

## USO DA ABORDAGEM MAPES PARA O MONITORAMENTO DAS PERDAS DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS NA GESTÃO URBANA: AVALIAÇÃO DE SUB BACIA NO PLANO PILOTO NO DISTRITO FEDERAL.

### Sessão Temática 04: Convergências entre urbanização e natureza

*Resumo. Metodologias no campo dos Serviços Ecosistêmicos estão em processo de difusão. No entanto, ainda são escassas as publicações no âmbito brasileiro que articulem a problemática urbana com as áreas verdes e a manutenção dos serviços ecosistêmicos. Apesar de serem destaque no âmbito da teoria, os estudos quantitativos são poucos. Dessa forma, compreender as correlações entre as perdas de serviços ecosistêmicos e as formas de ocupação do solo se mostram essenciais para instrumentalizar o monitoramento e as decisões no âmbito da gestão pública de ordenamento territorial. Nesse sentido, esta pesquisa busca avaliar a abordagem Mapping Ecosystem Services- MapES, como ferramenta de monitoramento para as perdas e ganhos de cinco serviços ecosistêmicos hídricos no Território Urbano: Controle de escoamento (CES), Controle de Erosão (CER), Abastecimento de Água (AAG), Manutenção da Qualidade da água (MQA), Manutenção da Qualidade do solo (MQS). Para isso, foi selecionada uma sub bacia inserida em integralidade no Distrito Federal localizada em área urbana para aplicação da abordagem MapES com o desenvolvimento de uma ferramenta Python. Como conclusão pode ser verificado que a ferramenta se mostra capaz de medir as perdas e ganhos dos serviços e que a cobertura vegetal é um forte indicador para essa medição, especialmente em matriz urbana.*

*Palavras-chave. Serviços Ecosistêmicos; Planejamento Urbano; Sig; Python.*

#### Tradução do título em inglês

**Abstract.** *Methodologies in the field of Ecosystem Services are in the process of diffusion. However, there are still few publications in Brazil that articulate the urban problem with green areas and the maintenance of ecosystem services. Despite their prominence in the field of theory, quantitative studies are few. Thus, understanding the correlations between the loss of ecosystem services and the forms of land occupation are essential to instrumentalize the monitoring and decisions in the sphere of public management of land use planning. In this sense, this research seeks to evaluate the Mapping Ecosystem Services - MapES approach as a monitoring tool for the losses and gains of five water ecosystem services in Urban Territory: Runoff Control (CES), Erosion Control (CER), Water Supply (AAG), Maintenance of Water Quality (MQA), Maintenance of Soil Quality (MQS). For this, a sub-basin was selected in the Federal District located in an urban area to apply the MapES approach with the development of a Python tool. As a conclusion it can be verified that the tool is capable of measuring the losses and gains of services and that the vegetation cover is a strong indicator for this measurement, especially in an urban matrix.*

*Keywords: Ecosystem Services; Urban Planning; Gis; Python.*

#### Tradução do título em espanhol

**Resumen.** *Las metodologías en el campo de los servicios ecosistémicos están en proceso de difusión. Sin embargo, aún son pocas las publicaciones en el ámbito brasileño que articulan la problemática urbana con las áreas verdes y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. A pesar de estar destacados en el ámbito de la teoría, los estudios cuantitativos son escasos. Así pues, la comprensión de las correlaciones entre la pérdida de servicios ecosistémicos y las formas de ocupación del suelo son esenciales para instrumentalizar el seguimiento y las decisiones en el contexto de la gestión pública de la ordenación del territorio. En este sentido, esta investigación pretende evaluar el enfoque Mapping Ecosystem Services- MapES como herramienta de monitorización de las pérdidas y ganancias de cinco servicios ecosistémicos del agua en el Territorio Urbano: Control de la Escorrentía (CES), Control de la Erosión (CER), Abastecimiento de Agua (AAG), Mantenimiento de la Calidad del Agua (MQA), Mantenimiento de la Calidad del Suelo*

*(MQS). Para ello, se seleccionó una subcuenca inserta en la integralidad en el Distrito Federal localizada en una zona urbana para la aplicación del enfoque MapES con el desarrollo de una herramienta Python. Como conclusión se puede comprobar que la herramienta se muestra capaz de medir las pérdidas y ganancias de servicios y que la cubierta vegetal es un fuerte indicador para esta medición, especialmente en una matriz urbana.*

*Palabras clave: Servicios ecosistémicos; ordenación del territorio; Sig; Python*

## 1. Introdução

A abordagem da cidade como espaço, em que as funções ecossistêmicas devem comparecer para manutenção da paisagem remete a compreensão do que são os Serviços Ecossistêmicos (SE). Segundo Constanza (1997), esses são entendidos como benefícios advindos da natureza, os quais são necessários à manutenção das cidades, que só são possíveis com o ciclo de funcionamento do ecossistema sendo preservado.

O primeiro alerta global da relação entre a ocupação urbana e o impacto sobre os serviços ecossistêmicos surge em 2001 nos estudos que antecedem a publicação em 2005 da Millenium Ecosystem Assessment - MEA quando os categorizou em quatro grupos: (i) Provisão, produtos obtidos da natureza como alimentos, água, fibras, sementes, vegetais, madeira, remédios provenientes das plantas; (ii) cultural, obtidos do contato com a natureza, contribuindo para o bem-estar e relações socioculturais com o meio ambiente, como a beleza cênica, natureza como inspiração para arte e design, valor espiritual e religioso, conservação da paisagem, conhecimento científico e educacional; (iii) Regulação, atuação do ambiente feita pelo ecossistema, como regulação do microclima, qualidade do ar, qualidade da água, controle de erosão, controle de desastres naturais, controle de eventos climáticos extremos fertilidade do solo, polinização, dispersão de sementes, regulação dos fluxos de água, controle de secas, inundações, entre outros e o (iv) suporte, que concede apoio as demais categorias citadas, através da ciclagem de nutrientes, formação do solo, ciclos biogeoquímicos, biodiversidade.

