupação distintos: a sub-bacia do Córrego Veredinha (com ampla urbanização das áreas de contribuição) e a sub-bacia do Córrego Pulador (representada majoritariamente por áreas rurais), ambas no alto curso da Bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal. As medidas de vazões mostram que as áreas em que os cursos d'água são alimentados por aquíferos freáticos vinculados a latossolos permanecem perenes com maiores vazões específicas. Os trechos fluviais alimentados por aquíferos rasos associados a cambissolos são intermitentes e mostram vazões específicas menores. O padrão de ocupação urbana desempenha um importante papel na mudança da dinâmica dos recursos hídricos da região, principalmente diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial. A mudança do ciclo hidrológico na área urbana resulta em erosão do leito e margens do curso d'água receptor do excedente de escoamento pluvial. Dessa maneira, é possível afirmar que as bacias de contenção apresentam importante função de limitação dos processos erosivos e de promoção da infiltração e recarga dos aquíferos, contribuindo para a efetiva mitigação dos efeitos da ocupação urbana nas áreas à montante. Neste sentido, a instalação de um sistema de três bacias de contenção foi responsável pelo estabelecimento de um exutório denominado de "Nascente Recente", não observado antes da implantação deste sistema de gerenciamento do escoamento superficial.

Palavras-chaves: Vazão específica; bacias de contenção; nascentes; escoamento superficial.

## Evaluation of Aquifer Recharge Conditions from Controlling Structures of Urban Drainage Systems in the Veredinha Ecological Park, Brazlândia, Federal District

### ABSTRACT

This work aims to demonstrate the efficiency of urban rainwater containment systems to mitigate impacts related to erosive processes in the administrative region of Brazlândia, in the Federal District, Brazil. The study compared two areas with distinct occupation patterns: the sub-basin of the Veredinha Stream (with extensive urbanization of the contribution areas) and the sub-basin of the Pulador Stream (represented mostly by rural areas), both in the upper course of the Descoberto River Basin, Federal District, Brazil. Flow measurements show that areas where watercourses are fed by shallow aquifers linked to oxisols remain perennial with moderate to high specific yields. The streams and springs fed by shallow aquifers linked to inceptisols are intermittent and show restricted specific flows. The pattern of urban occupation plays an important role in changing the dynamics of the region's water resources, especially decreased infiltration and increased surface runoff. The change in the hydrological cycle in the urban area results in erosion of the bed and banks of the stream that receives the surplus of rainwater runoff. Thus, it is possible to affirm that the detention basins have an important function of limiting erosive processes and promoting the infiltration and aquifers recharge, contributing to the effective mitigation of the effects of urban occupation in the upstream areas. In this sense, the installation of a system of three containment basins was responsible for the establishment of a discharge point, called "Recent Spring", not observed before the implementation of this runoff management system.

Keywords: Specific yield; containment basins; springs; overland flow.

## Introdução

A urbanização é fator condicionante para a diminuição ou perda de serviços ecossistêmicos relacionados aos recursos hídricos, pois afetam diretamente o ciclo hidrológico (Seraphim & Bezerra, 2019). As causas para tal fenômeno são derivadas da antropização da paisagem, seja pela supressão da cobertura vegetal natural, impermeabilização e compactação do solo, alteração topográfica (com terraplenagens e aterros), deposição irregular de resíduos ou canalização de corpos d'água (Rosa, 2017).

Como possíveis consequências da urbanização podem haver diminuição da infiltração, aumento do escoamento superficial, desenvolvimento de processos erosivos, ampliação da ocorrência de enchentes e inundações, diminuição da evapotranspiração, comprometimento da qualidade da água, além do aumento da demanda de água para abastecimento que, de acordo com a UNESCO (2018), tem aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano na última década (Mota, 2008; Santos Júnior, 2014). Dados da ONU apontam que o clima potencializa os fenômenos de extremos hídricos (seca e enchentes), configurando 75% do quantitativo total de desastres naturais à população humana (CRED/UNDRR, 2020).

Parte essencial do ciclo hidrológico está associada à infiltração da água precipitada pela chuva no solo (Freeze e Cherry, 1979; Fetter, 1994; Gribbin, 2009). Porém, ao relacionar o ciclo hidrológico com a urbanização, percebe-se uma redução de 50% da infiltração para 15%, em média, enquanto há aumento do escoamento superficial entre 45 a 55%, em função da morfologia urbana (Mota, 1981; Hough, 1984). A diminuição da infiltração pode ser ainda maior para modelos urbanos de densidade muito elevada (pequenos lotes com ocupação maior de 85% das áreas por edificações).

Desta forma, a morfologia urbana, pautada pela disposição espacial dos elementos constituintes da trama urbana (tipo de construção e cobertura do solo), apresenta influência-chave para o entendimento da dinâmica que a cidade pode ser submetida com impacto diretamente nos recursos hídricos, sejam eles superficiais ou subsuperficiais (Heinenberg, 2007; Castro, 2017).

Inúmeros métodos e medidas de mitigação para problemas de erosão de solos e contenção de inundações e enchentes em áreas urbanas e rurais têm sido propostas, com destaque para: Cordeiro et al., 1999; Bichançã, 2006; Mano, 2008; Nascimento, 2011; Canholi, 2014; DEP, 2023; Silva et al. 2022; Bezerra et al. 2022; Siebra &

Menezes Filho 2022; Viana et al. 2024; Silva et al. 2024 e ANA 2024.

Entretanto, é possível utilizar sistemas de recarga artificial para auxiliar na mitigação dos danos provenientes da urbanização nos aquíferos, como por exemplo valas para minimizar o escoamento, bacias de contenção, sulcos de infiltração ou outras instalações (Bouwer, 2002; Dillon et al. 2019; Campos et al. 2021; Ahmed & El-Rawy, 2024).

Sendo assim, a prática da recarga artificial será útil para a manutenção das reservas de água em tempos de escassez, assim como ampliar o aporte hídrico subterrâneo em quantidade e reduzir a perda d'água por evaporação. Ao integrar a engenharia com a hidrogeologia, pode-se também contribuir para a melhoria da qualidade da água (Schmidt et al., 2003; Campos, 2004; Campos et al., 2021).

A área de estudo compõe a poligonal do Parque Ecológico Veredinha, que corresponde a uma unidade de conservação de uso sustentável, conforme o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza – SDUC, e foi criado pelo Governo do Distrito Federal em 1994 por meio do Decreto n 16.052, o qual regulamentou a Lei nº 302/1992 que autorizou o Poder Executivo a desapropriar imóveis e benfeitorias particulares existentes. Inicialmente o Parque tinha 29 hectares e teve seus limites ampliados pela Secretaria de Estado de Administração de Parques e Unidades de Conservação do DF para 68,42 hectares (ICMBio, 2014).

Além da bacia do Córrego Veredinha a pesquisa ainda considerou a bacia do Córrego Pulador, situada em área imediatamente a leste.

O Córrego Veredinha, que flui através do Parque, foi represado em 1978 originando o Lago Veredinha com aproximadamente 86.400 m². Além disso, a Barragem do Rio Descoberto, localizada na divisa da Região Administrativa de Brazlândia com o município de Águas Lindas de Goiás, é responsável por mais de 60% do abastecimento de água da população do Distrito Federal (ADASA, 2017).

Dessa maneira, ao considerar que as áreas de estudo exercem importante papel no desenvolvimento social, econômico e ambiental no Distrito Federal, é fundamental identificar eventuais problemas ambientais a partir de pesquisa científica a fim de propor melhoria da gestão dos recursos hídricos pelos órgãos competentes e pelo poder público local.

Devido ao histórico de problemas ambientais, o Parque Ecológico Veredinha foi equipado com um sistema de mitigação de danos pluviais composto por 3 bacias de contenção à

nordeste com capacidade de 37 mil m<sup>3</sup> interligadas com escadas hidráulicas, 12 pequenas bacias de contenção dispostas com 5 a 6 metros de comprimento e desvios de drenagem fora do parque (ICMBio, 2014).

Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo analisar a dinâmica de recarga que as bacias de contenção proporcionam aos recursos hídricos locais. Para isso, as vazões do Córrego Veredinha foram comparadas com as do Córrego Pulador, que não possui estrutura de contenção. Com o intuito de aprimorar os estudos, foram avaliados, também, dados de vazão específica, testes de infiltração e de qualidade de água superficial. Um aspecto que foi considerado nas avaliações é o surgimento de uma “nascente recente” na área de contribuição do Córrego Veredinha após a instalação das estruturas de contenção da drenagem pluvial ao norte do Parque Ecológico Veredinha por parte do Programa Reviva Parques, coordenado pela Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) e Secretaria de Governo.

A instalação das bacias de contenção foi iniciada no ano de 2010, com construção de duas grandes depressões que recebiam águas da porção urbana de montante. Após verificação que o sistema não tinha a eficiência esperada, no ano de 2013 foi instalada uma nova bacia.

A instalação destes sistemas de dissipação de energia pluvial foi necessária, pois um processo erosivo do leito do córrego Veredinha foi desencadeado após a ocupação urbana da Vila São José (na área de contribuição para a drenagem pluvial).

A área de estudo está localizada no Parque Ecológico Veredinha na cidade satélite Brazlândia – RA IV no Distrito Federal (Figura 1) (IBRAM, 2022). Este território está inserido no alto curso da Bacia do Rio Descoberto, especificamente na Sub-bacia do Córrego Chapadinha, que tem como afluentes os córregos Pulador, Capãozinho e Veredinha. O clima na região é definido como subtropical úmido, típico da região dos cerrados e é caracterizado por alternância de duas estações, sendo caracterizado por verão chuvoso e inverno seco. O primeiro período apresenta elevadas taxas de precipitação, maior umidade relativa do ar, maiores temperaturas médias, maior nebulosidade e menor evapotranspiração. Nessa época é comum haver registros de enchentes e alagamentos no Parque.

O segundo período é marcado pelas taxas de chuvas muito reduzidas, com médias inferiores a 50 mm entre maio e setembro, baixas taxas de umidade relativa do ar, menores temperaturas,

baixa cobertura de nuvens e máxima evapotranspiração. A atmosfera se torna mais densa em virtude do aumento dos particulados representados por poeiras e resíduos de queimadas florestais (muito comuns neste período). A Figura 2 apresenta a comparação entre as normais da precipitação nos períodos de 1961-1990 e 1991-2020. É possível observar que houve uma mudança do padrão das chuvas, em que o mês de janeiro deixa de ser o mais chuvoso, com aumento das chuvas nos meses de fevereiro, março e novembro.

O Parque Ecológico Veredinha está integralmente associado à Formação Córrego do Sansão do Grupo Paranoá (Figura 3) que é representada por metarritmitos homogêneos com intercalações centimétricas regulares de metassiltito, metalamitos e quartzitos finos (Campos et al., 2013). O Parque apresenta relevo ondulado que converge para a calha do Córrego Veredinha e está inserido no compartimento geomorfológico de vales dissecados (EMBRAPA, 2004).

As delimitações das bacias hidrográficas determinam área de 5,89 km<sup>2</sup> para o Córrego Veredinha e 7,91 km<sup>2</sup> para o Córrego Pulador. Segundo dados pedológicos do SISDIA (2023), a área do Córrego Veredinha é majoritariamente composta por Latossolo Vermelho nas zonas não-saturadas, com ocorrência menor de Cambissolo Háplico a nordeste, leste e sul da sua área de contribuição e Latossolo Vermelho-Amarelo no extremo-norte. Foi observada também, a presença de Gleissolos no curso do córrego e áreas de nascente e localmente Plintossolo Pétrico concrecionário no limite leste da bacia. Quanto ao Córrego Pulador, há extensa ocorrência de latossolos vermelhos na área de contribuição a nordeste, enquanto na rede de drenagem predominam cambissolos háplicos, com ocorrência de latossolos vermelhos ao centro e a oeste (Figura 4).

Do ponto de vista hidrogeológico, considerando até 30 metros de profundidade o Parque Ecológico Veredinha e a bacia do Córrego Pulador estão inseridas no Sistema P1 referente ao Domínio Freático. Representado por latossolos arenosos e neossolos quartzarênicos com vazões menores do que 0,8 m<sup>3</sup>/h. A partir de 30 metros de profundidade, a área das bacias dos córregos Veredinha e Pulador estão associadas ao Subsistema R4 do Sistema Aquífero Paranoá pertencente ao Domínio Fraturado. Este aquífero é caracterizado por metarritmitos argilosos e vazões médias de 5,0 m<sup>3</sup>/h (Campos, 2004), além de espessura saturada de até 100 metros.

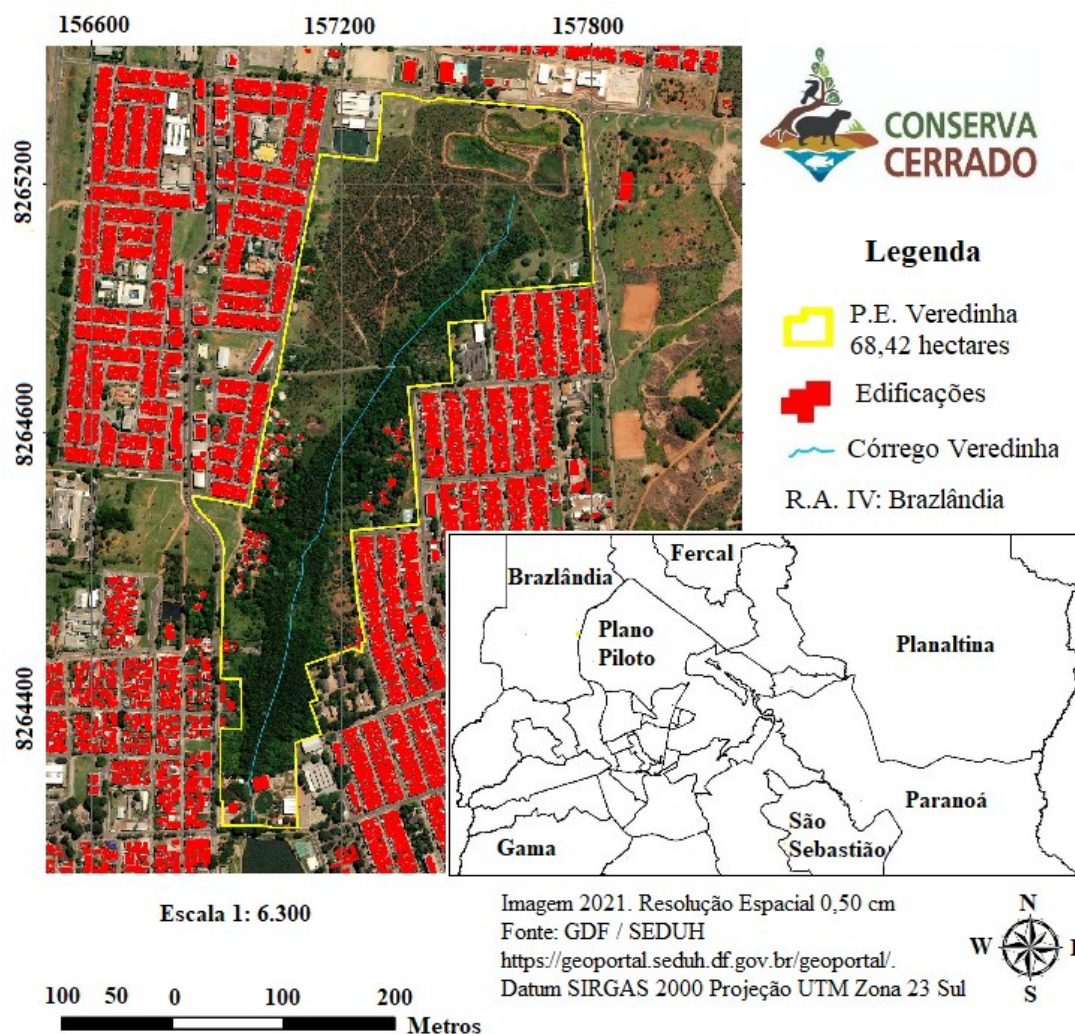


Figura 1. Mapa de localização do Parque Ecológico Veredinha, na cidade de Brazlândia no noroeste do Distrito Federal (Modificado de IBRAM, 2022).

