LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DA TERRA NA MANUTENÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS NA BACIA PARAGUAÇU

https://doi.org/10.56238/levv16n46-042

Data de submissão: 11/02/2025 **Data de publicação:** 11/03/2025

Adeid Rodrigues Santos Silva
Doutoranda Ciências Ambientais
Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: adeidrodrigues01@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5134-5197
LATTES: http://lattes.cnpq.br/9500338502818655

Jessica Almeida Monteiro Arruda
Engenheira Civil
Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: jamarruda@uefs.br
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-1891-5866

Marcos Reis Rosa
Doutor em Geografia Física
Instituição de Ensino
E-mail: mrosa@arcplan.com.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5367-8059
LATTES: http://lattes.cnpq.br/2351326432931220

Rayara Vieira Cavalcanti
Graduanda em Administração
Universidade do Estado da Bahia - UNEB
E-mail: rayara.caval@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-5801-409
LATTES: https://lattes.cnpq.br/2246326013345872

Rodrigo Nogueira de Vasconcelos
Doutor em Ecologia
Universidade Estadual Feira de Santana-UEFS
E-mail: rnvuefsppgm@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1368-6721
LATTES: http://lattes.cnpq.br/0476354655194997

RESUMO

Frente ao cenário atual de alterações do uso e cobertura da terra e os impactos ambientais negativos decorrentes dessas mudanças, é indispensável que sejam criados e aprimorados mecanismos para a gestão de bacias hidrográficas.O objetivo do presente trabalho foi identificar como as alterações do uso e cobertura da terra na bacia do rio Paraguaçu influenciam nas mudanças espaço/temporais da disponibilidade hídrica. A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu está situada no centro leste do estado da Bahia. Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do MapBiomas, no qual utilizou-se as

informações dos anos de 1985 a 2021. As séries históricas de vazão foram obtidas das estações fluviométricas da rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da ANA. Visando uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorreram na área de estudo, a bacia foi dividida em bacias de contribuição.Tendo em vista os impactos ambientais negativos sobre os recursos naturais decorrentes das atividades antrópicas, que afeta a disponibilidade e qualidade dos mesmos, a realização de pesquisas que visam a conservação do meio ambiente tem se tornado fundamental na atualidade. O gerenciamento dos recursos, sobretudo, dos recursos hídricos, caracteriza-se como um grande desafio, em virtude da alta demanda por diversos setores da sociedade e do gerenciamento ineficiente, o que acarreta a degradação destes. Nesse sentido, com base na revisão preliminar da literatura, verificou-se uma carência de estudos sobre a influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos. Com base nos resultados obtidos, foi possível identificar uma redução nos valores de vazão ao se analisar dados das estações fluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu. Essa redução pode estar associada a mudança de uso e cobertura da terra, sinalizando a necessidade de intervenções que garantam o adequado manejo dos recursos naturais na área da bacia supracitada. A efetiva aplicação do plano da bacia hidrográfica e a regulamentação das atividades na região da bacia do rio Paraguaçu são ações que auxiliam na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Mapbiomas. Recursos Hídricos.

1 INTRODUÇÃO

Frente ao cenário atual de alterações do uso e cobertura da terra e de eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes e intensos, é indispensável que sejam criados e aprimorados mecanismos para a gestão de bacias hidrográficas. Dessa forma, visando garantir o direito de acesso e o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, promulgou-se em 1997 a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), Lei n. 9.433 (1997), que dispõe sobre consolidação da gestão dos recursos hídricos no Brasil, com o propósito de assegurar disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados para as presentes e futuras gerações.

A criação da lei supracitada foi um grande avanço para o gerenciamento dos recursos hídricos no país, de modo que foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o qual passou a considerar as bacias hidrográficas como unidades territoriais básicas para planejamento e gestão dos recursos hídricos, e reconhecer a água como bem finito, de uso público, vulnerável e dotado de valor econômico.

A gestão eficaz de bacias hidrográficas requer múltiplos esforços que vão desde o conhecimento da hidrologia aplicada, ciências exatas e da terra até ciências sociais e políticas. Variáveis como clima, características geomorfológicas e cobertura da terra podem influenciar o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. As mudanças de uso da terra, principalmente para fins extrativistas, na qual não dispõem de manejo adequado, podem comprometer a disponibilidade hídrica (Rebouças, Braga & Tundisi, 1999; Latuf, 2007; Tucci, 2012; Souza, Silva, Ratke, Lisboa & Almeida, 2017).

Diante dos desafios globais para alcançar a sustentabilidade ambiental, a inserção de novas tecnologias e a implementação de políticas e planos de gestão dos recursos hídricos estão em pauta nas políticas e legislações mundiais. Segundo Alcântara *et al*. (2020), as grandes discussões sobre as recentes mudanças climáticas mostram que seus impactos não se refletem apenas nos grandes desastres ocasionados por eventos extremos, mas também no contexto socioeconômico.

Além disso, os efeitos e consequências do processo de ocupação nos ecossistemas precisam ser compreendidos através da análise do mapeamento histórico do uso e ocupação da terra. A utilização das geotecnologias, permite análises integradas dos aspectos ambientais e espaciais de modo que o foco de estudo seja entendido como um todo (Pires, Silva, Izippato & Mirandola, 2012). Diversas ferramentas geotecnológicas podem auxiliar o levantamento de dados e gerar informações espaciais, tais como cobertura vegetal, rede hidrográfica, malha viária, relevo e altimetria, delimitações de área e localização georreferenciada de atividades agropecuárias com potencialidades de causar degradação ambiental, viabilizando diagnósticos e prognósticos que facilitem o monitoramento e manejo das bacias hidrográficas, pois os fatores que desencadeiam a degradação do meio natural podem ser identificados para tornar a tomada de decisão mais eficiente (Leite & Ferreira, 2013).

Segundo Aquino, Almeida, Oliveira (2012), os métodos de levantamento de dados referentes ao uso da terra e à evolução da cobertura vegetal, desde a década de 1970, contam com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto, as quais possibilitam o estudo de espaços geográficos de dimensões significativas e de forma temporal. Nesse sentido, uma iniciativa no âmbito nacional é o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra do Brasil - MapBiomas, que tem desenvolvido e publicado um banco de dados com informações anuais de uso e cobertura da terra desde 1985, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e do processamento digital de imagens em nuvem, na plataforma Google Earth Engine, com qualidade nos mapas produzidos e informações de acesso livre (Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil [MAPBIOMAS], 2021).

