



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
CAMPUS BALSAS - MA

VALÉRIA PEREIRA DE ABREU

**ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIO COCAL NO  
ESTADO DO MARANHÃO**

Balsas  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
CAMPUS BALSAS - MA  
VALÉRIA PEREIRA DE ABREU

**ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIO COCAL NO  
ESTADO DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Maranhão Campus Balsas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientador:** Ana Paula de Melo e Silva Vaz

Balsas  
2021

---

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Abreu, Valéria Pereira de.

Estudo do uso e ocupação do solo na Sub-bacia do Rio Cocal no estado do Maranhão / Valéria Pereira de Abreu. - 2021.

42 p.

Orientador(a): Ana Paula de Melo e Silva Vaz.

Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2021.

1. Conservação. 2. Geoprocessamento. 3. Uso e ocupação do solo. I. Vaz, Ana Paula de Melo e Silva. II. Título.

---

VALÉRIA PEREIRA DE ABREU

**ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIO COCAL NO  
ESTADO DO MARANHÃO**

Trabalho de Contextualização e Integração Curricular apresentado ao Bacharelado Em Engenharia Ambiental, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 24 de setembro de 2021.

**Banca Examinadora**

---

Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz, UFMA.

---

Dra. Débora Batista Pinheiro Sousa, UFMA.

---

Dra. Maria Laiane do Nascimento Silva, UFMA.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desse trabalho:

Aos meus pais Efigênia Pereira de Abreu e Adão Formiga de Abreu por seu apoio;

Aos meus amigos Luciana Pereira Barbosa e Hermon de Sousa Lima;

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz por sua paciência, dedicação e compreensão.

---

Enquanto eu tiver perguntas e não houver respostas continuarei a escrever.

Clarice Lispector.

---

## RESUMO

Análises ambientais de bacias hidrográficas tem se mostrado como uma importante ferramenta de coleta de dados e de identificação de aptidão e áreas de risco para ocupação humanas. Diante da necessidade de levantar dados mais específicos, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso e cobertura do solo através de uma série histórica entre os anos de 1989 a 2019, na sub-bacia do rio Cocal através de dados do *site* Mapbiomas para o bioma Cerrado sendo o processamento das imagens realizadas no *software* QGIS *with* GRASS. Foi possível observar o crescimento de áreas de pastagem, o surgimento e desenvolvimento de áreas de plantio de soja, acompanhados da redução de áreas de Formação Florestal e Formação Savânica, de acordo com a classificação do Mapbiomas. A área da sub-bacia se estende pelos seguintes municípios do Maranhão: Nova Colinas, Riachão, Balsas e Fortaleza dos Nogueiras, cidades em que as atividades de pecuária e cultivo de soja têm contado com grande desenvolvimento. Além disso, pode-se observar através de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) a presença de represas e açudes em corpos hídricos, atividade que pode estar ligada ao cultivo de soja devido a sua proximidade. Conclui-se que o planejamento do uso e ocupação da bacia são de grande importância na região para que o desenvolvimento econômico e social não venha a causar futuros problemas ambientais.

**Palavras-chaves:** Uso e ocupação do solo, Conservação, Geoprocessamento.

---

## ABSTRACT

Environment analyses for basins has been an important data collect tool for potential identification of risk for human occupation areas. In the face of necessity of obtain more specific data, this work aims evaluate the use and covering of soil through the historic series for 1989 to 2019 years, in the Cocal River watershed from Mapbiomas's data to Savana by means of the QGIS with GRASS software. It was possible to observe pasture growing areas and the develop and growing of soya bean plantations, by that the reduce of Savana areas and Forest, according to the Mapbiomas classification. The sub-basin area is included in the following cities of Maranhão state: Nova Colinas, Riachão, Balsas e Fortaleza dos Nogueiras, which the livestock and soya bean plantation has been growing by the years. Also, through the National Water Agency's data, to observe the presence of water dams in rivers was possible, the activity could be associated to soya bean plantation due the proximity of the areas. In conclusion of that, planning the use and occupation to the basin is important for the economic and social development in the region and prevent future environment problems.

