



Serviços Ecológicos e a Agricultura Irrigada na Bacia do Ribeirão Rodeador, Distrito Federal

Ecosystem Services and Irrigated Agriculture in the Rodeador Creek Watershed, Federal District

Francielle do Monte Lima¹, Henrique Llacer Roig², Marina Rolim Bilich Neumann³, Larissa Ane de Sousa Lima⁴ e André Luiz Farias de Souza⁵

1 Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília-DF, Brasil. francielledomonte@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4786-292X>

2 Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília-DF, Brasil. roig@unb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9180-3081>

3 Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília-DF, Brasil. marinabilich@unb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6808-3285>

4 Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília-DF, Brasil. larissa.ane.sl@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-1795>

5 Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília-DF, Brasil. andrelfsouza@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7620-3256>

Recebido: 02.2019 | Aceito: 12.2019

Resumo: Durante a crise hídrica enfrentada pelo Distrito Federal em 2016/2017, as discussões sobre conflitos pelo uso da água revelaram o déficit de informações do governo acerca das bacias utilizadas como mananciais para o abastecimento público de água. Este trabalho tem como objetivo avaliar a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos, estimar o consumo de água pela agricultura irrigada e analisar o consumo de água em diferentes cenários considerando a substituição dos sistemas de irrigação na bacia do Ribeirão Rodeador, importante região produtora de olerícolas e frutas no Distrito Federal. Para quantificar a provisão de alimentos, foram utilizados dados de produtividade média das culturas agrícolas e área cultivada obtida pela confecção do mapa de uso e cobertura da bacia utilizando classificação visual e vetorização manual. A estimativa do consumo de água pela irrigação foi calculada com dados de área irrigada mapeada e consumo médio de água das culturas agrícolas. Foram produzidos três cenários considerando a substituição do sistema de irrigação por aspersão convencional por sistemas de irrigação localizada. O fornecimento de alimentos na bacia foi quantificado em 43.039 t/ano, utilizando 1.683 ha. O consumo de água na irrigação foi estimado em 891 L/s, sendo 1.470 ha irrigados. O aumento de 20% na adoção de sistemas de irrigação localizada proporciona uma economia de 9,3% no consumo de água. O aumento de 40% na irrigação localizada proporciona uma economia de 18,7% e o aumento de 60% na irrigação localizada proporciona uma economia de 28,1% no consumo de água na irrigação.

Palavras-chave: Crise hídrica. Irrigação. Consumo de água. Provisão de alimentos.

Abstract: During the water crisis faced by the Federal District in 2016/2017, the discussions about the conflicts of water usage, revealed the lack of information from the government about the situation of the watersheds used as water sources for public water supply. This study aims to evaluate the ecosystem service offering of food provision, to estimate the water consumption by irrigated agriculture, and to analyze water consumption in different scenarios considering the replacement of irrigation systems in the Rodeador Creek watershed, an important region of oleraceous and fruit production in the Federal District. To quantify the food provision, data was obtained from the average agricultural productivity and the cultivated area acquired by making a map for the use and coverage of the watershed utilizing visual classification and manual vectorization. The estimate water consumption by irrigation was calculated with data from a mapped irrigated area and the average water consumption from irrigation systems. Three scenarios were produced considering the replacement of conventional sprinkler irrigation systems with localized irrigation systems. The food supply in the watershed was quantified in 43,039 t/year, using 1,683 ha. The water consumption in irrigation was estimated at 891 L/s, with 1,470 ha irrigated. The increase of 20% in localized irrigation provides a savings of 9.3% in the consumption of water. The increase of 40% in localized irrigation provides a savings of 18.7% and the increase of 60% in localized irrigation provides a saving of 28.1% in water consumption in irrigation.

Keywords: Water crisis. Irrigation. Water consumption. Food supply.

1 INTRODUÇÃO

Serviços ecossistêmicos - SE são as características, funções ou processos ecológicos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, os benefícios que as pessoas obtêm do funcionamento dos ecossistemas. Serviços tais como, provisão de alimentos, água, fibras, regulação climática, formação dos solos, dentre outros, que possuem um alto valor para a humanidade e são vitais para suportar a vida no planeta (COSTANZA et al., 1997; ANDRADE; ROMEIRO, 2009; COSTANZA et al., 2017).

Nas últimas décadas, ficou claro para os seres humanos a importância de entender os ecossistemas, sua complexidade e como as atividades antrópicas podem impactar direta ou indiretamente sua dinâmica e o fornecimento dos serviços ecossistêmicos.

Em 2016 e 2017, o Distrito Federal- DF atravessou a maior crise hídrica já registrada. Uma combinação de chuvas abaixo da média histórica e altas temperaturas, ocupação desordenada no solo, captações de água clandestinas e aumento da população impactaram diretamente o sistema de abastecimento de Brasília.

Nesse contexto, o reservatório do Descoberto, responsável pelo abastecimento de água potável de cerca de 60% da população do DF foi o mais afetado (GDF, 2017). Tal situação levou os gestores governamentais a buscarem o uso racional e sustentável da água como uma política permanente a fim de minimizar a ocorrência de conflitos pelo uso da água. Entretanto, notou-se a falta de informações básicas, como, por exemplo, a quantidade de área irrigada na bacia, o consumo de água na agricultura e como mensurar o conflito existente entre o uso da água para abastecimento humano e para a atividade agrícola. Parte desse conflito foi tratado no trabalho de Nunes e Roig (2016), porém sem alcançar a esfera de planejamento do governo do Distrito Federal.

Nunes e Roig (2016) aplicaram o modelo *Land Use Conflict Identification* – LUCIS na bacia do Descoberto para analisar e identificar áreas suscetíveis a conflitos entre as categorias de uso agrícola, urbano e conservacionista. Apesar do trabalho dos autores não ter alcançado a esfera de planejamento do governo do Distrito Federal, os resultados corroboraram para a importância de um planejamento territorial voltado ao uso e ocupação do solo e gestão dos recursos hídricos, uma vez que a metodologia aplicada indicou alto nível de conflito entre as categorias de uso citadas anteriormente em cerca de 40% da bacia.

