



IV-397 - INSEGURANÇA HÍDRICA EM REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO DISTRITO FEDERAL, BRASIL.

Jacielly de Jesus Costa da Conceição⁽¹⁾

Oceanógrafa pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos no (PPG-TARH) / Universidade de Brasília (UnB).

Oscar de Moraes Cordeiro Netto⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília (UnB), Mestre em Técnicas e Gestão do Meio Ambiente, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, ENPC, França. Doutor em Ciências e Técnicas Ambientais, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, ENPC, França. Professor no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: Anexo SG-12, Térreo Campus Universitário Darcy Ribeiro Universidade de Brasília - UNB CEP : 70.910-900 Brasília – DF - e-mail: jacielly_costa@outlook.com . Telefone: (61) 3347-4743

Endereço⁽²⁾: Anexo SG-12, Térreo Campus Universitário Darcy Ribeiro Universidade de Brasília - UNB CEP : 70.910-900 Brasília – DF - e-mail: cordeiro@unb.br . Telefone: (61) 3347-4743

RESUMO

O aumento da urbanização atrelado ao crescimento desordenado em áreas ambientais sensíveis, geram pressões nos ambientes e exigem maior demanda por recursos hídricos. A densidade urbana e uso e ocupação do solo influenciam diretamente na disponibilidade hídrica existente, gerando alterações no uso e qualidade da água. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso e cobertura do solo, densidade demográfica e grau de comprometimento hídrico no Distrito Federal, para relacionar um grau de insegurança hídrica associada a esses fatores, definindo esses graus para as regiões administrativas do Distrito Federal. A metodologia consistiu na obtenção dos dados e ponderação dos graus de fragilidades, referentes a uso e ocupação do solo pelo Mapbiomas, classe 8 do ano 2022, camadas *shapefile* do grau de comprometimento hídrico das unidades hidrográficas, obtidas no Sisdia e dados referentes à população do Distrito Federal pelo IBGE, além de dados complementares no Sisdia. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para tratamento dos dados por meio do programa livre Qgis Desktop, versão 3.34.1, com uso da álgebra de mapas, foi realizado o somatório das classes e encontrado o grau de fragilidade hídrica. Como resultados, foram obtidos mapas referentes a uso e ocupação do solo, densidade demográfica e disponibilidade hídrica, que destacam quais regiões administrativas possuem graus maiores ou menores de fragilidades. O mapa final demonstrou que grande parte das regiões administrativas se encontram com grau médio a alto de insegurança hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança Hídrica, Geoprocessamento, Urbanização, Gestão Hídrica, Planejamento Ambiental.

INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso importante e indispensável para a sobrevivência das espécies e tem o seu uso vinculado a diversos setores, desde os abastecimentos prioritários a usos em grandes escalas, como em indústrias. É caracterizada como sendo um recurso dotado de valor econômico, sendo necessária a sua correta utilização para manutenção das próprias reservas, associada a diversos aspectos do desenvolvimento humano e do crescimento nas cidades (Cantelle *et al.* 2018; ONU, 2018).

Com o decorrer do tempo, tornam-se evidentes que as transformações exercidas pelas atividades humanas nos ambientes naturais acarretam diversos problemas. No entanto, não existe uma distribuição uniforme



desses impactos antrópicos associados ao uso da água. Para essa avaliação, é necessário investigar as fragilidades ambientais associadas a determinada região (Santos, 2015).

Segundo Ross (1994), a análise da fragilidade do ambiente é uma forma de investigação que tem, como objetivo principal, definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes, modificados ou não pelas atividades humanas, em decorrência do processo de urbanização e desenvolvimento humano. O autor reitera que uma unidade fragilizada agrega diferentes formas de uso e exploração dos recursos naturais.

O processo de urbanização e, principalmente, o das ocupações desordenadas, juntamente com o uso intensivo do solo, causa diversas consequências, principalmente em áreas de risco, onde gera problemas de infiltração, por conta da impermeabilização do solo e desmatamentos, influencia diretamente o ciclo hidrológico, com a diminuição da recarga de aquíferos e rios. Esses fatores prejudicam a disponibilidade futura de água e, conseqüentemente, a segurança hídrica do local (Soares *et al.* 2019; Miranda e Decesaro, 2018).

Dias *et al.* (2010) argumentam que as desigualdades socioeconômicas e a crescente urbanização têm gerado dificuldades na gestão dos sistemas de abastecimento de água, ocasionando uma desigualdade espacial na distribuição de água, aliado também à frequência causada pelo uso equivocado e irracional do recurso. O consumo de água está intrinsecamente ligado às condições socioeconômicas da população e ao seu poder aquisitivo, que relaciona a sua garantia ao insumo "água tratada". Ou seja, a disponibilidade de água de qualidade é influenciada pelo poder aquisitivo de determinada população (Dias *et al.* 2010).

Os aspectos econômicos, sociais e ambientais também devem ser levados em conta na avaliação das fragilidades hídricas, considerando-se uma abordagem ampla dos fatores que interagem no sistema social e ecológico e dos impactos ambientais que resultam em alterações na qualidade e prejuízos sobre a água disponível para consumo (Liehr *et al.* 2017; Paiva *et al.* 2022).

O Distrito Federal apresenta particularidades em relação à sua disponibilidade hídrica. Há uma periodicidade característica dos períodos de chuva e estiagem. O DF está inserido em uma região de planalto, com ausência de rios volumosos, o que levou à implantação de reservatórios de acumulação para promover o abastecimento de água. Tem havido um contínuo crescimento urbano, com elevados níveis de consumo de água pela população (Capodeferro *et al.* 2018). Essas condições podem propiciar crises hídricas, a exemplo da ocorrida em 2016. Após uma seca intensa e com baixos volumes de chuvas, reduziram-se gradativamente os níveis dos reservatórios, o que gerou, inclusive, racionamento de água (Capodeferro *et al.* 2018).

Os processos de escassez e crises hídricas têm mostrado as fragilidades referentes à garantia de disponibilidade de água. Para identificação dessas fragilidades, uma série de variáveis podem ser levadas em consideração. O presente trabalho busca relacionar variáveis hidrológicas, sociais e econômicas, como por exemplo, disponibilidade hídrica, densidade populacional, uso e ocupação do solo e renda, com o intuito de se caracterizar a insegurança hídrica associada às diferentes regiões administrativas do Distrito Federal, por meio da aplicação de ferramentas de SIG – Sistema de Informações Geográficas. O DF só apresenta um município, Brasília, e, para promover uma melhor gestão do seu território, foram criadas as denominadas Regiões Administrativas, que desfrutam de autonomia de decisão em algumas questões administrativas.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a insegurança hídrica das Regiões Administrativas (RA) do Distrito Federal, considerando fatores ambientais, econômicos e sociais.

Além desse objetivo geral, pode-se elencar os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a disponibilidade hídrica e o uso e cobertura do solo como aspectos ambientais, e
- Avaliar se a renda média da população em cada RA tem relação com a insegurança hídrica., para verificar a relação de poder aquisitivo e garantia de água;

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, é apresentada a abordagem metodológica adotada no desenvolvimento deste trabalho. Foram observadas as seguintes etapas: i) caracterização da área de estudo, aquisição de dados referentes a fatores socioeconômicos, hídricos e de urbanização, ii) tratamento e edição dos dados em ambiente de geoprocessamento, iii) aplicação da técnica de álgebra de mapas, iv) tabulação e análise dos dados e v) execução de mapas temáticos.