**Keywords:** Use and occupation of soil, conservation, geoprocessing.



---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização da Sub-bacia do Rio Cocal.....	17
Figura 2: Mata Ciliar do Rio das Balsas. ....	18
Figura 3: Mata de Galeria, Córrego Caetano – zona urbana de Balsas.....	19
Figura 4: Mata seca, zona Rural de Balsas.....	19
Figura 5: Cerradão, zona rural de Balsas.....	20
Figura 6: Cerrado sentido restrito – Zona Rural de Fortaleza dos Nogueiras .....	20
Figura 7: Palmeiral, Zona Rural de Fortaleza dos Nogueiras.....	21
Figura 8: Campo Sujo .....	22
Figura 9: Mapa da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal dos anos de 1989 a 2019.	24
Figura 10: Hidrografia da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal.....	30

---

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	JUSTIFICATIVA .....	10
1.2	OBJETIVO GERAL .....	10
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	11
2.1	RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL .....	11
2.2	RECURSOS HÍDRICOS NO MARANHÃO .....	12
2.3	LEIS E NORMATIVAS ESTADUAIS DE RECURSOS HÍDRICOS.....	13
2.4	USO DO SOLO E DOS RECURSOS NATURAIS.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.2	METODOLOGIA DA PESQUISA .....	22
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	24
4.2	INFRAESTRUTURA URBANA E ASPECTOS SOCIOECÔMICOS .....	27
4.3	HIDROGRAFIA .....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
	APÊNDICE I: Mapa de uso e ocupação do solo .....	37
	APÊNDICE II: Mapa da Hidrografia da SBHRC .....	40

---

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização na maioria das cidades brasileiras não se deu de forma planejada e sustentável. O uso e ocupação do solo de forma desordenada pode vir a causar uma série de problemas ambientais como redução de áreas verdes, aumento de áreas impermeáveis, grande concentração demográfica e assentamentos informais. Essas atividades podem causar alterações no microclima, elevação da temperatura, alterações no regime de chuvas, alagamentos e outros problemas que comprometem a qualidade de vida e a saúde pública.

Com base nos estudos da qualidade ambiental urbana, é possível tomar decisões de planejamento e gestão que busquem diminuir ou mesmo evitar os impactos causados por ações antrópicas sobre o ambiente urbano (ESTÊVEZ; NUCCI, 2015).

A bacia hidrográfica possui um importante papel no ciclo hidrológico, influenciando na infiltração, evapotranspiração, no escoamento subsuperficial e na quantidade e qualidade de água dos corpos hídricos. Segundo Lima (2008), a bacia hidrográfica deve ser dada como a unidade natural de planejamento de recursos naturais. Sendo fundamental para o planejamento e manejo sustentável dos recursos naturais renováveis, estabelecendo uma forma integrada de se analisar as atividades antrópicas numa área qualquer e seus efeitos sobre o solo e a água.

Brito e Prudente (2005), afirmam que estudos de séries históricas através de ferramentas computacionais permitem observar as mudanças na cobertura do solo e quais as suas implicações para o ambiente em termos de perda de recursos. A partir desse conhecimento torna-se possível a proposição de políticas públicas diretamente aplicáveis ao local.

Através do uso de geotecnologias pôde-se avançar na área de confecção de mapas, contando com mais detalhes, precisão cartográfica e qualidade, elaborados em um espaço de tempo mais eficiente se comparado às técnicas tradicionais de mapeamento (FREITAS FILHO; SOUZA, 2005).

---

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho se justifica na necessidade de fornecer informações relevantes sobre o processo do uso e ocupação do solo da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal, distribuída entre as cidades de Riachão, Nova Colinas, Fortaleza dos Nogueiras e Balsas, localizadas no sul do Maranhão, uma vez que uma análise computacional contribuirá para a obtenção de dados sobre a área de estudo e a confecção de mapas do local.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo analisar o uso e ocupação do solo da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal, localizada no estado do Maranhão, através dos dados obtidos no *site* MapBiomas para os anos de 1989 a 2019 e *software* QGIS para processamento de dados.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Determinar a porcentagem de vegetação remanescente, pastagem, infraestrutura urbana, corpos hídricos, áreas não vegetadas, soja e outras lavouras temporárias, conforme dados do MapBiomas;
- II. Analisar as principais mudanças na cobertura da vegetação e uso de solo dada a série histórica disponibilizada;
- III. Produzir dados compilados que sirvam como base para estudo de implantação de políticas públicas na região da bacia.

---

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Segundo Miranda (2020), o histórico da gestão de águas no país tem passado por modificações relacionadas ao tipo de federalismo no Brasil ao longo do tempo, os governos regionais e locais são dependentes das decisões tomadas em âmbito federal e as instituições de bacia possuem restrito poder decisório.