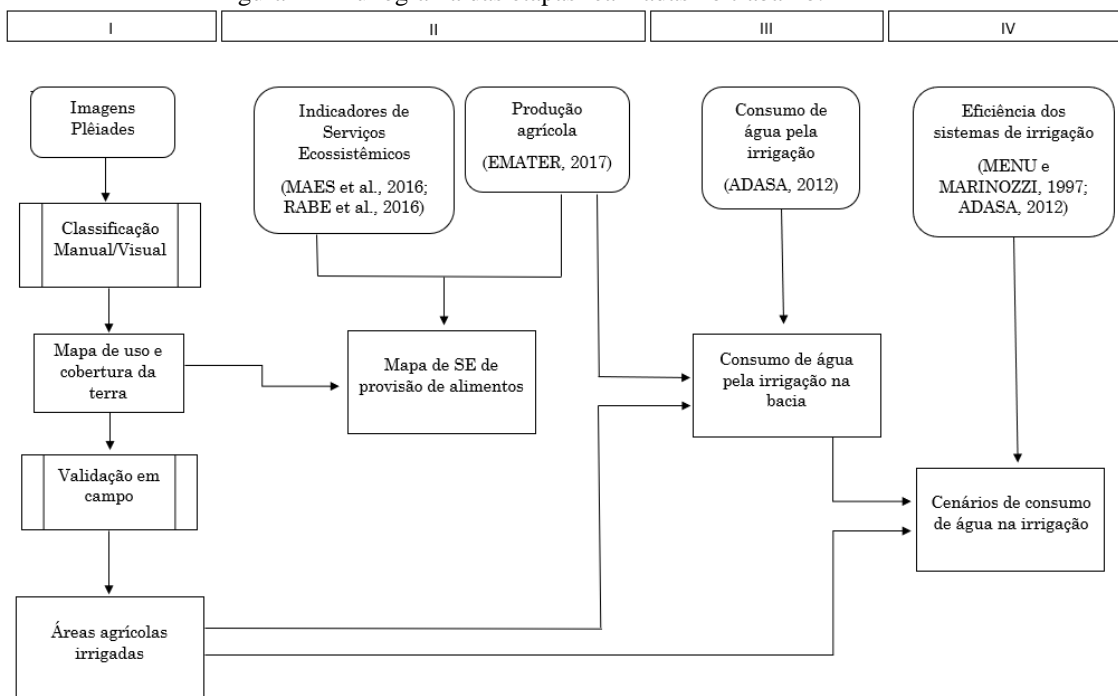
O mapeamento do uso e cobertura do solo pode trazer informações valiosas acerca das dinâmicas dos ecossistemas, auxiliando a elucidação de como os padrões de uso podem afetar o fornecimento de serviços ecossistêmicos. Além disso, a cartografia do uso do solo vem sendo aplicada para inferir informações como uso de água para irrigação (SANO et al., 2005) e produção de alimentos (KOSCHKE et al., 2014; LIMA et al., 2017), entre outros.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos e o consumo de água pela agricultura na bacia do Ribeirão Rodeador, que contribui com aproximadamente 25% da área de drenagem do reservatório do Descoberto e possui atividade agrícola de grande importância para a região, sendo responsável pela produção de culturas olerícolas e frutas irrigadas do DF. Pretende-se também, a partir dessa realidade, analisar diferentes cenários de utilização de sistemas de irrigação mais econômicos e eficientes na bacia do Ribeirão Rodeador-DF.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em quatro etapas: (i) elaboração do mapa de uso e cobertura da terra; (ii) quantificação do SE de provisão de alimentos; (iii) estimativa do consumo de água pelas áreas irrigadas e (iv) confecção dos cenários de consumo de água em diferentes sistemas de irrigação. A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas do trabalho.

Figura 1 – Fluxograma das etapas realizadas no trabalho.

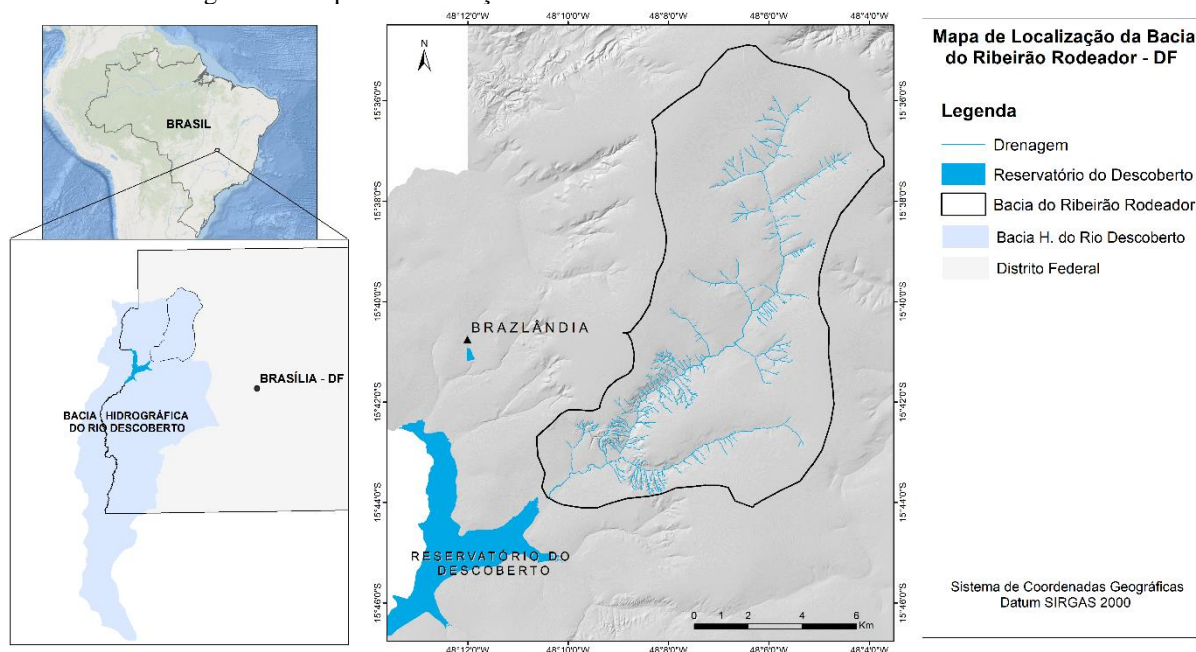


Fonte: Os autores (2020).

