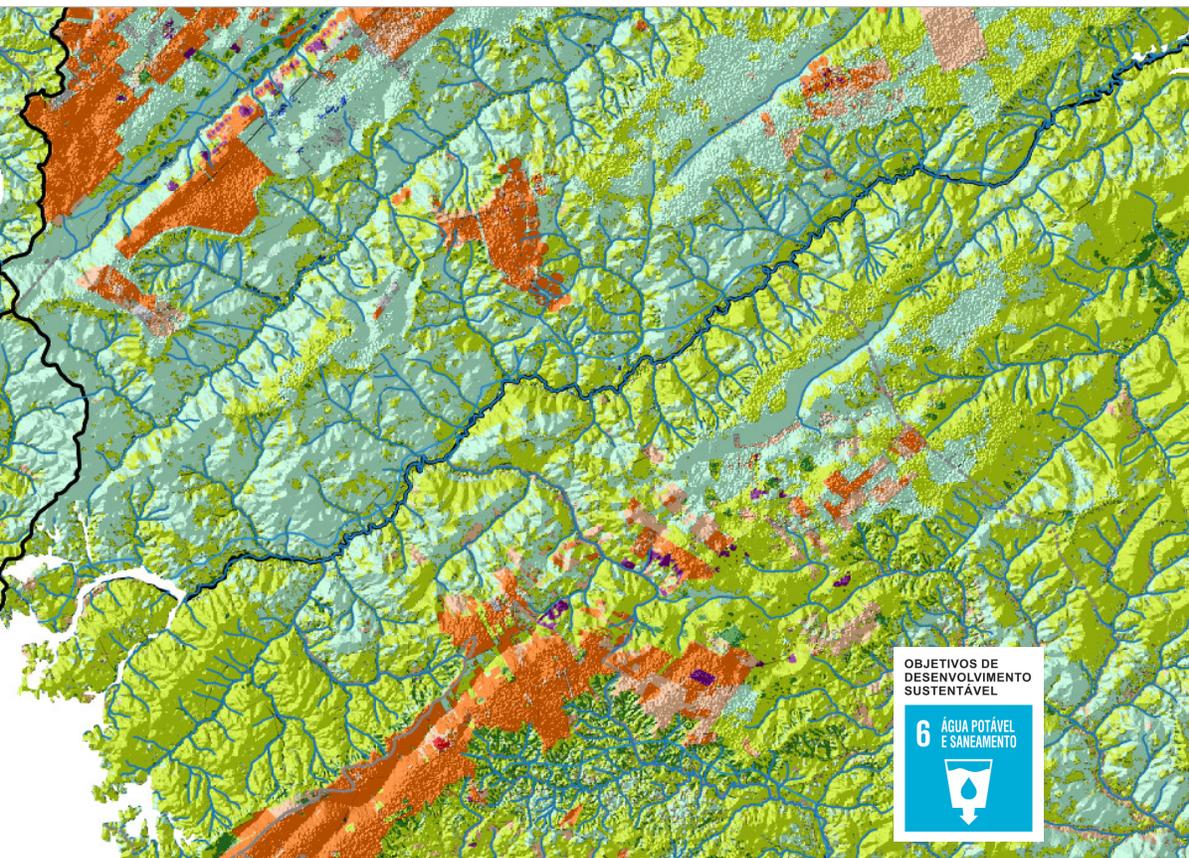


Cobertura Vegetal e Uso da Terra nos Solos Arenosos das Áreas de Afloramento do Sistema Aquífero Urucuia-Brasil



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
221**

**Cobertura Vegetal e Uso da Terra
nos Solos Arenosos das
Áreas de Afloramento do
Sistema Aquífero Urucuia-Brasil**

Elena Charlotte Landau
Gabriele Moreira Valadares

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Fotos da capa
Elena Charlotte Landau

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Landau, Elena Charlotte.

Cobertura vegetal e uso da terra nos solos arenosos das áreas de afloramento do Sistema Aquífero Uruçuia-Brasil / Elena Charlotte Landau, Gabriele Moreira Valadares. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

63 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 221).

1.Solo. 2. Cerrado. 3. Reservatório de água. 4. Águas subterrâneas. I. Valadares, Gabriele Moreira. II. Título. III. Série.

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	09
Material e Métodos	18
Resultados e Discussão	25
Considerações Finais.....	49
Agradecimentos.....	50
Referências	50

Cobertura Vegetal e Uso da Terra nos Solos Arenosos das Áreas de Afloramento do Sistema Aquífero Urucuia-Brasil

Elena Charlotte Landau¹

Gabriele Moreira Valadares²

Resumo – O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é um reservatório subterrâneo de água doce que contribui significativamente para a manutenção das vazões do Rio São Francisco e seus afluentes. Situa-se em uma área do Bioma Cerrado considerada como a nova “fronteira agrícola nacional”, onde ocorrem vários meses anuais de estiagem, e a presença de água subterrânea tem estimulado o uso desta para suprir a crescente demanda na região, principalmente para a irrigação de culturas agrícolas produzidas com altos níveis tecnológicos. O solo influencia na manutenção da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas, pelo que é necessária a proteção das áreas de recarga de aquíferos, evitando contaminação decorrente da ocupação com atividades antrópicas, bem como o comprometimento de sua recarga. Este trabalho analisou características da cobertura vegetal e uso da terra nos solos arenosos das áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia, contribuindo para a identificação de áreas com maior vulnerabilidade ambiental e potencial de contaminação de águas subterrâneas deste sistema. Solos arenosos representam 45,33% das áreas de afloramento do SAU. De acordo com o Projeto MapBiomias, em 2018, 93,08% dos solos arenosos do SAU apresentavam cobertura vegetal de origem natural: 46,30% com “Formação savânica”, 42,11% com campo natural e 4,61% com “Cerradão”. Também havia categorias de uso antrópico: 212.138 ha dos solos arenosos

¹ Elena Charlotte Landau, Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

² Gabriele Moreira Valadares Estagiária FAPED/Projeto Trijunção na Embrapa Milho e Sorgo e Estudante do Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas-MG;

com culturas agrícolas, 145.256 ha com pastagem plantada, 8.284 ha com florestas plantadas, 311 ha com infraestrutura urbana e 1,31 ha com mineração. Nesta região, 84,77% da área do SAU situada em Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral e 59,25% da situada em UCs de Uso Sustentável apresenta solos arenosos. De uma forma geral, nestas UCs predomina cobertura vegetal natural, mas há áreas de solos arenosos dentro de UCs de Proteção Integral com atividades de origem antrópica, ao contrário do que é estabelecido para esta categoria de UC no Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Assim, a área relativa de solos arenosos do SAU com uso antrópico direto é de praticamente 400 mil ha (399.264 ha) de um total de 5.768.983 ha, sendo importante a adoção de práticas conservacionistas sustentáveis nessa região. Adicionalmente, a efetiva proteção de áreas situadas em unidades de conservação demanda a regularização fundiária, bem como estímulos econômicos e fiscalização ambiental efetiva, num momento em que há incentivos nacionais de expansão das áreas agrícolas e tendência de aumento da demanda pelo uso de água de qualidade na região.

Termos para indexação: Cerrado, conservação ambiental, sistemas frágeis, unidades de conservação, Matopiba, qualidade da água.

Vegetation cover and land use in sandy soils of the outcrop areas of Urucuia Aquifer System, Brazil

Abstract – The Urucuia Aquifer System (SAU) is an underground freshwater reservoir that contributes significantly to the maintenance of the flow of the São Francisco River and its tributaries. It is located in an area of Cerrado considered to be a new Brazilian agricultural frontier, in which there are several annual dry periods, and the presence of groundwater has stimulated its use to supply the growing demand in the region, mainly for the irrigation of agricultural crops produced with high level of technology. The soil influences the maintenance of the groundwater quality and quantity, so it is necessary to protect the aquifer recharge areas, avoiding contamination due to occupation with human activities, which has affected the recharge and quality of other aquifer waters. This work analyzed characteristics of vegetation cover and land use in sandy soils in the outcrop areas of the Urucuia Aquifer System, contributing to the identification of areas with the greatest potential environmental vulnerability for groundwater contamination. Sandy soils represent 45.33% of the outcrop area of the Urucuia Aquifer System. According to the MapBiomass Project, in 2018, 93.08% of the SAUs sandy soils had vegetation cover of natural origin: 46.30% with “savanna formation”, 42.11% with natural field and 4.61% with “Cerradão” forest. There were also categories of anthropic use: 212,138 ha of sandy soils with agricultural crops, 145,256 ha with planted pasture, 8,284 ha with monospecies planted forests, 311 ha with urban infrastructure and 1.31 ha with mining. In this region, 84.77% of the areas of the SAU located in Protected Areas of Integral Protection and 59.25% of those of Sustainable Use are of sandy soils. Natural vegetation cover predominates in these Conservation Units, but there are sandy soils occupied by anthropic origin activities, contrary to what is admitted by the National System of Conservation Units (SNUC) of Brazil. Thus, the relative area of sandy soils in the SAU with direct anthropic use is almost 400 thousand ha (399,264 ha) of a total of 5,768.983 ha, being important to adopt conservationist and sustainable practices in these places. Additionally, the effective protection of

areas located in Conservation Units requires land regularization, as well as economic incentives and effective environmental inspection, at a time when there are national incentives to expand agricultural areas and a trend of increasing demand for the use of quality water in the region.

Index terms: *Cerrado*, environmental conservation, fragile systems, conservation units, Matopiba, water quality.

Introdução

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre, representando o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento, obtenção de água, ar e nutrientes. Junto com variáveis climáticas e outros aspectos, as características dos solos podem determinar os tipos de vegetação, o crescimento e a produtividade de plantas que neles se desenvolvem e, de maneira indireta, a abundância e a diversidade de espécies animais que podem ser sustentadas por essa vegetação ou ambiente. Propriedades do solo também afetam a distribuição, o escoamento e a infiltração da água proveniente de chuva ou irrigação, assim como o potencial de utilização, contaminação e purificação desta, justificando a importância dos solos na distribuição, manutenção e qualidade da água doce nos reservatórios naturais do planeta (rios, lagos, aquíferos), essencial para a sobrevivência de espécies vegetais e animais, incluindo a humana. Por ser um recurso natural dinâmico, o solo é passível de degradação em função do uso antrópico inadequado, condição em que o desempenho de suas funções básicas é afetado, prejudicando o equilíbrio ambiental e diminuindo drasticamente a qualidade de vida nos ecossistemas, principalmente naqueles que sofrem interferência humana mais direta, como os sistemas agrícolas e urbanos (adaptado de Coelho et al., 2013). Nas últimas décadas, a demanda por alimentos e a exploração da terra para outros usos teve um considerável aumento em decorrência da influência sofrida pela expansão populacional, crescimento da renda média e mudança nos hábitos de grande parte da população (adaptado de Saath; Fachinello, 2018).

O Bioma Cerrado estende-se por mais de 2 milhões de km² do território nacional (2.029.638,63 km², 23,83%), ocorrendo total ou parcialmente em 1.393 municípios de 12 Unidades da Federação do País: Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, Rondônia, São Paulo, e Tocantins (IBGE, 2004; Projeto MapBiomass, 2020). O Cerrado possui características importantes que justificam o título de savana mais rica do mundo, sendo considerando

um dos “*hotspots*”¹ mundiais de biodiversidade (Conservação International et al., 1999; Myers et al., 2000; Brooks et al., 2002; Klink; Machado, 2005). Apresenta vegetação bastante diversificada, com fitofisionomias e composição florística que variam desde associações campestres abertas até associações florestais densas (Ribeiro; Walter, 1998, 2020; Ribeiro et al., 2005; Medeiros, 2011). A vegetação arbustivo-arbórea apresenta troncos tortuosos, baixo porte, ramos retorcidos, cascas espessas e folhas grossas. Suas características ambientais contribuem para a abundância de mais de 11 mil espécies de plantas nativas, por volta de 199 espécies de mamíferos, além de compreender 1.200 espécies de peixes, 189 espécies de répteis, 150 espécies de anfíbios (Brasil, 2020a).

A diversificação de ecossistemas do Brasil é extremamente grande e os solos, que são parte integrante desse complexo de recursos naturais, também variam consideravelmente. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos -SBCS (Santos et al., 2018b; IBGE, 2018), o território nacional abrange 13 grandes classes de solos, num primeiro nível categórico. Cada tipo de solo varia em termos de aptidão agrícola, capacidade de sustentação e produtividade econômica, sendo imprescindível o uso adequado dos recursos naturais e preservando-os para gerações futuras. As classes de solo encontradas no Cerrado e área relativa ocupada por cada uma são: Latossolo (40,80%), Regossolo (23,32%), Argissolo (11,97%), Plintossolo (10,27%), Cambissolo (9,37%), Gleissolo (1,64%), Planossolo (0,81%), Nitossolo (0,64%), Chernossolo (0,59%), Luvissolo (0,40%), Vertissolo (0,08%) e Organossolo (0,01%). Em termos de textura do solo no bioma Cerrado: 41,18% deles apresenta textura média, 39,71% é de textura argilosa ou muito argilosa, 15,11% tem textura arenosa e sobre 3,99% da área não há dados discriminados².

Dentro de cada classe de solo há grande variação de características, e a classificação local do solo por atributos físicos, químicos e biológicos é importante, pois permite conhecer suas qualidades e limitações, além de

¹ **Hotspots:** regiões que concentram altos níveis de biodiversidade e de endemismos, e que possuem pelo menos 1.500 espécies de plantas vasculares endêmicas; isto é, que não são encontradas em nenhum outro lugar do Planeta, além de apresentarem apenas 30% ou menos de sua vegetação natural original, o que significa que já devem estar ameaçadas de destruição (Myers et al., 2000).

² Valores calculados a partir da sobreposição cartográfica entre os mapas em formato digital referentes à delimitação das classes de solos (IBGE, 2018) e da delimitação do bioma Cerrado adotado pelo Projeto MapBiomass (2020), no *Datum* SIRGAS2000, Zona UTM23 (metros).

predizer o comportamento do solo, orientando a escolha de práticas de manejo que favoreçam a conservação dos ecossistemas. Outros aspectos, como clima, vegetação, relevo, material de origem, condições hídricas e aspectos do local do perfil, também devem ser levados em consideração (Cherubin et al., 2015; Santos et al., 2018b).

Até a década de 1960, os chamados “solos frágeis” presentes em boa parte do Cerrado brasileiro eram considerados inadequados ou impróprios para a agricultura. O início da exploração dos solos do Cerrado ocorreu por volta de 1970, com incentivos governamentais. Os baixos preços da terra, as características climáticas, a topografia plana e as políticas de investimento atraíram agricultores do Sul do País, interessados principalmente em pecuária extensiva (Embrapa Cerrados, 2005). Vários programas governamentais foram implantados visando a expansão da agricultura nas áreas do Cerrado, principalmente o II Programa Nacional de Desenvolvimento, do qual fazem parte o Programa de Desenvolvimento Agrícola do Cerrado (Polocentro), vigente entre 1975 e 1979, e o Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados (Prodecer), que vigorou de 1979 a 2001 (Pitta; Vega, 2017; Santana et al., 2020). Atualmente, um alto percentual da produção agrícola nacional de diversas culturas provém de áreas anteriormente ocupadas pelo Cerrado, sendo essa considerada a principal região produtora de alimentos do Brasil. As características do desenvolvimento observado incluem o papel central exercido pelo acentuado aumento da produtividade média de diversas culturas, especialmente após 1995 (Santana et al., 2020).