As etapas de trabalho são descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA:

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Distrito Federal possui uma área de 5.760,784 km² e população estimada em 2.817.381 como apontado pelo IBGE, (2022). Atualmente, são 35 Regiões Administrativas, como apresentadas na Figura 1.

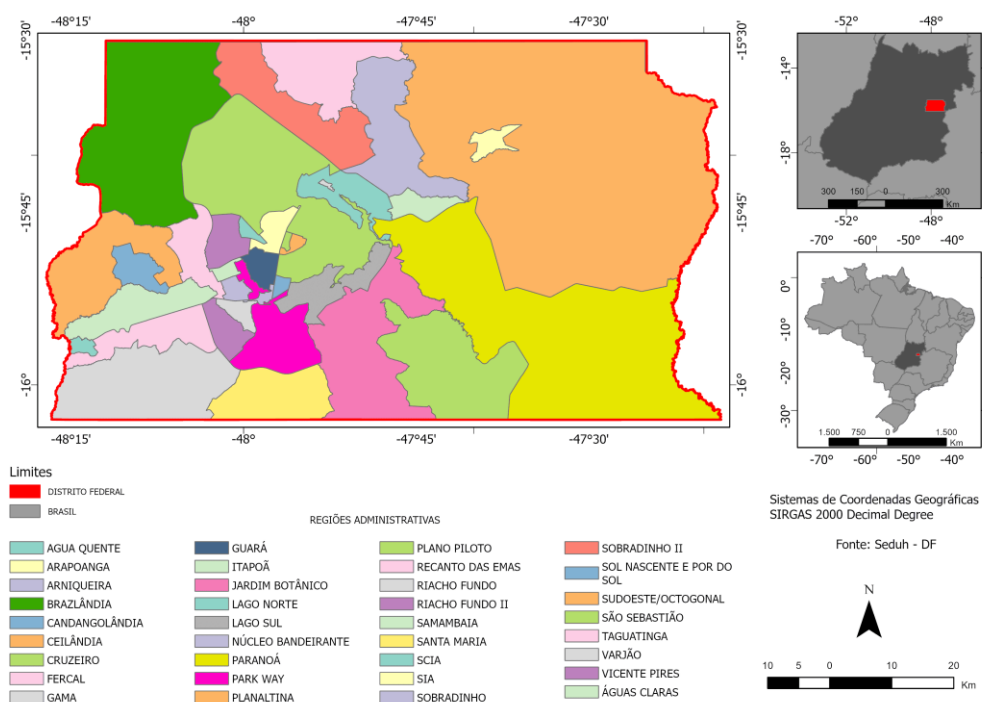


Figura 1: Mapa de localização das Regiões Administrativas do Distrito Federal.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o território do DF corresponde à mesorregião denominada de Distrito Federal e à microrregião denominada de Brasília. Está localizado entre as coordenadas 15°30' e 16°03'S e 47°25' e 48°12'O, na Região Centro-Oeste, ocupando o centro leste do Estado de Goiás, no Brasil (IBGE, 2022).

No aspecto da hidrografia, está inserido em três regiões hidrográficas: região hidrográfica do Paraná; rio Preto, localizado na região hidrográfica do São Francisco, e rio Maranhão, localizado na região hidrográfica do Araguaia-Tocantins. Apresenta uma rede de cursos d'água, perenes na sua maioria, sendo também uma importante área de recarga de aquíferos (Codesvasf, 2022; SEMA, 2018; Codeplan, 2017).



Segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf, 2022), o relevo do Distrito Federal se caracteriza por planícies, planaltos e várzeas. A amplitude altimétrica do território varia entre 600m a 1.100m acima do nível do mar.

A cidade de Brasília está a cerca de 1.000 m acima do nível do mar. Em relação ao solo da região, predominam os Latossolos, seguidos dos Cambissolos. Os primeiros são solos porosos, permeáveis e bem drenados, associados à vegetação de cerrado (Codeplan, 2017; Codevasf, 2022).

O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é predominantemente tropical, com temperatura média de 22°C, variando entre 13°C e 28°C. Possui estações bem divididas, sendo a chuvosa, com ocorrência de chuvas fortes de curta duração, entre os meses de outubro e maio, e com características de um clima de Cerrado, tendo épocas de seca e baixa umidade do ar (Codeplan, 2013).

Com relação à vegetação, a região tem predominância de Formação Savânica, caracterizada pelo Cerrado, uma vegetação típica do Brasil Central, sendo as árvores de troncos e galhos retorcidos, casca grossa e folhas grandes (Costa, 2010).

O Distrito Federal possui uma população de 2.817.068 habitantes, segundo o Censo 2022, e uma projeção de 3,4 milhões para o ano de 2030. Demonstrando um rápido crescimento demográfico na capital; em 1957, havia 12.283 habitantes no DF e, no censo de 2010, já apontou 2.570.160 habitantes. Atualmente, Brasília é o terceiro município mais populoso do Brasil, segundo o Censo 2022, e compõe a quarta aglomeração metropolitana mais populosa do Brasil.

As Regiões Administrativas do Distrito Federal possuem diferenças marcantes em relação à demografia, aos processos de ocupação urbana e às condições socioeconômicas da população, o que é perceptível nos diferentes ritmos de crescimento populacional (Codeplan, 2020). As RA's mais populosas são Ceilândia e Samambaia, com, respectivamente, 287.023 e 218.840 habitantes, e as menos populosas são Varjão e SAI, com 8.609 e 5.131 habitantes, respectivamente.

COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A metodologia foi adaptada de Diniz *et al.* (2021). Para execução dos mapas, foi realizada a busca das variáveis ambientais: Uso e Cobertura do Solo, densidade populacional, regiões administrativas, disponibilidade hídrica e poder aquisitivo do Distrito Federal. Os dados para a realização deste trabalho foram obtidos em sites oficiais de órgãos governamentais, como descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Fonte da aquisição e tipos de formatos dos dados utilizados na pesquisa.

Dados	Tipo	Origem	Ano
Regiões Administrativas	Vetorial (polígono)	Sisdia/DF	2021
Uso e Cobertura do Solo	Raster	Mapbiomas/ IBGE	2022
Poder Aquisitivo	Vetorial (polígono)	Sisdia/DF	2020
Densidade Populacional	Vetorial	Sisdia/DF	2021
Grau de comprometimento hídrico	Vetorial (polígono)	Sisdia/DF	2016

Sistema Distrital de Informações Ambientais (Sisdia); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)



Os dados referentes a uso e cobertura do solo estão disponíveis em formato *Raster* pela coleção 8 (oito) do Mapbiomas, que contém as classes de cobertura do solo para o ano de 2022. No processo de aquisição, foi selecionada a camada referente ao limite do Distrito Federal (DF).

Foi realizada a reclassificação das classes de cobertura de acordo com a tabela de classes disponível no *site* para atender à caracterização de cobertura do DF, sendo consideradas 5 classes: formação florestal, formação campestre, plantações/cultivos, área urbanizada e corpos d'água.