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende a bacia do Ribeirão Rodeador, que é um dos principais afluentes do reservatório do Descoberto, possui uma bacia de contribuição de aproximadamente 116 km² (25% da área de drenagem do reservatório) e está situada na região conhecida como Alto Descoberto, pertencente à Região Hidrográfica do Paraná (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização da bacia do Ribeirão Rodeador-DF.



Fonte: Os autores (2020).

A bacia está inserida no bioma Cerrado e é um importante pólo agrícola, sendo responsável por cerca de 35% da produção de hortaliças e 41% da produção de frutas do Distrito Federal.

O clima da bacia é definido, segundo a classificação climática de Köppen, como Tropical de Altitude (Cwa), apresentando duas estações bem definidas, uma seca e uma chuvosa. A estação seca está contida entre

os meses de maio a setembro, sendo mais intensa nos meses de junho, julho e agosto. A estação chuvosa compreende os meses de outubro a abril, obtendo maior concentração pluviométrica de dezembro a março. A precipitação média anual varia de 1200 mm a 1750 mm, com maior concentração na estação chuvosa (MARTINS; BAPTISTA, 1998).

As principais classes de solo da bacia do Ribeirão Rodeador relatadas por Reatto et al. (2003) são as seguintes: Latossolo Vermelho (40,8%), Latossolo Vermelho-Amarelo (34,3%), Cambissolo Háplico (19,5%), Plintossolo Háplico (3,3%), Neossolo Quartzarênico (1,8%) e Gleissolo Háplico (0,3%).

2.2 Mapeamento do uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador

Para possibilitar a quantificação da provisão de alimentos e a demanda de água pelas culturas agrícolas na área de estudo, foi necessário a elaboração de um mapa de uso e cobertura, buscando um maior detalhamento das áreas agrícolas irrigadas.

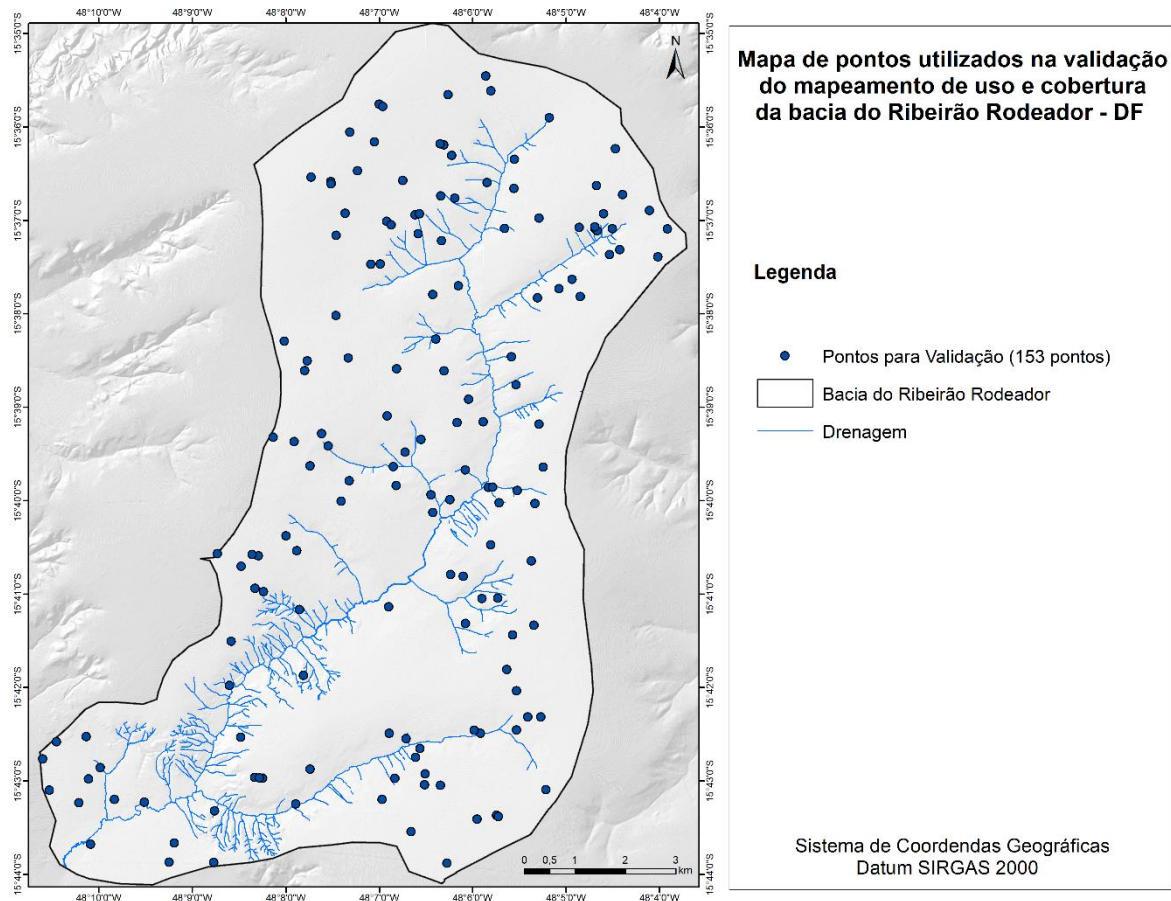
O mapa foi construído por meio de classificação visual, com vetorização manual na escala de 1:3000, utilizando o programa ArcGIS 10.2®, com base na fotointerpretação de imagens Plêiades PSM disponibilizada pela Companhia Imobiliária de Brasília – TERRACAP, com uma resolução espacial de 0,5 m, obtidas no ano 2016.

A classificação visual e a vetorização manual, apesar de demandarem muito tempo para o mapeamento e carregarem subjetividade oriunda da percepção do fotointérprete, foram utilizadas nesse trabalho devido à alta heterogeneidade das áreas agrícolas na bacia e grande conhecimento da dinâmica agrícola local por parte dos autores.