Tecnologias aplicadas na correção, adubação do solo e introdução de sistema de manejo de produção e cultivares resistentes foram fatores que permitiram o desenvolvimento da agricultura no Cerrado (Embrapa Cerrados, 2005; Pimentel et al., 2011). Um dos principais problemas que o Bioma Cerrado enfrenta está diretamente relacionado com o desmatamento intenso em função de agricultura, pecuária e indústrias siderúrgicas. A utilização intensa dos recursos naturais há anos vem causando desgaste excessivo dos solos e fragmentação de habitats originais. Dados organizados pelo Ministério do Meio Ambiente e provenientes do Projeto PRODES/INPE (*Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite / Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais*) sobre o Cerrado, em 2018, apontaram uma área desmatada de 6.657 km² entre agosto de 2017 e julho de 2018 (Brasil, 2018). Atualmente, pelo menos 43,6% (884.652,58 km²) da

área do Cerrado encontra-se ocupada por classes de origem antrópica, como áreas agrícolas, pastagens cultivadas, silvicultura, áreas urbanizadas, áreas de mineração, e mosaicos de ocupações e solo exposto (Scaramuzza et al., 2017, referente a 2013; Projeto MapBiomass, 2020 ; Hirsch, 2020, referentes a 2018).

Com relação à disponibilidade hídrica, o Cerrado desempenha um papel de destaque. Ele é considerado o “berço das águas” brasileiras, em razão da grande quantidade de nascentes de rios importantes e das elevadas altitudes da região do Planalto Central do Brasil, que contribuem para o “efeito guarda-chuva”, ou seja, um fenômeno no qual a água da chuva escoando formando cursos d’água em diferentes regiões e direções (Lima, 2011). Pelo fato de o bioma Cerrado conter as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), abastecer seis das oito grandes bacias hidrográficas do Brasil (Amazônica, do Tocantins, Atlântico Norte-Nordeste, do São Francisco, Atlântico Leste e Paraná-Paraguai) e, adicionalmente, ainda abranger três importantes aquíferos (Guarani, Bambuí e Urucuia), considera-se que a região desempenha papel estratégico na reserva de água (Batista, 2016; World Wide Fund for Nature, 2012). Dessa forma, a crescente tendência de aumento do uso de água para a produção agropecuária requer atenção e preocupação, pois aponta para um provável aumento da deficiência hídrica no bioma ao longo do presente século, podendo resultar em restrições aos diversos usos e futuros conflitos pelo uso da água. (Assad et al., 2020).

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é um reservatório subterrâneo de água doce com reserva total de água estimada em 1.351 bilhões de m³. Composto por quartzo arenitos e arenitos feldspáticos eólicos do Grupo Urucuia, cobertura fanerozoica do Cráton São Francisco. É estratégico para regular a manutenção das vazões dos afluentes da margem esquerda do Rio São Francisco - os Rios Corrente, Grande e Carinhonha - e de nascentes de tributários do Rio Tocantins (Gaspar, 2006; Gaspar; Campos, 2007). Abrange grande parte do oeste baiano (margem esquerda do Rio São Francisco), parte do extremo norte de Minas Gerais, leste de Goiás e Tocantins, e extremos sul dos Estados do Piauí e Maranhão (Gaspar; Campos, 2007), apresentando variações consideráveis em termos de espessura (Agência Nacional de Águas, 2017).

O clima na área do SAU é do tipo Aw conforme a classificação de Köppen. É um clima tropical com inverno seco, apresentando duas estações anuais bem definidas: um verão chuvoso, entre outubro e abril, e um inverno seco, de maio a setembro. As temperaturas médias anuais variam entre 20 °C e 26 °C, e a umidade relativa do ar, entre 50% em agosto e em torno de 80% em dezembro. A precipitação média anual apresenta um certo gradiente longitudinal, variando de 900-1.000 mm, na área mais a leste do SAU, até 1.500 mm na porção oeste, no extremo oeste da borda da Serra Geral de Goiás. A concentração das chuvas em determinadas épocas do ano traz como consequência a ocorrência de períodos de excesso e outros de déficits hídricos (Gaspar, 2006).

Em termos de relevo, a maior parte das áreas do SAU situadas no Estado da Bahia e entre cursos d'água apresenta relevo praticamente plano (até 3% de declividade); já nas margens dos cursos d'água e nas áreas situadas a oeste do SAL predomina relevo mais acidentado, desde suavemente ondulado até ondulado (entre 3% e 20% de declividade), em alguns locais com a ocorrência de serras e chapadões (adaptado de Landau et al., 2014). A área do SAU apresenta variação altitudinal considerável: entre 243 m mais ao norte e 1.043 m na porção centro-oeste (Figura 1). Observa-se um eixo divisor longitudinal que separa o fluxo subterrâneo para o oeste (bacia hidrográfica do Tocantins) e para leste (bacia hidrográfica do São Francisco) (Gaspar, 2006).

Quanto a características geológicas, o Sistema Aquífero Uruçuia compreende essencialmente a Bacia Sanfranciscana, que representa a cobertura sedimentar fanerozoica do Cráton do São Francisco. Do ponto de vista geomorfológico, o SAU apresenta áreas correspondentes a dois domínios morfoestruturais (IBGE 1993) denominados "Bacias e Coberturas Sedimentares Inconsolidadas Pólio-Pleistocênicas" e o da "Faixa de Dobramentos e Coberturas Sedimentares Associadas"³.

³ Maior detalhamento sobre aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos do SAU são apresentados por Gaspar (2006), Villar e Mourão (2012) ou Agência Nacional de Águas (2017), entre outras publicações.

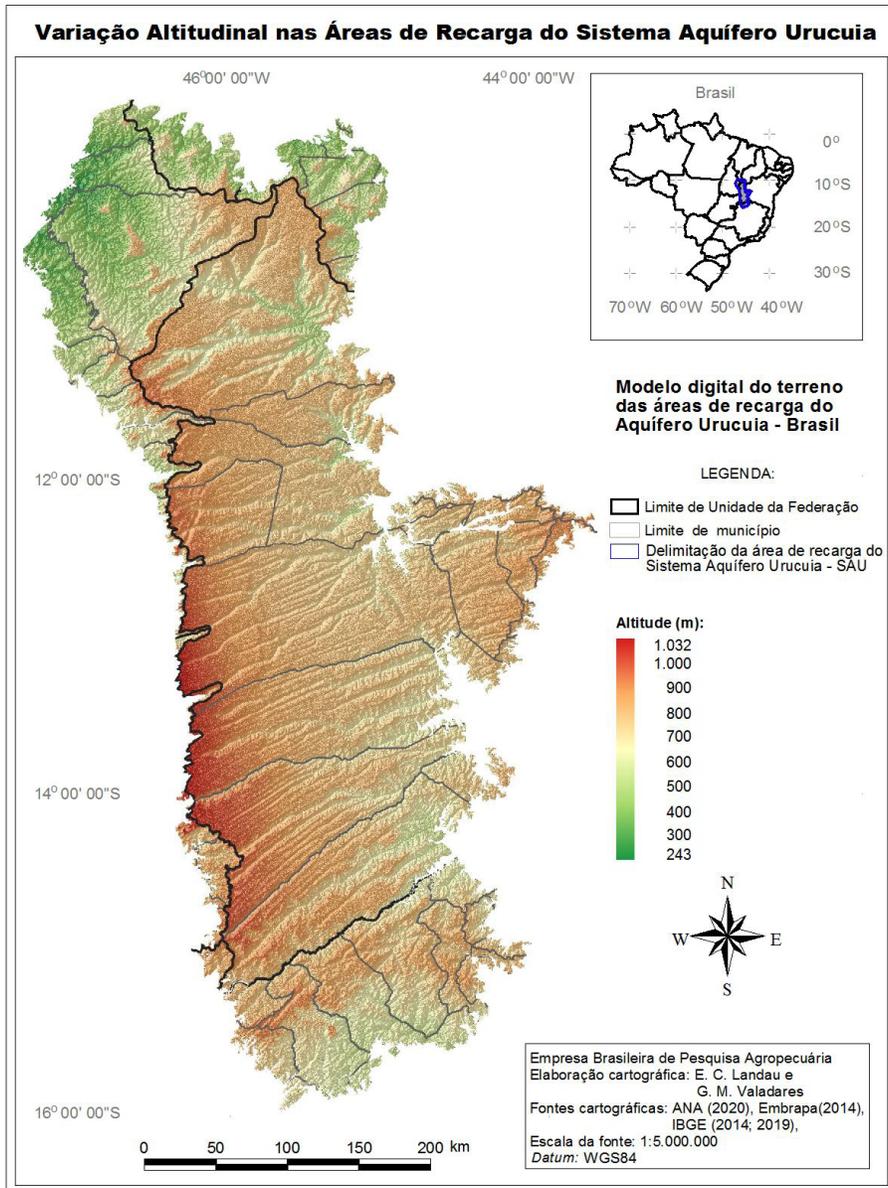


Figura 1. Variação do relevo na área de afloramento do Sistema Aquífero Urucuaia – SAU, Brasil, gerada a partir de imagens de radar obtidas pela missão Shuttle Radar Topography Mission da National Aeronautics and Space Administration – SRTM/ NASA. Elaboração: Elena C. Landau e Gabriele M. Valadares. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017) e IBGE (2019a).

O Sistema Aquífero Uruçuia comporta a maior parte da região conhecida como Matopiba⁴, atualmente considerada “grande fronteira agrícola” nacional, sendo responsável por boa parte da produção de grãos do Brasil. Nos últimos anos, mais de 10% da produção brasileira de soja, principal *commodity*⁵ nacional, proveio da Região do Matopiba, onde tem sido verificada tendência anual de aumento da produção, baseada em grande parte na expansão da agricultura irrigada (Melo et al., 2019).

Entre 1985 e 2015, o número de equipamentos de pivôs centrais instalados na Região do Matopiba aumentou mais de cem vezes (de 13 a 1.548), representando uma variação da área irrigada por pivôs centrais de 1.418 ha em 1985 para 160,172 ha em 2015. Desses, 90% estavam localizados em áreas de afloramento do Sistema Aquífero Uruçuia, estando a maioria (80%) concentrada no oeste da Bahia (Landau et al., 2016). Comparando dados de outorga de 2003 e 2006, Gaspar (2006) também relata aumento das concessões no período, tanto em termos de quantidade de outorgas quanto de vazão outorgada, considerando tanto águas subterrâneas quanto superficiais.

De acordo com a AIBA - Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (2020b), a agricultura irrigada no oeste baiano ocupa aproximadamente 8% da região e contribui com 34% do Valor Bruto da Produção Agropecuária. Os investimentos em tecnologia proporcionaram melhores condições de trabalho em fazendas altamente tecnificadas do oeste da Bahia, com produção considerável de soja, milho, algodão, feijão, arroz, café e mandioca

⁴ **Matopiba:** região considerada importante fronteira agrícola do País baseado principalmente na ocorrência de relevo bastante plano, terras comparativamente baratas, clima quente e disponibilidade de águas o ano inteiro para o uso na agricultura irrigada em épocas de estiagem ou veranicos, considerando águas superficiais e as subterrâneas do Aquífero Uruçuia, o que tem permitido a expansão de lavouras de grãos altamente tecnificadas. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2014), a Região do Matopiba abrange 15 microrregiões correspondentes às mesorregiões situadas mais ao sul do estado do Maranhão, leste do estado do Tocantins, sudoeste do estado do Piauí e extremo oeste do estado da Bahia, respondendo por mais de 5% da produção agrícola nacional de algodão, soja, arroz e milho, tendo apresentado potencial de produção agrícola crescente nas últimas safras dessas culturas (Conab, 2015). Inclui, respectivamente, três, três, seis e três microrregiões dos estados do Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia. Posteriormente, também em 2014, foi proposta outra delimitação para a região do Matopiba, abrangendo 31 microrregiões, sendo, respectivamente, oito, quinze, quatro e quatro microrregiões dos estados do Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia (Miranda et al., 2014).

⁵ **Commodity** (plural: *commodities*; ou comódites): mercadoria ou bem em estado bruto ou com pequeno grau de industrialização, produzido em larga escala, com características relativamente homogêneas e destinado para o comércio internacional. Seu preço é determinado internacionalmente em bolsa de valores, em função da oferta e procura internacional deste. Frequentemente refere-se a produto agropecuário ou resultante de extrações mineral ou vegetal.

(IBGE, 2019b). Nessa região, a produção de algodão destaca-se como primeiro em qualidade no País. Ele é intitulado “ouro branco”, sendo sua alta produtividade relacionada aos investimentos em tecnologia em conjunto com uma iniciativa que reuniu indústria têxtil e produtores, e fez com que o algodão baiano ganhasse importância no mercado internacional, em detrimento de concorrentes como o algodão egípcio (Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia, 2020a). Assim, a água subterrânea vem sendo cada vez mais utilizada na região, como fonte de abastecimento de fazendas, vilarejos e projetos de irrigação para a produção agrícola (Agência Nacional de Águas, 2017), o que demanda a ação de pesquisadores e órgãos governamentais para o gerenciamento integrado do uso da água. “Se a agricultura irrigada não for cuidadosamente planejada, dimensionada e manejada pode trazer impactos negativos ao ambiente” (Basso et al., 2017).

Em diversas regiões, dentre os principais impactos ambientais resultantes da implantação de sistemas intensivos de produção agrícola, pode-se citar a contaminação das águas subsuperficiais. A frequente utilização de agrotóxicos utilizados para o controle de plantas espontâneas, doenças e pragas, comuns nas lavouras, torna-se um problema no momento em que há introdução de água no sistema; seja esta proveniente da chuva ou de irrigação. Ao entrar em contato com as plantas e o solo, a água dissolve algumas dessas substâncias, carreando-as pelo perfil do solo durante a infiltração através dos poros do solo até atingir a zona saturada dele, afetando a qualidade das reservas subsuperficiais de água: lençóis freáticos ou aquíferos profundos (Racke et al., 1997; Pessoa et al., 2003; Gomes; Barizon, 2014; Vryzas, 2018).

O solo, além de atuar como um agente filtrante que mantém a qualidade das águas subterrâneas, contribui para a movimentação da água em direção às zonas insaturadas e saturadas do subsolo e para as camadas mais profundas. Por essa razão, a proteção das áreas de recarga de aquíferos, principalmente daquelas ocupadas por solos arenosos, comumente relacionadas a formações geológicas sedimentares, é importante. Pois, para que o solo atue como agente facilitador da percolação de água, é essencial que apresente boas taxas de infiltração, o que tem relação direta com a sua porosidade (alta relação macro/microporos), declividade do terreno, cobertura vegetal e intensidade das chuvas. Isso faz com que todas as atividades que venham a ser realizadas sobre áreas de recarga de aquíferos devam ser avaliadas pelas autoridades competentes, com a participação da

comunidade científica, assim como tem ocorrido por meio dos diversos fóruns, principalmente no Estado de São Paulo, relacionados ao Aquífero Guarani, outro aquífero brasileiro relevante (Gomes et al., 2002; Gomes, 2008).

Dada a importância das características de ocupação natural ou de uso da terra em áreas de recarga de aquíferos, principalmente em áreas com solos com alto potencial de lixiviação de contaminantes, este trabalho teve como objetivo o levantamento da cobertura vegetal e do uso da terra nos solos arenosos do Sistema Aquífero Urucuia, contribuindo para a identificação de áreas com maior vulnerabilidade ambiental potencial de contaminação das águas subterrâneas. Adicionalmente, foram analisadas características de cobertura vegetal e uso da terra em solos arenosos situados dentro de unidades de conservação, visando estimar o cumprimento potencial do propósito conservacionista de características naturais dessas áreas legalmente protegidas. O trabalho contribui para o atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS 6 da Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas – ONU: “Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos”⁶, apresentando subsídios para a implementação de uma gestão integrada dos recursos hídricos, bem como proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, conforme fundamentado pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (Brasil, 1997).