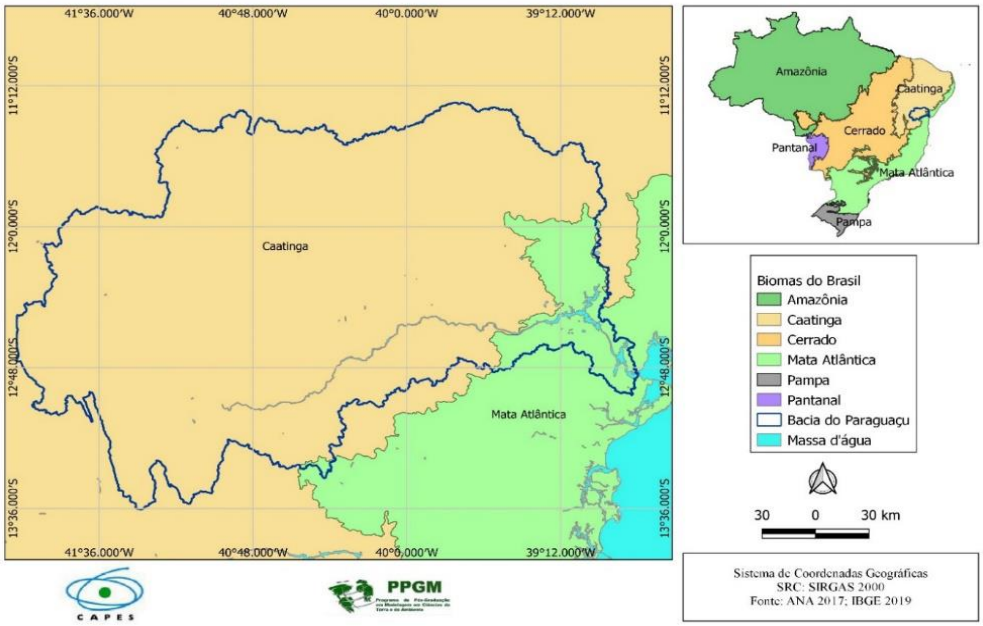
Com o propósito de mitigar os impactos ambientais em razão das atividades antrópicas, a agenda para o desenvolvimento sustentável proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, incluindo a Agenda 2030, tem como objetivos combater a mudança do clima e seus impactos, fortalecer e implementar padrões de produção e de consumo sustentáveis (Organização das Nações Unidas [ONU], 2015).

Diante do exposto, essa pesquisa buscou identificar como as alterações do uso e cobertura da terra na bacia do Paraguaçu, podem gerar mudanças espaço/temporais na disponibilidade hídrica entre 1985-2021.

2 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu (ottobacia 754) está situada no centro leste do estado da Bahia, entre os paralelos 11º17’ e 13º36’ e entre os meridianos 38º50’ e 42º01’ (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Autora (2022)

A bacia é composta por mais de 150 rios, que nutrem 86 municípios baianos. A área banhada por ela é de 54.877 quilômetros quadrado (km²) (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos [INEMA], 2022), cerca de 10% do território do Estado. O rio Paraguaçu nasce numa altitude de aproximadamente 1.200 m, no Município de Barra da Estiva e percorre cerca de 500 quilômetros (km) até sua foz na Baía de Todos os Santos (Sousa, Macedo, Guedes & Silva, 2016). Essa bacia é a mais importante do estado, sendo responsável pelo abastecimento de 60% da população da região metropolitana de Salvador, que atualmente é a quarta maior cidade do Brasil (Genz, Tanajura, Araújo, 2012; Conservation International Brazil [CIB], 2020).

Devido à grande extensão, o rio Paraguaçu é dividido em três partes: Alto Paraguaçu, trecho a montante da confluência do rio Santo Antônio; Médio Paraguaçu, entre a foz do Santo Antônio e a barragem da Pedra do Cavalo; e Baixo Paraguaçu, trecho a jusante dessa barragem (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [ANA], 2010). Apesar da relevância econômica, essa bacia hidrográfica está inserida no semiárido baiano, que constitui uma região crítica no que se refere a gestão de recursos hídricos, sendo altamente vulnerável às secas (Silva, 2012).

De acordo a classificação de Köppen, a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu apresenta três tipos de clima: clima semiárido (BSh), predominante na parte central da bacia; clima subúmido a seco (Aw), na parte superior da bacia, na região da Chapada Diamantina; e clima úmido a subúmido (Af), no terço inferior da bacia do rio Paraguaçu (GENZ *et al*., 2012). O período chuvoso se concentra entre os meses de novembro a janeiro e a pluviometria anual varia de 400 mm a 1600 mm.

Os biomas presentes na bacia variam desde a transição entre caatinga e mata atlântica a caatinga com manchas de floresta estacional (Carelli & Santo, 2016). A cobertura vegetal é de florestas estacionais e campos rupestres e um substrato geológico composto por rochas magmáticas e metamórficas (INEMA, 2021). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, os principais solos presentes na área são: latossolos (37%) e planossolos (33%) (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2011).

Vale ressaltar a aptidão agrícola da bacia, sendo que a região da Chapada Diamantina se destaca neste sentido. Na bacia, são registradas as classes de baixa a média e de média a alta aptidão agrícola, nas quais tem-se uma taxa de precipitação um pouco maior do que nas outras regiões da mesma, onde há o predomínio de clima semiúmido a úmido (Santos, 2013). Segundo a mesma autora, a união destes elementos torna a região um polo de atração para a agroindústria.

2.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE USO E COBERTURA DA TERRA

O MapBiomas é composto por uma rede colaborativa formada por ONGs, universidades e empresas de tecnologia cujo objetivo é gerar mapas anuais de uso e cobertura da terra. Os mapas são produzidos a partir de imagens do satélite Landsat, que possui uma resolução espacial de 30 m. A

classificação é realizada pixel a pixel e todo o processamento é em nuvem, executado através da plataforma Google Earth Engine - GEE (MAPBIOMAS, 2021).

A partir de scripts pré-definidos, desenvolvidos pelo editor de código da plataforma GEE, são gerados mosaicos temporais, modelagem espectral de mistura e a classificação da cobertura da terra, gerando assim uma base de dados eficiente para analisar as modificações e transições do uso e ocupação da terra, bem como observar as variações no tempo para a bacia do rio Paraguaçu.

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MAPBIOMAS, 2021). Utilizou-se as informações dos anos de 1985 a 2021, que correspondem aos dados da Coleção 7. Com isso, torna-se possível gerar mapas para estudar as alterações do uso e ocupação da terra e analisar as variações temporais na área de estudo. Para a exportação dos dados foi utilizado o seguinte código no GEE com: <https://code.earthengine.google.com/7bcdf070022cc0430859a673433fc45b>

2.2 ANÁLISE DE TRANSIÇÕES DE USO DA TERRA

Com o objetivo de compreender as mudanças no uso e cobertura da terra, foi realizada uma reclassificação dos mapas do MapBiomas a fim de unir classes semelhantes, conforme o Quadro 1.

Tabela 1. Reclassificação das classes de cobertura da terra com base na coleção 7 do projeto MAPBIOMAS.

CLASSIFICAÇÃO MAPBIOMAS	RECLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Formação Florestal	Floresta	Tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidual e Decidual
Formação Savânica		Tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada.
Formação Campestre	Formação Natural Não Florestal	Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea a arbustiva).
Afloramento Rochoso		Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com Presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade.
Pastagem	Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas.
Mosaico de Usos		Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.

Agricultura Temporária	Agricultura	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
Café		Áreas cultivadas com a cultura do café.
Agricultura Perene		Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio. Nessa versão, o mapa abrange majoritariamente áreas de caju, no litoral do nordeste e dendê na região nordeste do Pará, porém sem distinção entre eles.
Área Urbanizada	Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
Corpo d'Água	Corpo d'Água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
Áreas Não Vegetadas	Áreas Não Vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2021)

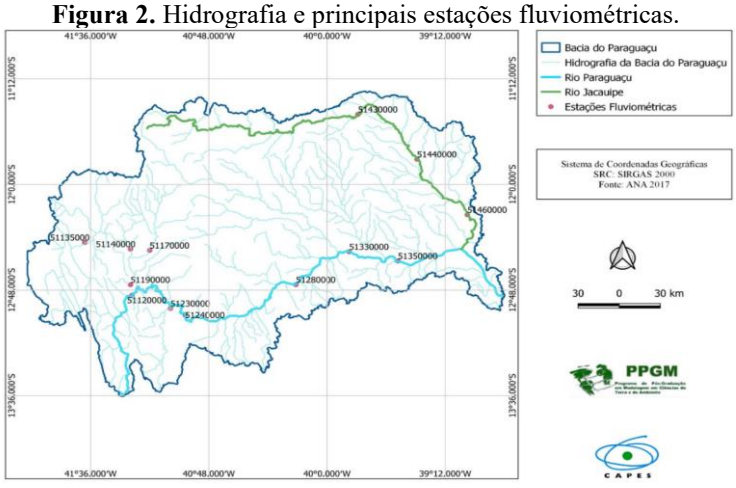
Essa junção entre as classes foi feita de modo a identificar as transições que aconteceram e quais as mudanças mais expressivas entre as áreas de formação natural e outros usos durante o período de análise, sendo possível a obtenção das áreas que sofreram alterações entre os anos de 1985 e 2021.

2.3 OBTENÇÃO DAS SÉRIES HIDROLÓGICAS HISTÓRICAS

As séries históricas de vazão foram obtidas das estações fluviométricas da rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da ANA, selecionadas de acordo com a disponibilidade dos dados (ANA, 2021).

As estações que estão distribuídas na Bacia do Paraguaçu, sendo analisadas 13 estações fluviométricas que possuíam série de dados atuais e com mais de 30 anos, conforme ilustrado na Figura 2.0

Figura 2. Hidrografia e principais estações fluviométricas.



Fonte: Autora (2022)

Visando uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorreram na área de estudo e uma relação entre a dinâmica das mudanças do uso e cobertura da terra sobre os recursos hídricos, foi gerada a bacia de contribuição de cada uma das 13 estações de monitoramento fluviométrico, utilizando o Modelo Digital de Elevação (DEM), disponível na plataforma da EMBRAPA, e através do software QGIS 3.16 'Hannover'. Ressalta-se, que para o processamento e elaboração dos mapas foi adotado o Datum SIRGAS - 2000.

3 RESULTADOS

3.1 DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA AS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

De um modo geral, a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu apresentou perdas nas áreas de floresta das bacias de contribuição analisadas, com exceção da bacia 51230000, localizada no município de Itaeté, que mostrou um aumento da classe floresta.

Sobre a classe floresta, foi possível constatar, também, que a maior perda de área florestal foi registrada na bacia de contribuição 51170000, em Utinga, na região do Alto Paraguaçu, apresentando uma perda de 33,85 hectares (ha) entre os anos de 1985 a 2021, o que corresponde a cerca de 12% de supressão florestal.

Observou-se uma diminuição nas áreas de formação florestal não natural em quase todos as bacias de contribuição com destaque para a bacia 51120000 (Andaraí) com cerca de 5,5 % de redução entre os anos de 1985 e 2021.

Com relação a classe Formação Natural Não Florestal verificou-se que 77% das bacias de contribuição analisadas apresentaram redução para a classe de formação natural não florestal.

Analisando-se a classe pastagem, os números evidenciaram que apenas uma das treze bacias de contribuição apresentou diminuição. A bacia 51120000 (Andaraí) teve uma redução na porcentagem de áreas de pastagem da ordem de 6,8%. O oposto pôde ser observado para as bacias 51170000 (Utinga) e 51330000 (Rafael Jambeiro), que apresentaram um aumento expressivo na área de pastagem. Os dados obtidos nas bacias 51170000 e 51330000 evidenciaram um aumento da ordem de 12,38% e 9,88%, respectivamente, fato que pode estar relacionado com a redução da área de floresta.

Para a classe área urbanizada, houve um aumento geral nas bacias de contribuição, com destaque para a bacia 51440000 (Riachão do Jacuípe) que em 1985 tinha 507 ha de área urbanizada e em 2021 essa taxa de urbanização atingiu 2.704 ha. O contrário pôde ser observado para o dado referente a bacia de contribuição 51230000, visto que a mesma apresentou a menor variação para essa classe, sendo, dentre todas as bacias analisadas a com menor taxa de urbanização.

Com base nos dados de área não vegetada é possível constatar que todas as bacias, exceto a 51440000 (Riachão do Jacuípe) e a 51120000 (Andaraí), apresentaram uma redução da área não vegetada. Considerando a classe agricultura, verificou-se um aumento em todas as bacias de

contribuição. Observa-se um crescimento expressivo, em termos de área com aptidão agrícola, nas bacias 51120000 (Andaraí), com 52.223 ha; 51240000 (Itaeté), com 58.994 ha; 51280000 (Iaçu), com 59.798 ha; 51330000 e 51350000 (ambas em Rafael Jambeiro), com 60.710 e 60.712 ha, respectivamente.

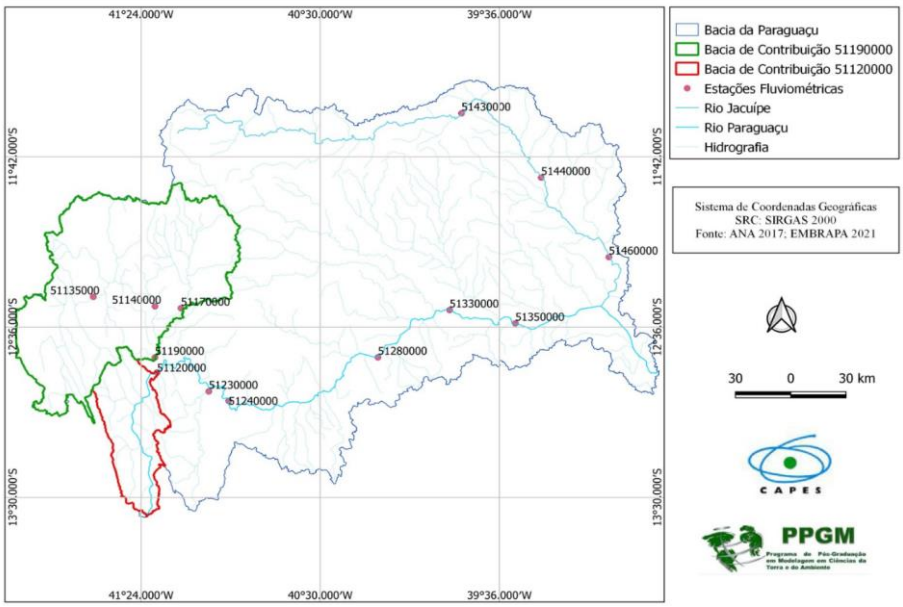
Esses dados refletem o potencial agrícola verificado em algumas regiões da bacia do rio Paraguaçu, que, pela disponibilidade de água, possibilita altas produções através de agricultura irrigada. Tais índices analisados podem também estar relacionados com a redução da área florestal. Quanto a área destinada para agricultura, entre os anos de 1985 e 2021, verificou-se um aumento significativo na bacia de contribuição 51430000 (Gavião), com variação de aproximadamente 136%, que dobrou a área de exploração agrícola.

Para a classe água, apenas as bacias 51120000 (Andaraí), 51280000 (Iaçu) e 51440000 (Riachão do Jacuípe) não tiveram redução do espelho d'água, o que pode estar vinculado à presença de barragens em vários pontos da bacia do Paraguaçu. A redução do espelho d'água nas outras bacias de contribuição pode estar ligado ao aumento das áreas de pastagem, agricultura, área urbanizada e redução de floresta.

3.2 ESCOLHA DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

Com base na análise da dinâmica de uso e cobertura da terra em cada bacia de contribuição foram selecionadas 2 bacias de contribuição, a 51120000 (Andaraí) e 51190000 (Andaraí) (Figura 3), que, mesmo muito próximas, possuem cenários distintos com relação a dinâmica de uso e ocupação da terra. A seleção de tais bacias pode ajudar na compreensão de como a evolução temporal do uso e cobertura da terra (1985 - 2021) pode influenciar na manutenção dos corpos hídricos.

Figura 3. Bacias de contribuição escolhidas para análise.

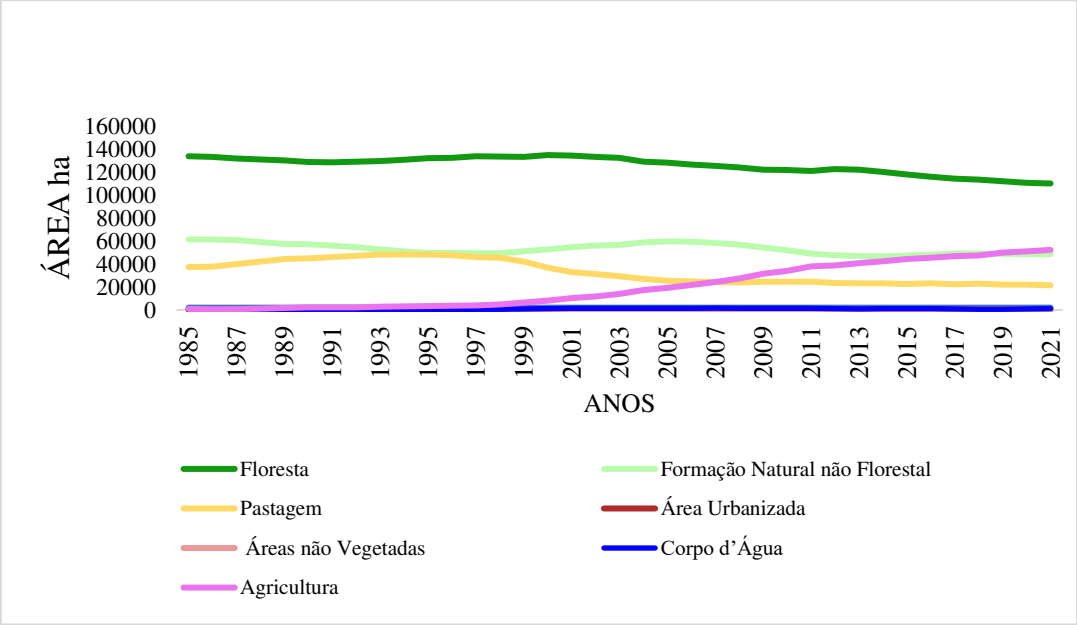


Fonte: Autora (2022)

3.3 DINÂMICA DE USO E COBERTURA NAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

Dentre os principais usos da terra na bacia 51120000 (Andaraí) (Figura 4) destaca-se um aumento da classe agricultura e uma diminuição da classe floresta.

Figura 4. Principais usos na bacia de contribuição 51120000 (1985-2021).



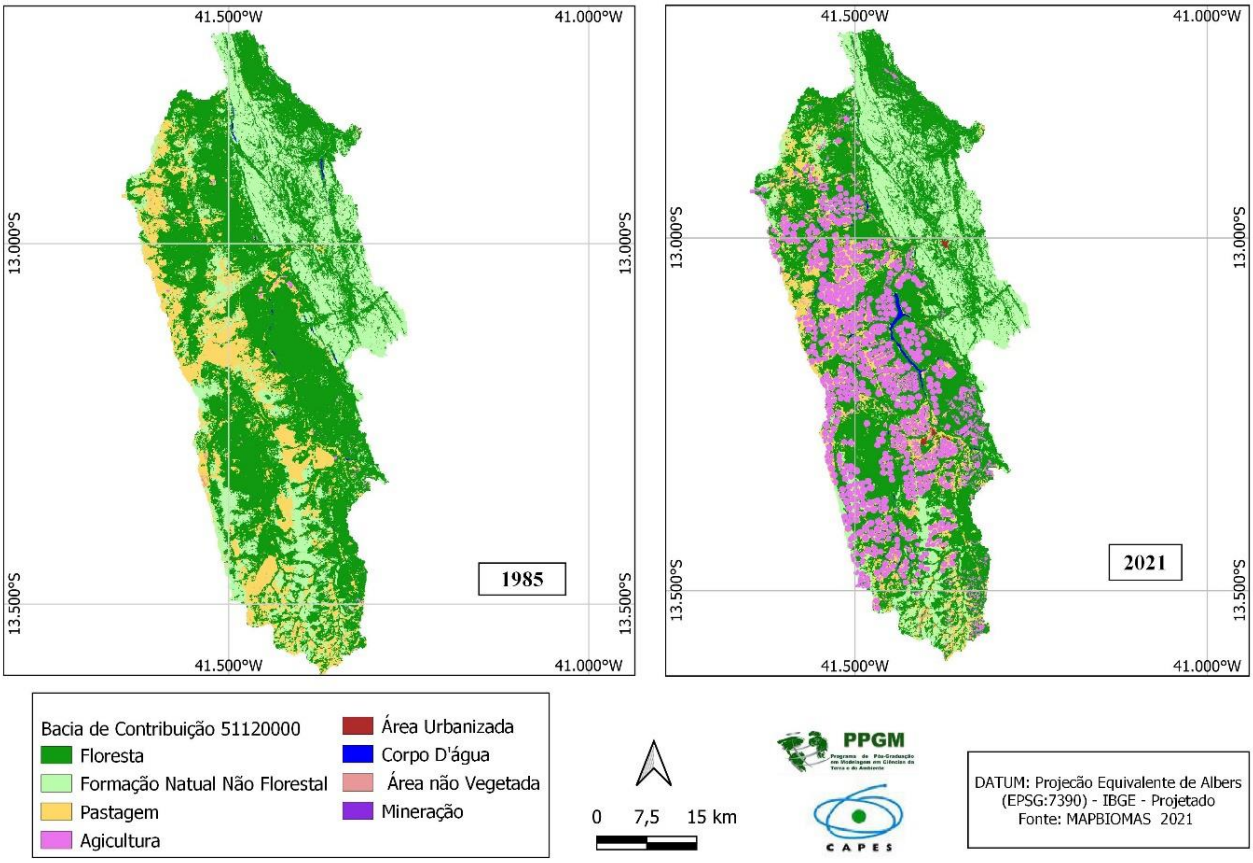
Fonte: Autora (2022)

Em 1985, a região praticamente não tinha atividade agrícola, entretanto, dados de 2021 mostram que mais de 22% de sua área estava em uso com agricultura, inclusive desenvolvida por meio de sistemas de irrigação com pivôs centrais.

De acordo com Sarmento-Soares, Santos & Martins-Pinheiro (2021), na região do Alto Paraguaçu, onde se concentram as sub-bacias com foz igual a 1.000 metros (m) ou acima, há um grande número de barragens para captação de água, o que caracteriza a aptidão dessa área para o uso agrícola.

Segundo os mesmos autores, entre as décadas de 1980 e 1990, houve uma grande supressão da área de Campos Gerais, vegetação característica da região, para a implantação de atividade agrícola mecanizada, marcada principalmente pelo uso de pivôs centrais; a agricultura, desde então, passou a ser uma das bases da economia local. A Figura 5 ilustra os usos e cobertura da terra na bacia de contribuição 51120000 para o ano de 1985 e 2021, com destaque para o avanço da agricultura na região.

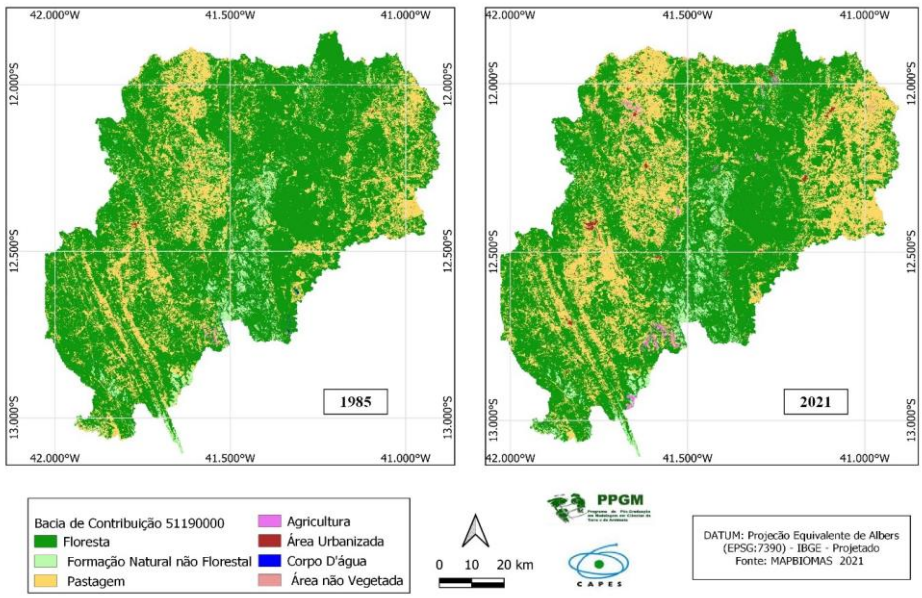
Figura 5. Principais usos na bacia de contribuição 51120000 (Andaraí) (1985-2021).



Fonte: Autora (2022)

Para a bacia de contribuição 51120000 (Andaraí) ocorreu uma redução de aproximadamente de 15.862,5 ha de área de pastagem. No entanto, para a bacia 51190000 (Andaraí) ocorreu um aumento expressivo, de cerca de 58.922 ha, na classe de pastagem, como ilustrado na Figura 6.

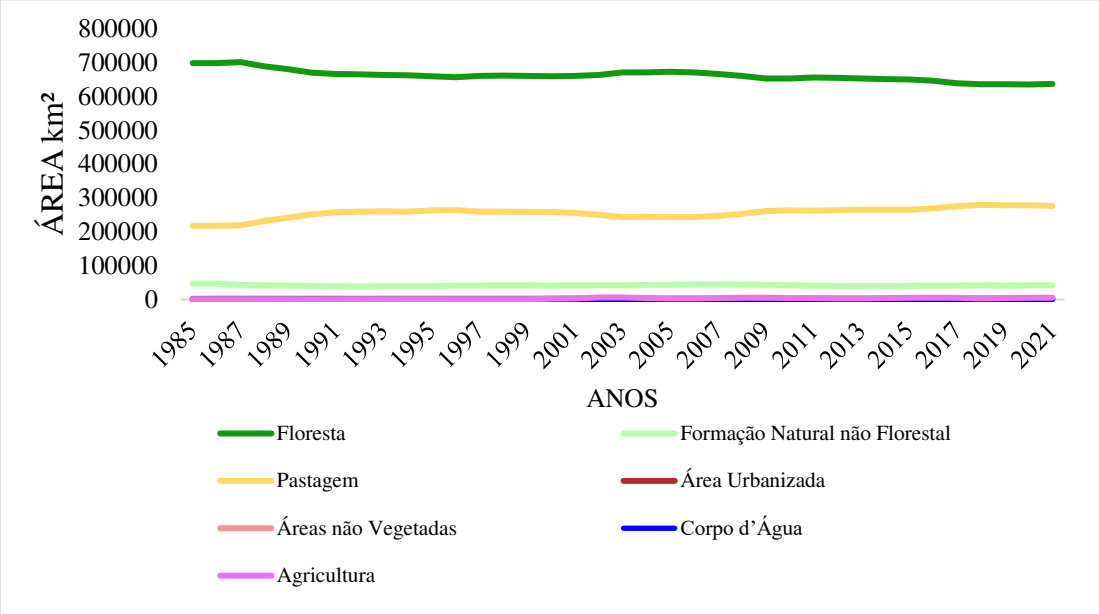
Figura 6. Principais usos na bacia de contribuição 51190000 (Andaraí) (1985-2021).



Fonte: Autora (2022)

A bacia 51190000 (Andaraí), apresenta uma dinâmica de uso muito distinta (Figura 7) com relação a bacia 51120000 (Andaraí). Em 2021, a bacia 51190000 apresentou um aumento de 4.927 ha de área utilizada para agricultura e uma redução de 388 ha de superfície de água mapeada no MapBiomas.

Figura 7. Principais usos na bacia de contribuição 51190000 (1985-2021).



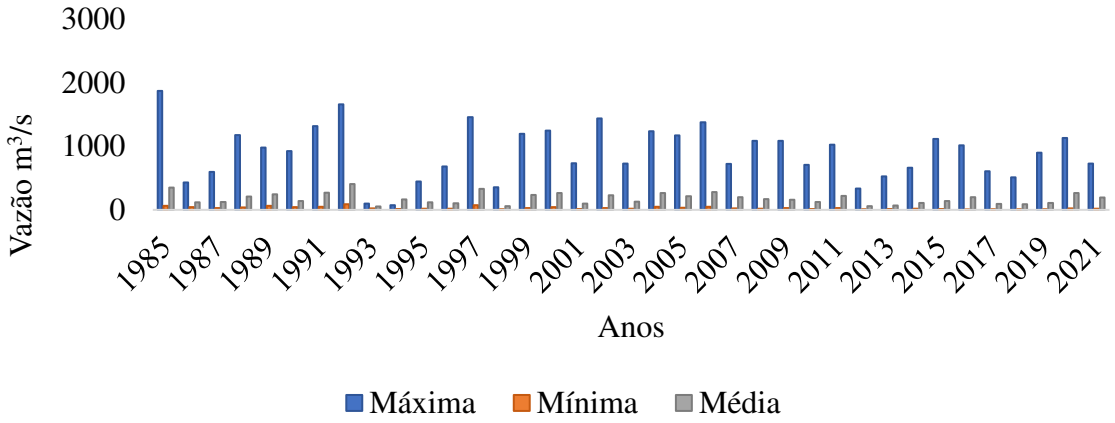
Fonte: Autora (2022)

A diminuição da superfície de água observada na bacia de contribuição 51190000 pode estar relacionada ao aumento significativo de área utilizada para atividades como agricultura e pecuária, uma vez que, o intenso desenvolvimento de áreas agrícolas e pecuárias estão estritamente ligados a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais (Mendoza, Granados, Geneletti, Pérez-Salicrup & Salinas, 2011). Essas atividades podem levar à perda de biodiversidade, redução da fertilidade do solo, aumento dos processos erosivos e diminuição dos recursos hídricos (Vanzela, Hernandez & Franco, 2010).

3.4 VAZÃO NAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

A partir dos dados de vazão da ANA, foram calculadas as vazões máxima, mínima e média para cada bacia de contribuição, entre os anos de 1985 e 2021. Para o ano de 1985, a vazão na bacia de contribuição 51120000 (localizada no município de Andaraí) apresentou valores de máxima, mínima e média de, respectivamente, 1872 m^3/s; 65 m^3/s e 351 m^3/s (Figura 8). Em 2021, os valores de vazão máxima e média caíram 40 e 55%, nessa ordem, e a mínima reduziu cerca de 30%.

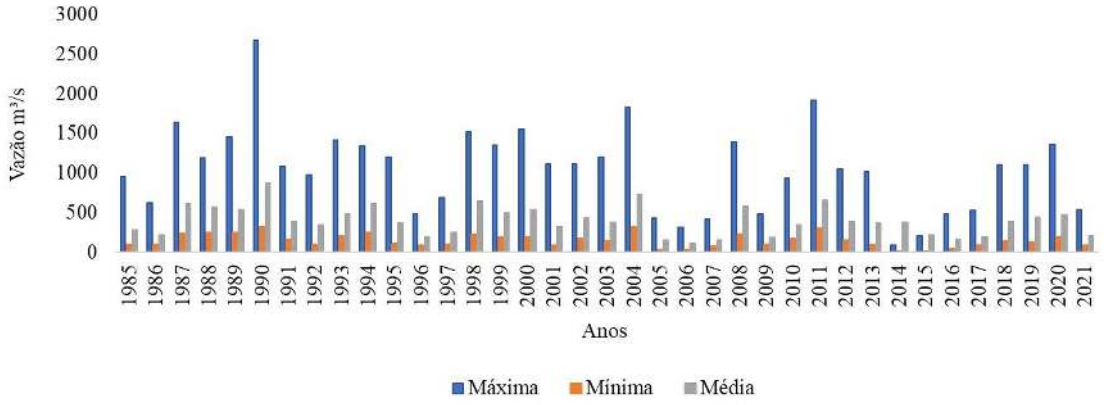
Figura 8. Gráfico representativo de vazão na bacia de contribuição 51120000.



Fonte: Adaptado da ANA (2021)

A Figura 9 ilustra os valores de vazão registrados para a bacia 51190000 (Andaraí) entre os anos de 1985 e 2021. Para o ano de 1985, a vazão máxima, mínima e média na referida bacia de contribuição foi, respectivamente, 954 m^3/s; 102 m^3/s e 280 m^3/s. Em 2021, houve uma queda nesses valores em relação aos primeiros registros da série histórica, apresentando vazão máxima, mínima e média de 531 m^3/s; 89 m^3/s e 205 m^3/s, nessa ordem. Em 2021, os valores de vazão máxima e média caíram 45% e 26,79%, nessa ordem, e a mínima reduziu cerca de 12,75%.

Figura 9. Gráfico representativo de vazão na bacia de contribuição 51190000.



Fonte: Adaptado da ANA (2021)

De acordo com os dados de vazão obtidos, pôde-se observar que nos primeiros 20 anos (1985 a 2005) a média das vazões médias para as bacias 51120000 e 51190000 foi de 946 m^3/s e 1.229,38 m^3/s, respectivamente. Nos últimos 10 anos, a média dos valores médios de vazão para essas bacias foi de 778 m^3/s (51120000) e 852,72 m^3/s (51190000), o que significa uma queda de 18% na vazão média na bacia 51120000, onde houve um grande aumento da área agrícola irrigada e do espelho

d'água com a implantação do reservatório Apertado. Na bacia 51190000 a queda foi de 31%. Essa bacia houve o aumento da área de pastagem e na área urbana.

4 DISCUSSÃO

A agricultura irrigada está em expansão em todo o Brasil. Em termos quantitativos, a maioria das bacias hidrográficas que possui a disponibilidade de água comprometida tem a irrigação como atividade mais significativa; somente no ano de 2019, tal atividade foi responsável por 49,8% da captação de água bruta em corpos hídricos no Brasil (ANA, 2021).

De acordo com Souza, Silva, Ratke, Lisboa & Almeida (2017), no estado da Bahia, a bacia do Paraguaçu, por possuir diversas outras barragens ao longo do curso principal do rio, que atendem a inúmeras demandas dos mais diversos usos, é apontada como a mais importante do estado.

Ao longo do presente estudo verificou-se que a bacia de contribuição 51120000 também é uma das poucas onde foi possível observar aumento da cobertura de superfície de água, de 417 ha em 1985 para 1.040 ha em 2021, principalmente por conta da construção do reservatório do Apertado. Finalizada no final da década de 1990 e localizada na parte alta da bacia do Paraguaçu, nas imediações do Parque Nacional da Chapada Diamantina, a barragem do Apertado é um dos fatores que contribuem para o desenvolvimento agrícola da região (Silva, Palma, Guedes & Polkeing, 2020).

No tocante às questões voltadas aos conflitos relacionados ao uso da água, a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, principalmente no trecho alto, é a que mais carece de ações de gerenciamento dos recursos hídricos, tendo em vista a grande demanda de captação de água para atender a avançada agricultura irrigada presente da região (Souza, 2017).

Apesar da barragem do apertado na bacia do Paraguaçu possuir uma capacidade de 108 hm^3, um espelho d'água com cerca de 23 km de extensão e uma área hidráulica de 13,56 km^2 e uma vazão regularizada de 7,6 m^3/s (Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia [CERB], 2022; Pereira & Johnsson 2005), faz-se necessária a implantação de planos de manejo que visem uma melhor gestão dos recursos hídricos, de forma a sustentar as atividades de agricultura irrigada, o abastecimento da população e que, sobretudo, venham garantir a conservação dos corpos d'água na região.

Em relação a conservação e proteção dos recursos hídricos, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433 de 1997, estabelece a criação dos comitês de bacias hidrográficas como órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos nessas áreas. Conforme a mesma lei, atuando como colegiados, os comitês desempenham funções consultivas e deliberativas, sendo caracterizados hierarquicamente como a instância mais importante de participação e integração na gestão hídrica das bacias hidrográficas, uma vez que as decisões tomadas pelo mesmo impactam diretamente na vida dos usuários.

Dessa forma, visando uma melhor gestão dos recursos hídricos na área de estudo, foi instituído, através do Decreto nº 9.938, de 22 de março de 2006, a criação do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu - CBHP. Integram totalmente esta Região de Planejamento e Gestão das Águas – RPGA 40 municípios, entre eles Rafael Jambeiro, Utinga, Gavião, Riachão do Jacuípe, Itaeté e Andaraí. Em virtude dos impactos das atividades antrópicas desenvolvidas na bacia, em 2018 foi elaborado o plano de ação estratégica para gerenciamento dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do rio Paraguaçu e do recôncavo norte e Inhambupe. No entanto, o plano estadual de recursos hídricos passa por uma ampla revisão, que leva em consideração as mudanças no uso e ocupação da terra ocorridas nos últimos anos, de forma a atender à necessidade de uma participação mais ampla do poder público, dos usuários das águas e das comunidades (INEMA, 2018).

Com relação as consequências do aumento das atividades agropecuárias e seus efeitos sobre o meio ambiente foi evidenciado no estudo realizado por Silva, Vidal, Barros & Freita (2018) que o processo de degradação ambiental do Nordeste está associado, também, ao modo de produção agrícola, acarretando impactos ambientais negativos como a perda da biodiversidade e degradação do solo.

Em um estudo realizado Vanzela *et al*. (2010), sobre a influência do uso e ocupação da terra nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, em Marinópolis - SP, demostrou que, as áreas ocupadas por matas favorecem o aumento da vazão específica em virtude da maior cobertura, estabilidade e infiltração de água no solo, além de promover redução da intensidade do escoamento superficial contribuindo também para a melhoria da qualidade da água. De maneira geral, as áreas habitadas, agricultadas e as matas degradadas, contribuem para a redução da vazão específica e da qualidade de água em função da alteração na intensidade do escoamento superficial.

A expansão da agricultura irrigada no alto Paraguaçu e o crescimento urbano sem o devido investimento em saneamento ao longo da bacia têm sido grandes ameaças à disponibilidade de água limpa e em abundância na região. Nas duas bacias escolhidas houve um aumento expressivo na área urbanizada. Na bacia 51120000 praticamente não existia área urbana em 1985 e aumentou para 328 ha enquanto na bacia 51190000 a área urbana passou de 536 ha para 2.573 ha o que representa um aumento de 2.037 ha de área urbanizada.

Tendo em vista o tamanho e a importância da bacia do Paraguaçu para o estado da Bahia, nota-se que são necessárias mais estratégias que busquem a conservação dos recursos naturais presentes na região. Segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente na bacia do rio Paraguaçu, encontram-se legalmente constituídas oito unidades de conservação, entre elas estão: Parque Nacional Chapada Diamantina, que incluem os municípios de Palmeiras, Mucugê, Andaraí, Lençóis, Ibicoara e Itaeté; Área de Relevante Interesse Ecológico Serra do Orobó, nos municípios de Itaberaba e Rui Barbosa; Área de Proteção Ambiental Marimbus/Iraquara que abarca os municípios de Andaraí, Palmeiras, Lençóis, Iraquara e Seabra; Área de Proteção Ambiental Lago de Pedra do Cavalo, entre os municípios

de Feira de Santana, Santo Estevão, Antônio Cardoso, Cabeceiras do Paraguaçu, Muritiba, Governador Mangabeira, São Félix, Cachoeira, Conceição de Feira e São Gonçalo dos Campos.

Para a classe Floresta, houve redução de área nas duas bacias de contribuição analisadas, sendo que na 51120000 ocorreu uma diminuição da mais de 10% e na bacia 51190000 foi de mais de 6,43%. Com a retirada da cobertura vegetal natural, o solo se torna mais exposto à ação da chuva, favorecendo a formação do selamento superficial e consequente dificuldade de infiltração da água no solo, ou mesmo erosão e degradação do solo (Oliveira, Santos & Araújo, 2018).

Tendo em vista os dados de vazão disponibilizados pela ANA, e os cálculos realizados para a determinação das vazões máxima, média e mínima para as bacias de contribuição selecionadas, entre os anos de 1985 e 2021, verificou-se que houve uma redução significativa. Em 2021, na bacia 51120000, os valores de vazão máxima, média e mínima caíram 40%, 55% e 30%, respectivamente, em relação ao início da série histórica, em 1985. Para a bacia de contribuição 51190000 foi observada, também, uma redução dos valores de vazão, uma vez que a máxima, mínima e média foram, respectivamente, 44,66%, 12,77% e 26,79% menores que os primeiros registros da série histórica, em 1985.

Essa queda nos valores de vazão, registrados nas séries históricas das duas bacias analisadas, demonstra o efeito da crescente urbanização e da pressão das atividades antrópicas na região. A expansão da agricultura irrigada, o aumento nas áreas de pastagem e a diminuição das florestas podem estar diretamente relacionadas a depleção dos recursos hídricos na região. Em um estudo realizado por Calijuri, Castro & Costa (2015) na bacia do Alto Paraguaçu, permitiu detectar que as mudanças no uso/cobertura da terra influenciaram na variação da precipitação e também na disponibilidade de água.

Outro fator que pode estar relacionado ao decréscimo nos valores de vazão é a presença de poços para captação e uso dos mananciais hídricos subterrâneos na bacia do rio Paraguaçu. De acordo com dados da CERB, foram cadastrados na bacia um total de 2.165 poços (destes 68 no município de Andaraí) que estão distribuídos de uma forma muito heterogênea, em função das demandas locais e da disponibilidade (INEMA, 2018). Devido a precariedade de dados, ausência de programas de monitoramento e estudos voltados a esse fim, a avaliação quantitativa das reservas de águas subterrâneas na bacia do rio Paraguaçu é dificultada; sendo necessário a ampliação do conhecimento dessas reservas por meio de estudos específicos sobre mananciais hídricos subterrâneos e sua interação com os recursos hídricos superficiais, bem como ações de controle e monitoramento do uso desses mananciais (INEMA, 2018).

As modificações no uso e ocupação da terra tendem a promover alterações no regime hidrológico da bacia hidrográfica (Santos, Griebeler & Oliveira, 2010). Outro fator relevante é o manejo do solo agrícola e o tipo de cultura implantada, pois se as condições de infiltração são afetadas, tem-se um aumento do escoamento superficial com riscos de erosão e perda de solo, e uma redução da

alimentação do aquífero que reflete nas vazões (Tucci, 2002). Devido às condições atuais de degradação ambiental da bacia, é urgente a implantação de ações que visem à recuperação da sua qualidade ambiental, em especial nas áreas mais críticas para a produção hídrica, com foco nas áreas de interceptação, recarga, nascentes e matas ciliares. Contudo, a reversão do cenário atual não será possível sem o engajamento, a participação e o compromisso de todos os segmentos da sociedade, sendo imprescindível que ocorra estudos específicos que auxiliem na avaliação das perdas ambientais e na sensibilização e orientação da população e, sobretudo, dos gestores no processo de tomada de decisão (Oliveira *et al*., 2018).

5 CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado na bacia hidrográfica do Paraguaçu, observou-se que o uso e ocupação da terra, desde o ano de 1985, início dos registros pelo MapBiomas, tem gerado alterações significativas nas bacias de contribuição analisadas. O aumento da área urbanizada, redução da área de floresta e a expansão das atividades agropecuárias constatados nas bacias selecionadas impactam diretamente na disponibilidade hídrica da região, fato que pode ser atestado com os dados das estações fluviométricas, visto que os mesmos apresentam tendência de diminuição das vazões, principalmente as vazões mínimas.

A bacia de contribuição do ponto de monitoramento 51120000 apresentou grande expansão do uso agrícola nos últimos 20 anos, inclusive com uso intensivo de água em pivôs de irrigação. e apresentou uma redução menor da vazão média nos últimos 10 anos do que a sub-bacia de contribuição 51190000, que teve mudanças de uso e cobertura muito menores.

Como ambas as bacias são vizinhas e sofrem condições climáticas e pluviométricas semelhantes essa diferença pode estar relacionada à construção do reservatório do Apertado e da abertura de muitos poços artesianos, com ao menos 2.165 cadastrados.

A redução nos valores de vazão mínima é um fato que requer bastante atenção, pois pode ser um indicativo de déficit hídrico nessas bacias, considerando que esse é o nível de vazão que assegura a qualidade e quantidade de água necessária para manter minimamente os componentes, funções e processos dos ecossistemas aquáticos. Isso evidencia a necessidade de intervenções que garantam o adequado manejo dessas bacias com intuito de evitar uma crise hídrica na região.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Hidroweb*. 2010. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/. Acesso em: 17 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. *Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada*. 2021. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b. Acesso em: 17 fev. 2025.

ALCÂNTARA, L. R. P.; SILVA, M. E. R.; SANTOS NETO, S. M.; LAFAYETTE, F. B.; COUTINHO, A. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D. *Mudanças climáticas e tendências do regime pluviométrico do Recife*. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. 1-21, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2583.

AQUINO, C. M. S. De; ALMEIDA, J. A. P. De; OLIVEIRA, J. G. B. D. *Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato*. *RA´E GA*, v. 25, p. 252-278, 2012.

CALIJURI, M. L.; CASTRO, J.; COSTA, L. S. *Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed*. *Environmental Earth Sciences*, v. 74, n. 6, p. 5373–5382, 2015. DOI: <10.1007/s12665-015-4550-0>.

CARELLI, L.; SANTO, S. M. *Bacia Hidrográfica do Paraguaçu: Da Chapada Diamantina à Baía de Todos os Santos*. In: LAMAS, R. I.; RITA, S. L.; MIRANDA, M. (Org.). *Semeando águas no Paraguaçu*. Rio de Janeiro: Conservação Internacional Brasil, 2016.

COMPANHIA DE ENGENHARIA HÍDRICA E DE SANEAMENTO DA BAHIA. *Construção de Barragens*. 2022. Disponível em: http://www.cerb.ba.gov.br/atividades/barragens-constru%C3%A7%C3%A3o-opera%C3%A7%C3%A3o-e-manuten%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 17 fev. 2025.

CONSERVATION INTERNATIONAL BRAZIL. *Bacia do Paraguaçu*. 2020. Disponível em: https://www.conservation.org/brasil/onde-trabalhamos/bacia-do-paraguacu. Acesso em: 17 fev. 2025.
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Mapa de solos do Brasil*. 2011. Recuperado de: http://mapoteca.cnps.embrapa.br/geoacervo/det_mapa.aspx.

GENZ, F.; TANAJURA, C. A. S.; ARAÚJO, H. A. *Impacto das mudanças climáticas nas vazões dos rios Pojuca, Paraguaçu e Grande – cenários de 2070 a 2100*. *Bahia Análise & Dados*, v. 21, n. 4, p. 807-823, 2012.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. *Plano de Ações Estratégicas para Gerenciamento dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Rio Paraguaçu e do Recôncavo Norte e Inhambupe*. 2018. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/PAEPRNI_PP02A_Volume_I_R00.pdf. Acesso em: 17 fev. 2025.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. *CBH Paraguaçu*. 2022. Recuperado de: http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-paraguacu/.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. *Inventário das barragens do Estado da Bahia*. 2013. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/Link-2-Invent%C3%A1rio-das-Barragens-do-Estado-da-Bahia.pdf. Acesso em: 17 fev. 2025.

LATUF, M. O. *Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão Entre Ribeiros*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

LEI n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 17 fev. 2025.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F. F. *Análise espaço-temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 2, p. 184-194, 2013.

MAPEAMENTO ANUAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO BRASIL. *Coleção 7 da série anual de mapas de uso e cobertura da terra do Brasil*. 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: 17 fev. 2025.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. *Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003)*. *Applied Geography*, v. 31, p. 237-350, 2011.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S. DOS; ARAÚJO, R. C. *Processos erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes*. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v. 5, n. 3, p. 60-83, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf. Acesso em: 17 fev. 2025.

PEREIRA, D. S. P.; JOHNSSON, R. M. F. *Descentralização de gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil*. *REGA*, v. 2, n. 1, p. 53-72, 2005.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. *Geoprocessamento aplicado à análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do córrego Prata – Três Lagoas (MS)*. *Revista Geonorte*, v. 2, n. 4, p. 1528-1538, 2012.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. *Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 8, p. 826–834, 2010.

SANTOS, O. *Rio Paraguaçu: beleza, história, um patrimônio natural*. 2013. Recuperado de: http://www.visaocidade.com/2013/02/rio-paraguacu-beleza-historia-um.html.

SARMENTO-SOARES, L. M.; CLISTENES, A.; MARTINS-PINHEIRO, R. F. *Rios E Peixes Do Paraguaçu na Chapada Diamantina: Conservação e Perspectivas*. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*, v. 134, p. 16-57, 2021.

SILVA, S. F. *Análise da disponibilidade e demanda frente a cenário de mudanças climáticas*. 2012. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA.

SILVA, J. L. C.; VIDAL, C. A. S.; BARROS, L. M.; FREITA, F. R. V. *Aspectos da degradação ambiental no Nordeste do Brasil*. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 180-191, 2018. DOI: https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018180-191.

SILVA, N. L.; PALMA, S. V.; GUEDES, S. L.; POLKEING, E. L. *Uso da Terra de Mucugê e Ibicoara-BA, Mediante Avanço da Agricultura com Sensoriamento Remoto*. In: HOLZMANN, A. H.; DALLAMUTA, J. (Org.). *Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias 2*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. *Hidroweb*. 2021. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/. Acesso em: 17 fev. 2025.

SOUSA, F.; MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. D. S.; SILVA, V. *O Índice de Precipitação Padronizada (IPP) na identificação de extremos de chuvas e secas na bacia do rio Paraguaçu (BA)*. *Ambiência*, v. 12, n. 2, p. 707–719, 2016.

SOUZA, K. B.; SILVA, J. B. L.; RATKE, R. F.; LISBOA, G. S.; ALMEIDA, K. N. S. *Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí*. *Nativa*, v. 7, n. 5, p. 567-573, 2017.

SOUZA, C. N. *Avaliação dos usos da água na barragem do apertado, Mucugê-BA*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA.

TUCCI, C. E. M. *Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos*. Câmara Temática sobre Recursos Hídricos, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, [S.l: s.n.], 2002.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. M. *Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 55-64, 2010.