Os dados de hidrografia foram acessados pelo Sisdia, na camada “grau de comprometimento da vazão mínima remanescente”. Os dados da tabela permitem avaliar, por unidade hidrográfica, a disponibilidade hídrica a partir da vazão mínima observada em um rio com uma vazão de referência, ou seja, a comparação da situação real do rio com uma situação de referência. Os dados foram obtidos a partir de medições em pontos de controle no Distrito Federal, considerando dados do ano de 2016, sendo expressos em cinco classes: “baixo”, “médio”, “alto”, “comprometido” e “sem informação” (Sisdia, 2020).

O valor utilizado para o indicador é o correspondente ao mês mais seco, calculado a partir da razão entre a vazão mínima observada e a vazão média das mínimas, expresso em porcentagem, conforme a fórmula a seguir, apresentada pelo Zoneamento Econômico Ecológico do DF - ZEE/DF.

$$IQrem = Qminobservada / (0,2 \times Qmedmin) \times 100$$

Onde ***IQrem*** = é a vazão remanescente observada, e consta na tabela de atributos como (*iqr*), expresso em porcentagem: $Q_{mínobservada}$ = Vazão mínima observada para a Unidade Hidrográfica a partir da medição nos pontos de controle, l/s $Q_{médmin}$ = vazão média das mínimas da UH, l/s (Sisdia, 2020).

A variável socioeconômica considerada para desenvolvimento do trabalho foi a densidade demográfica por região administrativa do Distrito Federal. Foi obtida uma camada vetorial disponível no Sisdia com a delimitação das RA's, sendo feita a adequação da tabela de atributos com a inserção de dados ausentes sobre população e área. Os dados do Distrito Federal foram obtidos a partir do Censo/IBGE, que possui os dados sociais de 2021. Foi realizada a manipulação dos dados e a inserção de um novo campo para cálculo da população total dividida pela área em km², para encontrar a densidade demográfica. Dados de algumas regiões administrativas foram retirados da base de dados disponíveis pela Sisdia, em planilhas atualizadas para o ano de 2021, visto que o Censo 2022 ainda não havia disponibilizado seus resultados à ocasião da confecção deste trabalho.

O fator “renda” foi atribuído como a variável econômica, visto que influencia diretamente na qualidade do ambiente de convívio familiar e na garantia de disponibilidade hídrica. Os dados de renda foram obtidos a partir da camada de ‘poder aquisitivo’ em formato *shapefile* disponibilizado na base de dados da Sisdia, referentes ao ano de 2019.

Para auxiliar na identificação de fragilidades e vulnerabilidades em questões ambientais, uma ferramenta bastante utilizada é o geoprocessamento e as ferramentas SIGs. Para elaboração da análise, foi necessária a transformação dos dados para um formato compatível com a metodologia. Partindo desse ponto, para execução do método, os dados foram transformados de *Shapefile* para *raster*, como recomenda Moura, (2007).

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

○ Uso e Ocupação do Solo

O processo de urbanização exerce influência sobre diferentes processos, entre eles o processo de ciclo hidrológico, tanto por evapotranspiração, para proteção do solo contra o arraste de material sedimentar para



rios, quanto na infiltração da água no solo pelas raízes de plantas, além da qualidade da água ser alterada por questões de carregamentos de materiais para os corpos hídricos, principalmente em regiões com cultivos e plantações em grande escala. A cobertura vegetal influencia diretamente na disponibilidade e na qualidade da

água de uma determinada região, acarretando consequências de fragilidades no local (Silva *et al.* 2005). A alteração da paisagem pela retirada da vegetação e por cultivos gera perda da biodiversidade local. Além disso, essas alterações podem contaminar os cursos d'água devido à descarga direta de resíduos no ambiente e alterar a disponibilidade hídrica da região.

O processo de ocupação sem controle é um dos principais fatores de impactos sobre o sistema hídrico, como abordado por Tucci, (2008) e Santos, (2017). Segundo os dados de uso e cobertura do solo apresentados na Figuras 3 e 4, pode-se observar que as classes predominantes para o Distrito Federal são a formação florestal e a formação campestre, em sua maioria. A agricultura está presente em parte do Distrito e conta com grandes números de estabelecimentos agrícolas.

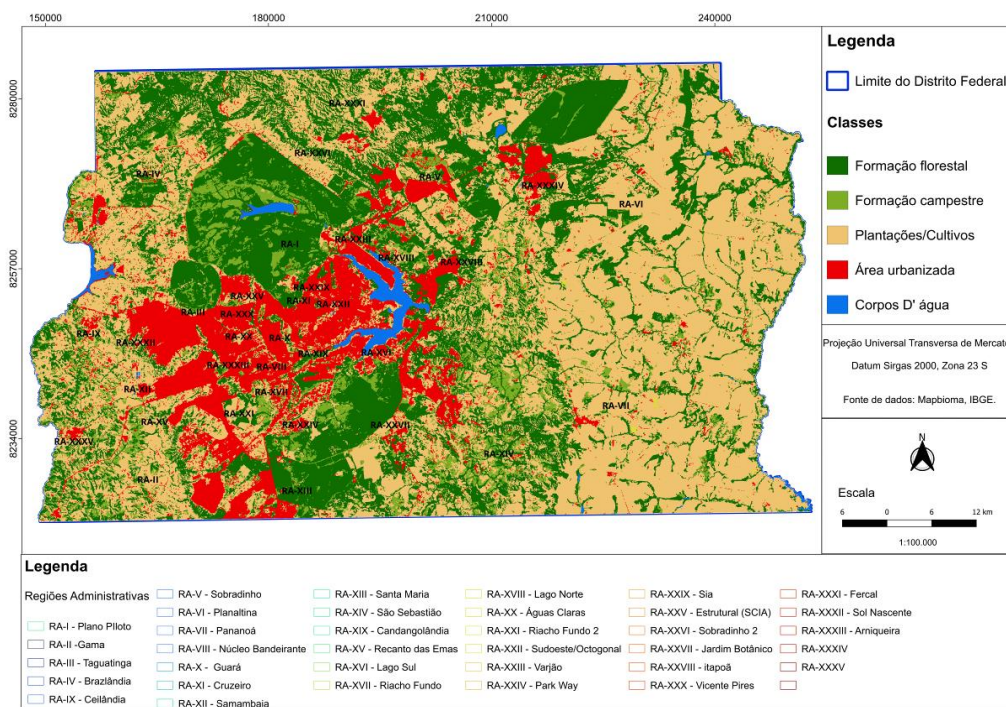


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo das regiões administrativas do Distrito Federal.

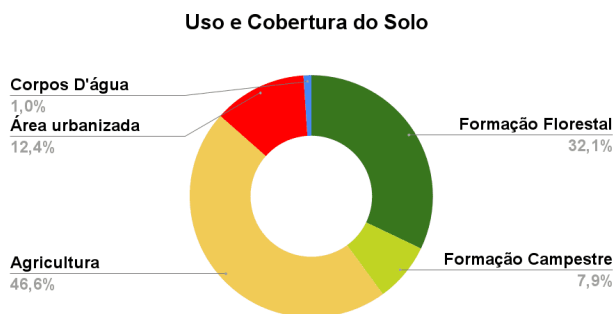


Figura 4: Gráfico demonstrando a porcentagem de uso e cobertura do solo.