⁶ ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 09 ago.2020

Material e Métodos

Inicialmente foram mapeados os municípios, as unidades de conservação, os tipos de solos e as classes de cobertura vegetal e uso da terra ocorrentes nas áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia (SAU). A partir da sobreposição espacial entre as feições mapeadas foram geradas estatísticas e realizadas análises comparativas visando o atendimento dos objetivos propostos.

Área de estudo: municípios das áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia

Para a delimitação da área de estudo foi considerado o modelo digital de elevação do Sistema Aquífero Urucuia disponibilizado através do site Portal de metadados da Agência Nacional de Águas (Agência Nacional de Águas, 2017). Para a representação cartográfica das áreas municipais foi considerada a malha municipal digital do Brasil referente a 2018 disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, escala 1:250.000 (IBGE, 2019a).

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) tem uma extensão de 127 mil km², abrangendo áreas dos Estados da Bahia (64,70%) predominantemente, Tocantins (14,81%), Minas Gerais (13,36%), Piauí (3,52%), Maranhão (2,13%) e Goiás (1,48%) (Figura 2). Considerando a malha municipal de 2018 (IBGE, 2019a), a área do SAU abrange 66 municípios, sendo quase 60% dessa área representada apenas por sete municípios: São Desidério-BA (11,59%), Formosa do Rio Preto-BA (11,11%), Correntina-BA (8,53%), Mateiros-TO (7,61%), Jaborandi-BA (7,34%), Cocos-BA (7,31%) e Barreiras-BA (5,58%) (Figura 2, Tabela 1). Alguns municípios encontram-se integralmente situados dentro da área de afloramento do SAU, mas a maioria apresenta apenas parte de sua extensão dentro dessa área.

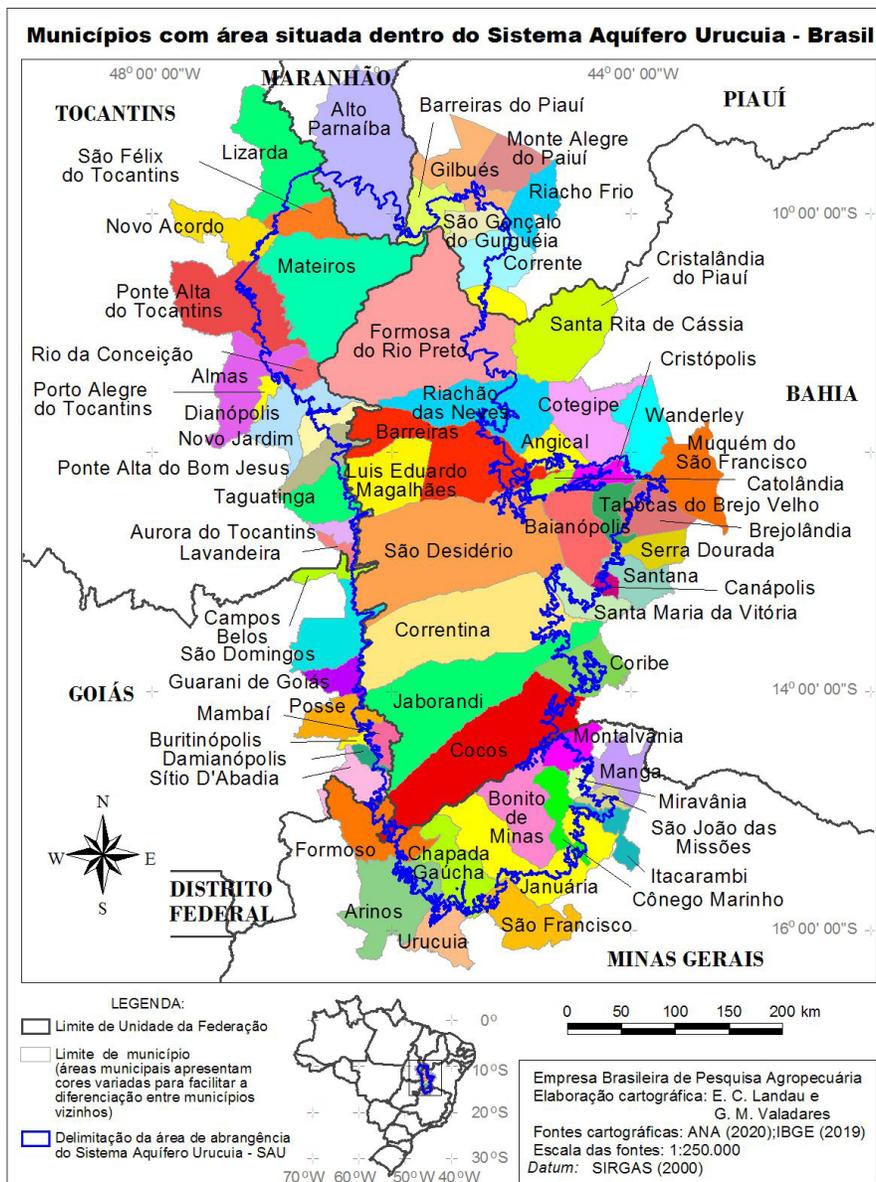


Figura 2. Municípios situados integral ou parcialmente na área de afloramento do Sistema Aquífero Uruçuia – SAU, Brasil.

Elaboração: Elena C. Landau e Gabriele M. Valadares. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017) e IBGE (2019a).

Tabela 1. Áreas absolutas e relativas de municípios dos Estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Piauí e Tocantins situadas dentro do SAU. Os municípios são apresentados em ordem decrescente da área absoluta situada dentro do SAU.

Município	Estado	Área do município situada dentro do SAU (km ²)*	Percentual da área total do município situada dentro do SAU (%)
São Desiderio	BA	14.756,24	97,68
Formosa do Rio Preto	BA	14.133,08	88,93
Correntina	BA	10.850,74	94,49
Mateiros	TO	9.680,61	100,00
Jaborandi	BA	9.345,62	93,63
Cocos	BA	9.304,04	91,82
Barreiras	BA	7.099,78	90,39
Januária	MG	4.090,43	61,45
Luis Eduardo Magalhães	BA	3.938,58	100,00
Bonito de Minas	MG	3.909,49	99,40
Riachão Das Neves	BA	3.442,93	57,63
Baianópolis	BA	3.277,81	98,78
Chapada Gaúcha	MG	3.126,29	96,12
Alto Parnaíba	MA	2.714,90	24,40
Ponte Alta do Tocantins	TO	2.167,67	33,37
São Félix do Tocantins	TO	1.756,33	92,02
Corrente	PI	1.647,99	54,11
Cônego Marinho	MG	1.493,96	92,84
São Gonçalo do Gurgueia	PI	1.343,67	97,07
Tabocas do Brejo Velho	BA	1.270,33	88,44
Formoso	MG	1.181,40	32,07
Coribe	BA	1.167,23	43,87
Arinos	MG	1.000,16	18,96
Dianópolis	TO	914,62	28,43
Lizarda	TO	902,68	15,77
Cristópolis	BA	866,84	82,39
Barreiras do Piauí	PI	804,98	39,71
Montalvânia	MG	790,32	52,61
Mambaí	GO	787,35	92,99
Santa Maria da Vitória	BA	772,66	38,96
Rio da Conceição	TO	748,61	95,10
Almas	TO	687,15	17,11
Novo Jardim	TO	673,41	51,42
Catolândia	BA	633,88	90,19
Ponte Alta do Bom Jesus	TO	554,21	30,69
Brejolândia	BA	481,63	21,44
Miravânia	MG	447,11	74,31
Posse	GO	376,82	18,32
Angical	BA	333,07	21,79
Cristalândia do Piauí	PI	294,75	24,53
Gilbués	PI	290,00	8,31
São João das Missões	MG	277,48	40,94
Taguatinga	TO	269,56	11,06
São Domingos	GO	239,46	7,27
Novo Acordo	TO	229,96	8,59
São Francisco	MG	227,60	6,89
Itacarambi	MG	221,68	18,11
Uruçuia	MG	206,62	9,96
Canápolis	BA	179,11	38,93
Sítio D'Abadia	GO	177,78	11,13
Santana	BA	126,68	6,64
Wanderley	BA	125,11	4,29
Campos Belos	GO	124,81	17,25

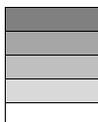
Continua

Tabela 1.Continua

Município	Estado	Área do município situada dentro do SAU (km ²)*	Percentual da área total do município situada dentro do SAU (%)
Aurora do Tocantins	TO	124,53	16,55
Lavandeira	TO	119,76	23,06
Muquém do São Francisco	BA	103,22	2,68
Guarani de Goiás	GO	85,61	6,97
Damianópolis	GO	68,42	16,48
Serra Dourada	BA	67,09	4,22
Riacho Frio	PI	52,55	2,37
Cotegipe	BA	52,04	1,22
Monte Alegre do Piauí	PI	43,08	1,78
Manga	MG	33,90	1,74
Buritópolis	GO	19,89	8,06
Porto Alegre do Tocantins	TO	19,39	3,86
Santa Rita de Cassia	BA	12,05	0,20
Total: 66 municípios		127.266,75	55,04

Elaboração: original. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017), IBGE (2019a).

Diferenciação visual de percentuais apresentados:



80-100%
50%-<80%
20-<50%
5-<20%
>0 -<5%

* - área municipal calculada considerando a malha municipal digital de 2018, no Datum Sirgas2000, Zona UTM23 (metros).

Área de estudo: unidades de conservação situadas nas áreas de afloramento do SAU

Visando a conservação dos patrimônios geológico, espeleológico, arqueológico, paleontológico, ecológico e cultural da região, além de áreas com apreciável valor cênico, foram criadas diversas unidades de conservação (UCs). Há UCs nas esferas do poder público federal, estadual e municipal, tanto de proteção integral quanto de uso sustentável⁷ (Tabela 2, Figura 3).

⁷ O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) reúne as Unidades de conservação (UCs) do Brasil em dois grupos: as de proteção integral e as de uso sustentável. As UCs de proteção integral (PI) têm como finalidade preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, apresentando regras e normas mais restritivas. As UCs de usos sustentável visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais presentes na área (Brasil, 2000).

Tabela 2. Unidades de conservação criadas em áreas de afloramento do Aquífero Urucuia, listadas, de norte para sul. Unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável foram diferenciadas em termos de cor do texto.

Tipo de UC	Esfera	Unidade de Conservação
PI	Federal	PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba
US	Federal	RPPN Catedral do Jalapão
PI	Municipal	MNAT Cânions e Corredeiras do Rio Sono
US	Estadual	APAE Jalapão
PI	Estadual	PE do Jalapão
US	Estadual	APAE do Rio Preto
US	Federal	RPPN Fazenda Calixto
US	Federal	APA Serra da Tabatinga
US	Estadual	APAE Bacia do Rio de Janeiro
US	Estadual	RPPNE Sítio Grande
US	Estadual	APAE de São Desidério
US	Federal	FLONA de Cristópolis
US	Estadual	APAE Serra Geral de Goiás
US	Estadual	PE de Terra Ronca
US	Federal	RESEX do Recanto das Araras de Terra Ronca
PI	Federal	ESEC Serra Geral do Tocantins
PI	Federal	RVS Veredas do Oeste Baiano
PI	Municipal	PNM Ribeirão da Prata
US	Federal	APA das Nascentes do Rio Vermelho
US	Federal	RPPN Veredas do Pratinho
PI	Municipal	PNM Município do Pequi
US	Estadual	APAE Cochá e Gibão
PI	Federal	PARNA Grande Sertão Veredas
US	Federal	APA Cavernas do Peruaçu
PI	Federal	PARNA Cavernas do Peruaçu
PI	Estadual	PE Veredas do Peruaçu
US	Estadual	APAE Bacia do Rio Pandeiros
PI	Estadual	PE Serra das Araras
US	Federal	RPPN Arara Vermelha
US	Estadual	RDS Veredas do Acari

Elaboração: original. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017), Brasil (2020b).

Tipo de Unidade de conservação (UC):

PI - Proteção integral:

ESEC - Estação Ecológica
 MNAT – Monumento Natural
 PARNA – Parque Nacional
 PE – Parque Estadual
 PNM – Parque Natural Municipal
 RVS – Refúgio da Vida Silvestre

US - Uso sustentável:

APA – Área de Proteção Ambiental (Federal)
 APAE - Área de Proteção Ambiental (Estadual)
 FLONA – Floresta Nacional
 RDS – Reserva do Desenvolvimento Sustentável
 RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural (Federal)
 RPPNE – Reserva Particular do Patrimônio Natural (Estadual)
 RESEX – Reserva Extrativista

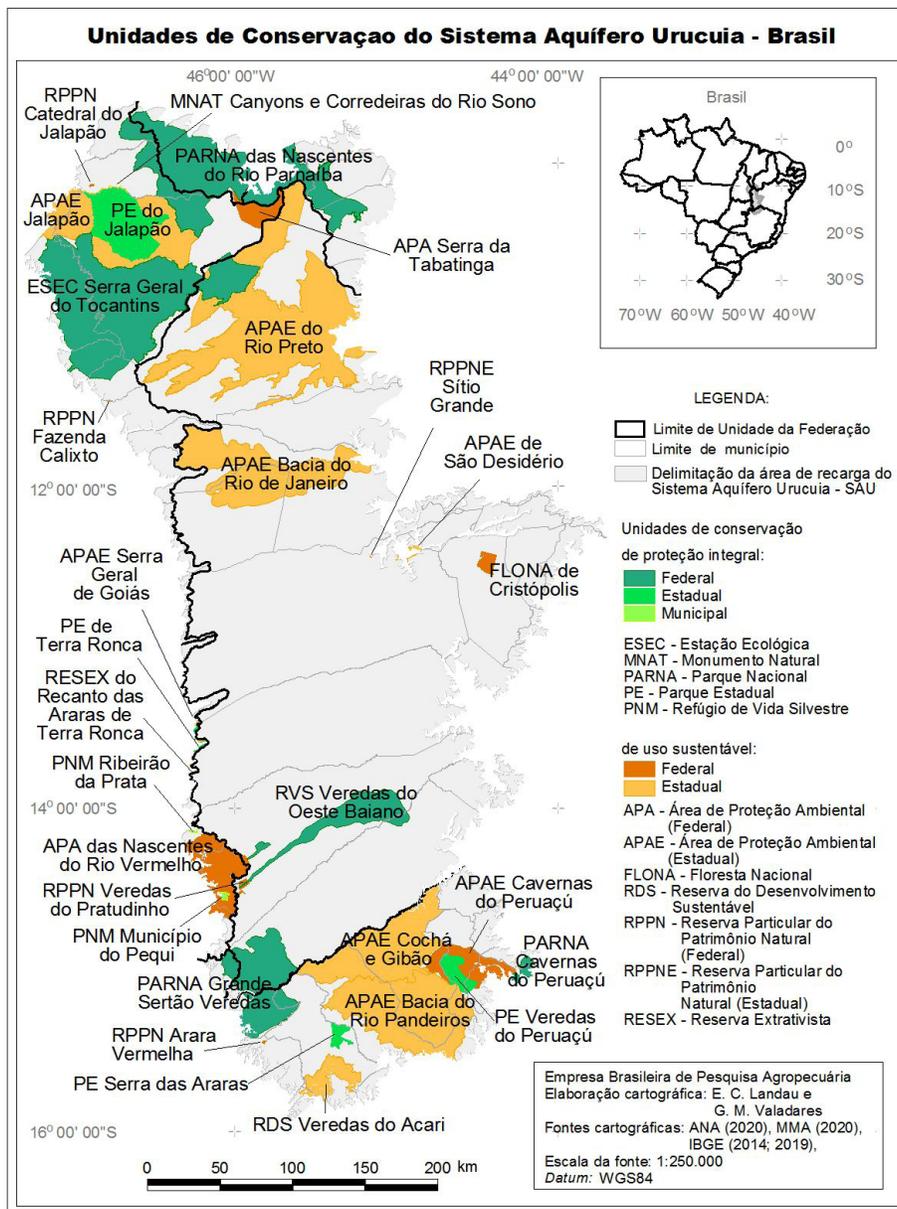


Figura 3. Unidades de Conservação situadas integral ou parcialmente na área de afloramento do Sistema Aquífero Uruçuia – SAU, Brasil.
 Elaboração: Elena C. Landau e Gabriele M. Valadares. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017), IBGE (2019a), Brasil (2020b, 2020c).