Comparando o mapeamento visual e automatizado (árvores de decisão) do dendê em Brunei, Miettinen, Gaveau e Liew (2019) relataram que a área de dendê no mapeamento automatizado foi 48% menor que no mapeamento visual. Áreas com diferentes fases da cultura do dendê numa mesma época, como é o caso da olericultura, justificam a baixa eficiência do mapeamento automatizado. Macedo et al., 2018 também relatam a dificuldade da utilização de classificadores automáticos ou semiautomáticos na identificação de classes com grande complexidade, como é o caso das pequenas propriedades de agricultura familiar.

A chave de classificação seguiu a proposta de Ferrigo (2014) e é composta por 19 classes de uso e cobertura. Destacam-se as classes ‘culturas anuais/olericultura’ e ‘culturas perenes/fruticultura’, pois foram utilizadas no cálculo da quantificação da provisão de alimentos e da demanda de água pelas culturas agrícolas. Na validação do mapeamento foram utilizados 153 pontos (Figura 3) conferidos em campo para o cálculo dos coeficientes de concordância Exatidão Global (CONGALTON, 1991) e Kappa (COHEN, 1960).

Figura 3 – Mapa de localização dos pontos utilizados na validação do mapeamento de uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador-DF.



Fonte: Os autores (2020).

2.3 Estimativa da oferta do SE de provisão de alimentos

Os indicadores utilizados para a estimativa da oferta do SE de provisão de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador foram a área cultivada e a produtividade das culturas agrícolas, conforme estabelecido por vários autores (KANDIZIORA; BURKHARD; MÜLLER, 2013; MAES et al., 2016; RABE et al., 2016; BURKHARD; MAES, 2017). O resultado final é a oferta do SE de provisão de alimentos na bacia, em toneladas de alimentos por ano nas áreas de cultivo.

A estimativa da oferta do SE de provisão de alimentos (olerícolas e frutas) para a bacia foi calculada a partir da área cultivada extraída do mapeamento do uso e cobertura da bacia e dos dados de produtividade das culturas agrícolas cultivadas na bacia, fornecidos pela Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural do DF (EMATER, 2017), ambos os dados referentes ao ano 2016.

Ainda segundo a EMATER, na região da bacia cerca de 80% da área de produção de culturas anuais é cultivada com culturas olerícolas e 20% com culturas graníferas, portanto, foi utilizada a mesma proporção para o cálculo do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos (olerícolas e grãos) na bacia do Ribeirão Rodeador (Equação 1), uma vez que as áreas cultivadas com culturas olerícolas e graníferas não estão discriminadas entre si no mapa de uso e cobertura do solo utilizado nesse trabalho. No mapeamento das culturas agrícolas, a classe ‘culturas anuais’ é composta por áreas de produção de culturas olerícolas e culturas graníferas.

$$SEpa = (0,8 \times Aca \times Po) + (0,2 \times Aca \times Pg) \quad (1)$$

onde $SEpa$ é o Serviço Ecossistêmico de provisão de alimentos pelas culturas anuais (t/ano), Aca é a área plantada com culturas anuais (ha), Po é a produtividade média das culturas olerícolas na região (t/ha) e Pg é a

produtividade média das culturas graníferas na região (t/ha).

A quantificação da provisão de culturas perenes (frutas) na bacia foi calculada conforme a Equação 2:

$$SEpp = Acp \times Pf \quad (2)$$

onde $SEpp$ é o Serviço Ecológico de provisão de alimentos pelas culturas perenes (t/ano), Acp é a área plantada com culturas perenes (ha) e Pf é a produtividade média das fruteiras cultivadas na região (t/ha).

Desse modo, a estimativa da oferta do SE de provisão de alimentos consiste na soma da produção de olerícolas, grãos e frutas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador em 2016.

2.4 Estimativa do consumo de água na irrigação

Para o cálculo de consumo médio de água na irrigação, foram utilizados os dados de área cultivada mapeados nesse trabalho e os dados de estimativa de consumo médio de água na irrigação de olerícolas e fruteiras oriundos da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF (ADASA, 2012).

Os dados da ADASA são valores de referência estabelecidos para outorga de uso dos recursos hídricos em corpos d'água de domínio do Distrito Federal. Para esse trabalho, foram selecionados apenas os valores de consumo médio de água na irrigação das principais culturas cultivadas na bacia, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa do consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas em diferentes sistemas de irrigação (*Considerando o consumo de microaspersão sendo 10% maior que o de gotejamento (MENU; MARINOZZI, 1997).

Culturas	Aspersão Convencional (L/s/ha)	Gotejamento (L/s/ha)	Microaspersão* (L/s/ha)
Alface	0,6806	0,3472	0,3819
Tomate	0,6111	0,3611	0,3972
Banana/Batata/Cenoura	0,7500	0,4028	0,4431
Laranja/Limão/Tangerina	0,5000	0,2639	0,2903
Goiaba	0,5417	0,2917	0,3209
Maracujá	0,6667	0,3611	0,3972

Fonte: ADASA (2012).

Na região onde está situada a bacia do Ribeirão Rodeador, o sistema de irrigação por aspersão é o mais utilizado pelos produtores (81%), por se adequar a praticamente todas as culturas e terrenos (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2017) e apresentar menor custo de implantação ao produtor, comparado aos sistemas de irrigação localizada, tais como microaspersão e gotejamento (COELHO; FILHO; OLIVEIRA, 2005).

A ADASA não publicou os dados de consumo médio de água pelo método de microaspersão. Segundo Menu e Marinozzi (1997), esse sistema consome cerca de 10% mais água que a irrigação por gotejamento. Portanto, foi possível obter os valores estimados do consumo médio diário de água para atendimento das culturas agrícolas com o sistema de microaspersão.

Desse modo, a estimativa média do consumo de água na irrigação da bacia foi determinada multiplicando-se os valores médios de consumo de água na irrigação das culturas (Tabela 1) pela área irrigada encontrada no mapeamento de uso e cobertura do solo, ponderando com a porcentagem dos sistemas de irrigação utilizados na bacia (Tabela 2).

A agricultura irrigada, para manter-se sustentável em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água na irrigação (COELHO; FILHO; OLIVEIRA, 2005). Diante disso, foram produzidos três cenários considerando a substituição do sistema de irrigação por aspersão convencional por sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), com diferentes proporções entre os sistemas, a fim de estimar a economia no consumo médio de água que tais sistemas mais eficientes podem proporcionar.