A formação florestal compreende as unidades de conservação, tanto as de proteção integral quanto as de uso sustentável. Nessas últimas, há, ainda, grandes áreas preservadas de florestas. A área construída compreende, em sua maioria, edificações nas zonas urbanas do DF e representam 12% do território. O valor da classe “água” representa apenas 1% de todo território e corresponde aos espelhos superficiais de água, como rios, riachos e lagos (naturais e artificiais).

○ Densidade demográfica

Informações sobre relações entre superfícies e número de habitantes são muito utilizadas em estudos ambientais e socioeconômicos, na previsão de desastres, na estimação das pressões ambientais (Azar *et al.* 2013). Regiões que possuem um adensamento urbano alto tendem a ter maiores problemas ambientais e consumos maiores de recursos hídricos (Tucci, 2008; Santos, 2017).

No DF, as regiões administrativas que também apresentam adensamento demográfico alto, apresentam níveis de fragilidade fortes. O despejo de esgoto *in natura* nos rios, depósitos irregulares de resíduos sólidos, sobrecarga do sistema de drenagem por conta da impermeabilização do solo, são, entre outros fatores, contaminantes das águas superficiais e subterrâneas e alteram a disponibilidade hídrica (Tucci, 2008).

A Figura 5, a seguir, mostra a distribuição de pessoas por km² por Região Administrativa no Distrito Federal.

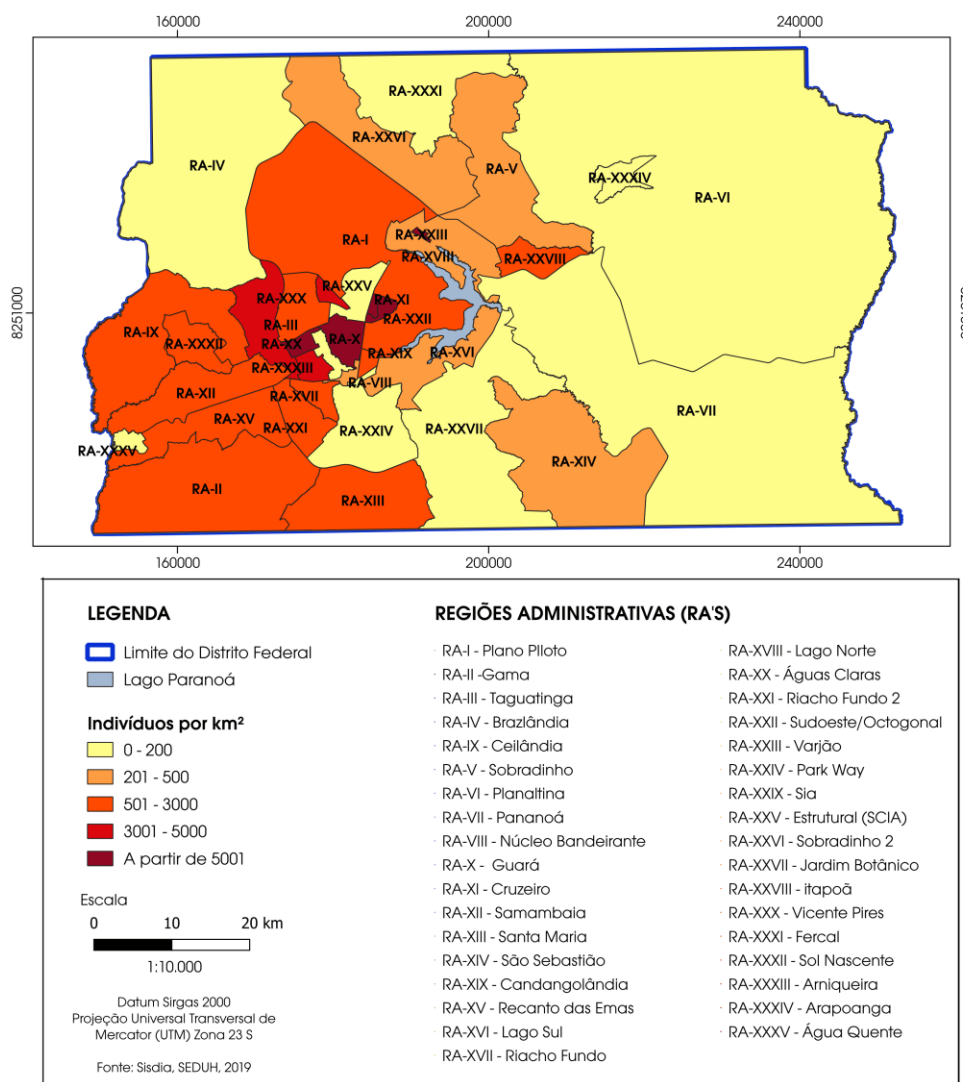




Figura 5: Densidade demográfica do Distrito Federal por Regiões Administrativas.

As regiões administrativas de maior densidade demográfica são as menores em territórios, apresentam grau maior de verticalização, como são os caso de Águas Claras (RA-XX), a de maior densidade, seguida por outras RAs, como Cruzeiro (XI), Sudoeste/Octogonal (XXII) e Guará (X).

o **Disponibilidade Hídrica**

A avaliação de disponibilidade hídrica foi associada às 41 unidades hidrográficas (UH) do DF, considerando a camada de “grau comprometimento hídrico”, que é designada como o inverso da “disponibilidade hídrica”. Para determinação do grau de fragilidade, os valores foram ponderados de acordo com a disponibilidade.

A Figura 7 apresenta a espacialização das disponibilidades hídricas, de acordo com cada Unidade Hidrográfica no Distrito Federal. A ocorrência de UHs com alto comprometimento normalmente está associada à existência, nos limites da UH, de um manancial que serve ao abastecimento de água, seja ele um reservatório de acumulação (Descoberto e Santa Maria), seja um curso d’água com captação (mais de 20 mananciais são utilizados no DF).