Cobertura vegetal e uso da terra nos solos arenosos das áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuaia

A identificação das áreas do SAU ocupadas por **solos com textura arenosa** baseou-se na sobreposição entre o mapa de solos do Brasil, escala 1:5.000.000 (IBGE, 2018) e o referente à delimitação do SAU obtido no Portal da ANA (Agência Nacional de Águas, 2017). Posteriormente, a identificação das classes de **cobertura vegetal e uso da terra** nas áreas de solos arenosos do SAU baseou-se na sobreposição espacial das bases cartográficas anteriores com a de cobertura vegetal e uso da terra referente a 2018 disponibilizada pelo Projeto Mapbiomas, escala aproximada 1:250.000 (Projeto Mapbiomas, 2020).

Os padrões de ocupação de solos arenosos do SAU situados em áreas legalmente protegidas foram obtidos a partir da sobreposição entre os mapas temáticos de unidades de conservação (Brasil, 2020c) e o de cobertura vegetal e uso da terra em solos arenosos.

Nos municípios com mais do que 1.000 ha de solos arenosos do SAU plantados com culturas agrícolas, foram levantadas as culturas agrícolas predominantemente plantadas nestes, a partir de dados divulgados pelo IBGE (IBGE, 2019b); e naqueles com mais do que 500 ha de florestas plantadas (monoculturas florestais), as espécies com plantios registrados pelo IBGE (IBGE, 2019c). Este procedimento não permite afirmar que as culturas agrícolas ou as monoculturas florestais elencadas nesses municípios estejam ocorrendo nas áreas de solos arenosos deles, mas seriam aquelas com maior probabilidade de ocorrência nessas áreas, em função da importância que têm para esses municípios.

A partir da sobreposição entre as bases cartográficas acima para as áreas de afloramento do SAU foram geradas estatísticas apresentando o percentual ocupado por tipo de solo, e as classes de cobertura vegetal e o uso da terra predominantes em solos arenosos por município, assim como em áreas legalmente protegidas. Para tal, foram utilizados os sistemas de informações geográficas QGIS 3.10.7 e ArcView GIS (respectivamente, Open Source Geospatial Foundation, 2019; Environmental Systems Research Institute, 2000), além do software Excel (Microsoft Office).

Resultados e Discussão

Solos arenosos das áreas de afloramento do SAU

Cerca de metade da área do SAU (45,33%) apresenta solos com textura arenosa (Figura 4), provavelmente com importantes restrições para o desenvolvimento de agricultura nestes, mas de grande importância para a qualidade da água disponível para uso na região. Os solos arenosos estão situados predominantemente nas áreas de descarga do SAU (vide Figura 7.8 do volume 2 de Agência Nacional de Águas, 2017), grande parte em áreas de preservação permanentes (APPs), nas margens dos cursos d'água da região, justificando a importância do uso da terra nessas áreas. Mais de 60% dos solos arenosos da área de afloramento do SAU concentram-se em oito municípios: Mateiros-TO (785.520,35 ha), Cocos-BA (611.478,61 ha), Correntina-BA (468.876,30 ha), Formosa do Rio Preto-BA (467.425,35 ha), Jaborandi-BA (389.817,85 ha), Bonito de Minas-MG (336.442,75 ha), Alto Parnaíba-MA (257.173,91 ha) e Januária-MG (249.163,68 ha).

Considerando o segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, seis classes de solos arenosos são encontradas na área de afloramento do SAU, sendo, em ordem decrescente de sua ocorrência (Figura 5):

- Neossolo Quartzarênico Órtico (RQ) formado por Latossolo amarelo distrófico + Gleissolo háplico, argila de atividade baixa, distrófico, representa quase a metade dos solos arenosos das áreas de afloramento do SAU (47,36% dos solos arenosos do SAU, 2.732.420 ha,);

- Neossolo Quartzarênico Órtico (RQ) formado por Gleissolo háplico Argila de atividade baixa, distrófico + Neossolo quartzarênico hidromórfico, ocupa 41,37% dos solos arenosos do SAU (2.386.522 ha);

- Gleissolo háplico argila de atividade baixa, distrófico (GX) formado por Gleissolo melânico distrófico + Planossolo háplico distrófico, representa 6,21% dos solos arenosos do SAU (357.967 ha),

- Neossolo lítico distrófico (RL) representado por afloramentos rochosos, ocupa 2,65% dos solos arenosos do SAU (152.842 ha,);

- Neossolo Quartzarênico Órtico (RQ) formado por Neossolo quartzarênico Órtico + Argilossolo vermelho eutrófico, ocupa apenas 2,01% dos solos arenosos do SAU (115.686 ha) e

- Neossolo Quartzarênico Órtico (RQ) formado por Gleissolo háplico, argila de atividade baixa, distrófico, ocupa somente 0,41% da área de solos arenosos do SAU (23.545 ha).

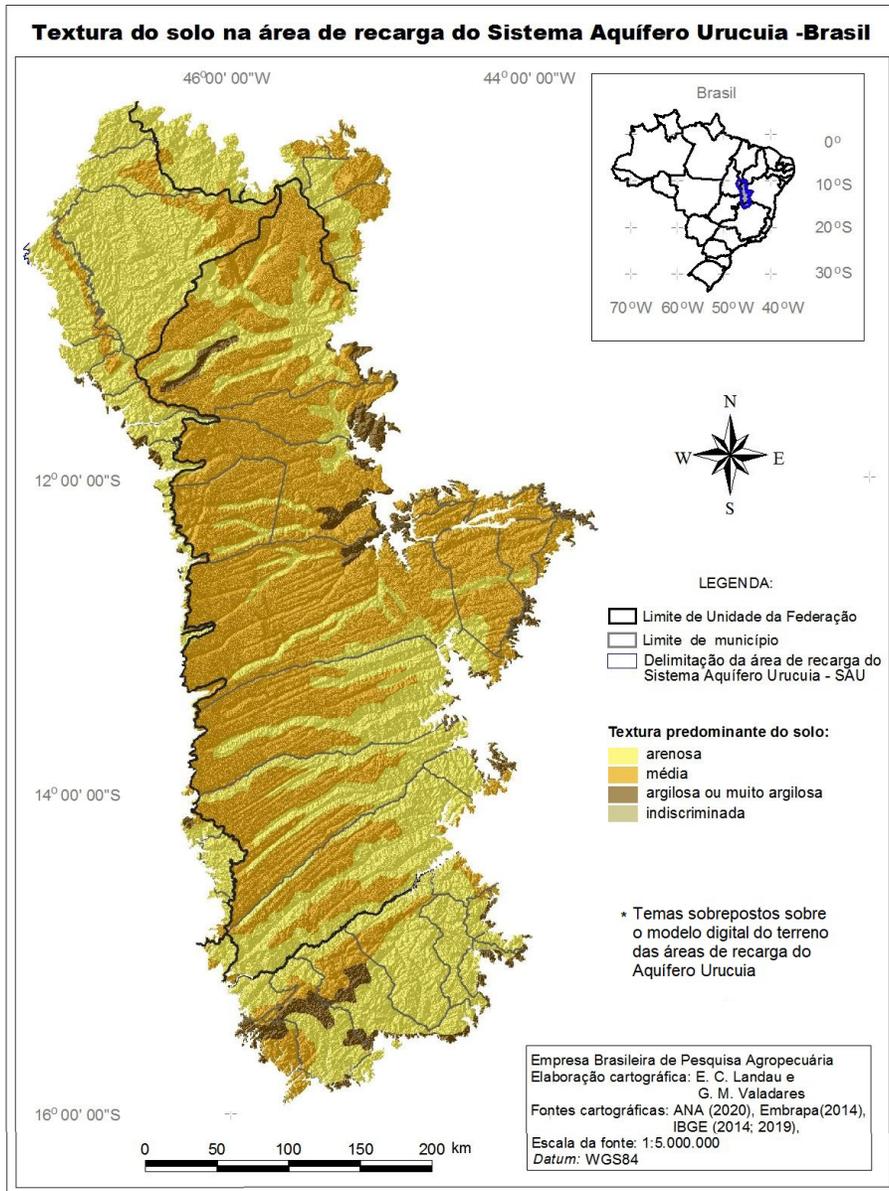


Figura 4. Textura do solo predominante nas áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia – SAU, Brasil.
Elaboração: Elena C. Landau e Gabriele M. Valadares. Fonte: Santos et al. (2011), Agência Nacional de Águas (2017), IBGE (2018, 2019ª).

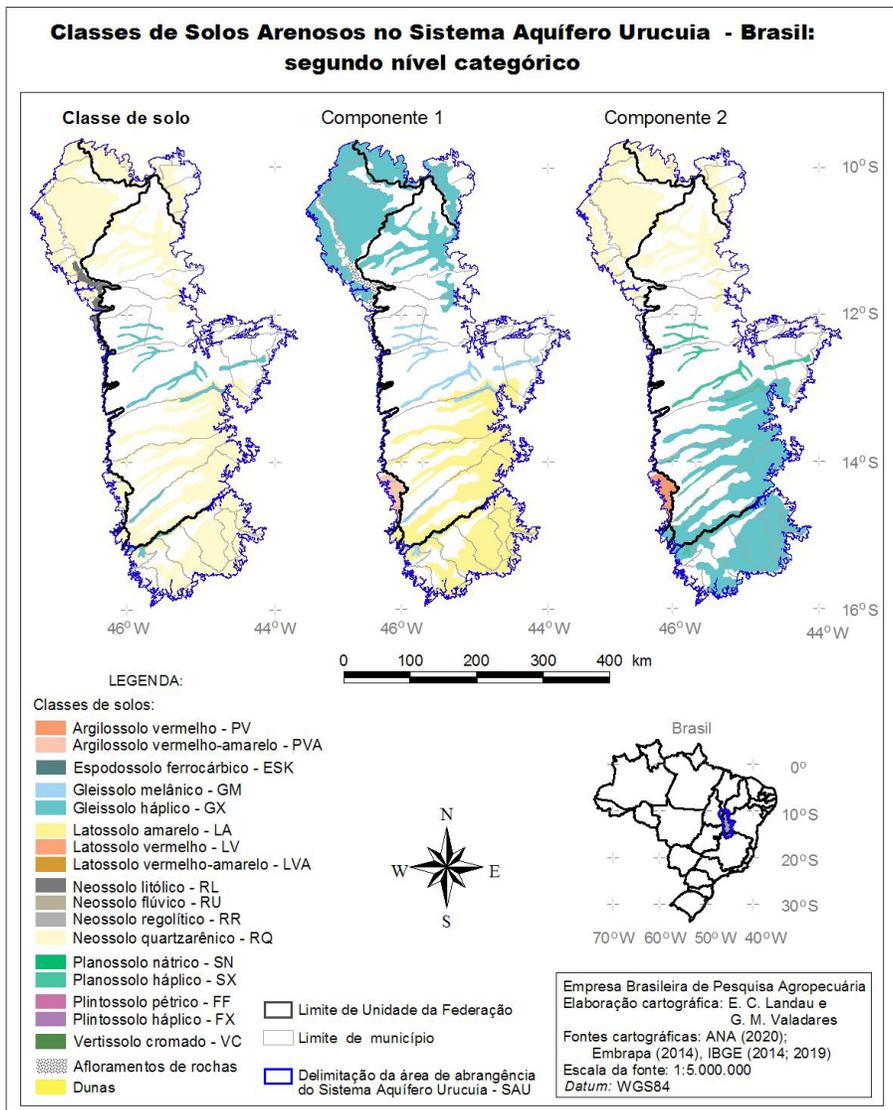


Figura 5. Classes de solos com textura arenosa predominantes nas áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia – SAU, Brasil.

Elaboração: Elena C. Landau e Gabriele M. Valadares. Fonte: Santos et al. (2011), Agência Nacional de Águas (2017), IBGE (2018, 2019^a).

Cobertura vegetal e uso da terra em solos arenosos do SAU

Em termos de cobertura vegetal e uso da terra nos solos arenosos do SAU, observa-se que em 2018, conforme apresentado no Projeto Mapbiomas, mais de 90% (93,08%) era representada por classes de origem natural, com predominância das classes “Formação savânica” ou “cerrado” (2.670.978,05 ha, 46,30% dos solos arenosos do SAU), “Formação campestre” ou campos naturais (2.429.550,01 ha, 42,11% dos solos arenosos do SAU), “Formações florestais” tipo “Cerradão” (265.663,39 ha, 4,61%) e “Corpos d’água” ou área de lagos, reservatórios, lagoas e rios (3.527,39 ha, 0,06%) (Figura 6, Tabela 3). Entre as categorias decorrentes de intervenção antrópica, atividades agropecuárias abrangem 6,34% dos solos arenosos do SAU, ocupado predominantemente por “Culturas Anuais ou Perenes” (3,68% dos solos arenosos do SAU), “Pastagem” (2,52%) e “Floresta plantada” representada principalmente pelo plantio de eucalipto (0,145%). Sobre solos arenosos do SAU também são observadas outras classes de origem antrópica, quais sejam “outras áreas não vegetadas”, predominantemente representadas por solos descobertos e área degradadas (0,58%), áreas com “Infraestrutura urbana”, predominando áreas urbanizadas correspondentes a vilas ou cidades (0,01%) e “Mineração” (<0,01%).

Mais de $\frac{3}{4}$ de todos os tipos de solos arenosos encontrados na área do SAU apresentaram cobertura vegetal natural (Tabela 4). Entre estas, as classes de cobertura vegetal predominantes foram “Formação savânica” e “Formação campestre natural”, sendo que mais que a metade dos solos arenosos do tipo “Gleissolo háplico, argila de atividade baixa, distrófico: Gleissolo melânico distrófico + Planossolo háplico distrófico” e “Neossolo Quartzarênico Órtico: Latossolo amarelo Distrófico + Gleissolo háplico, argila de atividade baixa, distrófico” apresentaram cobertura vegetal por “Formação savânica”; e mais que a metade do solo arenoso tipo “Neossolo Quartzarênico Órtico”, por “Formação campestre natural”.