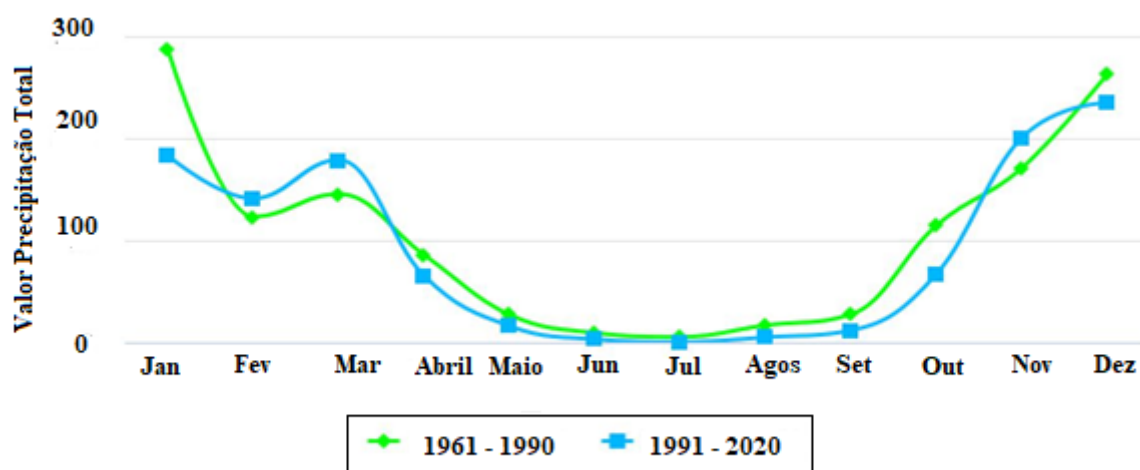


Figura 2: Gráfico comparativo da precipitação mensal média nos períodos de 1961-1990 e 1991-2020. Notar a mudança significativa no padrão das chuvas, nos meses de janeiro e outubro (com redução), março e novembro (com aumento). Fonte: INMET, (2024).



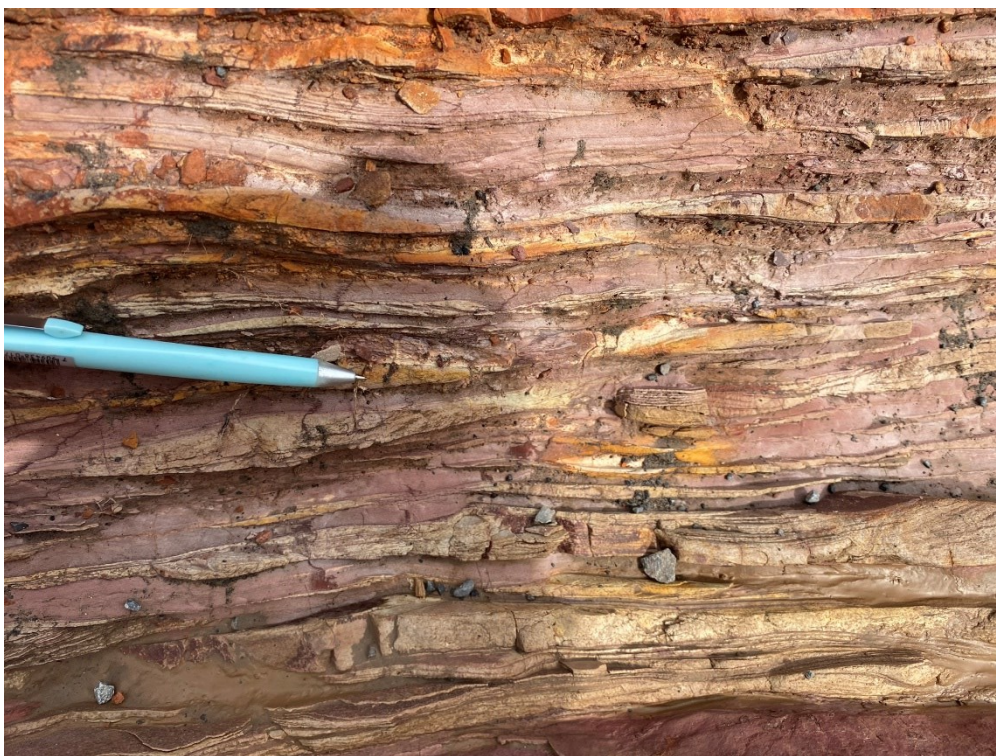


Figura 3: Detalhe de afloramento do metarritmito argiloso da Formação Córrego do Sansão do Grupo Paranoá. As porções rosadas representam material siltoso e argiloso e as porções claras são areias finas.

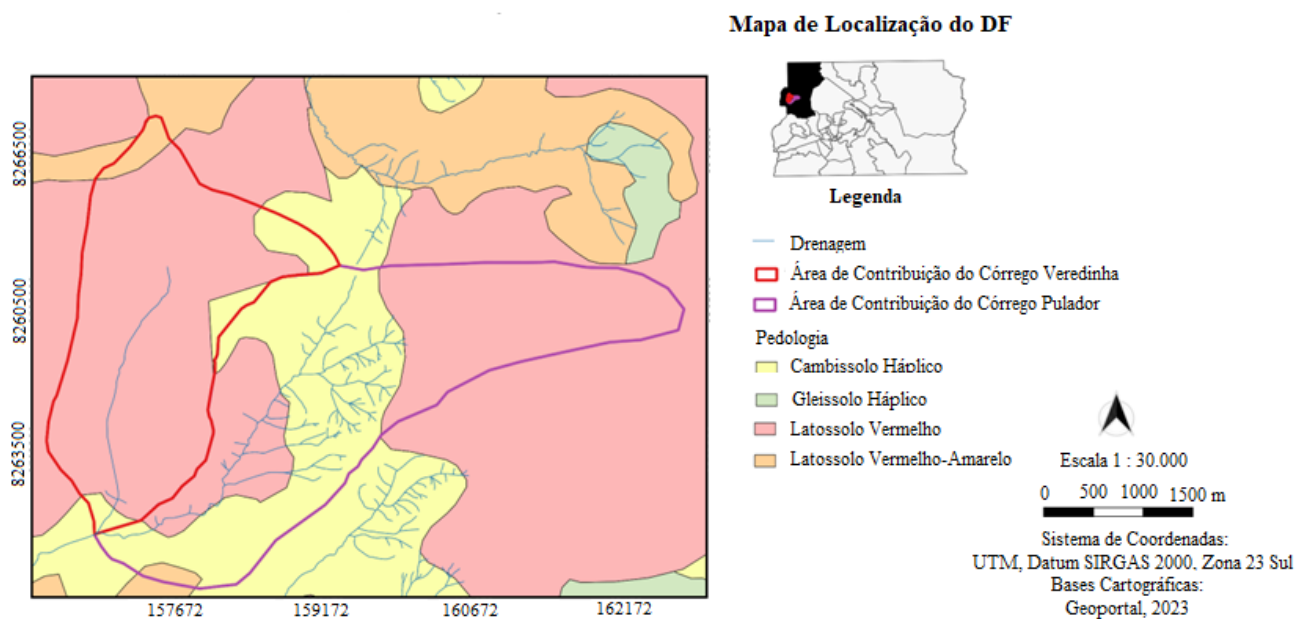


Figura 4: Mapa Pedológico relacionado às áreas de contribuições dos córregos Veredinha e Pulador. SISDIA (2023). Rede de drenagens e limites territoriais: Geoportal (2023).