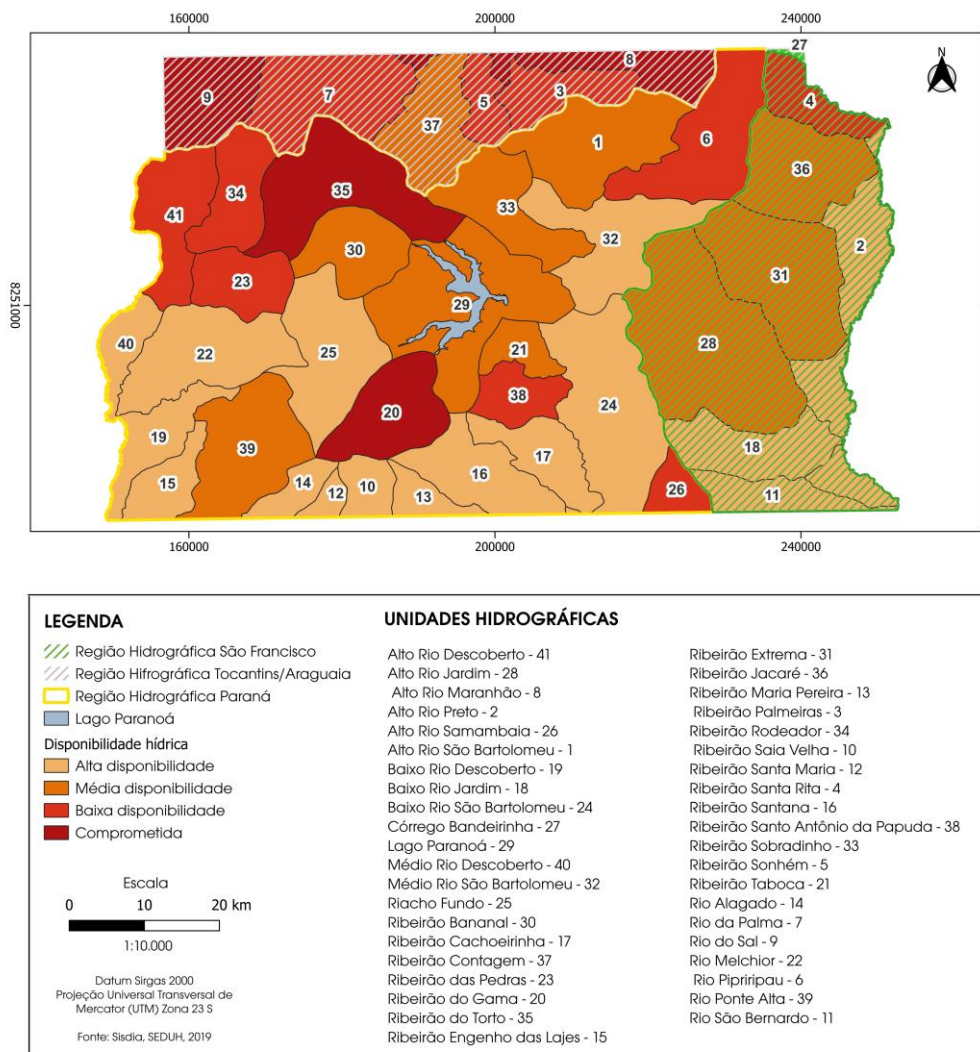


Figura 6: Mapa de Disponibilidade Hídrica do Distrito Federal.

SEGUNDA ETAPA: RECLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para avaliação da insegurança hídrica das regiões administrativas, foi realizada a ponderação dos dados por meio de pesos que representam o seu grau de fragilidades das classes. Foi atribuída uma avaliação das características geoambientais dos atributos, com recomendação de especialista em recursos hídricos, conforme metodologia apresentada por Paiva *et al.* (2022), que se baseia na metodologia proposta por Ross (1994).

Ross definiu uma hierarquia de acordo com o grau de vulnerabilidade para cada classe de cada variável, de forma que, quanto maior o valor atribuído à classe, maior o grau de fragilidade, considerando os aspectos referentes à fragilidade ambiental, levando em consideração a fragilidade do solo como aspecto de vulnerabilidade. Entre as variáveis utilizadas, ele considerou cobertura vegetal, relevo, clima, uso da terra, declividades (Ross, 1994).

Neste estudo, adaptaram-se as abordagens mencionadas (Ross, 1994; Paiva, 2022), para considerar a insegurança hídrica, sob aspectos de grau de comprometimento hídrico, uso e ocupação do solo e densidade demográfica. O objetivo foi encontrar um grau de insegurança hídrica no Distrito Federal que considerasse as alterações urbanas e sociais, que interferem diretamente na disponibilidade hídrica das Regiões Administrativas e atribuiu um grau de insegurança no que se refere à garantia de acesso à água.

Cada classe de variável de uso e cobertura e densidade demográfica foi reclassificada individualmente com números entre 1 e 5 de acordo com os graus de insegurança a processos, sendo: Muito Fraca = 1; Fraca = 2; Médio = 3; Forte = 4; Muito Forte = 5. A camada de grau de comprometimento hídrico foi classificada: Fraca = 2; Médio = 3; Forte = 4; Muito Forte = 5. O Quadro 2 ilustra a ponderação adotada (adaptado de Paiva *et al.* 2022)

Quadro 2: Ponderação dos pesos referentes ao grau de insegurança de cada variável.

Grau de insegurança	Classes de Usos do Solo
Muito Fraca (1) Fraca (2) Média (3) Forte (4) Muito Forte (5)	Corpos d'água Formação florestal Formação campestre Área urbana Plantações e cultivos
	Densidade demográfica (hab./km²)
Muito Fraca (1) Fraca (2) Média (3) Forte (4) Muito Forte (5)	0 a 200 201 a 500 501 a 3000 3001 a 5000 acima de 5001
	Grau de Comprometimento Hídrico
Fraca (2) Média (3) Forte (4) Muito forte (5)	Baixo Médio Alto Comprometido

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

A Figura 7 apresenta os mapas de: comprometimento hídrico, densidade demográfica e uso e cobertura do solo, já reclassificados, em que foram atribuídos valores correspondentes ao seu grau de fragilidade, para serem usados no mapa de insegurança hídrica.

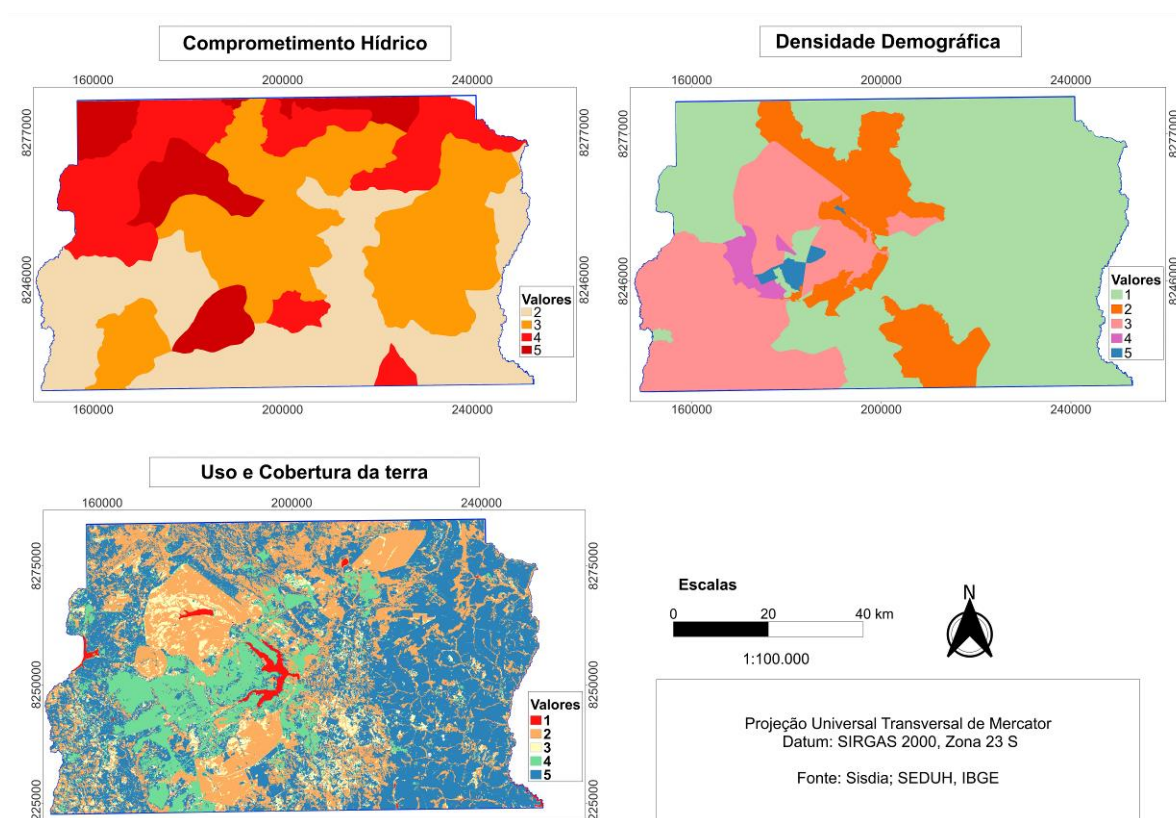


Figura 7: Mapa contendo as camadas reclassificadas de acordo com graus de fragilidades.