Culturas agrícolas anuais e/ou perenes foram identificadas predominantemente em solos arenosos do tipo “Neossolo Quartzarênico Órtico: Gleissolo háplico Argila de atividade baixa, distrófico” e “Gleissolo háplico, argila de atividade baixa, distrófico: Gleissolo melânico distrófico + Planossolo háplico distrófico”, ocupando entre 15% e 21% da área representada por cada um desses solos. “Pastagens” concentraram-se predominantemente sobre solos

do tipo “Gleissolo háplico, argila de atividade baixa, distrófico: Gleissolo melânico distrófico + Planossolo háplico distrófico”, chegando a ocupar quase 8% (7,98%) da área deste tipo de solos arenoso. As áreas de mineração foram registradas apenas sobre solos arenosos do tipo “Neossolo litólico, distrófico: afloramento rochoso”.

Os solos arenosos de mais da metade dos municípios do SAU (38 municípios) apresentaram acima de 90% de cobertura vegetal representada por categorias de origem natural (Tabela 3, Figura 6).

Em termos de proporção da área de solos arenosos ocupada por cada classe de cobertura vegetal, observa-se que:

- **Formações florestais:** Representaram 4,61% das áreas de afloramento do SAU com solos arenosos.

- **Formação savânica:** Foi a classe predominante nos solos arenosos das áreas de afloramento do SAU, ocupando próximo da metade dessas áreas (46,30%). Sete municípios apresentaram acima de 80% dos solos arenosos do SAU cobertos por “Formação savânica”

- **Formação campestre natural:** Foi a segunda classe predominante nas áreas do SAU com solos de textura arenosa, cobrindo 42,11% dessas áreas. Três municípios apresentaram mais de 80% dos solos arenosos dentro do SAU com formações campestres naturais: Ponte Alta do Tocantins-TO, São Félix do Tocantins-TO e Lizarda-TO.

Cinco municípios apresentaram mais do que 20% dos solos arenosos dentro do SAU representados por atividades de origem antrópica: Luis Eduardo Magalhães-BA, Tabocas do Brejo Velho-BA, Barreiras-BA, São Desidério-BA e São Francisco-MG).

- **Florestas plantadas:** Representaram apenas 0,14% das áreas de afloramento do SAU com solos arenosos. Embora observadas em solos arenosos de 17 municípios, apenas em cinco municípios representaram uma área plantada em solos arenosos maior do que 500 ha. Em Bonito de Minas-MG, Jaborandi-BA e Chapada Gaúcha-MG há registros de áreas plantadas com eucalipto (IBGE, 2019c).

- **Culturas agrícolas anuais e/ou perenes:** Ocuparam 3,68% das áreas de afloramento do SAU com solos arenosos. Em dezoito municípios

foram observados mais do que mil hectares de solos arenosos dentro do SAU plantados com culturas agrícolas anuais ou perenes, em muitos casos representando mais do que 5% da área do município de solos arenosos. Mesmo com área cultivada inferior a mil hectares, outros dois municípios apresentaram mais do que 5% da sua área com solos arenosos plantada com culturas agrícolas em 2018: São Domingos-GO (224,65 ha, 6,13% da área do município) e Aurora do Tocantins-TO (288,17 ha, 5,40%).

De acordo com IBGE (2019b), as culturas agrícolas predominantes em 2018 nos municípios em que foi observada maior área cultivada de solos arenosos, em ordem decrescente de probabilidade, foram: soja, milho, mandioca, feijão, cana-de-açúcar, algodão herbáceo e/ou sorgo. Nos municípios de Cocos-BA, Correntina-BA e Jaborandi-BA existem, ainda, plantios de fumo; em Luís Eduardo Magalhães-BA e Riachão das Neves-BA há plantio de trigo. Padrão semelhante foi também observado por Santos et al. (2018a) e Silva et al. (2019).

- **Pastagem:** cobriu 2,52% das áreas de afloramento do SAU com solos arenosos. Vinte e três municípios apresentaram mais do que mil hectares cobertos por pastagem.

- **Outras áreas não vegetadas:** representaram 0,58% da área de solos arenosos situada dentro do SAU. Praticamente todos os municípios com solos arenosos na área de afloramento do SAU (50 municípios) apresentaram esta categoria, sendo que em 11 municípios ela representou mais do que 500 ha da área de solos arenosos destes. O único município em que essa classe representou mais do que 5% da área de solos arenosos deste situadas dentro do SAU foi São Domingos-GO (280,18 ha, 7,65% das áreas de solos arenosos do município situadas dentro do SAU).

- **Infraestrutura urbana:** A classe, que inclui principalmente áreas urbanizadas representadas por vilas e cidades, ocupou apenas próximo de 0,01% das áreas de solos arenosos situadas dentro do SAU. Em 20 municípios não foi registrada infraestrutura urbana em solos arenosos.

- **Mineração:** representou menos do 0,01 da área de solos arenosos no SAU, tendo sido verificada em apenas um município: Taguatinga-TO (1,31 ha, 0,01% da área de solos arenosos do município situadas dentro do SAU). Além da supressão vegetal, a maior influência prejudicial das

áreas de mineração ocorre em relação à qualidade da água das áreas a jusante, podendo comprometer o equilíbrio ambiental e o uso dessa água para diversas finalidades (Fritzons et al., 2009; Mechi; Sanches, 2010; Sepe; Salvador, 2018).

Assim, mais de 90% das áreas de solos arenosos do SAU apresentaram cobertura vegetal de origem natural em 2018, representando áreas de afloramento mais preservadas, então, provavelmente com boa condição de infiltração (Gaspar; Campos, 2007; Gaspar et al., 2007, 2012),

Por outro lado, quase 400 mil ha representaram áreas de recarga comprometidas por atividades antrópicas potencialmente contaminantes desenvolvidas na região, como, segundo Gaspar (2006), a aplicação de agrotóxicos e a manipulação e o armazenamento de óleo diesel, com atenção especial às propriedades que possuem reservatório de combustíveis enterrados. Nas áreas com intervenção antrópica é importante a adoção de práticas conservacionistas e sustentáveis, como a produção agropecuária sem o uso de agrotóxicos ou programas beneficiando agricultores conservacionistas da qualidade da água, que contribuam para evitar o uso e manejo adequados das áreas importantes de recarga do aquífero.

Em algumas áreas de recarga do SAU já há relatos de deficiência hídrica ou má qualidade de águas disponíveis, decorrentes do assoreamento de veredas⁸ em função da degradação de mananciais como no Rio Urucuia. Isso reduz o volume ou faz perder a capacidade de reposição de água em decorrência do desmatamento e da movimentação do solo sem medidas protetivas, para a formação de pastagens, abertura de estradas, e manejo com utilização de fogo para a formação de pasto e posterior pisoteio pelo gado (Vieira, 2014; Assoreamento..., 2016). Situados na região de clima semiárido do Estado de Minas Gerais, as veredas são as fontes de água dos municípios de Januária, Bonito de Minas, Urucuia, Riachinho e Arinos. O desaparecimento ou a degradação de veredas em áreas do norte e noroeste mineiro têm causado crises de falta de água no campo tanto em tempo de

⁸ **Veredas:** formação vegetal do bioma Cerrado caracterizada pela existência de água cercada por vegetação nativa, geralmente com a ocorrência da palmeira arbórea denominada "buriti" (*Mauritia flexuosa*) junto com o agrupamento de espécies arbóreo-arbustivas. As veredas ocorrem em solos argilosos mal drenados (hidromórficos), onde há afloramento do lençol freático. Assim, as veredas exercem um papel fundamental no Cerrado, pois mantêm a umidade ao longo de todo o ano, representando um refúgio para a fauna e flora, principalmente em épocas de estiagem, formando uma reserva d'água (caixa d'água) importante em áreas áridas do País (adaptado de Ribeiro; Walter, 2020).

chuva como de seca (Assoreamento...., 2016). No oeste da Bahia, Santana et al. (2002) também relatam a visível degradação de cursos d'água com o Rio do Cachorro, afluente do Rio Grande, ocasionada principalmente pelo mau uso e manejo dos solos, e pela destruição das matas ciliares e veredas, como afirmam estar acontecendo em todos os rios do oeste baiano.

Visto que a qualidade da água está relacionada com as condições do solo, é importante destacar que o solo exerce sua função como agente ou compartimento natural do ambiente, devendo ser mantidas condições ambientais satisfatórias, por meio de um manejo correto e equilibrado deste, para que ele continue a exercer suas funções naturalmente, contribuindo de forma sustentável para o bom funcionamento do ciclo hidrológico (Gomes, 2008). E assim como no caso do Aquífero Guarani (Coutinho et al., 2008), o avanço da fronteira agrícola, sobre áreas anteriormente consideradas inaptas para o cultivo de grãos, principalmente aquelas sobre solos de textura arenosa, como é grande parte das áreas de recarga do Aquífero Urucuia, faz dos resultados deste trabalho um importante alerta para autoridades e gestores ambientais. Os sistemas de plantio direto contribuem para diminuir a degradação do solo e são preconizados por alguns técnicos como tecnologia para permitir o cultivo de grãos em solos arenosos (Donagemma et al., 2016). Coutinho et al. (2008), no entanto, constataram que o cultivo intensivo de soja e milho sobre áreas de recarga, mesmo sob plantio direto, pode ser extremamente arriscado quanto há uso de agrotóxicos, que afetam a qualidade da água. De acordo com o autor, a recomendação para as zonas de recarga é que sejam consideradas áreas de proteção permanente ou cultivadas sob sistemas de produção agroecológicos com baixo aporte de insumos, como sistemas agroflorestais orgânicos com manutenção de cobertura vegetal permanente.

A demanda crescente por água de qualidade para múltiplos usos e o fato de as águas superficiais estarem mais sujeitas a contaminações têm incentivado a busca pelo uso de águas subterrâneas em regiões com essa disponibilidade hídrica. Pesquisas avaliando vantagens e desvantagens dessa tendência comportamental deverão subsidiar a adoção de medidas necessárias de controle e regulamentação do uso da água, embasando ações administrativas do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, que se integram com a gestão ambiental das áreas de recarga do aquífero, considerando instrumentos previstos pela Política Nacional de Recursos

Hídricos - PNRH (Lei No 9.433/97) que demandam mais informações técnicas (adaptado de Gaspar, 2006). Os resultados apresentados no presente trabalho contribuirão para auxiliar no gerenciamento da área de recarga do SAU, com vistas a regulamentar o seu uso, sua proteção e garantir um futuro equilíbrio dos usos múltiplos, conforme fundamentado na Política Nacional de Recursos Hídricos.

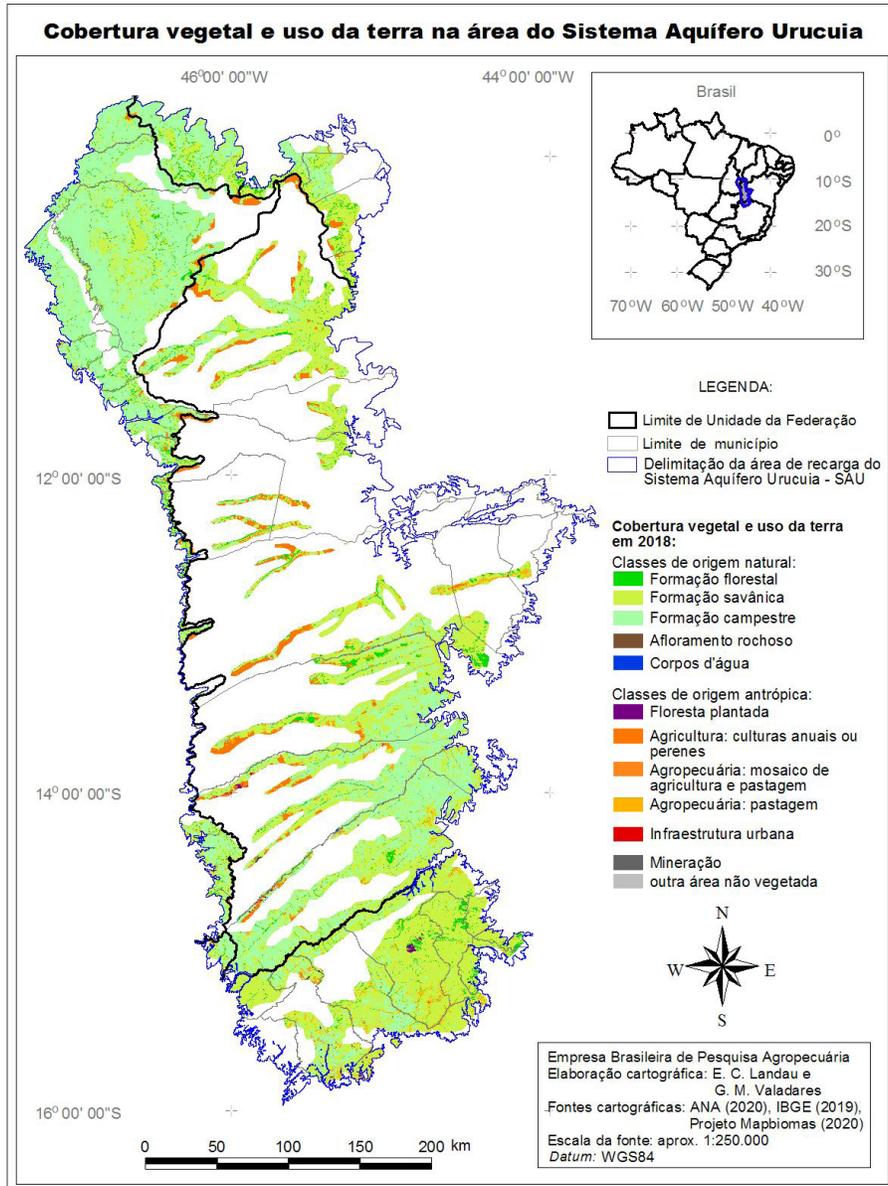


Figura 6. Cobertura vegetal e uso da terra em 2018 em solos com textura arenosa situados nas áreas de recarga do Sistema Aquífero Urucuia – SAU, Brasil. Elaboração: Elena C. Landau e Gabriele M. Valadares. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017), IBGE (2018, 2019a) e Projeto Mapbiomas (2020).

Tabela 3. Cobertura vegetal e uso da terra em 2018 nos municípios com solos de textura arenosa situados dentro da área de afloramento do Sistema Aquífero Uruçuia. Municípios apresentados em ordem decrescente do percentual de cobertura vegetal de origem natural.

Município	UF	Percentual da área com textura arenosa situada dentro do SAU ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2018 (%)										Classes de origem natural (%)	Classes de origem antropica (%)	
		Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Corpos d'água	Floresta plantada	Culturas anuais e perenes	Pastagem	outra área não vegetada	Infraestrutura urbana	Mineração			
Novo Acordo	TO	4,37	20,14	75,37	0,05			0,04	0,02				99,94	0,06
São Félix do Tocantins	TO	2,63	14,55	82,56	0,02			0,20	0,03				99,76	0,24
Ponte Alta do Tocantins	TO	2,75	14,03	82,91	0,03			0,08	0,18	0,01			99,73	0,27
Alto Parnaíba	MA	6,08	34,57	58,59				0,01	0,07	0,61			99,24	0,76
Barreiras do Piauí	PI	9,21	50,44	39,13				0,20	0,05	0,20			98,79	1,21
Lizarda	TO	2,05	14,86	81,19				1,68	0,15				98,10	1,90
São Gonçalo do Gurgueia	PI	3,83	45,91	48,26				0,53	0,74				98,00	2,00
Rio da Conceição	TO	8,13	15,57	74,10	0,04			0,27	1,48				97,84	2,16
Formoso	MG	3,55	67,66	26,30	<0,01			0,01	0,04				97,52	2,48
Mateiros	TO	2,81	22,48	72,14	0,07			2,26	0,16				97,50	2,50
Uruçuia	MG	0,28	26,24	70,84				0,33					97,36	2,64
Lavandeira	TO	17,36	53,73	24,18	2,01			0,54	0,60				97,26	2,74
Miravânia	MG	8,87	87,14	0,92				<0,01					96,93	3,07
Dianópolis	TO	7,56	19,73	69,43	0,01			1,72	0,91				96,73	3,27
Damianópolis	GO	12,41	61,78	22,33	0,03			2,65	0,80				96,55	3,45
Cônego Marinho	MG	7,83	85,46	3,25	<0,01			3,39	0,06				96,54	3,46
Coribe	BA	0,73	35,57	59,75	<0,01			>0,01	0,59				96,06	3,94
Sítio D'Abadia	GO	3,43	35,84	56,54				0,47	1,74				95,82	4,18
Cocos	BA	2,71	39,37	53,52	0,10			1,39	0,66				95,70	4,30

Tabela 3. Continua.