## Material e métodos

Para determinar a condutividade hidráulica vertical ( $K_v$ ) foram realizados ensaios de infiltração *in situ*, no qual representam testes de rebaixamento realizados com carga constante ou variável (flutuação do nível d'água e com injeção de água na zona não saturada do aquífero (ABGE, 1996). Os métodos utilizados foram infiltrômetro de anéis concêntricos e *open end hole*. No método de infiltrômetro de anéis concêntricos é utilizada uma estrutura metálica com altura ( $H$ ) de 250 mm, que contém dois anéis concêntricos interligados encravados na superfície do terreno a uma profundidade ( $I$ ). O procedimento de campo consiste em preencher o anel externo com água até que o nível atinja a estabilidade ( $M_f$ ). Em seguida, preenche-se o anel interno e mede-se a distância entre a lâmina d'água e o topo desse anel ( $M_i$ ). As elevações das colunas d'água inicial e final são obtidas com base nas equações 1 e 2:

$$h_0 = H - I - M_i \quad \text{Equação 1.}$$

$$h_f = H - I - M_f \quad \text{Equação 2.}$$

Dessa maneira, a condutividade hidráulica vertical é determinada a partir dos dados obtidos e com o auxílio da equação 3.

$$K_v = v \left( \frac{I}{\Delta T} \right) \ln \left( \frac{h_0}{h} \right). \quad \text{Equação 3.}$$

Onde  $U$  = fator de correção de unidades para transformar mm/min para m/s; e  $\Delta t$  = tempo de rebaixamento entre  $h_0$  e  $h_f$ .

O método *open end hole* permite investigar diferentes profundidades, no caso dessa pesquisa foram estabelecidos os níveis de 50, 100, 150 e 200 cm. Os furos foram realizados com trados manuais e, em seguida, foram revestidos com tubos PVC de diâmetro e comprimento equivalentes aos furos. Os tubos foram preenchidos com água e a distância entre o topo do tubo e a lâmina d'água ( $M_i$ ) foi medida, a fim de determinar a altura da coluna d'água com o auxílio da equação 4.

$$h_0 = H - M_i \quad \text{Equação 4.}$$

Após um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), mediu-se novamente a distância entre o topo do tubo e a lâmina d'água ( $M_f$ ). Assim, a altura da coluna d'água final foi obtida a partir da equação 5.

$$h_f = H - M_f$$

Equação 5.

Por fim, a condutividade hidráulica vertical foi determinada com base na equação 6.

$$K_v = 2,303 \left( \frac{R}{\Delta t} \right) \log \left( \frac{h_0}{h} \right). \quad \text{Equação 6.}$$

Onde  $R$  = raio do tubo.

O estudo hidrológico foi realizado a partir de medições de vazões no período de chuvas e na seca nos córregos Veredinha e Pulador pela técnica direta do volume aferido. Utilizou-se um balde com volume conhecido (10 litros na estação chuvosa e 12 litros na seca) e cronometrou-se o tempo necessário para o seu preenchimento. Assim, os valores de vazão específica foram obtidos a partir da equação 7.

$$Q_{esp} = \frac{Vol/t}{A} \quad \text{Equação 7.}$$

Onde  $Q_e$  = vazão específica (L/s);  $vol$  = volume (L);  $t$  = intervalo de tempo (s) para preencher o reservatório e  $A$  = área (km<sup>2</sup>) é a área de contribuição total da sub-bacia de interesse (Carvalho, 2008).

A medição dos parâmetros físico-químicos (potencial oxirredução -  $eH$ , potencial hidrogeniônico -  $pH$ , condutividade elétrica -  $CE$  e temperatura -  $^{\circ}C$ ) foi realizada com auxílio de aparelho multiparâmetro portátil.

A fim de comparar a dinâmica hidrológica entre os córregos Pulador e Veredinha, as sub-bacias foram delimitadas a partir do exultório.

A delimitação das sub-bacias foi determinada partir do exultório, onde foram realizadas as medidas de vazão.

Os procedimentos de mapeamento foram realizados a partir dos métodos tradicionais de campo com apoio de imagens de satélite para integração dos dados. Os produtos de mapas e delimitações das sub-bacias foram desenvolvidos com auxílio do *software* de domínio livre, QGIS versão 3.26.2 (<https://www.qgis.org/download>), condicionadas pelos dados do Geoportal - GDF (curvas de nível equidistantes de 5 metros, rede hidrográfica e imagens de satélite) e Sistema Distrital de Informações Ambientais - SISDIA (pedologia).

Para as medições de vazões foram utilizados procedimentos enumerados pela SEMAD (2023) em que um passo a passo é apresentado.

## Resultados e discussão

A condutividade hidráulica vertical nos latossolos de textura muito argilosa foi mensurada entre  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  nas zonas mais superficiais. (Tabela 1) À medida em que a profundidade aumenta, a ordem de grandeza diminui. Em cerca de 50 cm e, localmente em porções mais profundas, os valores foram calculados entre  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  (Tabela 2). Essa variação é, possivelmente, decorrente da característica local dos perfis de solo. Latossolos com partículas arenosas apresentam condutividade hidráulica vertical maior, se comparados com os de textura siltosa e argilosa. Os resultados dos testes de infiltração corroboram a análise feita em campo, uma vez que evidencia a diminuição da estruturação dos solos com aumento da profundidade, que passa de estrutura comum média a grande granular para pequena comum grumosa a partir de 70 cm de profundidade.

Os valores de condutividade hidráulica vertical para Plintossolo Pétrico diminuem de,  $10^{-4}$  m/s em superfície, para  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  m/s a maiores profundidades. Este comportamento é coerente com o aspecto concrecionário do horizonte petroplíntico em superfície e o contraste com o saprolitos essencialmente argiloso em profundidade.

As variações dos valores de condutividade hidráulica vertical, com diminuição sistemática com a profundidade, indicam que o ciclo hídrico local deverá funcionar da seguinte maneira: um grande volume de água da chuva infiltra nas áreas em que os solos estão cobertos por vegetação. Contudo, quando a água infiltrada interceptar os horizontes de menores condutividades, deverá ocorrer o processo de interfluxo, e parte da água infiltrada, potencialmente, alimentará os cursos d'água e nascentes. Assim, apenas uma parcela menor da infiltração deverá alcançar a zona saturada dos aquíferos e compor a recarga efetiva dos aquíferos.

As imagens dispostas na Figura 5, demonstram a variação da vazão nos corpos d'água estudados.

Os resultados das medições de vazões na época de chuva (Tabela 3) foram de 4,23 L/s e 0,47 L/s para as cabeceiras do Córrego Veredinha e Pulador, respectivamente. Isso representa que a vazão em L/s do primeiro corpo d'água é 9 vezes maior que o do segundo à montante. Ademais, a medição da vazão da confluência de dois canais tributários para o canal principal do Córrego Pulador retornou 7,4 L/s.

Em relação à vazão específica no período de chuvas (Tabela 3), os valores obtidos foram de 1,995; 1,70 e 2,136 L/s/km<sup>2</sup> para a cabeceira do

Córrego Veredinha, sub-bacia do Pulador e cabeceira do Córrego Pulador, respectivamente. O que implica que, a cabeceira do Córrego Pulador apresenta maior vazão específica do que a do Córrego Veredinha, enquanto o segundo corpo se caracteriza por apresentar maior vazão específica que a confluência dos canais tributários do córrego Pulador.