TERCEIRA ETAPA: ALGEBRA DE MAPAS

Álgebra de Mapas é uma ferramenta útil no campo do geoprocessamento, também denominada como operação de modelagem cartográfica. Consiste na utilização de operações matemáticas para a análise, manipulação de dados, extração de informações. Permitindo avaliar e identificar as relações entre diferentes variáveis (French & Li, 2010; Morais et al. 2022).

O cálculo das camadas ponderadas foi realizado com recurso à ferramenta *Calculadora raster*, disponível no programa Qgis V.3.32.1. As camadas foram agregadas seguindo a fórmula a seguir:

$$MIH = (GCH + DD + UCS) / 3$$

MIH= Mapa de Insegurança Hídrica; GCH= Grau de Comprometimento Hídrico; DD= Densidade Demográfica; UCS= Uso e Cobertura do Solo.



RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

INSEGURANÇA HÍDRICA

O mapeamento de fragilidades é uma ferramenta importante no contexto das análises ambientais porque pode considerar aspectos que se relacionam com a dinâmica do ambiente, ilustrando como se comportam essas interações, que podem estar aliadas a fatores antrópicos. Como resultados das avaliações e ponderações realizadas pelo processo de álgebra de mapas, observa-se, neste caso, como ilustra a Figura 8, que as regiões administrativas, em sua maioria, apresentam um grau de insegurança hídrica forte, representada pela cor vermelha no mapa. Deve ser considerado que, pelas análises anteriores, muitas dessas RA's também respondiam a fragilidades altas em relação à cobertura do solo.

O ambiente foi dividido em grande proporção em três graus principais: insegurança baixa, média e forte. A área com vulnerabilidade muito forte foi pouco expressiva, contemplando apenas 1 região administrativa, a RA Varjão - (XXIII). A vulnerabilidade nessa região pode estar atrelada aos valores de densidade demográfica que se apresentam altos quando associadas à sua menor extensão territorial. Além disso, a quase ausência de áreas de vegetação acaba gerando valores de fragilidade altos quando comparados às outras RA's. Em relação à disponibilidade, segundo o mapa de grau de comprometimento hídrico, está também situada em uma região com baixo grau de disponibilidade. Todos esses fatores, quando realizada a agregação das variáveis, gera um alto grau de insegurança hídrica para essa região administrativa. Não deixa de ser uma informação importante para o gestor dessa RA: o estresse hídrico nesse espaço territorial deve ensejar ações de sensibilização e mobilização sobre a questão hídrica.

Em maioria, as outras Regiões Administrativas ficaram associadas a insegurança “forte”, representada no mapa pela cor vermelha, como é o caso das RA's Taguatinga, Águas Claras, Arniqueiras, Núcleo Bandeirante, Cruzeiro, Recanto das Emas, Candangolândia, Ceilândia, Cruzeiro, Guará, Park Way, Samambaia, Sudoeste/Octogonal, Vicente Pires, Sol Nascente e SCIA/Estrutural. Apesar de apresentarem a grande maioria do número de RA's e da população do DF, esse conjunto de RA's responde por uma parcela pequena do território do DF.

As relações de fragilidade dessas regiões também estão associadas aos problemas de adensamento urbano, correspondente a grande mancha de urbanização existente e com maior concentração de moradores. De acordo com o grau de comprometimento hídrico, as Regiões estão associadas a alta e médio comprometimento, que indica uma disponibilidade baixa. Por terem um grande adensamento urbano, as áreas de formação vegetal se tornam menores, ampliando assim o grau de insegurança.

Para as regiões de plantações e cultivos, que estão associadas, em grande proporção, às regiões administrativas Planaltina e Paranoá, que são as maiores Regiões Administrativas em extensão territorial do Distrito Federal, identificou-se insegurança média em quase toda a extensão, apesar de plantações terem sido associadas com valores 5 (muito forte) de fragilidade na ponderação de uso e ocupação do solo.

Esse resultado está relacionado ao fato de que, apesar de caracterizadas com 5 no uso e ocupação do solo, essas regiões apresentaram valores baixos de adensamento urbano. Ao se tratar de grau de comprometimento hídrico, apresentam-se como alto e médios, tendo em vista que regiões de cultivos demandam maiores consumos de água.

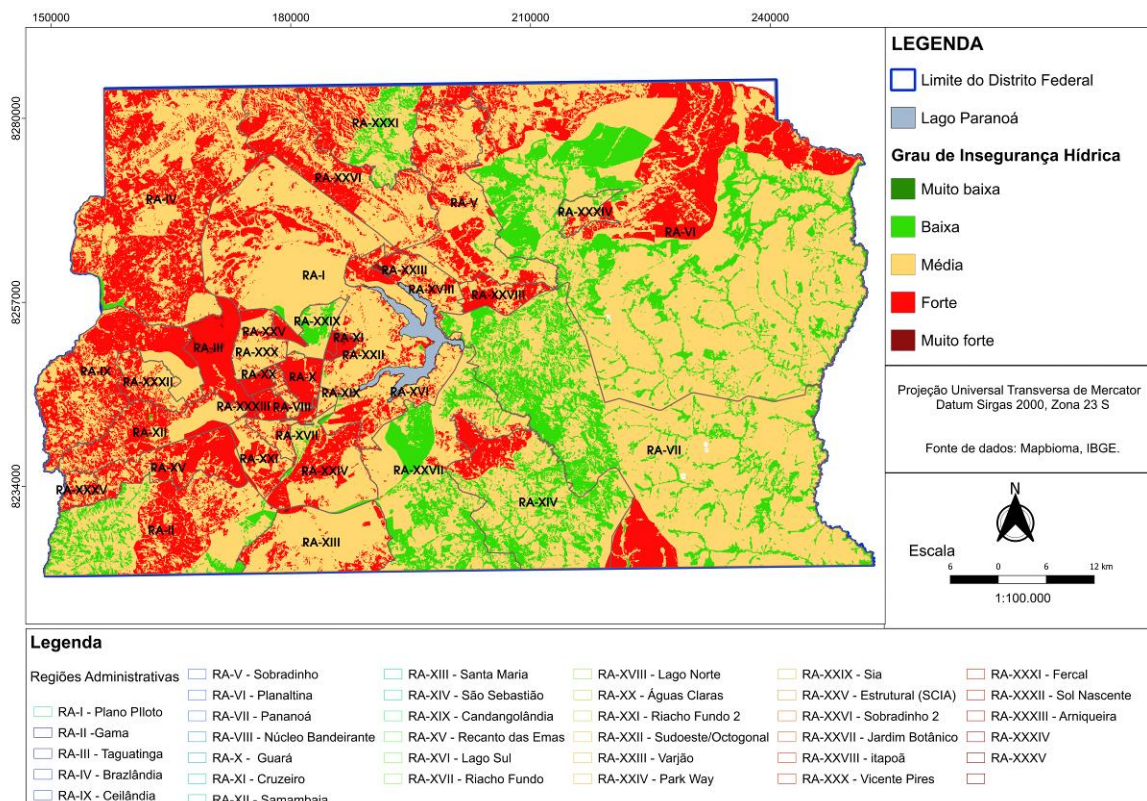


Figura 8: Mapa de insegurança hídrica das regiões administrativas do Distrito Federal.