Município	UF	Percentual da área com textura arenosa situada dentro do SAU ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2018 (%)										Classes de origem natural (%)	Classes de origem antropica (%)				
		Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Corpos d'água	Floresta plantada	Culturas anuais e perenes	Pastagem	outra área não vegetada	Infraestrutura urbana	Mineração						
Santa Maria da Vitória	BA	18,11	73,68	3,78	0,01							4,35	0,08			95,58	4,42
Bonito de Minas	MG	4,55	77,24	13,38	0,01	0,88					0,05	3,51	0,35	0,03		95,18	4,82
Almas	TO	3,82	11,64	79,61	0,00						0,07	2,63	2,23			95,07	4,93
Mambai	GO	4,02	38,29	52,12	0,50						0,65	3,64	0,59	0,18		94,93	5,07
Riachão Das Neves	BA	4,85	81,31	8,51							4,96	0,26	0,10			94,68	5,32
Itacarambi	MG	10,55	83,44	0,31								5,37	0,33			94,30	5,70
Cristalândia do Piauí	PI	8,30	85,06	0,62							3,77	2,05	0,20			93,98	6,02
Januária	MG	3,44	67,83	22,54	0,04	0,12					0,06	5,83	0,13	<0,01		93,86	6,14
Guarani de Goiás	GO	5,36	47,82	40,16							2,02	1,90	2,74			93,34	6,66
Aurora do Tocantins	TO	16,31	42,34	31,40	2,82						5,40	0,08	1,64			92,88	7,12
Montalvânia	MG	2,85	81,94	7,96								7,21	0,04			92,75	7,25
Ponte Alta do Bom Jesus	TO	14,27	39,26	38,65	0,14						6,07	0,52	1,09			92,32	7,68
São João das Missões	MG	11,08	80,74	0,25								7,70	0,24			92,07	7,93
Novo Jardim	TO	5,68	28,92	57,33	0,00						6,55	0,98	0,53			91,94	8,06
Gilbués	PI	0,45	49,50	41,49								8,40	0,15			91,44	8,56
Corrente	PI	10,77	76,30	3,76							7,26	1,73	0,18			90,83	9,17
Campos Belos	GO	6,13	31,55	52,67	0,16						4,62	0,75	4,13			90,50	9,50
Correntina	BA	5,13	51,37	33,97	<0,01						4,84	2,75	1,93			90,47	9,53
Chapada Gaúcha	MG	1,85	53,37	34,82	0,07	<0,01					1,14	8,13	0,09	<0,01		90,11	9,89
Posse	GO	5,41	41,95	41,87	0,60	0,06					0,69	9,10	0,32			89,84	10,16
Jaborandi	BA	2,82	38,77	47,70	0,19	0,54					6,07	2,51	1,39			89,49	10,51
Formosa do Rio Preto	BA	5,27	64,30	19,91		<0,01					10,11	0,24	0,17			89,48	10,52
Arimos	MG	4,31	76,08	6,67		0,16					0,44	12,33	0,01			87,06	12,94

Tabela 3. Continua.

Município	UF	Percentual da área com textura arenosa situada dentro do SAU ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2018 (%)											Classes de origem natural (%)	Classes de origem antrópica (%)			
		Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Corpos d'água	Floresta plantada	Culturas anuais e perenes	Pastagem	outra área não vegetada	Infraestrutura urbana	Mineração						
Taguatinga	TO	23,47	41,44	21,08	1,00						9,38	0,76	2,86		0,01	86,99	13,01
São Domingos	GO	13,59	51,28	20,48		0,50					6,13	0,38	7,65			85,35	14,65
Porto Alegre do Tocantins	TO	9,58	69,03	4,76								14,75	1,88			83,37	16,63
Buritinópolis	GO	3,76	67,00	10,16	1,02							17,92	0,14			81,94	18,06
Baianópolis	BA	7,28	72,35	2,17	0,13	<0,01					3,20	14,45	0,36	0,06		81,93	18,07
São Francisco	MG	2,24	69,08	4,63	<0,01	3,33					0,01	20,42	0,28			75,96	24,04
São Desidério	BA	5,94	54,81	14,37	0,02	<0,01					17,63	5,98	1,23	<0,01		75,14	24,86
Barreiras	BA	5,61	56,18	8,43	0,00						24,94	4,59	0,24			70,22	29,78
Tabocas do Brejo Velho	BA	10,57	57,30	0,80	0,08						0,04	30,35	0,80	0,07		68,74	31,26
Luis Eduardo Magalhães	BA	11,08	33,68	21,01	0,04						26,39	7,60	0,19	0,02		65,80	34,20
Total: 52 municípios		4,61	46,30	42,11	0,14	3,68	2,52	0,58	0,01	0,00	0,06	0,06	0,06			93,08	6,92

Elaboração: original. Fontes cartográficas: Agência Nacional das Águas (2017), IBGE (2018; 2019a) e Projeto Mappiomas (2020).

Diferenciação visual de percentuais apresentados:

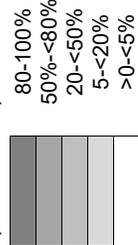


Tabela 4. Cobertura vegetal e uso da terra predominante em 2018 por tipo de solo de textura arenosa situados dentro da área de recarga do Sistema Aquífero Uruçuaia. .

Classe de solo		Área relativa de cada tipo de solo arenoso do SAU ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra (%)					
		Gleissolo háplico de atividade baixa, distrófico	Neossolo litólico, distrófico	Neossolo Quartzarênico Órtico	Gleissolo háplico de atividade baixa, distrófico	Neossolo Quartzarênico Órtico	Latossolo amarelo Distrófico
Classe de cobertura vegetal e uso da terra	Componentes 1 e 2	Gleissolo melânico distrófico	Afloramento rochoso	Neossolo quartzarênico Órtico	Gleissolo háplico de atividade baixa, distrófico	Neossolo quartzarênico hidromórfico	Gleissolo háplico de atividade baixa, distrófico
	Origem natural	Formação florestal	7,59	12,26	4,66	4,35	8,02
Formação savânica		50,73	33,09	40,35	35,54	34,53	56,21
Formação campestre		16,60	38,89	47,30	56,23	35,04	33,15
Corpos d'água		0,15	0,30	0,47	0,03	0,37	0,04
Origem antrópica	Floresta plantada	0,29	0,00	0,01	<0,01	0,08	0,26
	Culturas anuais e perenes	15,75	13,63	1,66	3,26	17,35	1,87
	Pastagem	7,98	0,68	4,85	0,34	1,05	3,72
	outra área não vegetada	0,90	1,16	0,58	0,25	3,57	0,76
	Infraestrutura urbana	0,02	0,00	0,12	<0,01	0,00	<0,01
Mineração	0,00	<0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
Somatório (%)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Área absoluta por tipo de solo (ha)		357.967,03	152.842,33	115.686,18	2.386.521,84	23.545,40	2.732.420,02

Elaboração: original. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017), IBGE (2018) e Projeto Mapbiomas (2020).

Diferenciação visual de percentuais apresentados:

Cobertura vegetal e uso da terra de solos arenosos do SAU legalmente protegidos em unidades de conservação

Mais de $\frac{3}{4}$ das 30 unidades de conservação criadas na área do SAU estão integral ou predominantemente localizadas sobre solos arenosos (23 unidades; 76,67%). No caso das 12 UCs de proteção integral, todas apresentaram pelo menos 18% da área com solos arenosos. Já em relação às 18 UCs de uso sustentável, solos arenosos são os que predominam em dez delas, e há quatro que não apresentam solos com textura arenosa (APAE de São Desidério, FLONA de Cristópolis e RPPN Arara Vermelha e RPPNE Sítio Grande).

Considerando conjuntamente todas as áreas do SAU legalmente protegidas, observa-se que 70,06% destas estão sobre solos com textura arenosa. Diferenciando as UCs por categoria, 84,77% da área das de proteção integral (PI) e 59,25% das de uso sustentável (US) estão situadas sobre solos arenosos.

Quanto ao percentual por classe de cobertura vegetal e uso da terra das áreas de solos arenosos legalmente protegidos, de modo geral, verifica-se que 97,22% das áreas situadas sobre solos arenosos apresentam cobertura vegetal do tipo natural, algumas com predominância de formações savânicas, e outras, de formações campestres (Tabela 5).

No caso das UCs de PI observa-se que entre 93% e 100% das áreas de solos arenoso de todas apresentou cobertura vegetal de origem natural. Onze UCs de PI apresentaram entre 97 e 100% da área de solos arenosos com cobertura vegetal natural. Apesar disso, duas UCs de proteção integral apresentaram mais do que 500 ha de solos arenosos com uso antrópico: o PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba (3.059,34 ha com plantios de culturas agrícolas e 1.616,75 ha com pastagem) e a RVS Veredas do Oeste Baiano (263,60 ha com plantios de culturas agrícolas e 408,46 ha com pastagem). De acordo com o SNUC, Parque Nacional (PARNA) é de posse e domínio público, e “tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de

turismo ecológico” (Brasil, 2000). Não prevê, portanto, o desenvolvimento de atividades antrópicas.

Especificamente no caso do PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba, é alegado que a “falta de recursos financeiros e humanos tem dificultado a consecução das medidas necessárias para a efetiva proteção do Parque. A UC não possui Plano de Manejo nem Conselho Consultivo, que fazem parte das prioridades de ação. A UC está com a situação fundiária totalmente irregular, não havendo nenhuma terra indenizada. Os levantamentos fundiários ainda não foram realizados, portanto os trâmites da regularização fundiária estão longe de uma solução”. “Estima-se que a maior parte dos proprietários da região utiliza as terras somente no período da estiagem, sendo que a atividade predominante é a criação extensiva de gado nas veredas”. Nestas, “o fogo é utilizado clandestinamente e de forma indiscriminada, o que tem sido o grande responsável pelos incêndios que vem ocorrendo”. “Por ser uma região de expansão da fronteira agrícola, anteriormente à criação da Unidade, houve a ocupação da região da Chapada das Mangabeiras por grandes produtores oriundos do Sul do País, principalmente para a implementação da cultura da soja”. “Outros conflitos observados são: a extração de madeira, a caça e extração da folhagem das palmeiras “buritis” pelos moradores do entorno e tráfico constante de animais silvestres, em especial araras azuis”. “Os projetos agrícolas de grande extensão também comprometem as nascentes” (WikiParques, 2020).

O Refúgio de Vida Silvestre (RVS) “tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória” (Brasil, 2000, 2020b). “Pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários” (Brasil, 2000). No caso específico da RVS Veredas do Oeste Baiano, esta não tem Plano de manejo nem conselho gestor. Tem “Outros Instrumentos de Planejamento e Gestão” (Brasil, 2020b). E embora em Brasil (2000) tenha sido declarado que se trata de “Propriedades particulares que desenvolvem atividades agropecuárias, principalmente soja e milho, concentradas no entorno da UC”, o plantio de culturas agrícolas e a manutenção de pastagem dentro da unidade de conservação de PI só seriam permitidos desde que realizado sem o uso de

agrotóxicos ou considerando técnicas de manejo compatíveis com o objetivo da unidade de conservação, o que provavelmente não ocorre.

No caso das UCs de uso sustentável, em termos percentuais, a maioria apresentou pelo menos 86% da área de solos arenosos com cobertura vegetal natural. Cinco tiveram entre 97 e 100% da área de solos arenosos com cobertura vegetal natural, quais sejam: RPPN Catedral do Jalapão (100%), RPPN Veredas do Pratudinho (100%), APAE Jalapão (99,74%), RPPN Fazenda Calixto (98,52%), APA Cavernas do Peruaçu (97,92%) e APAE Cochá e Gibão (97,33%). Duas UCs apresentaram menos do que 80% da área de solos arenosos com cobertura vegetal natural: a APAE Bacia do Rio de Janeiro e a APA Serra da Tabatinga (respectivamente, com 79,72% e 42,35% de suas áreas de solos arenosos com cobertura vegetal de origem natural). Entre as UCs de US, a APA Serra da Tabatinga foi a única com predominância de categorias antrópicas de uso dos solos arenoso (57,65%). A APAE Bacia do Rio de Janeiro e a APA Serra da Tabatinga foram as únicas que apresentaram mais do que 5% das áreas de solos arenosos com plantios de culturas agrícolas anuais e/ou perenes (18,13% e 56,63%, respectivamente); e a APA das Nascentes do Rio Vermelho (5,07%) e a APAE Bacia do Rio Pandeiros, as únicas com mais do que 5% de suas áreas de solos arenosos cobertas com pastagem (5,07% e 6,47%, respectivamente).

Em termos absolutos, diversas Áreas de Proteção Ambiental e uma Reserva do Desenvolvimento Sustentável apresentaram mais do que 500 ha com solos arenosos com uso antrópico: a APAE Bacia do Rio Pandeiros (com 20.692,17 ha de pastagem e 438,62 de floresta plantada ou monocultura florestal), a APA das Nascentes do Rio Vermelho (com 5.483,82 ha de pastagem, 229,20 ha de plantios agrícolas e 15,39 ha de florestas plantadas), a APAE Cochá e Gibão (com 2.606,38 ha de floresta plantada, 2.170,73 ha de pastagem e 199,26 ha de plantios agrícolas), a RDS Veredas do Acari (com 1.681,51 ha de pastagem, 447,84 ha de plantios agrícolas e 80,00 ha de floresta plantada) e a APA Cavernas do Peruaçu (com 1.821,69 ha de pastagem e 6,12 ha de florestas plantadas).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, legislação vigente no Brasil, “A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes

para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”, sendo constituída de terras públicas e/ou privadas (Brasil, 2000). O principal objetivo de uma APA é a conservação dos processos naturais do ecossistema, em consonância com atividades humanas ambiental e economicamente sustentáveis. Já “Reserva de Desenvolvimento Sustentável é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica”. São de domínio público e têm como “objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações” (Brasil, 2000). Assim, a ocorrência de áreas com características de uso antrópico é permitida em APAs e RDSs, desde que considerando uso sustentável, sem o uso de produtos tóxicos, priorizando o plantio direto e com características de manejo e conservação do solo ambientalmente corretas, por exemplo.

Ocupando a maior parte da área de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia, principalmente a região do Matopiba vem passando por transformações tanto em termos econômicos quanto sociais, em decorrência da expansão local da produção de grãos, com destaque para soja, milho e algodão (Pereira et al., 2018; Salomon, 2020). Por outro lado, representa a parcela do bioma Cerrado que reúne os maiores remanescentes de vegetação nativa deste, sendo ao mesmo tempo rico em biodiversidade, também ameaçado. Como destacado por Salomon (2020), a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra na região abrangerá influências regionais orientadas pela demanda global por *commodities*, que avançam com sacrifício ambiental, e de oportunidades e ações de conservação, num ecossistema ao mesmo tempo rico em biodiversidade e ameaçado, num cenário com diversos atores e interesses (Salomon, 2020).