As medições de vazões na época de seca não foram realizadas na cabeceira do Córrego Pulador, pois este segmento de curso d'água é intermitente e se encontrava seco no mês de julho. Os valores de vazão específica para a cabeceira do Córrego Veredinha e sub-bacia do Córrego Pulador no período chuvoso foram de 3,36 e 5,66 L/s/km<sup>2</sup> respectivamente (Tabela 3). Enquanto as vazões específicas no período de seca foram de 1,585 e 1,301 L/s/km<sup>2</sup> para os mesmos locais referidos na Tabela 3.

No geral, a cabeceira do Córrego Veredinha apresenta diminuição do volume na seca, porém ainda apresenta considerável vazão. Entretanto, o observado para o Córrego Pulador é a intermitência na área de cabeceira no período de seca, sendo essa drenagem, possivelmente, alimentada pela descarga de base de aquíferos contidos em cambissolos háplicos. Enquanto que, a vazão medida à jusante provavelmente é condicionada à presença de latossolos à nordeste e ao aquífero fraturado subjacente.

Além disso, ao comparar a cabeceira do Córrego Veredinha com a sub-bacia do Pulador, não houve mudança significativa. O volume de vazão da cabeceira do Córrego Veredinha na seca diminuiu para 79,4% em comparação com o período de chuvas, enquanto a sub-bacia do Pulador reduziu para 76,4%.

Estes 3% de maior regularização é atribuído à existência do sistema de bacias de contenção, situados na cabeceira do Córrego Veredinha. Estas estruturas que têm o objetivo principal de conter a energia das águas de escoamento pluvial, no período do pico das chuvas ainda promove a infiltração, resultando na maior regularização das vazões do córrego na época das secas. Estima-se que, se não existissem os sistemas de “baciões” o decréscimo das vazões das nascentes seria crítico nos meses mais secos do ano (agosto e setembro), em função do padrão urbano de alta densidade de ocupação.

Outra feição que demonstra a importância do sistema de baciões é a “Nascente Recente”, que apenas foi estabelecida após a instalação e início de operação das estruturas de contenção. A água retida nos sistemas de bacias infiltra através de anisotropias nos solos e no saprolito, e surge no talude do Córrego Veredinha. Essa nascente se

mantém perene desde a ampliação dos sistemas de bacias realizada no ano de 2013.

O sistema de baciões é similar ao conceito de “barraginhas” proposto por Landau et al. (2013) em que a água retida na depressão do terreno se infiltra, ampliando a recarga do aquífero

sotoposto. Além da possibilidade de infiltração, as bacias têm a função de amortecer o pico das vazões após eventos críticos de chuvas, e assim reduzir a energia das águas pluviais e o risco de desenvolvimento de processos erosivos.

**Tabela 1:** Medidas e resultados dos testes de infiltração com o método dos anéis concêntricos para latossolos vermelho-amarelos e Plintossolo Pétrico concrecionário.

| Anéis Concêntricos                     |        |        |         |         |        |        |                       |
|----------------------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|-----------------------|
| Tipo de solo                           | H (cm) | I (cm) | Mi (cm) | Mf (cm) | T0 (s) | Tf (s) | Kv (m/s)              |
| Latossolo Vermelho (nível inferior)    | 19     | 6      | 3,4     | 15,1    | 0      | 1203   | $6,91 \times 10^{-5}$ |
| Latossolo Vermelho (patamar)           | 18     | 7      | 9       | 13,7    | 0      | 162    | $3,19 \times 10^{-4}$ |
| Latossolo Vermelho (cobertura vegetal) | 19,5   | 5,5    | 8,8     | 17      | 0      | 967    | $8,26 \times 10^{-5}$ |
| Plintossolo Pétrico                    | 21     | 4      | 5,5     | 17,5    | 0      | 176    | $3,38 \times 10^{-4}$ |

**Tabela 2:** Medidas e resultados de condutividade hidráulica vertical em profundidade, pelo método *Open End Hole*.

| Open End Hole                       |        |        |         |         |        |        |          |                       |
|-------------------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|----------|-----------------------|
| Tipo de solo                        | I (cm) | H (cm) | Mi (cm) | Mf (cm) | T0 (s) | Tf (s) | Raio (m) | Kv (m/s)              |
| Latossolo Vermelho (nível inferior) | 50     | 54     | 5       | 17      | 0      | 2400   | 0,025    | $7,31 \times 10^{-7}$ |
|                                     | 100    | 110    | 5       | 7,5     | 25     | 2424   | 0,025    | $6,27 \times 10^{-8}$ |
|                                     | 150    | 150,5  | 5,1     | 6,7     | 35     | 2440   | 0,025    | $2,87 \times 10^{-8}$ |
|                                     | 200    | 208,5  | 4,8     | 7,2     | 50     | 2450   | 0,025    | $3,08 \times 10^{-8}$ |
| Latossolo Vermelho (patamar)        | 50     | 57     | 7       | 27      | 0      | 840    | 0,025    | $3,81 \times 10^{-6}$ |
|                                     | 100    | 114    | 7       | 26      | 15     | 1710   | 0,025    | $7,2 \times 10^{-7}$  |
|                                     | 150    | 141    | 7       | 9       | 490    | 2100   | 0,025    | $5,83 \times 10^{-8}$ |
|                                     | 200    | 213,5  | 7       | 22      | 35     | 2340   | 0,025    | $2,04 \times 10^{-7}$ |
| Latossolo Vermelho vegetado         | 50     | 50,8   | 9,3     | 24,5    | 0      | 730    | 0,025    | $3,9 \times 10^{-6}$  |
|                                     | 100    | 100,8  | 6       | 7,8     | 22     | 2076   | 0,025    | $5,83 \times 10^{-8}$ |
|                                     | 150    | 149,7  | 6,5     | 7,4     | 41     | 2102   | 0,025    | $1,91 \times 10^{-8}$ |
|                                     | 200    | 207,4  | 7,1     | 8       | 53     | 2140   | 0,025    | $1,34 \times 10^{-8}$ |
| Plintossolo Pétrico                 | 20     | 49,5   | 5,4     | 6       | 0      | 2874   | 0,025    | $2,97 \times 10^{-8}$ |
|                                     | 50     | 58,1   | 6,5     | 6,7     | 20     | 2890   | 0,025    | $8,45 \times 10^{-9}$ |
|                                     | 100    | 110    | 6,3     | 6,8     | 40     | 2903   | 0,025    | $1,05 \times 10^{-8}$ |





Figura 5: Quadro com vazões dos córregos Veredinha e Pulador. Em que: A. Vazão do período de chuvas da cabeceira do Veredinha; B. Vazão do período de seca da cabeceira do Veredinha; C. Vazão do período de chuvas do córrego Pulador; D. Vazão do período de seca do córrego Pulador.

**Tabela 3:** Medições de vazões do Córrego Veredinha e Pulador e respectivas vazões específicas.

| Medições de Vazões  |                                |                                      |                |             |                         |                                         |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| Data                | Ponto                          | Coordenadas                          | Média de tempo | Vazão (L/s) | Área (km <sup>2</sup> ) | Vazão específica (L/s/km <sup>2</sup> ) |
| 30/03/2023<br>Chuva | Cabeceira do Córrego Veredinha | 22S, 800821 E, 8265647 N,<br>1114 m  | 2,36s          | 4,23        | 2,12                    | 1,995                                   |
| 20/07/2023<br>Seca  | Cabeceira do Córrego Veredinha | 22S, 800821 E, 8265647 N,<br>1114 m  | 3,57s          | 3,36        | 2,12                    | 1,585                                   |
| 30/03/2023<br>Chuva | Cabeceira do Córrego Pulador   | 22 S, 802431 E, 8265271 N,<br>1147 m | 21,11s         | 0,47        | 0,22                    | 2,136                                   |
| 20/07/2023<br>Seca  | Cabeceira do Córrego Pulador   | 23 S, 802431 E, 8265271 N,<br>1147 m | 0              | 0           | 0,22                    | 0,000                                   |
| 30/03/2023<br>Chuva | Sub-bacia do Pulador           | 22 S, 802150 E, 8264802 N,<br>1109 m | 1,35s          | 7,4         | 4,35                    | 1,701                                   |
| 20/07/2023<br>Seca  | Sub-bacia do Pulador           | 23 S, 802150 E, 8264802 N,<br>1109 m | 2,12s          | 5,66        | 4,35                    | 1,301                                   |

Importante ressaltar que, o uso e ocupação do solo das sub-bacias do Córrego Veredinha e Pulador são distintos (Figura 4). No primeiro caso, ocorre intensa urbanização e impermeabilização do solo. Há uma região à nordeste da área de contribuição do Córrego Veredinha que auxilia na

infiltração. Porém, em decorrência da ausência de áreas verdes, eram frequentes os episódios de enxurradas e alagamentos no Parque, devido ao favorecimento do escoamento superficial ante a infiltração da água no solo. Desse modo, o fluxo da água tende a se concentrar no Parque Veredinha,

ocasionando erosões às áreas mais suscetíveis e ao leito. Em decorrência dos processos erosivos há o assoreamento da barragem na área urbana.