Os cenários foram construídos com uma projeção de aumento gradativo da participação dos sistemas de irrigação localizada em 20, 40 e 60% em relação à situação da bacia em 2016. Dessa forma, conforme Tabela 2, o Cenário 1 considera um aumento de 20% na irrigação localizada (10% na microaspersão e 10% no

gotejamento), o Cenário 2, um aumento de 40% (20% na microaspersão e 20% no gotejamento) e no Cenário 3, um aumento de 60% (30% na microaspersão e 30% no gotejamento).

Tabela 2 – Porcentagem dos sistemas de irrigação utilizados na bacia do Ribeirão Rodeador.

Porcentagem de área com os sistemas de irrigação (%)			
	Aspersão convencional	Microaspersão	Gotejamento
Situação em 2016	81,25	2,81	15,94
Cenário 1	61,25	12,81	25,94
Cenário 2	41,25	22,81	35,94
Cenário 3	21,25	32,81	45,94

Fonte: Os autores (2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do Ribeirão Rodeador apresenta-se com mais de 25% de sua área ainda ocupada pela vegetação do Cerrado e cerca de 26% com áreas de pastagem/campo. As áreas de produção agrícola representam 20% da bacia e a área urbana ocupa cerca de 6%, sendo composta predominantemente por chácaras. O mapa de uso e cobertura do solo da bacia é apresentado na Figura 4.

O resultado da classificação apresentou altos valores de coeficientes de concordância, conforme a matriz de confusão na Tabela 3. Os coeficientes de Exatidão Global e Kappa apresentaram valores de 0,95 e 0,94, respectivamente, considerados como ‘Excelente’ segundo a classificação proposta de Landis e Koch (1977). Praticamente todas as inconsistências estão associadas às classes ‘pousio’, ‘pastagem’ e ‘uso indefinido’ devido a sua alta semelhança na imagem e ausência de um padrão definido das áreas.

Tabela 3 – Matriz de confusão da classificação do uso e cobertura da terra na bacia do Ribeirão Rodeador-DF com Exatidão Global de 0,95 e Kappa de 0,94: 1-Pousio; 2-Reflorestamento; 3-Solo exposto; 4-Vegetação secundária; 5-Vias não pavimentadas; 6-Culturas anuais/Olericultura; 7-Useo indefinido; 8-Área urbana; 9-Campo limpo/Sujo; 10-Campo/Pastagem; 11-Cerrado; 12-Culturas perenes/Fruticultura; 13-Granja; 14-Mata de galeria/ciliar; 15-Corpos d'água artificiais; 16-Campos de murundu; 17-Vias pavimentadas; 18-Corpos d'água naturais; 19-Queimada.

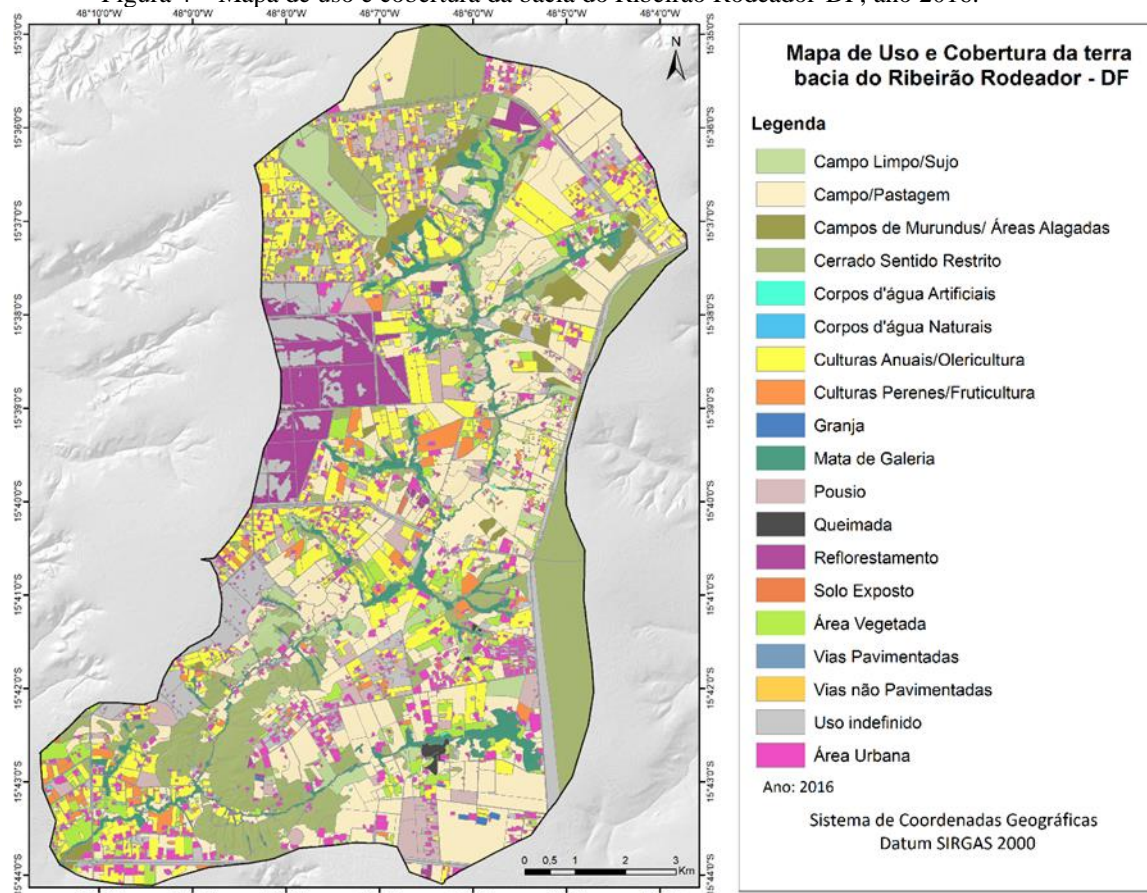
Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
1	5																			5
2		9					1													10
3			8																	8
4				8																8
5					8															8
6						9														9
7	1						7		1											9
8								9												9
9							1		8											9
10	3			1						9										13
11											9									9
12												9								9
13													8							8
14														9						9
15															8					8
16																9				9
17																	9			9
18																		2		2
19																			2	2
Total	9	9	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9	8	9	8	9	9	2	2	153

Fonte: Os autores (2020).

Com a determinação minuciosa da área ocupada por agricultura irrigada e o atual estágio de

urbanização da bacia, verifica-se que o mapa produzido é um grande avanço e pode contribuir para o entendimento do impacto da agricultura na gestão da água do reservatório do Descoberto.

Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da bacia do Ribeirão Rodeador-DF, ano 2016.



Fonte: Os autores (2020).

As principais culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador, relatadas pela EMATER são a goiaba, alface, morango, beterraba, tomate, cenoura, repolho e milho. Há uma grande diversificação de cultivos na região, mais de 20 espécies, fornecendo vários alimentos que compõem a refeição diária dos brasilienses.

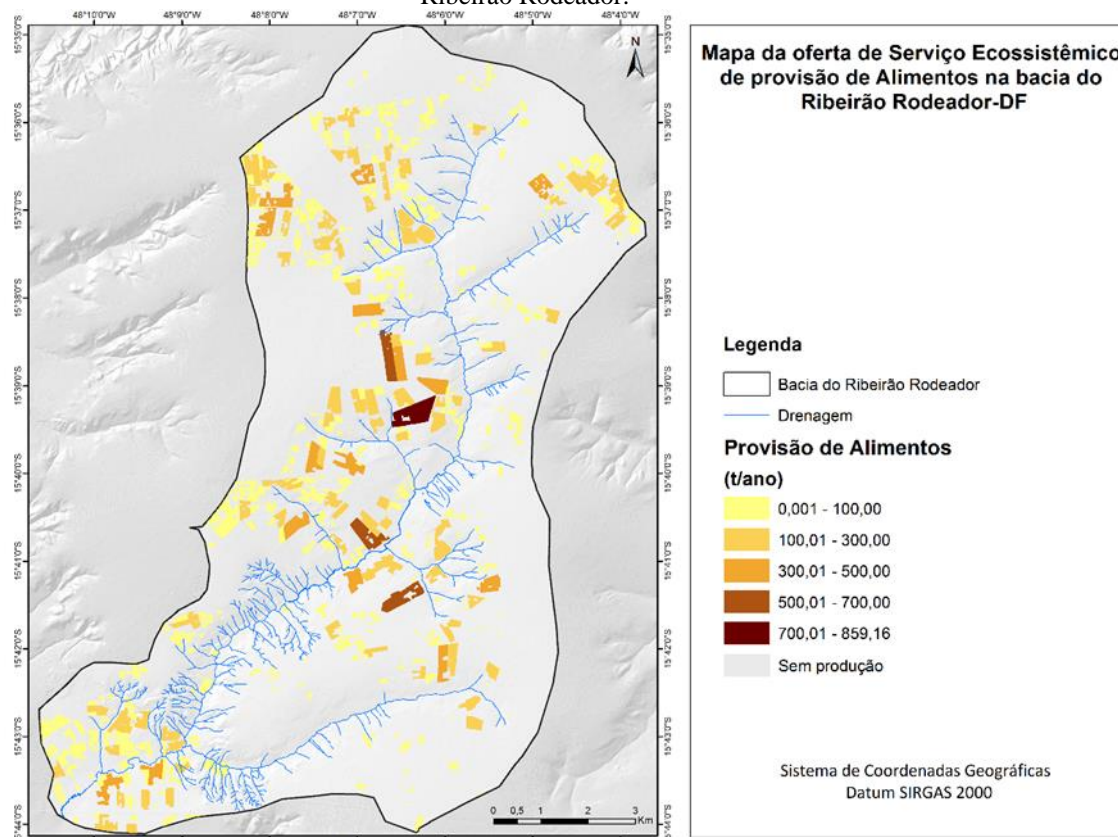
No ano de 2016 a bacia do Ribeirão Rodeador proporcionou uma provisão total de 43.039 t de alimentos, utilizando 1.683 ha (Tabela 4). No mapa da Figura 4 é possível notar a predominância dos pequenos talhões de cultivo agrícola. Cerca de 45% da área agrícola encontra-se na faixa de produção de até 100 t de alimentos por ano, o que caracteriza como pequenos produtores, na sua grande maioria de agricultura familiar. No mapa da Figura 5, as áreas de coloração mais clara – e menores (< 5 ha) – são, predominantemente, de culturas olerícolas (alface, beterraba, cenoura, morango, repolho, etc).

Tabela 4 – Área, produtividade média e produção das culturas agrícolas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador – DF.

Culturas	Área em 2016 (ha)	Produtividade média (t/ha)	Produção em 2016 (t)
Olerícolas e grãos	1.402,83	25,26	35.435,49
Frutas	280,79	27,08	7.603,79
Total	1.683,62	-	43.039,28

Fonte: Os autores (2020).

Figura 5 – Mapa da oferta do serviço ecossistêmico de provisão de alimentos, em toneladas por ano, da bacia do Ribeirão Rodeador.



Fonte: Os autores (2020).

A partir da análise da produção agrícola foi possível fazer uma estimativa do consumo de água na irrigação. A área irrigada mapeada na bacia é de 1.470 ha (Tabela 5). O consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,6060 L/s/ha, considerando os dados da EMATER/DF, em que 81,25% da área utiliza o método de irrigação por aspersão e 18,75% utiliza o método de irrigação localizada (2,81% com microaspersão e 15,94% com gotejamento).

Tabela 5 – Variação do consumo de água na irrigação entre os cenários.

	Área (ha)	Consumo (L/s)	Média (L/s/ha)	Economia (%)
Situação em 2016	1.470,48	891,08	0,6060	-
Cenário 1	1.470,48	807,46	0,5491	9,38
Cenário 2	1.470,48	723,81	0,4922	18,77
Cenário 3	1.470,48	640,07	0,4353	28,17

Fonte: Os autores (2020).