De acordo com a ONG Conservação Internacional (2020), “O desafio é não repetir o modelo de expansão do passado, que levou ao desaparecimento de

boa parte do Cerrado, deixando um rastro de forte concentração de terra e exclusão social. A oportunidade, portanto, é desenvolver o potencial de produção de alimentos sem degradar o ambiente e garantindo qualidade de vida para os habitantes da região”. Eles vêm trabalhando com parceiros da região no desenvolvimento e implementação de Paisagens Agrícolas Sustentáveis (PAS), baseadas na percepção de que “a paisagem agrícola somente será sustentável se a produção adotar métodos e práticas de manejo que não corroam a base de capital natural que sustenta a própria produção com seus serviços ecossistêmicos”, considerando “mecanismos de governança participativos, legítimos, includentes e efetivos”, incluindo os diferentes segmentos e agentes que atuam na região, como principalmente “agentes públicos, representantes dos produtores e com grandes empresas de tecnologia e insumos para a agricultura, a implementação de demonstrações em larga escala do conceito de Paisagens Agrícolas Sustentáveis”.

Tabela 5. Cobertura vegetal e uso da terra em 2018 (Projeto Mappiomas) sobre solos arenosos situadas em unidades de conservação criadas dentro da área de recarga do Sistema Aquífero Uruçuia

Unidade de conservação	Área relativa por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2018 (%)											
	Área aproximada da UC dentro do SAU e com solo arenoso (ha)	Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Corpos d'água	Floresta plantada	Culturas anuais e perenes	Pastagem	outra área não vegetada	Infraestrutura urbana	Classes de origem natural (%)	Classes de origem antrópica (%)
PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba	420.070	6,61	37,70	54,84			0,73	0,04	0,09		99,15	0,85
RPPN Catedral do Jalapão	333	2,16	30,86	66,59	0,39						100,00	0,00
MINAT Cânions e Corredeiras do Rio Sono	1.490	24,10	58,68	16,07	0,84			0,30	0,00		99,69	0,31
APAE Jalapão	211.949	3,22	20,33	75,97	0,22			0,10	0,16		99,74	0,26
PE do Jalapão	162.627	3,54	33,80	62,52	0,03		<0,01	0,07	0,05		99,88	0,12
APAE do Rio Preto	414.416	5,83	67,78	21,69		<0,01	4,29	0,23	0,17		95,31	4,69
RPPN Fazenda Calixto	353	9,94	31,43	57,15					1,48		98,52	1,48
APA Serra da Tabatinga	14.391		24,61	17,75			56,63	0,82	0,19		42,35	57,65
APAE Bacia do Rio de Janeiro	33.429	6,68	65,27	7,77			18,13	2,06	0,10		79,72	20,28
RPPNE Sítio Grande	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
APAE de São Desidério	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
FLONA de Cristópolis	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
APAE Serra Geral de Goiás	384	18,30	35,62	32,47			4,43	0,33	8,86		86,39	13,61
PE de Terra Ronca	312	19,70	57,90	20,68					1,71		98,29	1,71
RESEX do Recanto das Araras de Terra Ronca	275	20,98	31,82	34,44			3,08	0,26	9,41		87,25	12,75
ESEC Serra Geral do Tocantins	586.816	2,90	19,42	77,38	0,02		0,01	0,02	0,24		99,73	0,27

Tabela 5. Continua

Unidade de conservação	Área relativa por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2018 (%)												
	Área aproximada da UC dentro do SAU e com solo arenoso (ha)	Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Corpos d'água	Floresta plantada	Culturas anuais e perenes	Pastagem	outra área não vegetada	Infraestrutura urbana	Classes de origem natural (%)	Classes de origem antrópica (%)	
RVS Veredas do Oeste Baiano	101.103	3,34	44,93	49,29	0,15		0,26	0,40	1,63		97,71	2,29	
PNM Ribeirão da Prata	175	9,34	25,10	58,59			2,46	3,71	0,82		93,02	6,98	
APA das Nascentes do Rio Vermelho	108.092	4,85	41,34	47,34	0,51	0,01	0,21	5,07	0,54	0,13	94,04	5,96	
RPPN Veredas do Pratulinho	37		76,91	23,09							100,00	0,00	
PNM Município do Pequi	2.372	16,17	47,60	35,46	0,03			0,31	0,43		99,26	0,74	
APAE Cochá e Gibão	196.883	5,21	74,25	17,83	0,04	1,32	0,10	1,10	0,14		97,33	2,67	
PARN Grande Sertão Veredas	193.908	3,46	43,53	52,65	0,07	0,03	0,01	0,21	0,04		99,71	0,29	
APA Cavemas do Peruaçu	93.148	6,03	90,40	1,49	0,00	0,01		1,96	0,11		97,92	2,08	
PARN Cavernas do Peruaçu	4.790	42,22	56,33					0,17	1,28		98,55	1,45	
PE Veredas do Peruaçu	32.544	5,67	93,32	0,75	0,01			0,22	0,03		99,74	0,26	
APAE Bacia do Rio Pampeiros	319.938	2,42	70,71	19,83	<0,01	0,14	0,01	6,47	0,38	0,03	92,97	7,03	
PE Serra das Araras	9.620	5,89	68,31	22,66	0,20			2,77	0,18		97,06	2,94	
RPPN Arara Vermelha	0												
RDS Veredas do Acari	49.369	0,47	43,82	51,22		0,16	0,91	3,41	0,02		95,51	4,49	
Total: 30 UCs (12 de PI + 18 de US)	2.958.824	4,34	46,36	46,46	0,05	0,11	1,23	1,20	0,24	0,01	97,22	2,78	

Elaboração: original. Fontes cartográficas: Agência Nacional de Águas (2017), Brasil (2020b) e Projeto Mappiomas (2020).

Diferenciação visual de percentuais apresentados: >0 - <5% 5 - <20% 20~<50% 50%~<80% 80~100%

Tipo de Unidade de conservação (UC):

PI - Proteção integral:

ESEC - Estação Ecológica

PARN - Parque Nacional

PE - Parque Estadual

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural (Federal)

RVS - Relígio da Vida Silvestre

RESEX - Reserva Extrativista

US - Uso sustentável:

APA - Área de Proteção Ambiental (Federal)

FLONA - Floresta Nacional (Federal)

FLONA - Área de Proteção Ambiental (Estadual)

RDS - Reserva do Desenvolvimento Sustentável

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural (Federal)

RPPNE - Reserva Particular do Patrimônio Natural (Estadual)

RESEX - Reserva Extrativista

Análise integrada

A ocupação com atividades antrópicas cada vez mais intensas, tanto urbanas, quanto agrícolas e/ou industriais, tem afetado de forma negativa a recarga dos aquíferos, promovendo a impermeabilização de extensas áreas, e afetando também a qualidade da água por meio da geração das mais diversas cargas de efluentes em diferentes graus de contaminação. Águas superficiais e subterrâneas de aquíferos aflorantes mantêm conexão permanente entre si, então a contaminação de uma pode implicar a contaminação de ambas, mesmo que demande certo tempo. A contaminação das águas subterrâneas dependerá da direção local do fluxo nas diferentes épocas do ano⁹ e da velocidade para que produtos contaminantes atinjam águas subterrâneas (Gomes et al., 2001; Gaspar, 2006; Gomes, 2008; Cunha, 2017; Vryzas, 2018; Costa et al., 2020).

Em áreas do Aquífero Guarani, por exemplo, onde a produção agrícola tem sido importante no último século, estudos de avaliação da ocorrência de contaminantes identificaram a presença dos herbicidas utilizados na cultura de cana-de-açúcar, como Tebuthiuron, Diurom e Hexazinona, além do praguicida Heptacloro (Gomes et al., 2001; Gomes, 2008; Agência Nacional de Águas, 2019), e também traços do herbicida Atrazina (Pessoa et al., 2003; Cerdeira et al., 2005). No Aquífero Urucuia, o uso mais intensivo da terra para agricultura é bem mais recente, mas vem se acentuado progressivamente.

A textura é um importante atributo do solo que ajuda a determinar o potencial do uso dele para a exploração agrícola, pois com a determinação da classe textural de um solo é possível obter uma estimativa da resistência, grau de compactação do solo, capacidade de troca de cátions (CTC), dosagem de nutrientes e herbicidas, grau de retenção de água no solo, etc. (Centeno et al., 2017; Demattê et al., 2019). Vários estudos têm mostrado que os solos arenosos¹⁰, a exemplo dos Neossolos Quartzarênicos,

⁹ Nos aquíferos cársticos é comum a ocorrência de fluxo de águas superficiais para o interior do aquífero (rios influentes), transportando eventuais contaminantes superficiais. Em alguns locais a direção do fluxo pode mudar em diferentes épocas do ano, um rio sendo ora influente numa época do ano (fluxo de água superficial do rio para o aquífero subjacente) ora efluente (fluxo do aquífero para o rio) (Gaspar, 2006; Cunha, 2017).

¹⁰ De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, solos arenosos são aqueles que se enquadram na classe textural areia e areia franca, cujo teor de areia menos teor de argila esteja acima de 700 g kg⁻¹ (Santos et al., 2018b).

apresentam alto grau de permeabilidade (porosidade), com maior velocidade e potencial de contaminação da área ocupada, caso seja aliada a uma alta vulnerabilidade natural, o que exige atenção especial com o tipo de uso e ocupação das áreas em que ocorrem. A lixiviação de moléculas e íons através de solos arenosos é favorecida pelos baixos teores de matéria orgânica e de minerais de argila, constituintes do solo que possuem cargas que poderiam reter moléculas e íons por mais tempo no solo (Gomes, 2008). Por serem extremamente porosos e possuírem alta condutividade hidráulica, solos arenosos submetidos a uso intensivo e sem estabilidade de recarga sofrem processos erosivos, principalmente nos períodos chuvosos, que, além de provocarem uma perda substancial de solo, contribuem para o assoreamento dos cursos d'água e prejudicam os processos de lixiviação (Gomes, 2008; Filizola et al., 2011; Fistarol; Santos, 2020).

De acordo com Santos (2012) e Santos e Koide (2016), não há valores precisos de taxas de recarga associadas aos diferentes tipos de solo e coberturas vegetais, mas é reconhecida a importância relativa desses fatores no processo. A cobertura vegetal e o tipo de uso do solo representam importantes fatores reguladores da recarga. Nas áreas em "estado natural", com solos apresentando cobertura vegetal original do ecossistema e desprovidos de intervenção antrópica na superfície, a recarga é mais efetiva do que em solos desprovidos de cobertura vegetal natural e sujeitos aos usos potencialmente degradantes, como certas práticas agropecuárias não conservacionistas.

Como sugerido por Gaspar e Campos (2007), ações de gestão na região devem abranger:

- o incentivo ao plantio direto, visando minimizar os efeitos da compactação dos solos na área de recarga;
- a exigência da manutenção das reservas legais das fazendas da região;
- a emissão de outorgas de direito de uso da água em todos os poços, com vistas a obter informações sobre os aquíferos;
- o estímulo ao aproveitamento das águas da chuva, para utilização na aplicação de agrotóxicos, sobretudo nas sedes das fazendas no extremo oeste da área do SAU, onde os níveis estáticos são profundos, e

- o monitoramento da qualidade e a evolução dos níveis dos vários subtipos de aquíferos.

Considerações finais

As condições de infiltração da água da chuva são essenciais para garantir a recarga de um sistema aquífero subjacente, e solos arenosos representam áreas com maior permeabilidade e vulnerabilidade de contaminação das águas do aquífero, a depender em grande parte da cobertura vegetal, condições de manejo e uso da terra e da profundidade local do lençol freático. Mais de 90% dos solos arenosos das áreas de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia apresentaram cobertura vegetal natural em 2018, segundo o Projeto Mapbiomas, mas há quase 400.000 ha com infiltração possivelmente comprometida em função da ocupação por atividades antrópicas potencialmente contaminantes. Até em unidades de conservação de proteção integral foram identificadas atividades antrópicas que legalmente não deveriam ser praticadas nesse tipo de ambiente.

É importante priorizar o uso racional da água, bem como o monitoramento do manejo e uso dos solos na região, considerando o desenvolvimento de atividades menos impactantes principalmente nas áreas com solos arenosos e afloramentos, bem como a conservação das áreas de preservação permanentes e reservas legais das propriedades e garantir a efetiva proteção ambiental das unidades de conservação.

A crescente necessidade de uso de água de qualidade na região demandará a gestão ambiental das áreas de recarga do aquífero com vistas a regulamentar o seu uso e a sua proteção, visando garantir um futuro equilíbrio dos múltiplos usos na região, conforme fundamentado na Política Nacional de Recursos Hídricos. Sem medidas regionais adequadas, a expansão desordenada de atividades contaminantes, principalmente nos solos arenosos, acentuará a deterioração da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneas na região, como tem ocorrido em outro aquífero do País.

Agradecimentos

À Fazenda Trijunção, pelo apoio financeiro para a elaboração do presente trabalho, à Profa. Dra. Aline de Almeida Vasconcelos, da Universidade Federal de São João del-Rei/Campus Sete Lagoas, e aos revisores técnicos *ad hoc*, pelas críticas e sugestões durante a revisão do presente trabalho.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2017/18: oitavo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 5, n. 8, maio 2018. 145 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 17 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Aquífero Guarani já está poluído**. Brasília, DF, 2019. Notícia. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/aquafero-guarani-ja-esta-poluado.2019-03-15.2495741608>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuaia e proposição de modelo de gestão integrada e compartilhada**. Brasília, DF, 2017. 3 v. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=499&fname=RLVO_SRTM_SAU.zip&access=private>. Acesso em: 3 maio 2020.

ASSAD, E. D.; VICTORIA, D. de C.; CUADRA, S. V.; PUGLIERO, V. S.; ZANETTI, M. R. Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, p. 213-228. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212394/1/PL-Dinamica-agricola-cap7-2020.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. **Principais culturas**. Disponível em: <<http://aiba.org.br/principais-culturas/>>. Acesso em: 18 fev. 2020a.

ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. **Produtores rurais defendem agricultura irrigada para impulsionar produtividade**

com uso sustentável das terras do Oeste da Bahia. Disponível em: <<http://aiba.org.br/noticias/produtores-rurais-defendem-agricultura-irrigada-para-impulsionar-productividade-com-uso-sustentavel-das-terras-do-oeste-da-bahia/#.XymmpShKiUI>>. Acesso em: 4 ago. 2020b.

ASSOREAMENTO das veredas reduz volume e degrada mananciais no Rio Uruçuia. **Jornal Estado de Minas**, 16 out. 2016. Notícia. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/10/16/interna_gerais,814554/assoreamento-das-veredas-reduz-volume-e-degrada-mananciais-no-uruçuia.shtml>. Acesso em: 31 ago. 2020.

BASSOI, L. H.; GONDIM, R. S.; RESENDE, R. S.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. A agricultura irrigada no Nordeste do Brasil: estado da arte, desafios e oportunidades. In: RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (Ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável.** Brasília, DF: INOVAGRI, 2017. p. 131-166. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168474/1/Agricultura-Irrigada.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BATISTA, D. De olho no berço das águas. **Safra**, p. 41-42, ago. 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151375/1/13-25-08-16-Berco-das-Aguas-Safra-186-paginas-41-42-ago-16.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 22 maio 2020.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 27 ago. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas**: um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**: Unidade de Conservação: Refugio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano. Brasília, DF, 2020b. Relatório parametrizado. Disponível em: <<http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=219>>. Acesso em: 7 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Prodes Cerrado 2018**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/component/k2/item/15309-desmatamento-no-bioma-cerrado-em-2018.html>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de conservação**. Brasília, DF, 2020c. Formato digital *shapefile*. 1:250.000. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; KONSTANT, W. R.; FLICK, P.; PILGRIM, J.; OLDFIELD, S.; MAGIN, G.; HILTON-TAILOR, C. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. **Conservation Biology**, v. 16, n. 4, p. 909-923, 2002.