Parte considerável da área de recarga do Córrego Veredinha está impermeabilizada (Figura 6), o que indica que em períodos chuvosos a infiltração promovida pelas bacias de contenção à nordeste do Parque pode ter auxiliado na manutenção das nascentes com a proveniência de água para os latossolos da região. Este fato corrobora com a informação de que a nascente não existia antes da implementação das bacias.

Já o Córrego Pulador apresenta diversidade do uso e ocupação do solo na área de contribuição da bacia (Figura 6). À leste e à nordeste o solo é usado para práticas agrícolas, cuja cobertura é sazonal, variável entre solo desnudado e vegetação de plantio. Por toda a extensão da área de contribuição há ocupação humana. Porém, com exceção da área à oeste, próxima ao córrego, que apresenta grande quantidade de construções e solo compactado e pavimentado, o padrão morfológico tende a manter o uso do solo com maior cobertura vegetal.

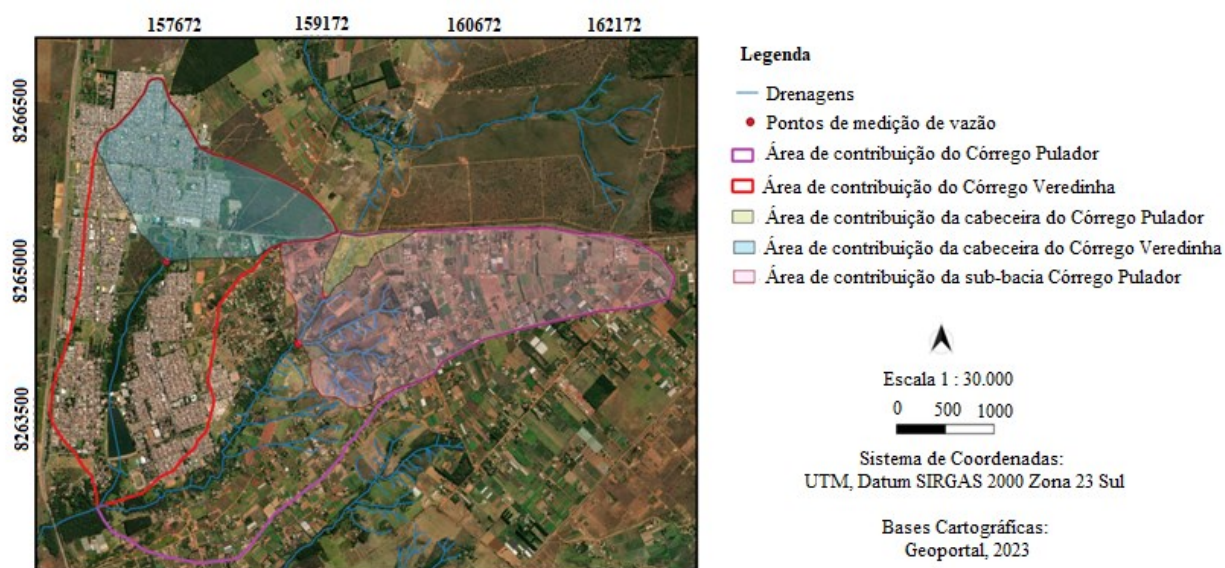


Figura 6: Delimitação da área de contribuição das sub-bacias dos córregos Pulador e Veredinha. Geportal, (2023).

Ainda que a morfologia da área de contribuição do Córrego Veredinha favoreça o escoamento superficial, as bacias de contenção auxiliam na dissipação da água em época de chuva ao diminuir o potencial erosivo e recuperar o fluxo hidrogeológico local.

Os parâmetros químicos das nascentes são sintetizados na Tabela 4 e a distribuição dos pontos na bacia do Córrego Veredinha está representada na Figura 7.

Os dados foram obtidos em dois períodos: mês de maio (início da seca) e mês de novembro (início das chuvas). Neste caso, é possível verificar que, para os pontos coletados nos dois períodos, o pH diminui na medição realizada no período das chuvas. Este comportamento já é esperado, pois as águas de chuvas são naturalmente ácidas e o aumento do escoamento superficial acarreta na diminuição deste parâmetro. Os menores valores de pH são associados à “Nascente Recente”, uma vez que é alimentada por águas de chuvas

acumuladas nos baciões de contenção de escoamento superficial.

Os maiores valores de condutividade elétrica foram medidos na nascente V1. Isso indica que a água que flui na nascente teve maior interação com o aquífero e, por isso, contém mais íons dissolvidos. Na área de exutório também é possível verificar a contínua expansão de “bolhas” de  $\text{CO}_2$  obtido durante a recarga do aquífero. A presença de  $\text{CO}_2$  e os valores maiores de CE indicam que esta nascente é associada a um sistema de fluxo hidrogeológico intermediário a regional.

O menor valor de condutividade elétrica foi medido no afluente intermitente do Córrego Pulador ( $9,77 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), o que indica se tratar de água de chuva com restrito contato com solos pouco mineralizados e, portanto, sem a capacidade de introduzir íons à água de percolação. Este fato é corroborado pelo comportamento intermitente deste curso de drenagem. O maior valor de pH foi observado na represa do Veredinha, no centro da



cidade de Brazlândia, o que indica a possibilidade de presença de carga contaminante, muito

provavelmente, por lançamento clandestino de efluentes domésticos.

**Tabela 4:** Parâmetros físico-químicos das águas dos córregos Veredinha e Pulador.

| Parâmetros químicos das nascentes em época de chuva (novembro/2022) e época de seca (maio/2023) |                       |                                  |        |         |      |            |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------|---------|------|------------|--|
| Data                                                                                            | Nascente              | Coordenada                       | T (°C) | eH (mv) | ph   | CE (µS/cm) |  |
| 01/05/2022                                                                                      | V1                    | 22S 800708 E, 8265658 N, 1116 m  | 23,8   | 30,4    | 6,46 | 80,9       |  |
| 23/11/2022                                                                                      | V1                    | 22 S 800727 E, 8265663 N, 1116 m | 24,2   | 47,4    | 6,17 | 110,0      |  |
| 01/05/2022                                                                                      | V2- Nascente Recente  | 22 S 800813 E, 8265643 N, 1114 m | 22,6   | 68,4    | 6,09 | 14,82      |  |
| 23/11/2022                                                                                      | V2 - nascente Recente | 22 S 800813 E, 8265643 N, 1114 m | 24     | 87,4    | 5,4  | 15,44      |  |
| 01/05/2022                                                                                      | V3                    | 22S 800872E, 8265638 N, 1115 m   | 22,2   | 22,9    | 5,71 | 3,59       |  |
| 01/05/2022                                                                                      | V4                    | 22S 800754 E, 8265575 N, 1113 m  | 22,4   | 6,9     | 6,87 | 84         |  |
| 23/11/2022                                                                                      | V4                    | 22 S 800758 E, 8265565 N, 1113 m | 22,9   | 23,9    | 6,57 | 50,8       |  |
| 01/05/2022                                                                                      | V5                    | 22S 800559 E, 8265348 N, 1103m   | 21,7   | -10,3   | 7,18 | 36,1       |  |
| 23/11/2022                                                                                      | V5                    | 22 S 800727 E, 8265364 N, 1103 m | 22,9   | 24,7    | 6,55 | 45,6       |  |
| 23/11/2022                                                                                      | V6                    | 22 S 800613 E, 8265074 N, 1102 m | 22,4   | 30,8    | 6,45 | 81,6       |  |
| 23/11/2022                                                                                      | V7                    | 22 S 800838 E, 8265719 N, 1118 m | 24,7   | 69,4    | 5,79 | 29,5       |  |
| 23/11/2022                                                                                      | Represa do Veredinha  | 22S 800191 E, 8264239 N, 1075 m  | 26,1   | -53,4   | 7,88 | 87,2       |  |
| 23/11/2022                                                                                      | Pulador 1             | 22S 802149 E, 8264817 N, 1110 m  | 22,7   | 16,7    | 6,7  | 9,77       |  |



Figura 7: Espacialização das nascentes e pontos de medição de parâmetros físico-químicos no alto da bacia do córrego Veredinha (Imagem do *Google Earth* de 24 de abril de 2023).



Figura 8: Detalhe do sistema de baciões instalados à montante das nascentes do Córrego Veredinha para contenção das águas pluviais geradas no bairro São José (Imagem do sistema *Google Earth* de 24 de abril de 2023). O ponto destacado em vermelho é a localização da nascente vinculada a fluxo intermediário a regional. O ponto em amarelo é referente à “Nascente Recente” associada ao fluxo local, que surgiu após a instalação do sistema de baciões.

Com relação ao sistema de bacias de contenção do escoamento superficial, é possível enumerar os seguintes dados construtivos e de funcionamento:

- O sistema é composto por três grandes tanques com área aproximada de 30.000 m<sup>2</sup> (3,0 hectares) com profundidade média de 3,0 metros, sendo capaz de conter até 90.000 m<sup>3</sup> de água em eventos de chuvas críticas;
- As três bacias recebem águas pluviais captadas pela rede adutora do bairro São José, sendo interligadas em série por tubulações e vertedouros em concreto;
- As três bacias não são revestidas, ou seja, seus fundos e taludes são escavados diretamente em solos espessos (Latossolo). Assim, após seu preenchimento, ocorre ampla infiltração, de forma que, após longos períodos sem chuvas, as bacias permanecem secas;
- Em momentos de picos de precipitação as bacias podem ser integralmente preenchidas por água, e

nestes casos, há uma adutora que lança o excedente no Córrego Veredinha;

- No ponto de entrada do fluxo hídrico diretamente no curso d'água (nos momentos de picos de escoamento) foi instalado o enrocamento, visando minimizar processos erosivos;
- Ao longo dos anos, vegetação exótica composta por leucina, margaridão, mamona e outras espécies se fixaram na porção de fundo das bacias

A Figura 8 exhibe detalhes do sistema integrado de contenção das águas pluviais, que são lançadas no Córrego Veredinha. O sistema deve ser considerado de elevada efetividade, uma vez que, antes de sua instalação o leito e taludes do córrego foi submetido a intenso processo erosivo.

A erosão do leito resultou no rebaixamento dos níveis freáticos dos solos hidromórficos (gleissolos e organossolos) presentes na área de cabeceira, causando o secamento e descaracterização destas coberturas. O material erodido do alto curso do Córrego Veredinha causou

assoreamento e impactos na flora e fauna aquática, com aumento de turbidez após eventos de chuvas de maior intensidade.

## Conclusões

Os latossolos da região do Parque Ecológico Veredinha apresentam valores altos de condutividade hidráulica nas zonas mais superficiais, seguidos de valores moderados a baixos nas profundidades de 50 cm e baixos a muito baixos em profundidades maiores que 50 cm. Os plintossolos pétricos da região apresentam valores muito elevados em superfície e permeabilidade muita baixa quando alcançam as profundidades do saprolito argiloso.

As medições de vazões em pontos na cabeceira do Córrego Veredinha apresentam valores 9 vezes maiores do que os observados na cabeceira do Córrego Pulador.

Com relação às chuvas médias históricas, os dados das normais climatológicas da precipitação de 1961 a 1990 e de 1991 a 2020 demonstram uma significativa variação em 7 meses do ano, incluindo: diminuição de 100 mm no mês de janeiro; aumento de cerca de 15 mm em fevereiro; aumento de 30 mm em março; redução de 10 mm em abril; nova diminuição da chuva em outubro, com aumento em novembro e redução de cerca de 10 mm em dezembro.

O uso do solo na área urbana observado na bacia do Córrego Veredinha é representado por lotes pequenos e alta taxa de impermeabilização com ausência de áreas verdes e de recarga, o que favorece o escoamento superficial. Já a área da Bacia do Córrego Pulador é predominantemente rural e devido a presença de maior cobertura vegetal, apresenta recarga do aquífero freático mais eficiente.

Entretanto, a instalação de bacias de contenção no Parque Ecológico Veredinha demonstrou que a vazão específica da cabeceira do Córrego Veredinha foi mantida no período de seca, com proporção similar à rede de drenagens do córrego Pulador.

As bacias de contenção do Parque auxiliaram efetivamente na redução da erosão, ocasionada pelo escoamento superficial concentrado das áreas impermeabilizadas, bem como no fluxo hidrogeológico local. Isso promove o aporte de água para o aquífero freático e possibilita maior descarga para o Córrego Veredinha em períodos de seca.

As estruturas de contenção foram responsáveis pelo estabelecimento de um exutório não existente antes de sua instalação, denominado de “Nascente Recente”.

As medidas de vazões realizadas mostram que, para que a ocupação urbana seja minimamente sustentável, com relação aos impactos aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, é necessário adotar ações de mitigação. Os baciões representam uma técnica simples e, relativamente, barata para minimizar os efeitos da impermeabilização causada pela urbanização. Outras técnicas também devem ser adotadas, a exemplo dos pavimentos permeáveis, recarga artificial dos aquíferos, manutenção de áreas verdes e não impermeabilizadas nos setores urbanos, dentre outras.

Especificamente com relação à recarga artificial de aquíferos em áreas urbanas, a forma mais comumente desenvolvida é a captação das águas de chuvas de coberturas de edificações e direcionamento para sistemas de infiltração. Dentre os sistemas que proporcionam as maiores taxas de infiltração, destacam-se: caixas de infiltração (preenchidas ou não), trincheiras de infiltração e bacias de infiltração.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelas bolsas concedidas ao primeiro e segundo autores e à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsa à terceira autora.

## Referências

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2024). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual / Brasília. CDU 556.04(81). 118p.
- Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. ADASA. (2017). Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica. Brasília, DF.
- Ahmed, A.K.A., & El-Rawy, M. (2024). The Impact of Aquifer Recharge on Groundwater Quality. In: El-Rawy, M., Negm, A. (eds) Managed Aquifer Recharge in MENA Countries. Earth and Environmental Sciences Library. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-58764-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-58764-1_10)
- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. ABGE. (1996). Ensaio de Permeabilidade em Solos: Orientações para sua Execução no Campo. 3ª ed. Boletim, n. 4, 35p.
- Bezerra, P.H.L., Coutinho, A. Lassabatere, L., & Neto, S.M.S. (2022). Water Dynamics in an Infiltration Trench in an Urban Centre in



- Brazil: Monitoring and Modelling. Water (14(4):513(Switzerland), DOI: 10.3390/w14040513.
- Bichançã, M.F. (2006). Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2005/2006 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Bouwer, H. (2002). Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. *Hydrogeology Journal*, 10:121-142.
- Campos, J.E.G. (2004). Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Revista Brasileira de Geociências*, v.34, n.1, p.41-48, <https://doi.org/10.25249/03757536.20043414148>
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A.; Freitas-Silva, F.H.; & Martins-Ferreira, M.A.C. (2013). Geologia do Grupo Paranoá na Porção Externa da Faixa Brasília. *Braz. J. Geol.* São Paulo 43(3):461-476p.
- Campos, J.E.G.; Rodrigues, D.S.; Rocha, B.A.; & Gonçalves, T.D. (2021). Diretrizes para implantação de recarga artificial de aquíferos no domínio dos Cerrados do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44:1-13.
- Canholi, A.P. (2014). Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. Oficina de Textos, 384p.
- Castro, K.B. (2017). Segurança hídrica urbana: morfologia urbana e indicadores de serviços ecossistêmicos, estudo de caso do Distrito Federal, Brasil. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters/United Nations Office for Disaster Risk Reduction - CRED, UNDRR (2020). Human Cost of Disasters. An Overview of the last 20 years: 2000–2019. *CRED, UNDRR, Geneva*. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>. Acesso em maio de 2023.
- Cordeiro, C.; Medeiros, P.A.; & Teran, A.L. (1999). Medidas de controle de cheias e erosões. *Diário Eletrônico CEOPS*.
- Departamento de Esgotos Pluviais – DEP. (2023). Bacias de amortecimento. Porto Alegre. Disponível em Acesso em 06 junho 2023.
- Dillon, P.; Stuyfzand, P.; Grischek, T.; Lluria, M.; Pyne, R.D.G.; Jain, R.C.; Bear, J.; Schwarz, J.; Wang, W.; Fernandez, E.; Stefan, C.; Pettenati, M.; van der Gun, J.; Sprenger, C.; Massmann, G.; Scanlon, B.R.; Xanke, J.; Jokela, P.; Zheng, Y.; Rossetto, R. Shamrukh; M.; Pavelic, P.; Murray, E.; Ross, A.; Bonilla Valverde, J.P.; Palma Nava, A.; Ansems, N.; Posavec, K.; Ha, K.; Martin, R.; & Sapiano, M. (2019). Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology Journal* 27:1-30 <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1841-z>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (2004). Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. Embrapa Cerrados. 57p. ISSN 1517-5111 n.122
- Fetter, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3 Ed. New York: MacMillan College Publisher Co., 691 p.
- Freeze, R.A.; & Cherry, J.A. (1979). *Groundwater*. New York: Prentice Hall, 604 p.
- GEOPORTAL. 2023. SEDUH – Governo do Distrito Federal. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportatl/> Acesso em: agosto de 2023.
- Gribbin, J.E. (2009). Introdução à hidráulica e hidrologia na gestão de águas pluviais. São Paulo: Cengage Learning.
- Heinenberg, H. (2007). German geographical urban morphology in an international and interdisciplinary framework. *Urban Morphology*. v. 11, n. 1, p. 5-24.
- Hough, M. (1984). *Cities and Natural Process: towards a new urban vernacular*. 1. ed. [S.l.]: Croom Helm.
- Information System. (QGIS). 2023. Desktop 3.30.2. 2023. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html). Acesso em: maio de 2023.
- Instituto Brasília Ambiental – IBRAM. (2022). Parque Ecológico Veredinha. Relatório de Revisão da Poligonal. Projeto Conserva Cerrado. FUNATURA.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. (2014). Plano de Manejo da APA da Bacia do Rio Descoberto. Ministério do Meio Ambiente. 313p. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/apa-da-bacia-do-rio-descoberto/arquivos/apa\\_bacia\\_do\\_rio\\_descoberto\\_pm\\_encartes\\_12\\_e\\_3planodemanejo.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/apa-da-bacia-do-rio-descoberto/arquivos/apa_bacia_do_rio_descoberto_pm_encartes_12_e_3planodemanejo.pdf). Acesso em 28/06/2024.
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. (2024). Normais Climatológicas 1961-2020. Disponível em:

- [www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas). Acesso em: 30 de agosto de 2024.
- Landau, E.C., Barros, L.C., Aquino, E. R. Barros I.R. (2013). Abrangência Geográfica do Projeto Barraginhas no Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Documentos 159. ISSN 1518-4277. 45p.
- Mano, E.R.C. (2008). Estudo de bacias de retenção como solução para situações crescentes de urbanização. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008
- Mota, S. (1981). Planejamento Urbano e preservação ambiental. Fortaleza, CE: Edições UFC.
- Mota, S. (2008). Gestão ambiental de recursos hídricos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES.
- Nascimento, J.A.S. (2011). Manejo de águas pluviais. IBGE. Disponível em Acesso em 08 junho 2017.
- Rosa, A.F. (2017). Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de Patrocínio-MG.
- Santos Júnior, V.J.; & Santos, C.O. (2014). A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. Estação Científica (UNIFAP), v. 3, n. 1, p. 19-30.
- Santos, C.R.L., Silva, G.M., Santana, K.C.S., Lafayette, K.P.V., & Silva, S.R. (2022) Drenagem Urbana: Uma Análise de Vazão de Cheia para a Sub-Bacia do Rio Beberibe utilizando o modelo ABC6. Revista Brasileira de Geografia Física, v.15, n.04(2022), 2104-2120, DOI: 10.26848/rbgf.v15.4.p2104-2120
- Schmidt, C. K., Lange, F. T., Brauch, H. J., & Kühn, W. (2003). Experiences with riverbank filtration and infiltration in Germany. DVGW Water Technology Centre (TZW), Karlsruhe.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD. (2023). Passo a Passo Planilha de Cálculo de Vazões (Captação em Acumulação / Barramento). Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/recurso-s-hidricos/outorga-do-uso-da-agua.html>. Acesso em: agosto de 2023.
- Seraphim, A., & Bezerra, M.D.C.L. (2019). Cidade e Água: Relações entre tipologias de ocupação urbana e recarga de aquíferos. CI (UR) - Cuadernos de Investigación Urbanística, Madrid, Ano XI, (126).
- Siebra Lopes, G. & Meneses Filho, A.S. (2022). Análise de desempenho dos dispositivos de saída para reservatórios de detenção no controle de cheias urbanas em Fortaleza, Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. 15, 3 (dic. 2022), 1058–1079. DOI:10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.3.8 0375.
- Silva, A.L.S., Viana, A.E., Almeida, B.B. de, Silva, J.M., Lima, J.H.S., Diolino, V.P., Gurski, T.G., & Cuñado, P. (2022). Estudo da viabilidade do uso de SUDS (Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável) no controle de enchentes em São José dos Pinhais – PR. Revista Tecnológica Da UniFatec-PR, 12(1). ISSN 2179-3778.
- Silva, D.F., Tucci, C.E.M., Marques, P.K., Costa, M.E.L., Correa, A.C.S., Monteiro, M.P., & Araújo, L.M.N. (2024). Drenagem e manejo de águas pluviais no Brasil: conceitos, gestão e estudos de caso. Revista de Gestão de Água da América Latina, 21, e1. <https://doi.org/10.21168/rega.v21e1>
- Sistema Distrital de Informações Ambientais - SISDIA. (2023). Secretaria de Meio Ambiente – SEMA. Governo do Distrito Federal. Disponível em: <https://sisdia.df.gov.br/home/ajuda>. Acesso em: agosto de 2023.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO. (2018). The United Nations World Water Development Report 2018: Nature- Based Solutions for Water. World Water Assessment Program. Colombella, Purugia, Italy. P.1-12.
- Viana, D.A., Silva, M.B., Silva, G.C., Bonfim, G.R., Batistelle, R.A.G., & Siqueira, R.M. (2024). Tomada de decisão para enchentes urbanas: Soluções baseadas na natureza e infraestrutura verde. Revista Foco, 17(9), e5863, DOI: 10.54751/revistafoc.v17n9-007