De acordo com Eichler, (2012); Mesquita *et al.* (2020), as pressões nos sistemas hídricos se intensificaram, com a criação de algumas RAs, entre as degradações destacadas pelo autor, ocorreu o soterramento de nascentes, a abertura de poços irregulares e fossas para disposição de efluentes sanitários irregulares. Causando aumento na demanda e diminuição da disponibilidade, e cenários de incertezas referentes à disponibilidade hídrica, como eventos de escassez e crises, como em 2016. O sistema de monitoramento da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa) já aponta áreas em estado de alerta ou estado crítico também pela devastação da vegetação nativa, ocupações irregulares e assoreamento dos rios.

Insegurança hídrica e Renda

Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar se as regiões que mais sofrem com insegurança hídrica têm maior vulnerabilidade socioeconômica. Santos (2017) traz uma observação referente a essa temática, no âmbito socioeconômico, quando cita que as regiões que possuem menor renda e maior densidade populacional tendem a ter maiores problemas ambientais.

Dessa forma, tentou-se correlacionar as áreas que possuem maior insegurança hídrica com as de menor renda e observar se coincidem geograficamente. A Figura 9 apresenta um mapa de poder aquisitivo no DF, valor esse expresso pela renda média mensal domiciliar por Região Administrativa. Observa-se que a região administrativa do Lago Sul (RA- XVI), considerada a região com maior renda do País (Codeplan, 2023), apresenta insegurança hídrica média.

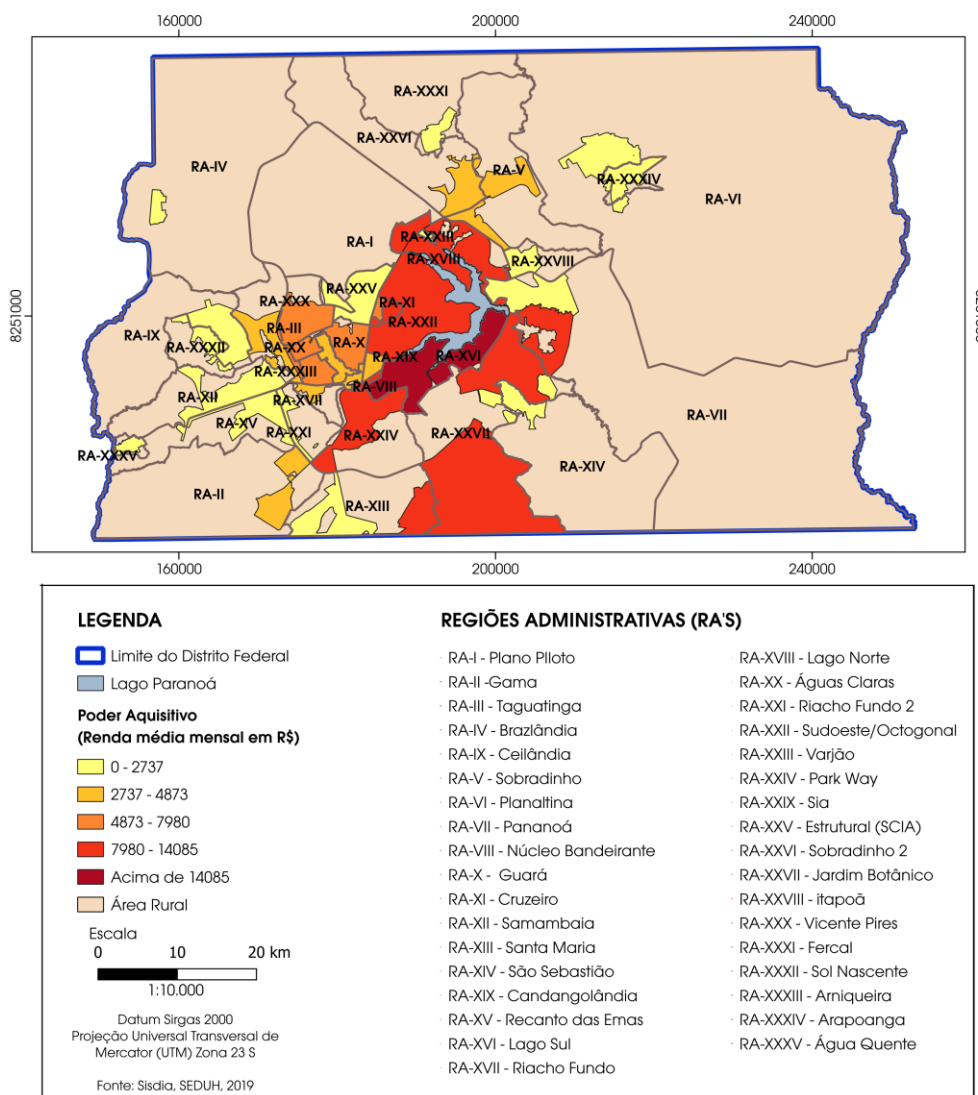


Figura 9: Mapa de distribuição de rendas domiciliar no Distrito Federal.

De um modo geral, as regiões de maior poder aquisitivo no DF possuem níveis médios de insegurança hídrica.

Por outro lado, ao se considerar o índice de vulnerabilidade social (IVS) do DF, que agrega as dimensões de infraestrutura e ambiência urbana, de capital humano, de renda e trabalho (DRT) e habitacional, observa-se que as regiões socialmente mais vulneráveis apresentam níveis fortes de insegurança hídrica. Esse índice varia de 0 a 1, sendo 1 o valor máximo de vulnerabilidade social. Segundo Codeplan (2021), o IVS do DF é 0,34 e os das regiões com maior vulnerabilidade são: SCIA/Estrutural - RA XXV (0,72); Sol Nascente/Pôr do Sol - XXII (0,60), Fercal - XXXI (0,55), Varjão - XXIII (0,53) e Itapoã - XXVIII (0,53). O IVS do Lago Sul (RA- XVI) é 0,14.

Santos (2017) assinala que os problemas relacionados aos impactos ambientais são sentidos de forma mais intensa em regiões ocupadas por populações vulneráveis. Essas regiões, por sua vulnerabilidade, costumam



não apresentar capacidade de lidar com distúrbios ambientais, não dispondo, normalmente, de infraestruturas e, principalmente, têm dificuldades em se recuperar após a ocorrência de crises (Porto, 2007; Santos, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No mapa de insegurança, observa-se, também, que as regiões que possuem urbanização consolidada e alta densidade demográfica, tendem também a apresentar um nível forte de insegurança hídrica. Isso se dá pelos percentuais reduzidos de formações campestres e florestais nas áreas dessas RAs.