Os recursos hídricos, serviço ecossistêmico de reserva extremamente limitada, corresponde a 2,5% do total de água no planeta. De acordo com a Agência Nacional de Águas- ANA, desse percentual, 69% concentra-se em geleiras, 30% em aquíferos e 1% nos reservatórios superficiais (SERAPHIM,2018). Mesmo nesse cenário de escassez esse recurso finito vem sendo impactado por diferentes usos dentre eles a urbanização quando 48 milhões de pessoas entre 2013 e 2016 foram afetadas. Nesse contexto, a instrumentalização das análises no âmbito da gestão urbana e territorial, com conhecimento sobre sua infraestrutura ecológica e o seu potencial ecossistêmico, com tecnologias mais assertivas de intervenção e monitoramento dos serviços ecossistêmicos hídricos é um passo essencial para alteração desse panorama. Desta forma, avançar em metodologias que estabeleçam as relações entre as perdas de serviços ecossistêmicos e as formas de ocupação do solo tornam-se uma maneira assertiva para direcionar tomadas de decisão no âmbito das políticas de projetos e planejamento urbano.

É certo que a problemática dos impactos socioambientais da urbanização vem sendo discutida amplamente desde os anos de 1980. Entretanto, cabe destacar que na maioria das vezes esses estudos possuem abordagem intuitiva, sem mensurar as relações entre causa e efeito, que remetam a uma estratégia clara a ser adotada para mitigar os impactos urbanos, apontando o que de fato resulta na garantia e manutenção dos serviços ecossistêmicos hídricos. (MCDOUNGH et al.,2017).

No caso do Distrito Federal-DF as condições de seu meio físico biótico se destacaram como relevantes para definição de sua ocupação dado suas especificidades de solo e água. As condições de seu meio físico foram estudadas desde seu início, quando da definição de seu território nos anos de 1950, pelo Relatório Belcher, que a época utilizou técnicas avançadas para avaliar geologia, geomorfologia, hidrografia e vegetação para melhor situar o que seria a nova capital do Brasil. Entretanto, mesmo com a demonstração das fragilidades de sua infraestrutura

ecológica hídrica, no advento de sua ocupação, as práticas de estrutura urbana desconsideraram os riscos ecológicos e a manutenção dos serviços ecossistêmicos hídricos.

A dinâmica urbana crescente das últimas décadas no DF tem contribuído para a alteração dos usos e do ecossistema local, cooperando com a deflagração da crise hídrica nos anos de 2016 a 2018, que exigiu racionamento de água para garantir abastecimento humano com reflexos nas atividades econômicas urbanas e rurais. Portanto, mesmo que o estudo dos serviços ecossistêmicos e suas relações com as cidades demandem várias interfaces, o tema dos recursos hídricos impõe para o Distrito Federal urgência no monitoramento e na produção de informações que subsidiem ações de planejamento urbano e induzam padrões de ocupação do solo que dialoguem com as fragilidades e riscos aos serviços ecossistêmicos hídricos, especialmente a garantia de disponibilidade hídrica e a potencialização dos processos de infiltração.

Dessa forma, compreender métodos que estabeleçam as correlações entre as perdas de serviços ecossistêmicos e as formas de ocupação do solo mostram-se essenciais para instrumentalizar o monitoramento e as decisões no âmbito da gestão pública de ordenamento territorial. Dentre as abordagens de mensuração dos serviços ecossistêmicos enquadram-se o uso das geotecnologias tendo surgido nos últimos anos novas técnicas que se valem do sistema de informações geográficas (SIG) e do sensoriamento remoto, com vistas à elaboração de mapeamento e monitoramento acerca dos serviços ecossistêmicos (BURKHARD et al., 2009). Apesar desses avanços as pesquisas de monitoramento e mapeamento dos serviços ecossistêmicos, que buscam avaliar a variabilidade espacial dos SE e o espaço temporal, em geral, são reduzidas nas áreas urbanas (KANDZIORA et al., 2013; MCDONOUGH et al. 2017; LIMA L., 2019), sendo menos de 10% das publicações sobre SE que tratam do uso do solo urbano. (GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2013; KRONENBERG et al., 2013).

No entanto, o desenvolvimento dos ajustes metodológicos para cobrir um campo de estudo relevante, frente aos impactos dos processos de urbanização sobre os recursos hídricos, tem demonstrado a aplicabilidade das geotecnologias quanto a mensuração e quantificação da produção de serviços ecossistêmicos em bacias com características rurais e urbanas. Por se tratar de análises que demandam várias interfaces, os estudos focam em avaliar e quantificar serviços ecossistêmicos de maior grau de perda em acordo com suas realidades territoriais.

A metodologia elaborada por Gaudereto et al., (2018), no estado de São Paulo, teve como foco avaliar a prestação de serviços ecossistêmicos em áreas com presença de vegetação, como os parques municipais, por se tratar de áreas com uso e cobertura com maior potencial para as trocas ecológicas tais como: processo de infiltração natural, melhoria do microclima, paisagem cênica. O método abordou um estudo comparativo com uso de indicadores. Atualmente, essa proposta metodológica comparece como instrumento de monitoramento no âmbito dos planos de áreas verdes urbanas do município

No caso Distrito Federal, questões afetas aos serviços ecossistêmicos comparecem nos órgãos de pauta rural e ambiental e carecem de aderência nos órgão de gestão urbana, especialmente no contexto dos impactos de padrões urbanos de alta impermeabilidade sobre a infraestrutura ecológica produtora de água. Nesse contexto, a abordagem elaborada por Lima et al., (2017), Mapping Ecosystem Services (MapES), apoiada pelas pesquisas da Embrapa Cerrados, foi aplicada no contexto rural com vistas a criação de uma metodologia que monitore as perdas dos serviços ecossistêmicos hídricos no DF. O método avalia por meio de um índice a prestação de oito serviços ecossistêmicos hídricos, a saber: controle de erosão, controle de escoamento, abastecimento de água, manutenção da qualidade da água, manutenção da qualidade do solo, manutenção da biodiversidade, produção de alimentos e produção de energia. Sendo a Atividade ecossistêmica desses serviços estimada em 18 classes de uso e cobertura do solo, dentre elas o urbano, integradas as propriedades da paisagem – solo, declividade e distância dos cursos hídricos.