No total, a bacia pode apresentar um consumo de 891 L/s de água na irrigação, caso todos os sistemas de irrigação estivessem ativos simultaneamente, entretanto, sabe-se que isso não ocorre. A Figura 6 ilustra o comportamento padrão do cultivo de hortaliças na bacia, onde nem todas as áreas de lavoura apresentam-se em produção simultânea. Se utilizarmos uma taxa hipotética de 60% das áreas irrigando simultaneamente, o consumo estimado será de 534 L/s. Esse valor ainda é considerado alto por alguns técnicos da ADASA, entretanto, os órgãos gestores não possuem um número exato (e divulgado) da quantidade de água disponibilizada para os agricultores irrigantes (GDF, 2017).

Figura 6 – Áreas de produção agrícola na bacia do Ribeirão Rodeador, mostrando os diferentes estádios de produção das áreas cultivadas.



Fonte: Os autores (2020).

A partir do mapa de uso e ocupação da terra e considerando uma mudança gradativa do padrão da irrigação, foram propostos três cenários. No Cenário 1 (20% de aumento na irrigação localizada – 10% em microaspersão e 10% em gotejamento), o consumo médio de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,5491 L/s/ha. Comparado à situação da bacia em 2016, o Cenário 1 poderia proporcionar uma economia de 9,38% (83,62 L/s) no consumo de água na irrigação da bacia.

No Cenário 2 (40% de aumento na irrigação localizada – 20% em microaspersão e 20% em gotejamento), o consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,4922 L/s/ha. Comparado à situação real da bacia em 2016, o Cenário 2 poderia proporcionar uma economia de 18,77% (167,28 L/s) no consumo de água na irrigação.

No Cenário 3 (60% de aumento na irrigação localizada – 30% em microaspersão e 30% em gotejamento), o consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,4353 L/s/ha. Comparado à situação da bacia em 2016, o Cenário 3 poderia proporcionar uma economia de 28,17% (251,02 L/s) no consumo de água na irrigação. Tal resultado está de acordo com Lamont Junior et al. (2012), em que a conversão de sistemas de irrigação por aspersão para sistemas de irrigação localizada pode reduzir o uso global de água em até 50%.

No Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica (GDF, 2017), o governo do Distrito Federal estipulou uma meta de economia de água pela conversão dos sistemas de irrigação em até 296 L/s. No presente trabalho constata-se que o Cenário 3, proporcionando uma economia de 28,17% (251 L/s) no consumo de água na irrigação, atende à demanda do governo e apresenta-se como uma proposta de estratégia a fim de alcançar a meta estipulada. Portanto, deve-se aumentar em, pelo menos, 30% as áreas com o sistema de microaspersão e 30% as áreas com gotejamento, totalizando um aumento de 60% na irrigação localizada na bacia do Ribeirão Rodeador.

No entanto, de acordo com Jensen (2007), melhorar a eficiência da irrigação normalmente não leva a

reduções reais na utilização de água, mas leva a aumentos nas áreas irrigadas. Isso pode ser explicado pelo fato de que, se os agricultores reduzirem o uso de água por unidade de área cultivada enquanto recebem a mesma quantidade de água para irrigação, eles expandirão a extensão de terras irrigadas para aumentar sua produção (MALEK; VERBURG, 2018).

Contudo, na bacia do Ribeirão Rodeador, a expansão de área irrigada, e até mesmo a mudança dos sistemas de irrigação, implica num alto investimento financeiro (custo de aquisição, operação e manutenção) e na necessidade de assistência técnica para o produtor irrigante. De acordo com Marouelli e Silva (2011), o custo inicial para implantação de um sistema de irrigação por aspersão convencional pode variar de 2.000 a 7.000 R\$/ha, por microaspersão varia de 5.000 a 15.000 R\$/ha e o sistema de irrigação por gotejamento varia de 7.000 a 18.000 R\$/ha, dependendo do nível de automação do sistema, tipo de cultura, qualidade do equipamento, etc.

Apesar do exposto, os sistemas de irrigação localizada são os mais propícios para olericultura e fruticultura, por apresentarem rentabilidade condizente com tais custos (COELHO; FILHO; OLIVEIRA, 2005). O financiamento desse investimento, em grande parte, dependerá de ações governamentais para facilitar a obtenção do crédito necessário. Há a necessidade de assistência técnica qualificada tendo como parceiros a EMATER e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, principais empresas estatais que atuam na região.

4 CONCLUSÕES

O fornecimento do Serviço Ecológico de provisão de alimentos na bacia do Ribeirão Rodeador foi quantificado em 43.039 toneladas de alimentos por ano, utilizando 1.683 ha cultivados com culturas olerícolas, grãos e frutas.

O consumo médio de água na irrigação para atendimento das necessidades hídricas das culturas cultivadas na bacia do Ribeirão Rodeador foi estimado em 0,6060 L/s/ha, apresentando um consumo total de 891 L/s em 1.470 ha de área irrigada.

A avaliação dos cenários de conversão de sistemas de irrigação por aspersão convencional para sistemas de irrigação localizada na bacia do Ribeirão Rodeador mostrou que um aumento de 20% na irrigação localizada (10% em microaspersão e 10% em gotejamento) proporciona uma economia de 9,3% (83 L/s) no consumo de água na irrigação. O aumento de 40% na irrigação localizada (20% em microaspersão e 20% em gotejamento) proporciona uma economia de 18,7% (167 L/s) no consumo de água na irrigação e, por fim, o aumento de 60% na irrigação localizada (30% em microaspersão e 30% em gotejamento) proporciona uma economia de 28,1% (251 L/s) no consumo de água na irrigação.

Agradecimentos

Especial agradecimento à EMATER-DF (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal), TERRACAP (Companhia Imobiliária de Brasília) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES - Código de Financiamento 001.

Contribuição dos Autores

Conceptualização: F.M.L., H.L.R., M.R.B.N.; Curadoria dos dados: F.M.L., H.L.R., L.A.S.L.; Análise formal: F.M.L., A.L.F.S.; Aquisição de financiamento: H.L.R.; Investigação: F.M.L., H.L.R., M.R.B.N., L.A.S.L.; Metodologia: F.M.L., H.L.R., M.R.B.N.; Administração do projeto: H.L.R., M.R.B.N., F.M.L.; Recursos: H.L.R., M.R.B.N.; Supervisão: H.L.R., M.R.B.N.; Validação: H.L.R., M.R.B.N., A.L.F.S.; Visualização: F.M.L., H.L.R., M.R.B.N., L.A.S.L.; Redação – minuta inicial: F.M.L., H.L.R., M.R.B.N., L.A.S.L.; Redação – revisão e edição: F.M.L., H.L.R., M.R.B.N., L.A.S.L.

Conflito de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Coletânea de legislação aplicada aos Recursos Hídricos do Distrito Federal**. 2a Edição. Brasília, 2012.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Texto para Discussão, IE/UNICAMP. Campinas, 2009. Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/1785/texto155.pdf>>. Acesso em 02 out. 2016.
- BURKHARD, B.; MAES, J. **Mapping Ecosystem Services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017.
- COELHO, E.F.; FILHO, M.A.C.; OLIVEIRA, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005.
- COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v.20, n. 1, p. 37-46, 1960. DOI. 10.1177/001316446002000104
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n.6630, p.253-260, 1997. DOI. 10.1038/387253a0
- COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; PAUL SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p.1-16, 2017. DOI. 10.1016/j.ecoser.2017.09.008
- CONGALTON, R. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, p.35-46, 1991. DOI. 10.1016/0034-4257(91)90048-B
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). **Informações Agropecuárias do Distrito Federal, 2016**. Disponível em: <<http://www.emater.df.gov.br>>. Acesso em 05 mar. 2018.
- FERRIGO, S. **Análise de consistência dos parâmetros do modelo swat obtidos por calibração automática – estudo de caso da bacia do lago descoberto - DF**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). **Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica**. Brasília: GDF, 2017. 91p. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Plano-27%C2%AA-ciea.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- JENSEN, M. E. Beyond irrigation efficiency. **Irrigation Science**, v. 25, p.233-245, 2007. DOI. 10.1007/s00271-007-0060-5
- KANDIZIORA, M.; BURKHARD, B.; MÜLLER F. Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. **Ecosystem Services**, v. 4, p.47-59, 2013. DOI. 10.1016/j.ecoser.2013.04.001
- KOSCHKE, L.; LORZ C.; FÜRST, C. LEHMANN, T.; MAKESCHIN, F. Assessing hydrological and provisioning ecosystem services in a case study in Western Central Brazil. **Ecological Processes**, v. 3, p. 1-15, 2014. DOI. 10.1186/2192-1709-3-2
- LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977. DOI. 10.2307/2529310
- LAMONT JUNIOR, W. J.; ORZOLEK, M. D.; HARPER, J. K.; JARRETT, A. R.; GREASER, G. L. **Agricultural Alternatives: Drip irrigation for vegetable production**. The Pennsylvania State University,

2012. Disponível em: <<https://extension.psu.edu/drip-irrigation-for-vegetable-production>>. Acesso em: 02 out 2018.
- LIMA, J. E. F. W.; AQUINO, F.G.; CHAVES, T.A.; LORZ, C. Development of a spatially explicit approach for mapping ecosystem services in the Brazilian Savanna – MapES. **Ecological Indicators**, v. 82, p. 513-525, 2017. DOI. 10.1016/j.ecolind.2017.07.028
- MACEDO, R. C.; SCHIMITT FILHO, A. L.; FARLEY, J. C.; FANTINI, A. C.; CAZELLA, A. A.; SINISGALLI, P. A. A. Land use and land cover mapping in detailed scale: A case study in Santa Rosa de Lima-SC. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 24, n. 2, p. 217-234, 2018. DOI. 10.1590/s1982-21702018000200015
- MAES, J.; LIQUETE, C.; TELLER, A.; ERHARD, M.; PARACCHINI, M. L.; BARREDO, J. et al. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. **Ecosystem Services**, v. 17, p.14-23, 2016. DOI. 10.1016/j.ecoser.2015.10.023
- MALEK, Ž.; VERBURG, P. H. Adaptation of land management in the Mediterranean under scenarios of irrigation water use and availability. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 23, p.821-837, 2018. DOI. 10.1007/s11027-017-9761-0
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2011. 22p. Circular técnica. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75698/1/ct-98.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 4 ed. Brasília: Embrapa, 2017.
- MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação Gomorfológica e Sistemas Morfodinâmicos do Distrito Federal. In: CAMPOS, J.E.G; FREITAS-SILVA, F.H. **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. Brasília: SEMATEC/IEMA/MMA-SRH, 1998.
- MENU, H.; MARINOZZI, G. **Análise-Diagnóstico dos Sistemas de Produção Irrigados no Município de Petrolina-PE**. Recife: FAO/INCRA, 1997.
- MIETTINEN, J.; GAVEAU, D.L.A.; LIEW, S.C. Comparison of visual and automated oil palm mapping in Borneo. **International Journal of Remote Sensing**, v. 40, n.21, p.8174-8185, 2019. DOI. 10.1080/01431161.2018.1479799
- NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Modelagem dos conflitos de uso e ocupação do solo como ferramenta para o planejamento territorial: O caso da Bacia do Alto Curso do Rio Descoberto DF/GO. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n.7, p.1285-1301, 2016.
- RABE, S.E.; KOELLNER, T.; MARZELLI, S.; SCHUMACHER, P.; GRÊT-REGAMEY, A. National ecosystem services mapping at multiple scales—the German exemplar. **Ecological Indicators**, v. 70, p.357-372, 2016. DOI. 10.1016/j.ecolind.2016.05.043
- REATTO, A.; MARTINS, E. S.; SPERA, S. T.; CARVALHO JR., O. A.; GUIMARÃES, R.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. **Relação entre as Classes de Solos e as principais fitofisionomias do Alto do Descoberto, Distrito Federal e Goiás**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 28 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/26447/1/bolpd_111.pdf>. Acesso em: 02 out. 2016.
- SANO, E. E.; LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, E. C. Estimativa da variação na demanda de água para irrigação por pivô central no Distrito Federal entre 1992 e 2002. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.508-515, 2005. DOI. 10.1590/S0100-69162005000200025

Biografia do autor principal



Francielle do Monte Lima, brasileira, nascida em 1991. Possui graduação em Agronomia (2015) e mestrado em Geociências Aplicadas (2018), ambos pela Universidade de Brasília (UnB). Interesses de pesquisa: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Mapeamento Digital de Solos, Mapeamento de Culturas Agrícolas, Análise e Modelagem Ambiental.



Esta obra está licenciado com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.