Observou-se que, de um modo geral, existe um nível elevado de insegurança hídrica associado às diferentes regiões administrativas, o que era esperado, tendo em vista as condições do próprio Distrito Federal, com uma densidade demográfica elevada, para os padrões brasileiros, em uma região com ausência de cursos d'água caudalosos.

Trata-se de um primeiro exercício de se buscar associar uma situação de insegurança hídrica às regiões administrativas do DF. Aprimoramentos na abordagem adotada podem ser desenvolvidos, a exemplo da consideração do acesso aos serviços de abastecimento e esgotamento sanitário como uma dimensão a ser incorporada na análise.

Acredita-se, de todo modo, que a presente avaliação de insegurança hídrica já possa contribuir para o planejamento e a adoção de medidas de uso e conservação não só por parte dos gestores das Regiões Administrativas, como também pelas diferentes instâncias distritais de planejamento e gestão das águas.

De acordo com Alvalá *et al.* (2017), os impactos causados no ambiente podem ocorrer em diferentes escalas e setores da sociedade, resultando em danos nas esferas econômicas, sociais e ambientais. A análise da fragilidade ambiental, assim como da insegurança hídrica, possibilita identificar sistemas ambientais em seus níveis de organização. Tais análises auxiliam na gestão territorial e da dinâmica entre os aspectos naturais e antrópicos, em que as modificações e usos excessivos do espaço estão influenciando no clima, os processos erosivos e o balanço hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDALA, K. O.; RIBEIRO, F. L.; FERREIRA, M. E.; Risco de impactos ambientais gerados pela dinâmica de uso do solo no estado de Goiás: uma abordagem multimétodos. *Revista Brasileira de Cartografia*. N 68/2 Edição Especial Aplicações dos SIG: 235-252. **Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto**, 2016.
2. ALVALÁ, R. C. S., CUNHA, A. P. M. A., BRITO, S. S. B., SELUCHI, M. E., MARENGO, J. A., MORAES, O. L. L., & CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. 2019. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91, e20170209.
3. CANTELLE, T. D.; LIMA, E.C.; BORGES, L.A.C.B. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil - **Rev. Agro. Amb.**, v. 11, n. 4, p. 1259-1282, out./dez. 2018 - ISSN 1981-9951 - e-ISSN 2176-Maringá- Paraná.
4. CAPODEFERRO, M. W.; SMIDERLE, J. J.; OLIVEIRA, L. A. D.; DINIZ, D. T. L. **Mecanismos adotados pelo Distrito Federal no combate à crise hídrica**. XXXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y ambiental. 2018.
5. CODEVASF. **Caderno de caracterização: do Distrito Federal** / organizadores, Renan Loureiro Xavier Nascimento 2022, Brasília, DF, 101 p.: il.
6. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama das cidades (2022) – Dados referentes ao censo 2020**. Cidade de Brasília



7. CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Distrito Federal - **informações socioeconômicas e geográficas, Brasília (DF)** / junho de 2013
8. CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Distrito Federal - **Atlas do Distrito Federal**. 2017.
9. CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Distrito Federal - **Projeções populacionais para as regiões administrativas do Distrito Federal 2020 - 2030** - resultados. Brasília.
10. DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; LIBÂNIO, M.; Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 15(2), 155–166. 2010.
11. DINIZ, T. G.; GRANDE, M. H. D.; GALVÃO, C. O.; (2021). Vulnerabilidade domiciliar em situação de intermitência no abastecimento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 26(3), 535–543.
12. EICHLER, Mônica Caltabiano. Recarga artificial de aquíferos: proposta para o núcleo rural Lago Oeste, DF. orientador: Marcelo Gonçalves Rezende. Pós-graduação em Planejamento e Gestão Ambiental. 2012. Universidade Católica de Brasília. Brasília.
13. FRENCH, K.; LI, X. Feature-based cartographic modelling. **International Journal of Geographical Information Science**, 2010. 141-164, Vol. 24, No. 1. DOI: 10.1080/13658810802492462.
14. GAMA, L. L. F. M. e GOMES, Y. R.; Os indicadores ambientais: melhoria na qualidade da água para consumo humano. **IBEAS**. 4º Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado/ RS, 2021.
15. LIEHR, S., RÖHRIG, J., MEHRING, M., & KLUGE, T.; *How the social-ecological systems concept can guide transdisciplinary research and implementation: Addressing water challenges in central northern Namibia*. **Sustainability (Switzerland)**, 9(7), 2017.
16. LOPES, B.; TROLEIS, A. L.; Potencialidades e Fragilidades da estrutura hídrica do território do Rio Grande do Norte. **Revista Tocantinense de Geografia**, [S. l.], v. 11, n. 23, p. 61–78, 2022. DOI: 10.20873/rtg.v11n23p61-78
17. MESQUITA, F. N.; SILVESTRE, K. S.; STEINKE, V. A.. Urbanização e degradação ambiental: análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 722-734, 2017.
18. MIRANDA, D. T.; DECESARO, G. D.; Os impactos e as consequências gerados pela urbanização acelerada às águas urbanas. **Revista Técnico-científica do CREA/PR**. n.13. Artigos técnicos. 2018.
19. MORAIS, E. S.; UEMA, D. Y.; MONTANHER, O. C. Álgebra de mapas em publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia: período entre 2001 e 2020. Nota técnica. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 23, nº 2, p 1501- 1511, (2022).
20. MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, Anais, São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2899-2906.
21. ONU, Organização das Nações Unidas; Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: **Relatório-síntese sobre Água e Saneamento. Resumo executivo**, 2018.
22. PAIVA, A. M. L.; AMARO, V. E.; DI LOLLO, J. A.; COSTA, C. W.; Fragilidade ambiental aplicada em área de manancial no Nordeste brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 128–147. 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n1ID24368.
23. PORTO, M. F. S.; Uma ecologia política dos riscos: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. **SciELO-Editora FIOCRUZ**, 2007.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



24. PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 03 nov. 2023, através do link: <https://brasil.mapbiomas.org/en/colecoes-mapbiomas/> ".
25. ROSS, J. L. S. ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 8, p. 63-74, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006.
26. SANTOS, J. O.; (2015). Relações entre Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social na Susceptibilidade aos Riscos. 2015. **Mercator (Fortaleza)**, 14(2), 75–90.
27. SANTOS, K. A., RUFINO, I. A. A., e BARROS, M. N. M.; Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. 2017. **Rev. Engenharia Sanitária E Ambiental**, 22(5), 943–952.
28. SEMA, Secretaria de Meio Ambiente/ DF. **Aspectos da hidrografia do Distrito Federal**. 2017.
29. SILVA, L. C. S.; **Fragilidade hídrica e ecodinâmica na bacia hidrográfica do rio Sergipe: desafios à gestão das águas**. 2014. Orientadora: Rosemeri Melo e Souza. Tese (Doutorado) PPG-Geografia. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. Sergipe. 2014.
30. SISDIA, Sistema Distrital de Informações Ambientais. Principal base de dados ambientais pública e gratuita do Distrito Federal - Brasília/ DF. 2023.
31. SOARES, A. E. P.; PRADO, A. R. M.; SILVA, S. R. O monitoramento como ferramenta da redução do consumo de água potável na Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco-Fcap/UPE. **Revista Técnico-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 42-48, 2019.
32. TUCCI, C. E. M.; Águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112. 2008.