CENTENO, L. N.; SOUSA, R.; TIMM, L. C.; GUEVARA, M. D. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333903291_TEXTURA_DO_SOLO_CONCEITOS_E_APLICACOES_EM_SOLOS_ARENOSOS_SOIL_TEXTURE_CONCEPTS_AND_APPLICATIONS_IN_SANDY_SOILS>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CERDEIRA, A. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; SANTOS, N. A. G.; LANCHOTE, V. L. Lixiviação de atrazina em solo em área de recarga do Aquífero Guarani. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, p. 92-101, 2005 Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124963/1/2005AP-045.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R.; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015.

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C. C.; SANTOS, H. G. dos; BREFIN, M. de L. M. S.; PEREZ, D. V. Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜMER, S. L. (Ed.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013. p. 45-62. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94212/1/Ecossistema-cap3C.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de monitoramento agrícola: culturas de verão: safra 2013/2014: região do MATOPIBA**. Sul do Estado de Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. Brasília, DF, 2014. v. 3, n. 1, 24 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_09_10_40_53_boletim_a14_v03_n01_p1.pdf>. Acesso: 29 mar. 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Matopiba se destaca por sua vocação agrícola**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/10/matopiba-se-destaca-por-sua-vocacaoagricola>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. **Matopiba: a nova fronteira de produção de alimentos**. Rio de Janeiro: Conservação Internacional-Brasil, 2020. 26 p. Disponível em: <<https://www.conservation.org/brasil/onde-trabalhamos/matopiba>>. Acesso em: 29 set. 2020.

COSTA, C. W.; LORANDI, R.; DI OLLO, J. A.; SERIKAWA, V. de S. Combinação de atributos naturais e antrópicos na definição do potencial de contaminação de aquíferos, sudeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 657-673, 2020. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/56221/29849>>. Acesso em: 30 set. 2020.

COUTINHO, H. L. da C.; LEITE, A. A. S.; PARAIBA, L. C.; CERDEIRA, A. L.; FILIZOLA, H. F.; SILVA, E. F. da; GOMES, M. A. F. Análise espacial do potencial de lixiviação de herbicidas em áreas de afloramento do aquífero Guarani na Alta Bacia do Rio Taquari, MS. In: GOMES, M. A. F. (Ed.). **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil**: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. p. 193-214. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150069/1/2008CL-50.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CUNHA, V. C. V. da. **Avaliação da interação entre águas subterrâneas e superficiais na bacia do Rio das Fêmeas, Sistema Aquífero Urucuia-Bahia**. 2017. 115 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/18596/diss_viviane_cunha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 nov. 2020.

DEMATTÊ, J. A. M.; DOTTO, A. C.; SILVEIRA, A. F. D. da; SATO, M. V.; DALMOLIN, R. S. D.; ARAÚJO, M. do S. B. de; SILVA, E. B. da; NANNI, M. R.; NORONHA, N. C.; LACERDA, M. P. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; RIZZO, R. The Brazilian Soil Spectral Library (BSSL): a general overview. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 21., 2018, Rio de Janeiro. **Soil science: beyond food and fuel: proceedings...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. v. 2, p. 538. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/205473/1/The-Brazilian-Soil-Spectral-Library-BSSL-general-overview-2019.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, set. 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160193/1/Characterization-agricultural-potential.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2020.

EMBRAPA Cerrados: conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. 2. ed. rev. e ampl. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível

em: <<http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/mostraresultados2015/documento4.pdf>>. Acesso em: 4 ago. 2020.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcView** v. 3. Redlands, 2000.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S. de; CANIL, K.; SOUZA, M. D. de; GOMES, M. A. F. Controle dos processos erosivos lineares (**ravinas e voçorocas**) em áreas de solos arenosos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 7 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 22). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53751/1/Circular22.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

FISTAROL, P.; SANTOS, J. Y. G. dos. Implicações das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da Bacia do Rio de Ondas, estado da Bahia. **Revista Okara: Geografia em Debate**, v. 14, n. 1, p. 81-103, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jose_Yure_Santos/publication/342923619_IMPLICACOES_DAS_ALTERACOES_NO_USO_E_OCUPACAO_DO_SOLO_NAS_PERDAS_DE_SOLO_DA_BACIA_DO_RIO_DE_ONDAS_ESTADO_DA_BAHIA/links/5f0dc32692851c1eff0f6b7f/IMPLICACOES-DAS-ALTERACOES-NO-USO-E-OCUPACAO-DO-SOLO-NAS-PERDAS-DE-SOLO-DA-BACIA-DO-RIO-DE-ONDAS-ESTADO-DA-BAHIA.pdf>. Acesso em: 30 set. 2020.

FRITZONS, E.; MANTOVANI, L. E.; CHAVES NETO, A.; HINDI, C.A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 381-390, 2009. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n03/RESAv14n3_p381-90.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G. O Sistema Aquífero Urucuia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, p. 216-226, dez. 2007. Suplemento. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbgb/article/view/9236>>. Acesso em: 31 jul. 2020.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G.; CADAMURO, L. D. M. Condições de infiltração em solos na região de recarga do sistema aquífero Urucuia no oeste da Bahia sob diferentes condições de usos. **Revista Brasileira de**

Geociências, v. 37, n. 3, p. 542-550, set. 2007. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9263>>. Acesso em: 30 set. 2020.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G.; MORAES, R. A. V. de. Determinação das espessuras do Sistema Aquífero Urucuia a partir de estudo geofísico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 154-166, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9263>>. Acesso em: 30 set. 2020.

GASPAR, M. T. P. **Sistema Aquífero Urucuia**: caracterização regional e propostas de gestão. 2006. 158 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwitmtPh2drrAhXh17kGHVB-VBP4QFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Frepositorio.unb.br%2Fbitstream%2F10482%2F6742%2F8%2F2006_MarciaTerezaPantojaGaspar.pdf&usq=AOvVaw1n-t5gZSmpizrGQLJXs-Ge>. Acesso em: 27 jul. 2020.

GOMES, M. A. F. (Ed.). **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil**: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 417 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149913/1/2008OL-04.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil**: cenário 1992/2011. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 35 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 98). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102756/1/Doc-98.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2020.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTE, V. Ocorrência do herbicida tebuthiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas; Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 65-76, 2001. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3136>>. Acesso em: 17 ago. 2020

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; PESSOA, M. C. P. Y. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. **Pesticidas; Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 12, p. 169-179, 2002. Disponível

em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3158>> Acesso em: 14 ago. 2020.

HIRSCH, A. Variação espaço-temporal da cobertura vegetal e do uso da terra no Brasil. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: produtos de origem vegetal. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 4, cap. 55, p. 2023-2102. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343268532_Variacao_Espaco-Temporal_da_Cobertura_Vegetal_e_do_Uso_da_Terra_no_Brasil>. Acesso em: 18 jul. 2020.

IBGE. **BDiA- Banco de Dados de Informações Ambientais**. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

IBGE. **Malha municipal digital 2018**. Rio de Janeiro, 2019a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=sobre>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

IBGE. **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**: escala 1:5.000.000. 2018. Formato digital *shapefile*. Disponível em: <https://geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/wms?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=CREN:solos_5000&outputFormat=SHAPE-ZIP>. Acesso em: 20 jun. 2019.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**: produção agrícola municipal: tabelas. Rio de Janeiro, 2019b. Dados em nível de município. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**: produção da extração vegetal e da silvicultura. Rio de Janeiro, 2019c. Dados em nível de município. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Texto_Adicional_ConservacaoID-xNOKMLsupY.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUSA, D. L. de. **Expansão geográfica da agricultura irrigada por pivôs centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 55 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1062686>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L. de. **Caracterização ambiental das áreas com agricultura irrigada por pivôs centrais na região do Matopiba - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 43 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 99). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1002769>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Ciência e Cultura**, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252011000300011>. Acesso em: 31 jul. 2020.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/16.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MEDEIROS, J. de D. **Guia de campo**: vegetação do Cerrado 500 espécies. Brasília, MG: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 532 p. (Série Biodiversidade, 43). Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 7 jun. 2020

MELO, J. M. de; SILVA, F. J. F. da; SIQUEIRA, K. A.; MEIRELES NETO, T. **Concentração produtiva na fronteira agrícola do Matopiba**: desempenho de suas principais culturas soja, milho e algodão. Florianópolis: Conselho Regional de Economia, 2019. 22 p. Disponível em: <<http://corecon-sc.org.br/anais-cbe2019/arquivos/anais-cbe2019-4710.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

MIRANDA, E. E. de.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. de. **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Campinas: Embrapa Territorial, 2014. 18 p. Nota técnica, 1. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.

853-858, 2000. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/35002501>>. Acesso em: 24 abr. 2020.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 9 ago. 2020.

OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION. **Quantum GIS v. 3.10.7**. Coruña, 2019. Disponível em: <<http://qgis.org/>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

PEREIRA, C. N.; PORCIONATO, G. L.; CASTRO, C. N. de. Aspectos socioeconômicos da região do Matopiba. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 18, p. 47-59, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8462/1/BRU_n18_Aspectos.pdf>. Acesso em: 30 set. 2020.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; NEVES, M. C.; SOUSA, M. D. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. **Pesticidas; Revista de Eco toxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 111-122, 2003. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3171>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

PIMENTEL, M. L.; SOUZA, T. C. L. de; TÁVORA, G. S. G.; TURETTA, A. P. D. **Mudanças de uso da terra e expansão da agricultura no Oeste da Bahia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 25 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 201). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87973/1/BPD-201-Mudanca-uso-Oeste-Bahia.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

PITTA, F. T.; VEGA, G. C. **Impactos da expansão do agronegócio no Matopiba**: comunidades e meio ambiente. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://actionaid.org.br/wp-content/files_mf/1520603385ACTIONAID_MATOPIBA_PORT_WEB.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2020.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção v. 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso do solo no Brasil**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 5 jul. 2020.

RACKE, K. D.; SKIDMORE, M. W.; HAMILTON, D. J.; UNSWORTH, J. B.; MIYAMOTO, J.; COHEN, S. Z. Pesticide fate in tropical soils. **Pure and Applied Chemistry**, v. 69, p. 1349-1371, 1997. Disponível em: <<https://old.>

iupac.org/publications/pac/1997/pdf/6906x1349.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; SOUSA-SILVA, J. C. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 383-399. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/arquivos/17Cap%2023.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 89-166. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136069/1/fitofisionomias-do-Bioma-Cerrado-2.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Vegetação savânica: vereda. In: EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. **Bioma Cerrado**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_65_911200585234.html>. Acesso em: 8 set. 2020.

SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032018000200195&script=sci_arttext>. Acesso em: 31 jul. 2020.

SALOMON, M. M. R. **Quem disputa o Matopiba? Interesses e sustentabilidade na fronteira agrícola**. 2020. 154 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/38969>>. Acesso em: 30 set. 2020.

SANTANA, A. G. de; CARDOSO, E. R.; SILVA, F. F. da; PEREIRA, J. S. Metodologia para controle das outorgas de direito de uso da água em bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6., 2002, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2002.

SANTANA, C. A. M.; SOUZA, G. da S. e; CAMPOS, S. K.; DEL'ARCO SANCHES, I.; GOMES, E. G.; SANO, E. E. Dinâmicas agropecuárias e socioeconômicas no Cerrado, de 1975 a 2015. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola do Cerrado: análises e proje-**

ções. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 5, p. 141-192. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212959/1/Dinamicas-agropecuarias-e-socioeconomica-no-cerrado.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SANTOS, F. C. dos; MENDES, S. M.; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; PASSOS, A. M. A. dos; RESENDE, R. M. S.; PESSOA, S. T.; PIMENTEL, M. A. G.; OLIVEIRA, I. R. de; RODRIGUES, J. A. S.; CHAVES, F. F.; BORGHI, E.; LANDAU, E. C.; COTA, L. V.; RESENDE, A. V. de; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; GUIMARÃES, D. P.; VIANA, P. A.; KARAM, D.; NOCE, M. A.; FIGUEIREDO, A. B. A. de; BRANDÃO, A. L. **A agropecuária do sul do Matopiba em perspectiva: circuito solos arenosos da região Cocos-Jaborandi**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018a. 67 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 222). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178333/1/doc-222.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

SANTOS, H. G. dos; CARVALHO JÚNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S. de; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S.; OLIVEIRA, A. P. de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p. (Embrapa Solos. Documentos, 130.). 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123772/1/DOC-130-O-novo-mapa-de-solos-do-Brasil.pdf>> e <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123773/1/Mapa-de-solos-do-Brasil-Legenda-atualizada-2011.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018b. 356 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181677/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358172.epub>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

SANTOS, R. M. dos; KOIDE, S. Avaliação da recarga de águas subterrâneas em ambiente de cerrado com base em modelagem numérica do fluxo em meio poroso saturado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 451-465, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbrh/v21n2/2318-0331-rbrh-21-2-451.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2020.

SANTOS, R. M. **Recarga de águas subterrâneas em ambiente de cerrado: estudo com base em modelagem numérica e simulação hidrológica em uma bacia experimental.** 2012. 195 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

SCARAMUZZA, C. A. de M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. da S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B. de; ROSA, R.; SILVA, E. B. da; VALERIANO, D. de M.; VICTORIA, D. de C.; BAYMA, A. P.; OLIVEIRA, G. H. de; SILVA, G. B. S. da. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 6, p. 1041-1051, jun. 2017. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176085/1/Land-use-and-land-cover-mapping-of-the-brazilian.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2020.

SEPE, J.; SALVADOR, N. N. B. **Impactos da mineração e conflitos pelo uso da água com as atividades agrícolas de pequeno porte.** 2018. Disponível em: <https://www.uniara.com.br/legado/nupedor/nupedor_2018/5/6_Josie_Sepe.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

SILVA, G. A. da; LANDAU, E. C.; VALADARES, G. M. Análise comparativa das áreas plantadas com as principais culturas agrícolas no Extremo Oeste da Bahia - Bahia, Brasil. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 17., 2019, Sete Lagoas. [**Trabalhos apresentados**]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112986>>. Acesso em: 23 jun. 2020.

VIEIRA, C. **Degradação do solo causa perda de fontes de água de famílias de MG.** 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2014/10/degradacao-de-veredas-causa-perda-de-fontes-de-agua-de-familias-de-mg.html>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

VILLAR, P. C. C. M.; MOURÃO, M. A. A. (Coord.). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Uruçuia. Bacia sedimentar Sanfranciscana.** Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2012. 43 p. Disponível em: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF_RIMAS/VOLUME10_Sistema_Aquifero_Uruçuia_BA.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2020.

VRYZAS, Z. Pesticide fate in soil-sediment-water environment in relation to contamination preventing actions. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 4, p. 5-9, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468584417300454>>. Acesso em: 30 set. 2020.

WIKIPARQUES. **Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba**. Disponível em: <https://www.wikiparques.org/wiki/Parque_Nacional_das_Nascentes_do_Rio_Parna%C3%ADba>. Acesso em: 7 set. 2020.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Cerrado**: berço das águas. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_factsheet_cerrado_pt_web.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

Parceria:

