



## USO DO GEOPROCESSAMENTO PARA O MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE RECARGA PARA O DISTRITO FEDERAL

*Autores: Gabriela Branquinho Antonio<sup>1</sup>; Yamila Khrisna O. do N. Cunha<sup>2</sup>; Ingrid Mendes Ribeiro Sampaio<sup>3</sup>; George Eduardo Maeda<sup>4</sup>*

**RESUMO** – O impacto da impermeabilização do solo no incremento do escoamento superficial e na redução na taxa de infiltração em áreas de ocupação urbana relacionam-se com o potencial de recarga e a disponibilidade hídrica do território. Considerando os impactos da urbanização e ações antrópicas, o ZEE-DF define, entre os riscos ecológicos, o zoneamento de risco ecológico de perda de recarga de aquífero no território, constituindo assim instrumento estratégico de planejamento e gestão territorial, cujas diretrizes e critérios passam a orientar as políticas públicas distritais. Dessa forma, o presente artigo tem como finalidade atualizar a metodologia utilizada por Gonçalves (2007) na elaboração do mapa de Potencial de Recarga e Disponibilidade Hídrica do Distrito Federal.

**ABSTRACT**– The impact of soil waterproofing on the increase of surface runoff and reduction in the infiltration rate in areas of urban occupation are related to the recharge potential and water availability of the territory. Considering the impacts of urbanization and anthropic actions, the ZEE-DF defines, among the ecological risks, the zoning of ecological risk of loss of aquifer recharge in the territory, thus constituting a strategic instrument of planning and territorial management, whose guidelines and criteria begin to guide public policies. Thus, this article aims to update the methodology used by Gonçalves (2007) in the elaboration of the map of Recharge Potential and Water Availability of the Distrito Federal.

**Palavras-Chave** – Disponibilidade Hídrica, Potencial de Recarga, Geotecnologias.

### 1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos, tais como Gill et al. (2007), Oliveira e Defee (2007), Caputo (2012), Sjoman e Gill (2014), Ren et al. (2020), têm apontado o impacto que a impermeabilização do solo pode causar no incremento do escoamento superficial e na redução na taxa de infiltração, impactando assim o potencial de recarga e a disponibilidade hídrica.

<sup>1</sup> Geógrafa, Doutoranda em Geografia na Universidade de Brasília - UnB e Assessora da Diretoria de Diretrizes Urbanísticas (DIRUR/SUDEC/SEDUH/GDF).

<sup>2</sup> Gestora Ambiental, Diretora da Diretoria de Diretrizes Urbanísticas (DIRUR/SUDEC/SEDUH/GDF).

<sup>3</sup> Arquiteta e Urbanista, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo na Universidade de Brasília - UnB e Assessora da Diretoria de Diretrizes Urbanísticas (DIRUR/SUDEC/SEDUH/GDF).

<sup>4</sup> Arquiteto e Urbanista, Assessor da Diretoria de Diretrizes Urbanísticas (DIRUR/SUDEC/SEDUH/GDF).



Seraphim (2018) discute a relação das áreas de recarga de aquífero e áreas destinadas à urbanização no Distrito Federal, considerando o mapa de risco ecológico de perda de recarga de aquífero, que mensura o nível do risco de redução da recarga e da produção hídrica dos aquíferos.

O mapeamento de risco ecológico de perda de recarga de aquífero foi produzido pelo Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal – ZEE-DF, o qual foi instituído por meio da Lei nº 6.269, de 29 de janeiro de 2019. O ZEE-DF é um instrumento estratégico de planejamento e gestão territorial, cujas diretrizes e critérios passam a orientar as políticas públicas distritais.

De acordo com Foster et al. (1998), as alterações geradas pela urbanização na recarga dos aquíferos são de dois tipos: (i) na quantidade, devido às alterações nas taxas de infiltração natural ou artificial; e (ii) na qualidade, devido à intrusão de contaminantes de forma indireta.

Dentre os impactos oriundos da redução da recarga dos aquíferos, podemos citar a redução das vazões superficiais na época de seca, redução nos reservatórios naturais de água (aquíferos) e no abastecimento, principalmente no período de seca.

Dessa forma, o presente artigo tem como finalidade atualizar a metodologia utilizada por Gonçalves (2007) na elaboração do mapa de potencial de recarga e disponibilidade hídrica, de modo a auxiliar no planejamento urbano, considerando as ocupações urbanas e as áreas de maior potencial de recarga e disponibilidade hídrica.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Compilação dos dados

Os planos de informações utilizados foram:

- a) Modelo Digital de Elevação – MDT de 5 metros (foi utilizado para gerar a declividade, a qual foi reclassificada utilizando a ferramenta *reclassify*);
- b) Mapa de solos hidrológicos do ZEE-DF;
- c) Uso e cobertura de 2019 com escala de 1:10.000 (utilizado para definir os valores de CN);
- d) A precipitação média anual foi obtida a partir dos dados dos últimos 10 anos, das 5 estações pluviométricas do INMET, sendo elas A001, A042, A045, A046 e A047.

Todos os dados foram transformados para *raster*, adotando a resolução do MDT. Os planos de informação foram cruzados utilizando o *raster calculator* do SIG Arcmap 10.7.

## 2.2. Potencial de Recarga

Para o Cálculo do Potencial de Recarga (PR) (Eq.1), foi utilizada a metodologia de Gonçalves (2007), de modo que PR é produto da relação entre a disponibilidade hídrica e a declividade.

$$PR = \frac{Dh * Declividade}{100} \quad (1)$$

O mapa de declividade foi obtido a partir do aerolevante de 2009, e reclassificado de acordo com a seguinte hipótese: quanto maior a declividade, menor é o potencial de infiltração; e, quanto menor a declividade, maior o potencial de infiltração. A Figura 1 apresenta o Mapa de Declividade do Distrito Federal, reclassificado da seguinte forma (GONÇALVES, 2007):

- Declividade 0 a 8%: taxa de infiltração 95% da capacidade de retenção dos solos;
- Declividade 8 a 15%: taxa de infiltração 70% da capacidade de retenção dos solos;
- Declividade 15 a 30%: taxa de infiltração 45% da capacidade de retenção dos solos;
- Declividade > 30%: taxa de infiltração 5% da capacidade de retenção dos solos.

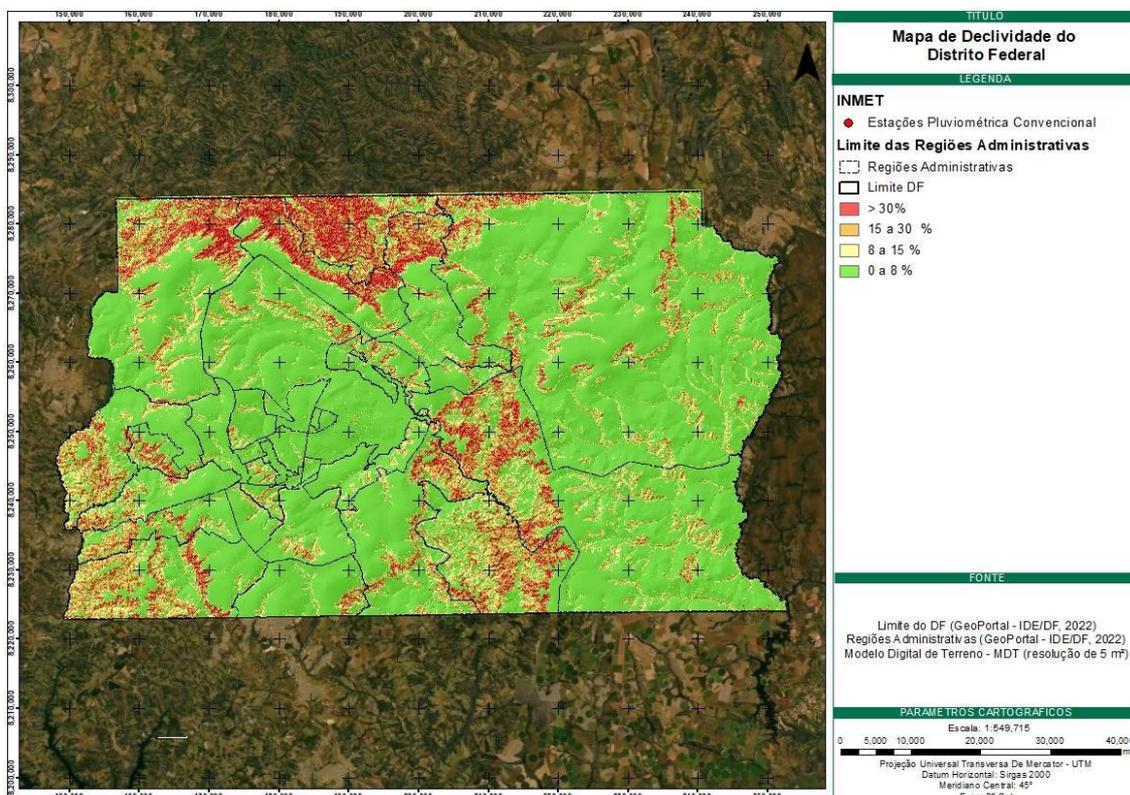


Figura 1 – Mapa de Declividade do Distrito Federal, reclassificado com base na proposta de Gonçalves (2007)

A disponibilidade hídrica (Eq.2) foi obtida através da relação entre a capacidade de retenção máxima de água dos solos ( $S$ ) e da precipitação média anual.

$$Dh = \frac{S}{Precipitação} \quad (2)$$

A precipitação média anual foi obtida a partir dos dados dos últimos 10 anos, das 5 estações pluviométricas do INMET, sendo elas A001, A042, A045, A046 e A047. Esses dados foram interpolados para a extensão do Distrito Federal, usando uma *Krigagem Simples*, disponível no ArcMap, versão 10.7 (Figura 2).

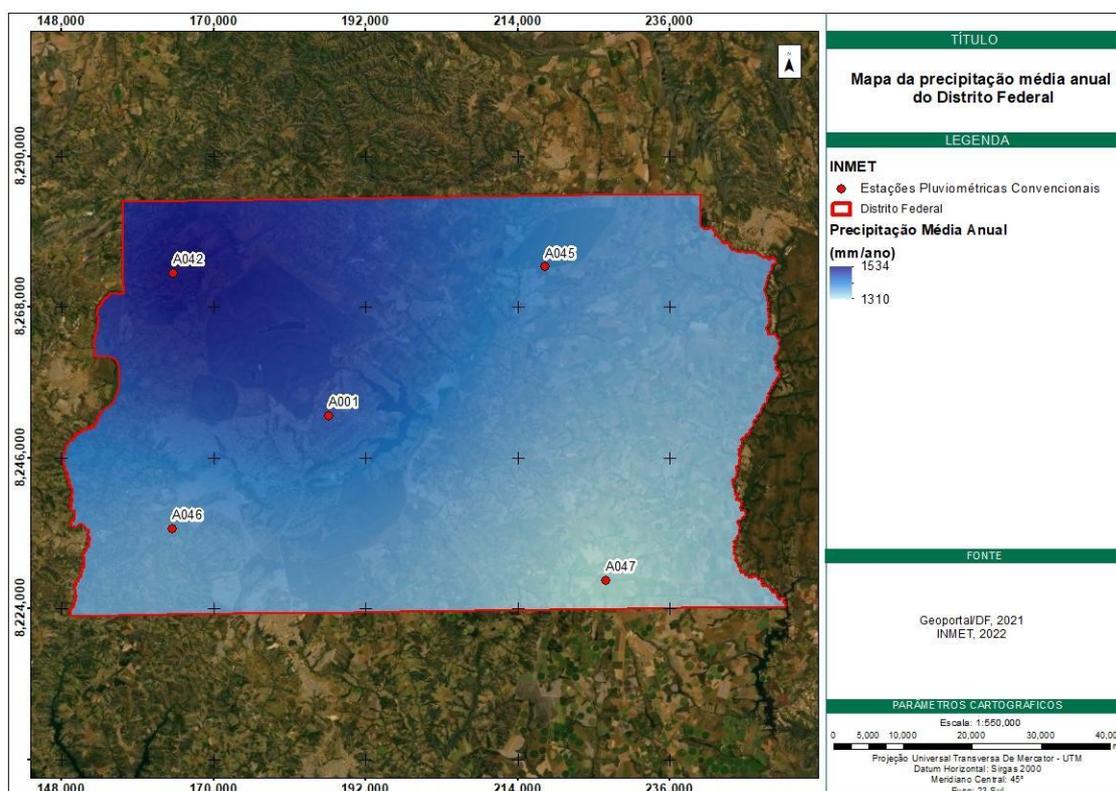


Figura 2 – Mapa apresentando a Precipitação Média Anual interpolada para o Distrito Federal, utilizando estações pluviométricas automáticas do INMET

Já a capacidade de retenção máxima de água dos solos ( $S$ ) (Eq.3), foi calculada utilizando o dado de uso e cobertura do solo referente ao ano de 2019, o dado de solos do ZEE-DF (2019), aplicando a metodologia do SCS-CN, de modo que a partir da combinação dos solos hidrológicos e do uso e cobertura, adotamos os valores de Curve Number (CN).

$$S(mm\ ao\ ano) = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

Os dados de CN foram obtidos consultando a tabela disponibilizada no NRCS (1986).

### 3. RESULTADOS

Inicialmente, considerando somente o potencial de retenção do solo, com base no CN utilizado, observa-se que diante da extensão territorial do Distrito Federal, são poucas as áreas que efetivamente apresentam Potencial Máximo de Retenção do Solo (Figura 3).

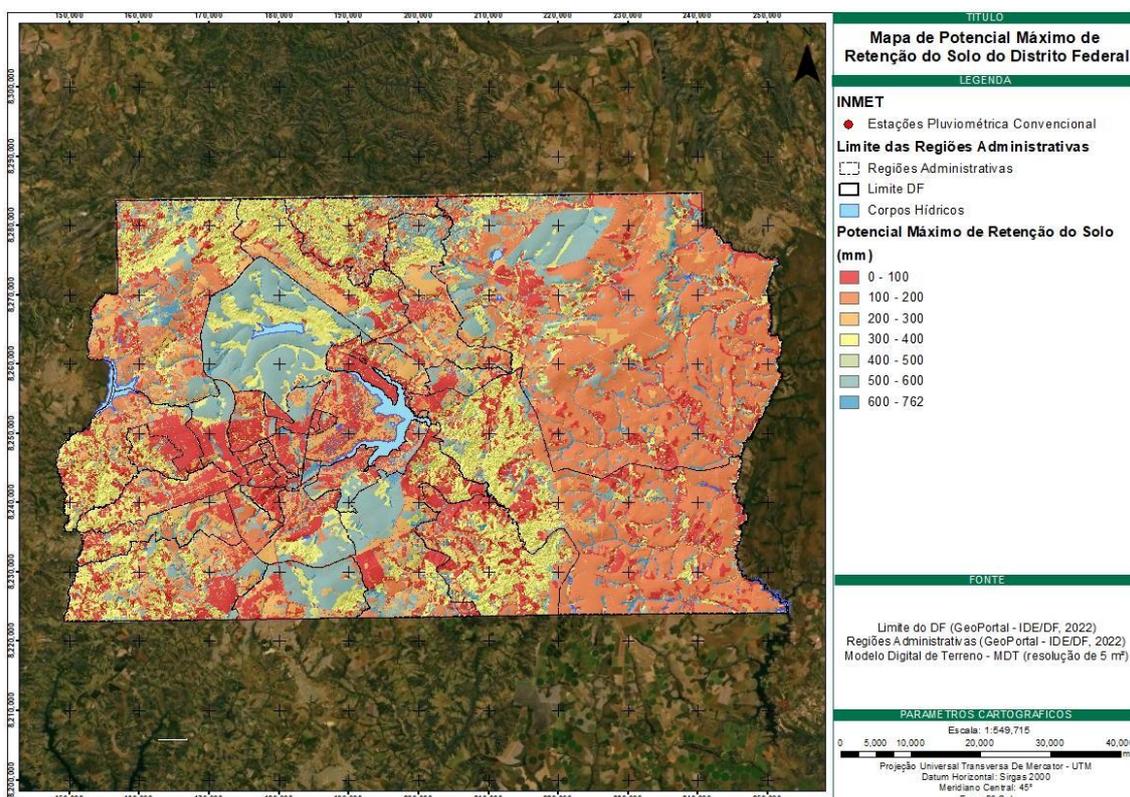


Figura 3 – Mapa de Potencial Máximo de Retenção do Solo do Distrito Federal (mm ao ano)

Observa-se na Figura 3 que as porções territoriais inseridas na faixa de 500 a 600 mm de retenção ao ano ocorrem de forma mais expressiva nas seguintes áreas: Parque Nacional de Brasília, nas Regiões Administrativas de Santa Maria, ParkWay, porção norte do Jardim Botânico e porção noroeste de Planaltina. Essas áreas apresentam baixa impermeabilização do solo e solos do grupo hidrológico de tipo A e B. No Plano Piloto, observa-se que as áreas que apresentam um alto potencial de retenção (600 a 762 mm ao ano) correspondem àquelas que possuem solo não impermeabilizado.

O Potencial Máximo de Retenção do Solo (Figura 3) considera somente o valor de *curve number*, estabelecido em função do tipo de uso e cobertura do solo e do tipo de solo hidrológico, não considerando a declividade e a precipitação.

A relação entre o S e o CN é linear ( $R^2$  0,93), porém inversamente proporcional. Essa relação pode ser confirmada ao observamos o Coeficiente de Correlação de Pearson (CP) de  $-0,95$ . Ou seja, quanto maior o valor de CN (associado a classes de uso mais impermeáveis) menor será o Potencial de retenção máximo, como pode ser observado na Figura 4.

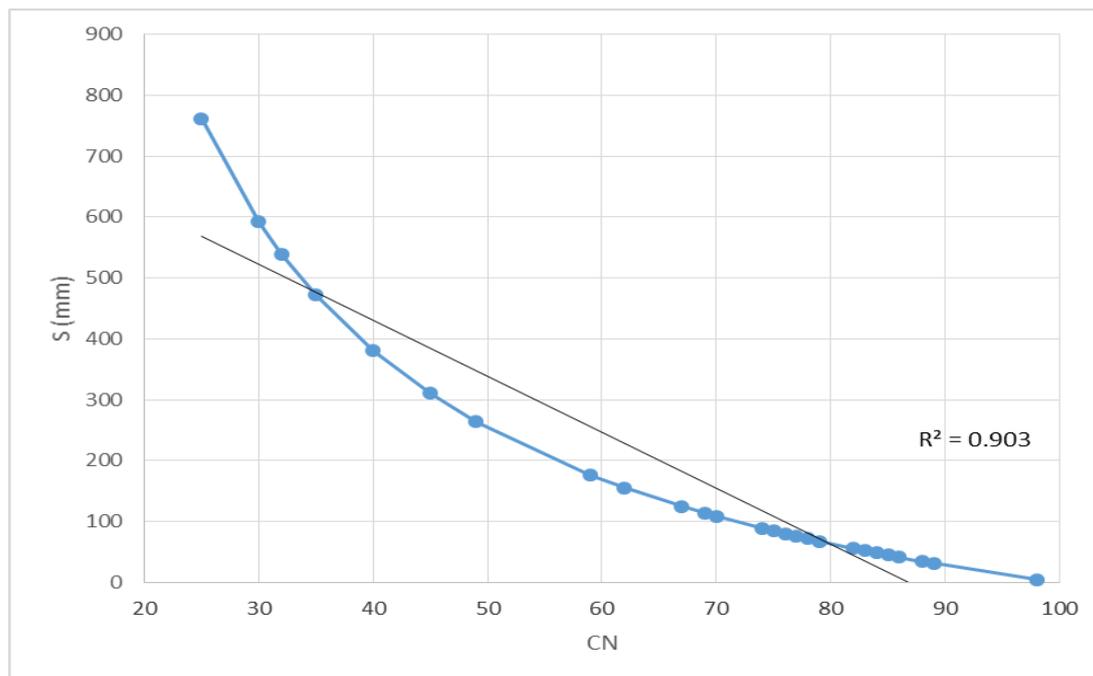


Figura 4 - Gráfico de dispersão entre os valores de CN e S. A linha preta representa a linha de tendência associada ao valor de  $R^2$

Ao acrescentar a Precipitação para a obtenção da Disponibilidade Hídrica (DH) (Figura 5), observa-se que as áreas que apresentaram faixas de maior Potencial de Retenção (Figura 3) são aquelas que apresentam alta Disponibilidade Hídrica (Figura 5). A porção leste do Distrito Federal, que apresentou menor Potencial de Retenção (Figura 3), apresenta Média Disponibilidade Hídrica, com alguns trechos de Baixa DH, associado ao grupo hidrológico de solo do tipo D.

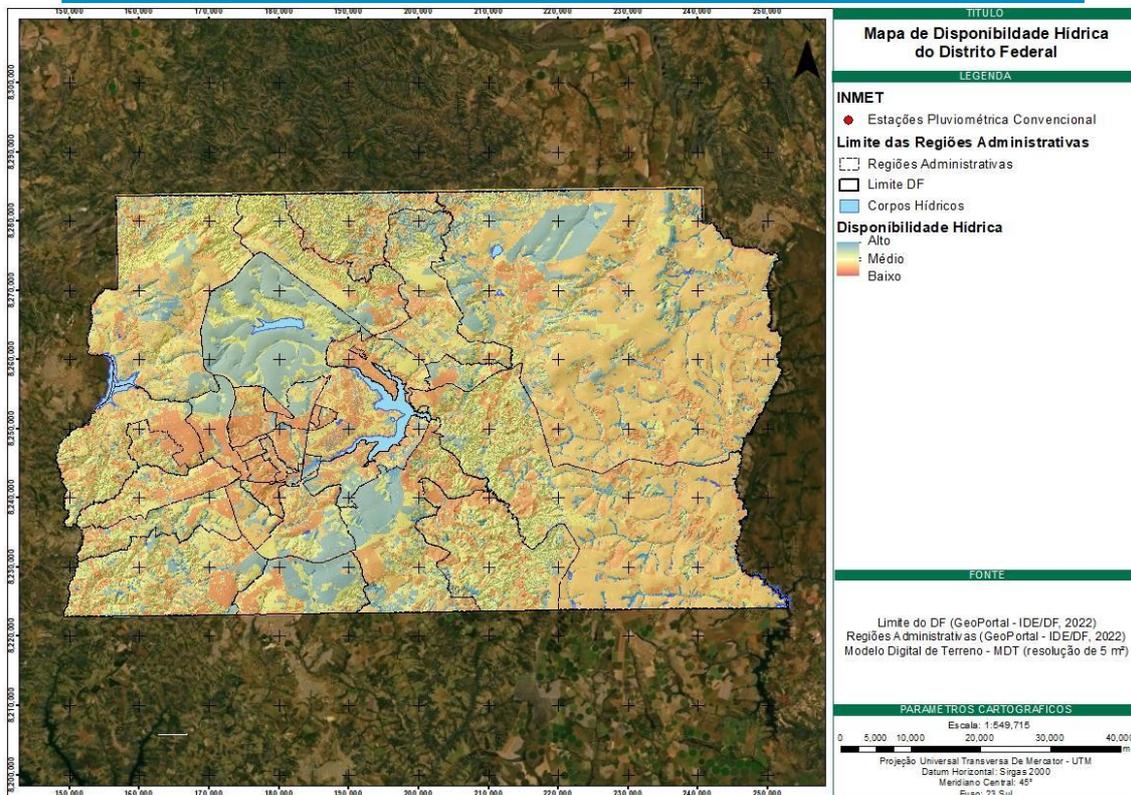


Figura 5 - Mapa com a Disponibilidade Hídrica do Distrito Federal

Na Figura 6, observa-se que a relação entre DH e S é linear ( $R^2 = 1$ ), e a CP = 1, de modo que quanto maior o potencial de armazenamento, maior apresenta-se o potencial de Disponibilidade Hídrica.

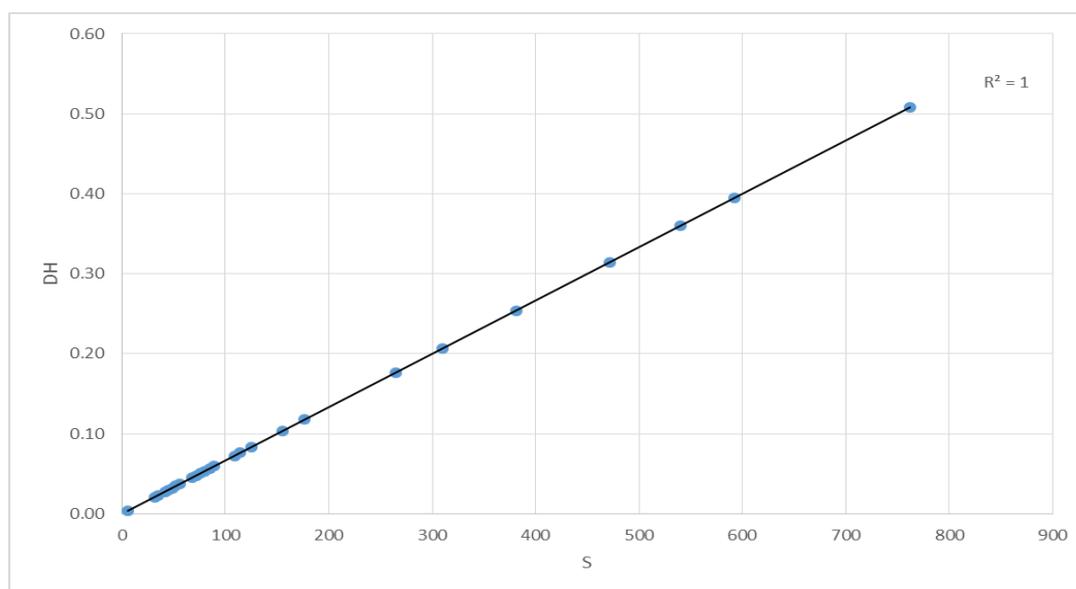


Figura 6 - Gráfico de dispersão entre os valores de DH e S. A linha preta representa a linha de tendência associada ao valor de  $R^2$

O Potencial de Recarga apresentado na Figura 7 varia de 0 a 55% da precipitação utilizada. As áreas com relevo mais movimentado e com declividade mais acentuada, e as áreas já impermeabilizadas com maior ocupação apresentam um potencial de recarga próximo a 0 (Figura 8). Por outro lado, observa-se que as áreas com melhor potencial de recarga são as áreas mais planas e com maior área de vegetação preservada (Figura 9).

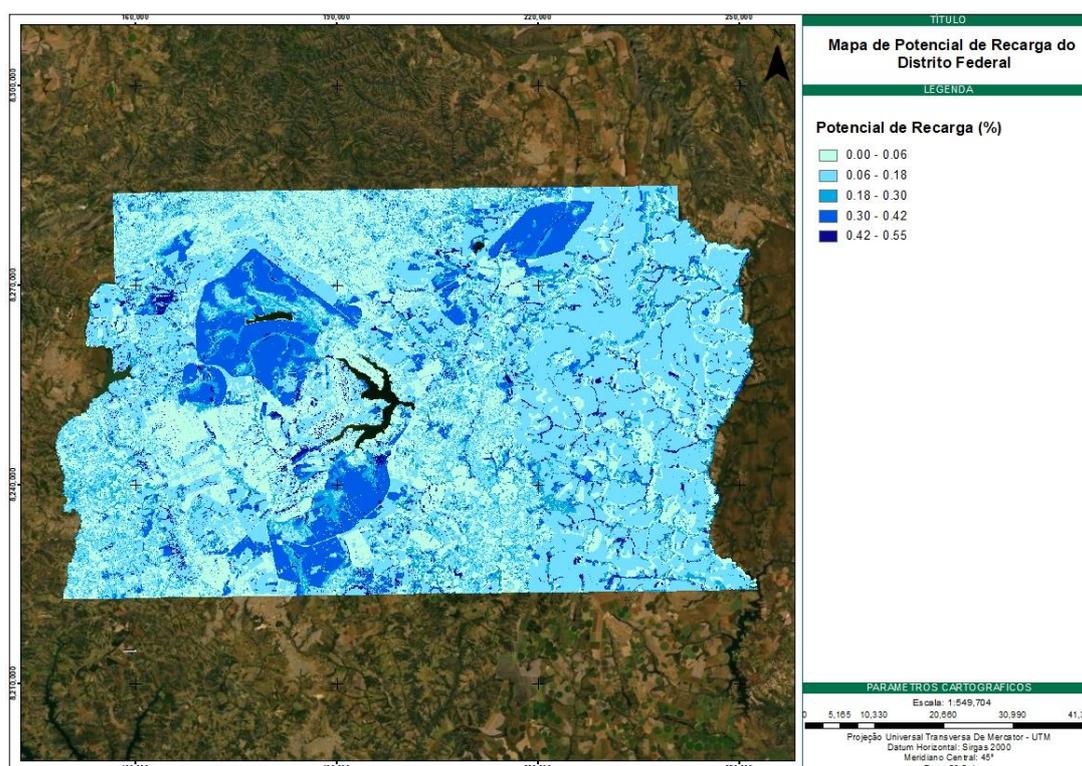


Figura 7 - Mapa do Potencial de Recarga do Distrito Federal

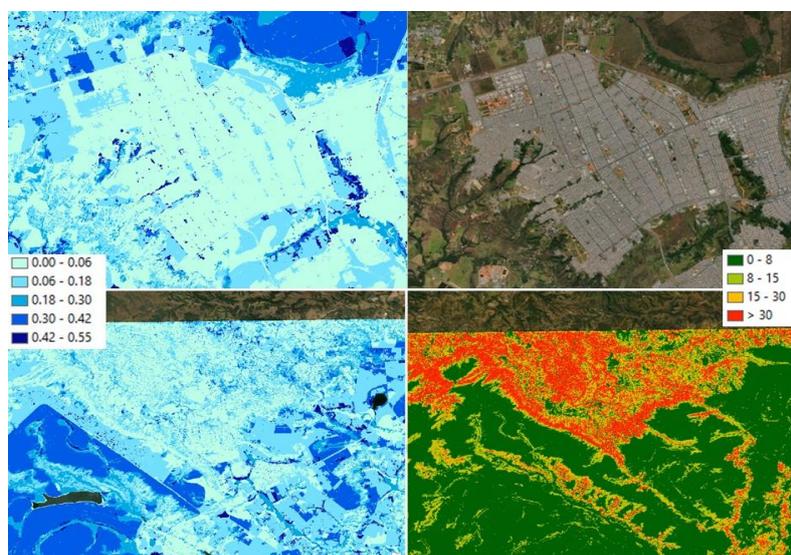


Figura 8 - Relação das áreas ocupadas e com declividade acentuada com o baixo potencial de recarga



Figura 9 - Áreas com alto potencial de recarga: Parque Nacional de Brasília (a esquerda) e Estação Ecológica de Águas Emendadas (a direita). Fonte: Google Earth, 2022 (adaptado)

## CONCLUSÕES

Assim como foi observado por Gonçalves (2009), observa-se que o potencial de recarga e a disponibilidade hídrica são significativamente influenciados pelo potencial de retenção máxima do solo.

A porção leste do Distrito Federal, de acordo com Neves (2017) e com o uso e cobertura do solo utilizado, apresenta uma vocação de uso rural com atividade agrícola. Embora não seja um uso que impermeabilize o solo, observa-se que a disponibilidade hídrica e potencial de recarga são medianos, podendo também ter como explicação a baixa precipitação da região, se comparada com outras porções do DF.

Embora o método seja reproduzível e passível de atualização, é condicionado à situação da ocupação no momento atual. Contudo, se considerarmos as Diretrizes Urbanísticas Específicas – DIUPes, emitidas para novos parcelamentos do solo urbano, como áreas a serem ocupadas em médio e longo prazo, é possível propor um cenário futuro para avaliar o efeito e o impacto dessas ocupações na disponibilidade hídrica e potencial de recarga do Distrito Federal.

O planejamento urbano efetivo é a estratégia essencial para que novas ocupações urbanas sejam projetadas de modo a reduzir a impermeabilização do solo e minimizar o impacto negativo no ciclo hidrológico.



## REFERENCIAS

Gill, S.E, Handley, J.F, Ennos, A.R, Pauleit, S. (2007). *Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure*. Built Environ. 33 (1), 115–133. Disponível em: <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>. Acesso: jul. 2022.

SERAPHIM, A. (2018). *Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas à urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do lago Paranoá – DF*. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/TD-55-Rela%C3%A7%C3%B5es-entre-as-%C3%81reas-de-Recarga-dos-Aqu%C3%ADferos-e-%C3%81reas-Destinadas-a-Urbaniza%C3%A7%C3%A3o-2018.pdf>. Acesso: jul. 2022.

BRASÍLIA (2019) *Lei nº 6.269, de 29 de janeiro de 2019* - institui o Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal - ZEE-DF em cumprimento ao art. 279 e ao art. 26 do Ato das Disposições Transitórias da Lei Orgânica do Distrito Federal e dá outras providências. Brasília, 2019.

Olivera, F., & DeFee, B. B. (2007). Urbanization and Its Effect On Runoff in the Whiteoak Bayou Watershed, Texas1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 43(1), 170–182. doi:10.1111/j.1752-1688.2007.00014.x

Sjöman, J. D., & Gill, S. E. (2014). Residential runoff – The role of spatial density and surface cover, with a case study in the Højeå river catchment, southern Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(2), 304–314.

Ren, X., Hong, N., Li, L., Kang, J., & Li, J. (2020). Effect of infiltration rate changes in urban soils on stormwater runoff process. *Geoderma*, 363, 114158.

GONÇALVES, T. (2009). Sistema de informação geográfica como ferramenta de apoio à outorga dos recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geociências*. V. 39(1): p. 169-180. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7638/7065>. Acesso: jun.2022.