Assim, diante da relevância do tema e sua pertinência para o caso do Distrito Federal, que carece no âmbito da gestão urbana e territorial de ferramentas de monitoramento que avaliem os impactos das estruturas urbanas sobre os serviços ecossistêmicos hídricos, especialmente suas áreas de recarga de aquíferos, se buscou avaliar a aplicabilidade do método MapES em contexto urbano, a fim de delimitar as potencialidades e fragilidades, assim como sua efetividade de aplicação como ferramenta de monitoramento no âmbito da gestão territorial e urbana com ênfase em cinco serviços ecossistêmicos. Para mais, com vistas a elaboração de um estudo que possa ser replicado nos órgãos de gestão e ordenamento territorial DF e outros estudos acadêmicos, esta pesquisa buscou utilizar os dados de livre acesso existentes nas bases da Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE-DF).

## **2. Aplicação da abordagem MAPES em sub bacia Urbana do Distrito Federal**

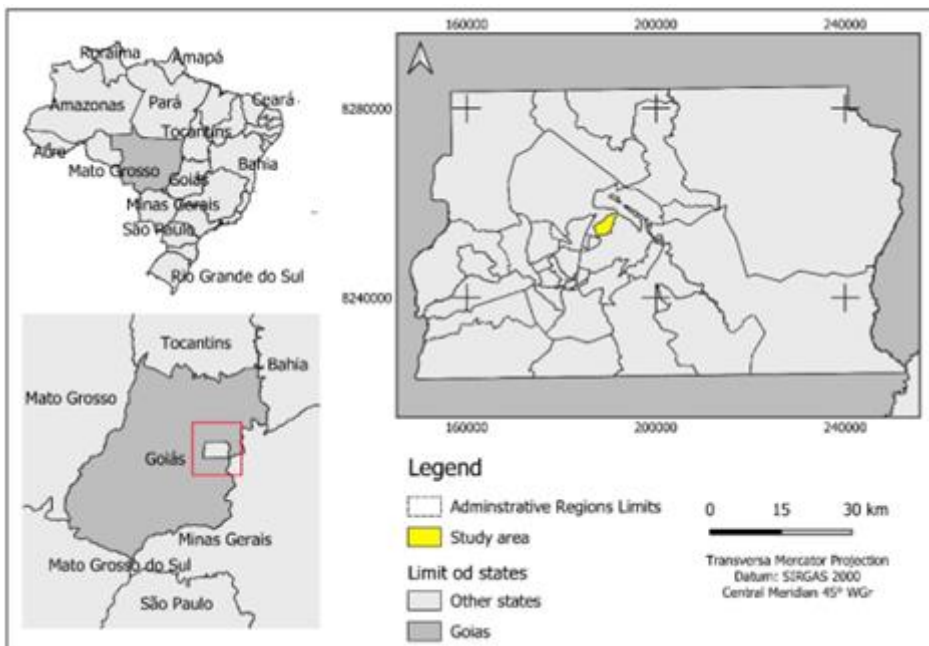
O território do Distrito Federal se destaca por fragilidades ambientais do ponto de vista hídrico, tais como: (i) as condições do solo do cerrado, composto por latossolos e cambissolos, susceptíveis à processos hidroerosivos quando retirada sua vegetação; (ii) a escassez hídrica, pois no território não existiam cursos d'água capazes de abastecer uma grande cidade, sendo o sistema hídrico, em sua maior parte, composto por nascentes; e (iv) ocupação urbana e territorial desordenada, pautadas em padrões de alta impermeabilidade e impacto sobre a infraestrutura ecológica.

Frente a isso, a área escolhida para estudo do monitoramento das relações entre padrões urbanos e serviços ecossistêmicos hídricos corresponde a uma sub-bacia da Região Administrativa (RA) do Plano Piloto do Distrito Federal (DF), como mostra a Figura 1 a seguir, que faz parte da ocupação inicial de Brasília na década de 1960. Por se tratar de uma ocupação pautada nos ditames do modernismo, das cidades-parque, a sub bacia segue o padrão urbano das tipologias de superquadra do Plano Piloto: módulo básico formado por projeções de edifícios, permeadas por grandes áreas verdes públicas.

A vegetação, em sua maioria, se caracteriza por cobertura vegetal de formação campestre e gramíneas; os estratos de maior porte concentram-se nos Parques Burle Marx e Olhos D'água, que constituem manchas isoladas na área urbana. Atualmente, a sub bacia é uma das mais impactada por alagamentos e se pode dizer que as áreas de vegetação, do tipo gramíneas, localizadas nos espaços livres de edificação possuem alto teor de compactação, provenientes do trânsito constante de pedestres e intervenções para implantação de urbanizações.

Ademais, a sub bacia está localizada entre as áreas mais importantes de recarga regionais estando completamente inserida na classe pedológica como latossolos vermelho de textura média a argilosa, bem drenados, com espessuras de em torno de 20 metros, caracterizado pelas pequenas taxas de declividades, sendo em geral inferiores a 5% e apenas em localmente, entre 5 e 10%. O aquífero em subsuperfície possui uma importância hidrogeológica local relativamente elevada por ser do tipo intergranular contínuo, livre e de grande extensão lateral (GONÇALVES, 2016).

Figura 1 Localização da área de estudo (fonte: elaborada pelos autores).



### 3. Metodologia

Para subsidiar a aplicação do método MapES na avaliação e monitoramento dos serviços ecossistêmicos hídricos em áreas urbanas, a princípio, foram selecionados cinco serviços ecossistêmicos apresentados no método, desconsiderando os de caráter exclusivamente rural, e selecionando os indicadores que possuem maior aderência às questões e problemáticas urbanas do DF, conforme tabela 1, a seguir.

Quadro 1 Serviços Ecossistêmicos e indicadores. Fonte: Lima et al., (2017)

Serviço Ecossistêmicos	Indicadores Associados
Controle de escoamento (CES)	Cobertura vegetal; Estratificação vegetal; Deposição de lixo; Escoamento superficial / infiltração; Intensidade do uso do solo; Degradação do solo; Compactação do solo.
Controle de Erosão (CER)	Cobertura vegetal; Estratificação vegetal; Deposição de lixo; Escoamento superficial / infiltração; Características do solo; Intensidade do uso do solo; Degradação do solo; Compactação do solo.
Abastecimento de Água (AAG)	Recarga de aquífero; Vazão de base; Vazão mínima; Profundidade do solo; Infiltração; Usos da água.
Manutenção da Qualidade da água (MQA)	Uso de agrotóxicos; Quantidade de sedimentos; Escoamento superficial / infiltração Condições Naturais; Dados de monitoramento.
Manutenção da Qualidade do solo (MQS)	Características físicas; Características químicas; Características biológicas; Condição natural; Uso de agrotóxicos; Biomassa.

Em seguida, aos serviços ecossistêmicos apresentados no quadro 1, foram associadas métricas às classes de uso e cobertura do solo, que variam de 0 a 100, onde quanto mais próximo de 0 não

há atividade ecossistêmica e mais próximo de 100 há uma elevada prestação do serviço, ver tabela 1 a seguir.

Tabela 1 Classificação do Uso e cobertura da terra com os serviços ecossistêmicos baseado nas métricas de Lima et.al (2017). (fonte: elaborada pelos autores).

Elemento Urbano	Classes	CES	AAG	MQA	MQS	CER
Lagos, reservatórios e córregos	Água	100	100	50	0	100
Quadras, cobertura intra-lote	Formação campestre	80	90	100	100	80
Parques, quadras, cobertura intralote	Formação florestal	80	70	100	100	80
Parques, quadras, cobertura intralote	Formação savânica	80	80	100	100	80
Cobertura Intralote, áreas sem pavimento	Solo exposto	20	10	60	0	10
Vias, ciclovias	Sistema viário	0	10	0	0	0
Edificações, áreas impermeabilizadas	Área construída	0	10	0	0	20

Assim como foram relacionados o uso e cobertura do solo, também se associa aos serviços ecossistêmicos fatores que determinam o aumento ou diminuição de sua provisão, os quais são delimitadas por aspectos físicos da paisagem, a saber: declividade do relevo, pedologia e distância da rede hidrográfica. Para cada atributo físico da paisagem são associados fatores que variam de 0 a 1, em que os valores mais próximos de 0 representam alta redução sobre o serviço e 1 não interferem. A tabela 2 a seguir corresponde as métricas utilizadas para os atributos da paisagem, conforme elaborado pelo método:

Tabela 2 Fator de Redução da declividade, pedologia e distância da hidrografia baseado nas métricas de (fonte: Lima et.al, 2017).

	Classe	CES	AAG	MQA	MQS	CER
Declividade (%)	5	0,90	0,90	0,95	1,00	0,95
	10	0,80	0,80	0,90	0,95	0,90
	15	0,60	0,60	0,80	0,9	0,80
	20	0,60	0,60	0,80	0,9	0,80
	25	0,50	0,50	0,60	0,85	0,60
	100	0,50	0,50	0,60	0,85	0,60
Pedologia	GLEISSOLO HAPLICO	0,60	0,60	0,80	1,00	0,80

	CAMBISSOLO HAPLICO	0,80	0,80	0,70	1,00	0,70
	LATOSSOLOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Distância (m)	30	-	-	0,50	-	-
	50	-	-	0,70	-	-
	100	-	-	0,80	-	-
	200	-	-	0,90	-	-
	>200	-	-	1,00	-	-

A partir da formulação metodológica com as métricas e indicadores apresentados por Lima et.al (2017) foi elaborada uma ferramenta, utilizando a linguagem python, em ambiente SIG ArcGIS, a qual associa os dados de pedologia, declividade e distância aos respectivos fatores de redução (Tabela 3) por meio de uma reclassificação e atribui valores (Tabela 2) para as classes de uso e cobertura, a depender do serviço ecossistêmico que está sendo analisado. A ferramenta recebe como entrada os dados vetoriais (pedologia e uso e cobertura do solo) os quais são convertidos para dados matriciais e reamostrados para a resolução espacial de 20 metros de maneira a ficar compatível com os demais dados matriciais. Dessa forma, realiza-se o cálculo das perdas de serviços ecossistêmicos do tipo CES, AAG, MQA, MQS, CER para o período associado com o uso e cobertura do solo, propiciando o seu uso em análises de series históricas, caso os diferentes usos e coberturas estejam disponíveis.

O cálculo de serviços ecossistêmicos se dá pela Equação 1 para os serviços CES, AAG, MQS, CER e Equação 2 para o serviço MQA.

Uso e Cobertura \* Pedologia \* Declividade Equação 1

Uso e Cobertura \* Pedologia \* Declividade \* Distância dos Cursos de Água Equação 2

### 3.1. Levantamento e pré- processamento dos dados matriciais e vetoriais

Para operacionalização do método com uso da ferramenta python, foram utilizados os dados referentes as métricas definidas no quadro 1. Assim, no que se refere ao uso e cobertura do solo, para a linha de base foi utilizada a série histórica de 1964 a 2001 elaborada pela Unesco que possui resolução espacial de aproximadamente 20 metros. E para os dados atuais a imagem SENTINEL 2019, também, com resolução espacial de 20 metros. Cabe ressaltar que a abordagem MapES, originalmente, a fim de validar a provisão de serviços ecossistêmicos em um dado momento, utilizou como referência a análise da produção ecossistêmica em período pré-urbanização, obtendo como referência a vegetação pristina na região do cerrado brasileiro, baseado nas relações de solo com o potencial de vegetação adaptados de SPERA et al., (2015).

Quanto a pedologia os dados foram obtidos nas base de dados do Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF) com escala de 1:100.000; declividade a partir do Modelo

Digital de Terreno, com resolução espacial de 20 metros; quanto a distância dos cursos hídricos se partiu da hidrografia do Conselho de Recursos Hídricos- CRH 2016<sup>1</sup>.

Para mais, as análises comparativas foram realizadas tendo como base resultados das estatísticas descritivas, de análises gráficas por meio de (i) histogramas de frequência das variáveis, (ii) gráficos de dispersão e (iii) mapas de distribuição das amostras. A comparação entre os resultados foi feita pelo Teste U de Mann-Whitney, teste não-paramétrico, em que a hipótese nula (H0): as amostras não são estatisticamente diferentes e hipótese alternativa (H1): em que as amostras são estatisticamente diferentes. Se o valor calculado for maior que alpha, H0 é aceito e se o valor calculado for menor que alpha, H1 é aceito. Neste estudo foi adotado o valor de 0,05 para alpha, ou seja, o teste possui 95% de significância

#### 4. Resultados e Discussão

Os gráficos a seguir exibem a variação dos serviços ecossistêmicos entre o período de 1964 e 2019.

Gráfico 1 Manutenção da Qualidade da água (MQA). (Fonte: elaborado pelos autores)

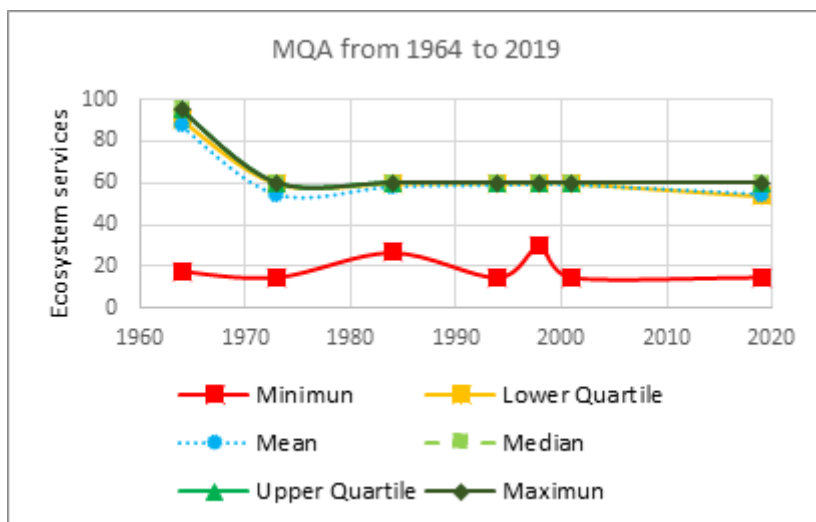


Gráfico 2 Controle de escoamento (CES). (Fonte: elaborado pelos autores)

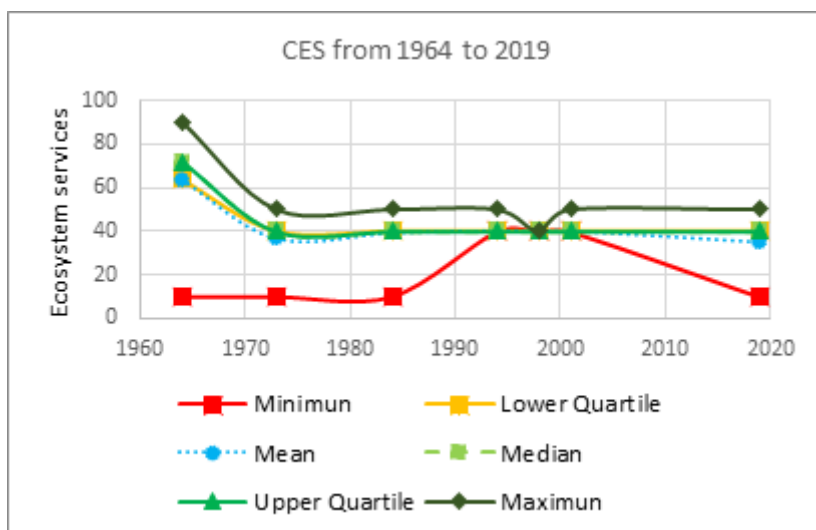




Gráfico 3 Manutenção da Qualidade do Solo. (Fonte: elaborado pelos autores)

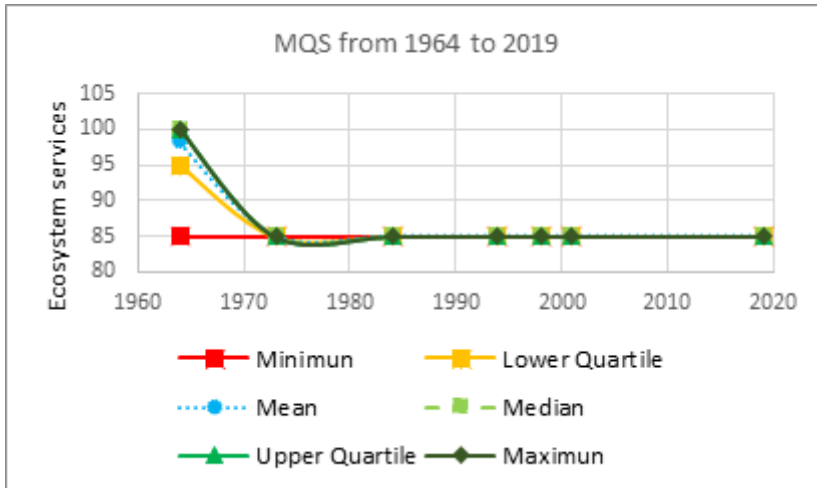


Gráfico 4 Abastecimento de Água (AAG). (Fonte: elaborado pelos autores)

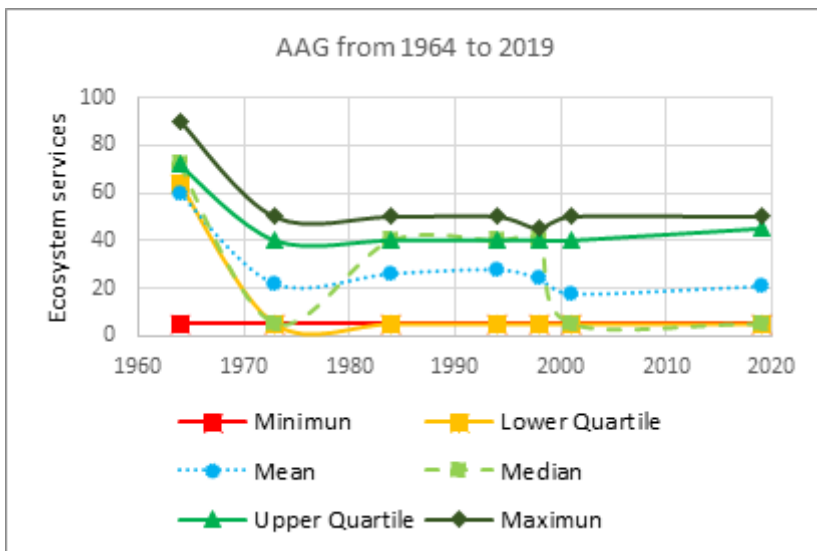
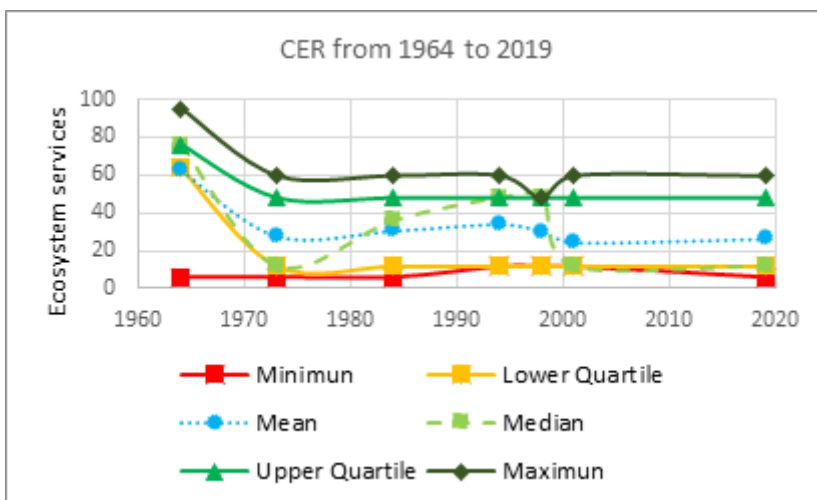


Gráfico 5 Controle de Erosão (CER). (Fonte: elaborado pelos autores)

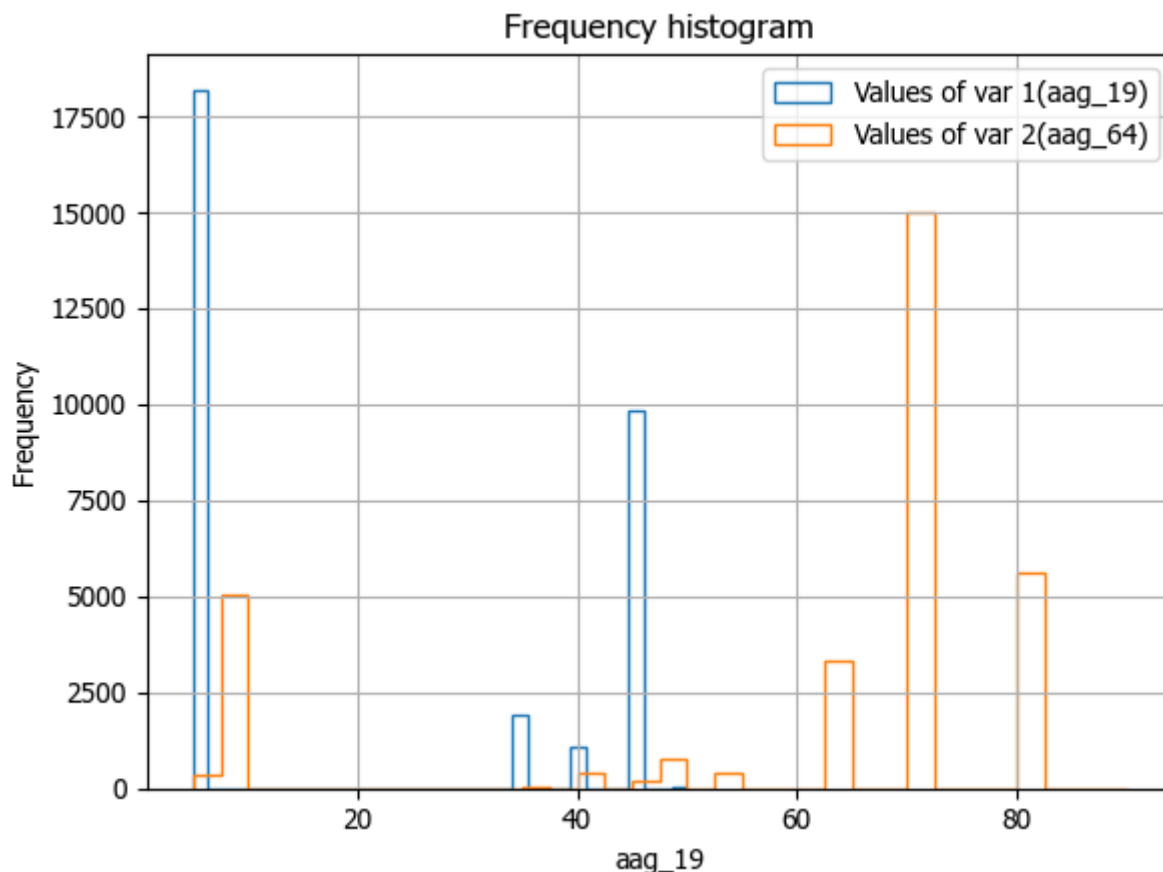


Entre os anos de 1964 e 1973, se averigua o decréscimo da provisão ecossistêmica, por se tratar de uma abordagem que tem como centro o uso e cobertura da terra (Lima et al., 2017), infere-se que a redução provém das atividades de perturbação do solo, especialmente a remoção de cobertura arbórea, arbustiva e a rasteira nativas, com métrica de 80 a 100, por solos impermeáveis e expostos, métricas que variam de 0 a 20. A partir da década de 70, os serviços mantiveram amplitudes constantes, o que pode estar associado à consolidação do uso do solo na sub bacia. À mesma percepção se associa em relação aos dados de 2001 e 2019, que não afetaram significativamente o resultado, por se tratar de um período em que não houve alteração de cobertura significativa no solo para os serviços anteriormente citados.

Ao avaliar os serviços AAG (Abastecimento de Água) e CER (Controle de Erosão), nota-se maior variabilidade em termos de média e mediana, o que permite melhor monitoramento da concentração de seus valores com uso desta abordagem. Entre os anos 1980 e 2000, verifica-se uma variação positiva na provisão dos serviços, o que pode ter relação com as práticas de conservação e preservação dos maciços dos parques ecológicos localizados na sub bacia, no entanto, o decréscimo aumenta em virtude de novos parcelamentos a montante da sub bacia.

A partir das análises, pode ser verificado que no ano de 1964, a atividade ecossistêmica hídrica era maior, o que provém do uso e cobertura do solo com maior disponibilidade de vegetação e maior oportunidade de provisão ecossistêmica. Ao avaliar a redução da vegetação nativa com a perda dos serviços ecossistêmicos hídricos verificou-se que essa relação ocorre somente para os serviços AAG e CER, onde há uma relação inversa entre a área da vegetação e o serviço ecossistêmico, como apresentado por meio da comparação gráfica por histogramas (figura 3).

Figura 2 Comparação gráfica por histogramas com redução de serviços em relação a vegetação. (Fonte: elaborado pelos autores)



Ao avaliar os serviços ecossistêmicos AAG, e CER com a vegetação – gráficos 7 e 8 - se averigua uma forte correlação entre as variáveis, demonstrando também que o levantamento dos percentuais de vegetação associados a uma infraestrutura ecológica, que desempenhe a provisão ecossistêmica desejada, como a sub bacia avaliada, se torna parâmetro de monitoramento, podendo inferir que, no caso dessa sub bacia onde há maiores percentuais de áreas verdes, há maior probabilidade de provisão ecossistêmica hídrica.

Gráfico 6 Correlação do SE AAG com vegetação. (Fonte: elaborado pelos autores)

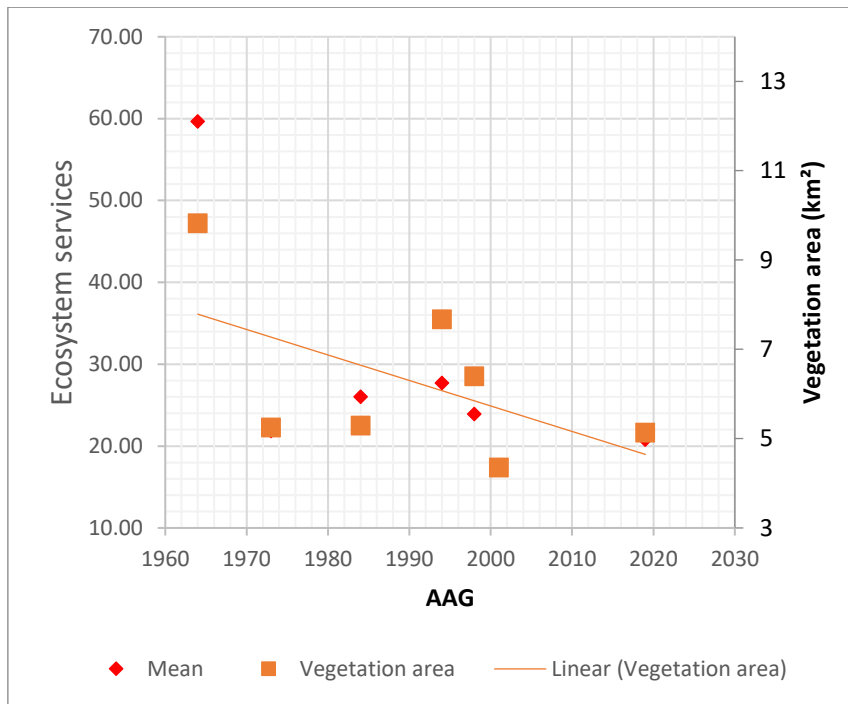
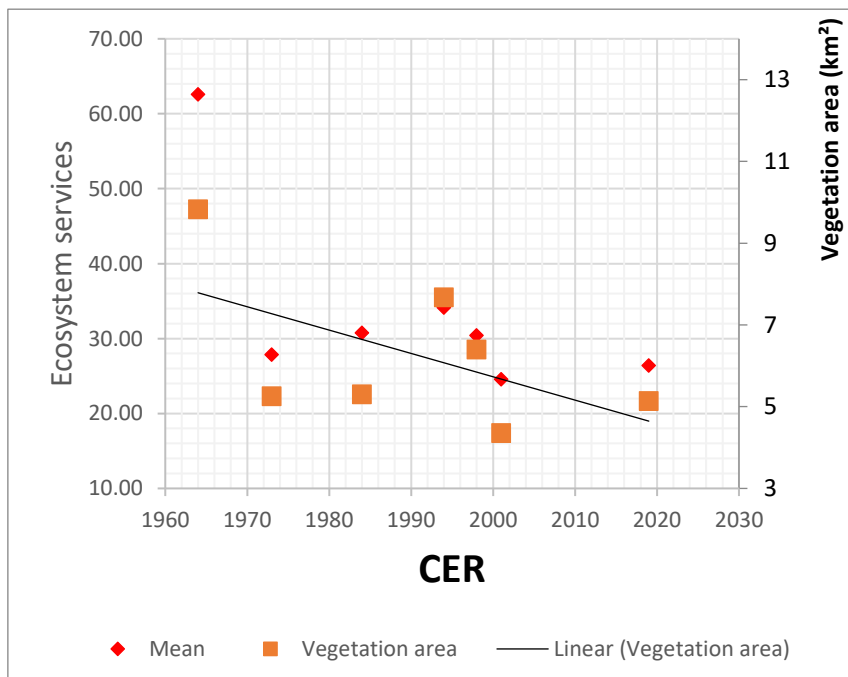


Gráfico 7 Gráfico 6 Correlação do SE CER com vegetação. (Fonte: elaborado pelos autores)



## 5. Considerações finais

Partindo da abordagem de Lima et al., (2017), com vistas a avaliação de um método para monitoramento dos serviços ecossistêmicos hídricos em áreas urbanas para aplicação no âmbito da gestão pública territorial, tendo como foco neste trabalho o Distrito Federal, pode ser verificado que:

A análise representa um dado do momento e do local, que pode ser interessante para práticas de monitoramento por meio de séries históricas, como efetuado;

A abordagem requer uma base científica sólida para elaboração dos dados tabelados, frente as incertezas inerentes aos estudos ecossistêmicos. No caso deste teste metodológico, com foco nos serviços hídricos, os autores se valeram dos estudos desenvolvidos no âmbito de 60 anos de pesquisa da Embrapa Cerrados, especialmente na região do Distrito Federal, o que possibilitou maior aporte científico sobre o tema

A leitura dos resultados por meio das métricas de máximo e mínimo demonstram não são suficientes para avaliar o monitoramento, diferente da utilização da média, mediana, assimetria e curtose, que permitem uma estimativa dos histogramas;

Mediante dados, infere-se que a abordagem pode ser aplicada em escalas diversas, contudo, não se pode mensurar a provisão ecossistêmica de um dado serviço em uma região em que não há características ambientais para tal evento. Dessa forma, recomenda-se um zoneamento prévio da paisagem a fim de endereçar os serviços passíveis de provisão antes da análise em si. Assim como foi efetuada na seleção da sub bacia, localizada sobre área de recarga de aquífero;

Através do método foi possível verificar que os parâmetros de vegetação podem ser utilizados também como elemento de monitoramento, do ponto de vista dos serviços ecossistêmicos hídricos. No entanto há necessidade de observância da infraestrutura ecológica em compatibilidade com o desempenho ecossistêmico que se espera.

A abordagem possui uma metodologia que pode ser replicada para outros tipos de serviços, no entanto cabe a formulação de novas métricas e indicadores, assim como a sistematização dos dados da paisagem em acordo com a atividade ecossistêmica potencial para a área monitorada.

Para mais, além de demonstrar a perda dos serviços ecossistêmicos hídricos na sub bacia e se mostrar factível para o monitoramento no âmbito da gestão urbana e territorial, com vistas a elaboração de políticas públicas que direcionem a um território urbano mais resilientes, o método também demonstra auxiliar no indicativo de áreas passíveis a transformabilidade, com vistas a retomada dos fluxos naturais do ponto de vista hídrico para o DF, contribuindo com a formulação de padrões urbanísticos compatíveis com a capacidade ecológica para prestação de serviços ambientais.

## 6. Referências

- T BURKHARD, Benjamin; KROLL. Franziska; MÜLLER, F.; et al. **Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments**. Landscape Online, v. 15, n. 1, p. 1–22, 2009.
- COSTANZA, Robert; D'ARGE, Ralph; DE GROOT, Rudolf; et al.,. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/387253a0>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

GAUDERETO, G. L. et al.,. **Evaluation of ecosystem services and management of urban green areas: promoting healthy and sustainable cities.** *Ambiente & Sociedade*, v. 21, p. e01203, 2018

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik; BARTON, David N. **Classifying and valuing ecosystem Services for urban planning.** *Ecological Economics*, v. 86, p. 235-245, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180091200362X>>. Acesso em: 5 mar. 2021

HEJNOWICZ, A. P. **Ecosystem Services – Theories and Applications: Opportunities for Humanity to Regain Paradise.** Tese—New York: University of York, mar. 2015

KANDZIORA, M.; BURKHARD, B.; MÜLLER, F. **Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution.** *Ecosystem Services, Special Issue on Mapping and Modelling Ecosystem Services*. v. 4, p. 47–59, 1 jun. 2013

KRONENBERG, J.; KLAUS, H. **Synthesizing different perspectives on the value of urban ecosystem services.** *Landscape and Urban Planning*, v. 109, p. 1–6, 31 jan. 2013

LIMA, J. E. F. W. et al. **Development of a spatially explicit approach for mapping ecosystem services in the Brazilian Savanna – MapES.** *Ecological Indicators*, v. 82, p. 513–525, nov. 2017.

LIMA, Larissa Ane de Sousa. **Avaliação e monitoramento do potencial de prestação de serviços ecossistêmicos no Distrito Federal.** 2019. 158 f., il. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas)—Universidade de Brasília, Brasília, 2019

MCDONOUGH, K. et al.,. **Analysis of publication trends in ecosystem services research.** *Ecosystem Services*, v. 25, p. 82–88, 1 jun. 2017