Segundo Daronco (2013), desde a Constituição do Império de 1824, a gestão dos recursos hídricos no Brasil tinha a proteção da saúde humana como prioridade fundamental, pois na época acreditava-se que os recursos eram infinitos devido ao grande potencial de água doce do Brasil. Sendo assim, as primeiras constituições brasileiras relacionadas aos recursos hídricos asseguravam somente os direitos de navegação e pesca, pela relevância econômica dessas atividades para o país.

Por isso, o Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código das Águas, (BRASIL, 1934) é considerado como o marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil sendo considerado mundialmente como uma das mais completas leis de águas já produzidas, por classificar as águas como águas públicas ou particulares e por considerar a legislação até então utilizada era obsoleta, estando em vigor até hoje (DARONCO, 2013).

Mais tarde, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), conhecida como Lei das águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo considerada por Grangeiro, Ribeiro e Miranda (2020), como uma estrutura legal avançada que norteia o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. No entanto, para os autores, o poder dos municípios é limitado dentro das ações de planejamento e gestão no sistema de gestão das águas. Apesar de Braga et al. (2008), afirmar que essa lei deve estabelecer a gestão de recursos hídricos como prioridade, de forma descentralizada em larga

---

escala, baseada em instrumentos econômicos e participação pública no processo de decisão.

Braga et al. (2008), apontam também que os limites das doze regiões hidrográficas não coincidem com os limites geopolíticos dos Estados brasileiros. O que traz implicações importantes no modelo de gestão de recursos hídricos adotado no país e a necessidade de aprimorar uma base territorial de unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos.

## 2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE E NO MARANHÃO

A região nordeste do Brasil é caracterizada por uma precipitação média anual da ordem de 950 mm e em regiões semiáridas a precipitação anual é de apenas 650 mm. Suas grandes bacias hidrográficas, exceto a bacia do rio São Francisco e do Parnaíba, possuem rios intermitentes (VIEIRA, 2003).

A intermitência dos rios, as secas periódicas, a escassez de água, decorrente da incidência de chuvas apenas em curtos períodos de três a cinco meses por ano, irregularmente distribuídas no tempo e no espaço, são um fator limitante ao desenvolvimento da região. Esses fatores causam uma forte dependência da intervenção do homem sobre a natureza (GARJULLI, 2003).

Outro agravante das épocas de seca na região nordeste seriam as épocas de *El Niño*, um fenômeno associado ao aumento de temperatura das águas do Oceano Pacífico que causa anomalias no regime de chuvas, provocando enchentes nas bacias hidrográficas da região Sul, e agravando a situação de seca no semiárido (CIRILO, 2008).

Segundo a ANA (2019), o Órgão gestor de recursos hídricos no estado do Maranhão é a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA - MA), criada pela Lei nº 8.153, de 8 de julho de 2004.

---

Através do Decreto nº 29.302, de 15 de agosto de 2013, que dispõe sobre a adesão do Estado do Maranhão, por meio da SEMA, ao Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO). Em seu Art. 2º, contempla que:

A implementação do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas - PROGESTÃO no Estado do Maranhão observará as metas de cooperação federativa e de desenvolvimento institucional acordadas com a União, por intermédio da Agência Nacional de Águas - ANA e aprovadas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH (Decreto n.29.302, 2013, p.1).

No ano de 2017, a SEMA - MA aderiu ao Programa QUALIÁGUA, um Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água, de iniciativa da Agência Nacional de Águas – ANA (SEMA, 2019).

O QUALIÁGUA, é estabelecido pela Resolução nº 643, de 27 de junho de 2016, que apresenta metas mínimas a serem cumpridas pelos estados dividindo-os em três grupos: O primeiro é formado por estados que possuem unidades que já operam redes de qualidade de água e que podem expandi-las; No segundo grupo estão os estados que já operam redes, mas que precisam aumentar a capacidade de operação dos pontos da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas – RNQA e capacitar os seus técnicos e laboratórios e o terceiro grupo é formado por estados em que o monitoramento é inexistente ou não está consolidado, sendo este o grupo em que o estado do Maranhão está incluído (ANA; MMA, 2016).

### 2.3 LEIS E NORMATIVAS ESTADUAIS DE RECURSOS HÍDRICOS

A Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004, é a lei estadual do Maranhão que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Em seu Art. 2º, inciso V, define que a bacia hidrográfica é a unidade físico-territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. Essa lei também propõe que a gestão dos recursos

---

hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades (MARANHÃO, 2004).

Segundo Brasil et al. (2017), apesar do rico potencial hídrico do Maranhão, o estado enfrentou e ainda enfrenta dificuldades para implantar políticas de gestão hídrica, levando em conta que a sua lei estadual de recursos hídricos só aconteceu com a criação da Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004. Além disso, os autores também apontam que houve demora na criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, o que torna ainda mais tardia a promoção da gestão participativa, descentralizada e integrada dos recursos hídricos, prevista em lei.

A Resolução CONERH nº 104 de 17/12/2020, dispõe sobre a aprovação do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão - PERH - MA. Que de acordo com seus artigos 1º e 2º devem, respectivamente: ser composto por Estudos de Diagnóstico, Prognóstico, Cenários Tendenciais, Balanço Hídrico, Programas, Metas e Planos de Investimento de Curto, Médio e Longo Prazos; Contar com a implementação dos Programas previstos no Plano de Investimento será coordenada pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos do Maranhão (MARANHÃO, 2020).

No decreto 34.847, de 14 de maio de 2019, em seu Art. 1º, regulamenta a Lei nº 8.149/2004, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, dividindo as doze bacias hidrográficas e sistemas hidrográficos, sendo que as bacias hidrográficas que compõem os sistemas hidrográficos poderão criar seus respectivos Comitês individualmente, através de resolução específica (BRASIL, 2019).

A Resolução CONERH nº 027/2017, é a resolução que regulamenta a instalação de Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado do Maranhão. Apesar do número de bacias hidrográficas estabelecidos em lei, os Comitês de Bacias Hidrográficas criados foram os dos rios Munim, Mearim, Parnaíba e Balsas (MARANHÃO, 2017).

A Lei nº 9.956 (MARANHÃO, 2013a) e a Lei nº 9.957 (MARANHÃO, 2013b), ambas de 21 de novembro de 2013, dispõem sobre a instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Munim e do Rio Mearim, respectivamente, de acordo com art. 43,



---

V, da Constituição do Estado do Maranhão, c/c art. 29, III, da Política Estadual de Recursos Hídricos, a Lei nº 8.149 de 2004.

A Resolução CONERH nº 070/2020, formaliza a Comissão Pré-Comitê para a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas e Afluentes Maranhenses do Alto Parnaíba (MARANHÃO, 2020).

## 2.4 USO DO SOLO E DOS RECURSOS NATURAIS

A remoção da vegetação em áreas urbanas causa a deterioração ambiental através do transporte de sedimentos e de metais tóxicos, a degradação de águas superficiais e subterrâneas, podendo aumentar a vulnerabilidade da população urbana às inundações em áreas de risco acarretando problemas econômicos e sociais ao disseminar doenças de veiculação hídrica (TUDISI et al., 2014).

O crescimento da fronteira agrícola impulsionada pelo cultivo da soja no Cerrado acentua o desmatamento de sua vegetação natural para incorporação de novas áreas de cultivo tem grande crescimento no Brasil aponta a necessidade de conhecer esta área de Cerrado já explorada pela agricultura intensiva, a fim de que possa direcionar políticas de sustentabilidade, prevenção e conservação do bioma, que tenham como meta o uso racional do solo e dos recursos naturais. (DA SILVA et al., 2015).

Tundisi et al., (2014), aponta que a escassez de recursos hídricos gera instabilidade agropecuária, insegurança de produção, de abastecimento de água potável, de saneamento básico, de saúde pública e intensificação do desequilíbrio social, decorrentes da falta do desenvolvimento sustentável dessas áreas. Além disso, os custos do tratamento de água podem aumentar dez vezes em áreas desmatadas nos mananciais, visto que o desmatamento aumenta a erosão e a sedimentação, diminuindo o volume de água disponível devido à degradação de sua qualidade.

Junior et al., (2018) afirma que no Cerrado, o fogo ocorre naturalmente ou por ação antrópica, no processo produtivo da agricultura e pecuária. Em sua análise a

---

presença de queimadas pode ser influenciada pela sazonalidade do regime de chuva, variações de temperatura e umidade do ar. Nos anos de secas no Cerrado podem ocasionar o aumento expressivo no número de queimadas e a vegetação de formações savânicas foram identificadas como as mais suscetíveis à ocorrência de queimadas.

Segundo Lima e Silva (2008), o Cerrado é considerado uma área de importância econômica e ambiental no que se diz respeito aos seus recursos hídricos, destacando sua contribuição para a manutenção da vazão dos recursos hídricos de oito das doze regiões hidrográficas do Brasil, sendo que suas vazões específicas apresentam grande variabilidade, dadas a distribuição das chuvas na área de Cerrado, já que este se aproxima da Amazônia, onde chove mais e da Caatinga, onde chove menos.

Além disso, a prática de irrigação colabora para que a área de Cerrado se torne uma das principais áreas agrícolas do país acompanhada de geração de emprego, renda e alimentos, como soja, feijão, sorgo, café, milho, carne bovina, entre outras. Tendo produção significativa na produção nacional. No entanto, alertam sobre conflitos de uso de recursos hídricos já são presentes no contexto atual e é preciso uma gestão eficiente dos mesmos (LIMA; SILVA, 2008).

Segundo Lima, (2011) os conflitos no Cerrado, relacionados ao uso da água, além de irrigação, destacam-se os decorrentes dos baixos índices de saneamento básico na região, que comprometem a qualidade das águas dos rios das cidades.

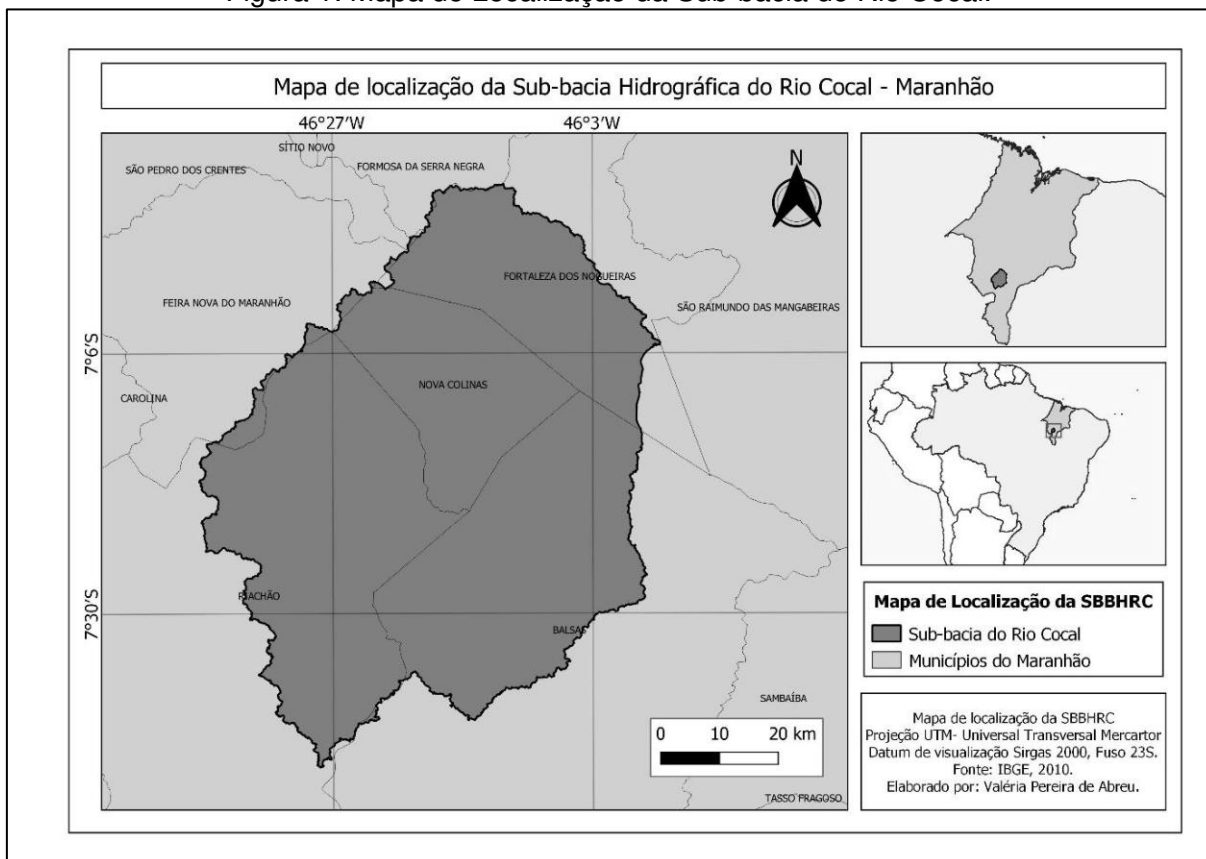
Silva et al., (2016) discutem sobre as evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão, de acordo com os resultados obtidos pode-se dizer que as mudanças nas variáveis climáticas no estão ocorrendo de forma diferente em diferentes regiões do Estado do Maranhão. Em relação a temperatura todas as doze estações registraram a tendência de aumento, de forma intensa e estatisticamente significativa. Em relação à precipitação, os períodos chuvosos estão mais intensos e os períodos secos, menos úmidos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Cocal (SBHRC) está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas, ocupando 40,78% de sua área total, possui uma área de drenagem de 4.870,879 km<sup>2</sup> (VAZ et al., 2021). Distribuindo-se pelos municípios de Riachão, Nova Colinas, Fortaleza dos Nogueiras e Balsas, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Mapa de Localização da Sub-bacia do Rio Cocal.



Fonte: A autora (2021).

A Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas faz parte da Região Hidrográfica do Parnaíba, considerada uma das mais importantes da Região Nordeste do Brasil. A região hidrográfica do Parnaíba está dividida em três grandes unidades hidrográficas: Parnaíba Alto; Médio e Baixo (ANA; MMA, 2015). A SBHRC encontra-se na região do

---

Parnaíba Alto, onde predomina o bioma Cerrado. Os principais rios da região são os rios Parnaíba, Canindé, das Balsas, Piauí, Poti, Longá, Itaueira e Uruçuí Preto (ANA; MMA, 2015). Já a classificação climática de Koppen (1936), descreve o estado do Maranhão com clima predominantemente de zona tropical com inverno seco – Aw (ALVARES et al., 2013). Por sua vez, o estudo de Passos *et al.*, (2017) descreve a região de Balsas com clima subúmido seco, com excedente hídrico compreendido nos meses de fevereiro e março e deficiência hídrica entre abril e novembro.

A classificação do Mapbiomas para a vegetação do Cerrado divide-se em Formação Florestal, Formação Savânica e Formação Campestre. Segundo Ribeiro e Walter, (1998) a fisionomia florestal das áreas de Cerrado podem estar presentes áreas tidas como: Formações Florestais, Formações Savânicas e Formações Campestres. Essas classificações englobam outros grupos arbóreos.

As Formações Florestais englobam as Matas Ciliares, as Matas de Galeria, as Matas Secas e os Cerradões. Locais onde predominam árvores que podem medir mais que 15m, com dossel contínuo (RIBEIRO; WALTER, 1998). A Mata Ciliar geralmente é encontrada próxima aos rios de médio e grande porte, como mostrado na Figura 2, a mata ciliar do rio das Balsas:

Figura 2: Mata Ciliar do Rio das Balsas.



Fonte: A autora (2021).

As Matas de Galeria são aquelas que desenvolvem sua vegetação ao redor de pequenos rios e córregos, formando corredores fechados (RIBEIRO; WALTER, 1998), como mostrado na Figura 3, no córrego Caetano, na zona urbana da cidade de Balsas.

Figura 3: Mata de Galeria, Córrego Caetano – zona urbana de Balsas.



Fonte: A autora (2021).

Segundo Ribeiro e Walter, (1998) a Mata Seca se caracteriza pela perda das folhas das árvores durante a estação seca, as árvores caducifólias. Algumas das espécies mais encontradas nas Matas Secas são: angico (*Anadenanthera spp.*), cedro (*Cedrela fissilis*), ipês (*Tabebuia spp.*), jequitibá (*Cariniana rubra*) e mutamba (*Guazuma ulmifolia*).

Figura 4: Mata seca, zona Rural de Balsas.



Fonte: A autora (2021).

O Cerradão ocorre distante do leito dos rios. Podendo conter espécies que ocorrem no Cerrado sentido restrito e de Mata Seca. Algumas espécies arbóreas que

---

podem ser encontradas são: copaíba (*Copaifera langsdorffii*), faveiro (*Dimorphandra mollis*), jacarandá-do-cerrado (*Dalbergia miscolobium*), sucupira-branca (*Pterodon emarginatus*) e sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides*) (Ribeiro; Walter, 1998).

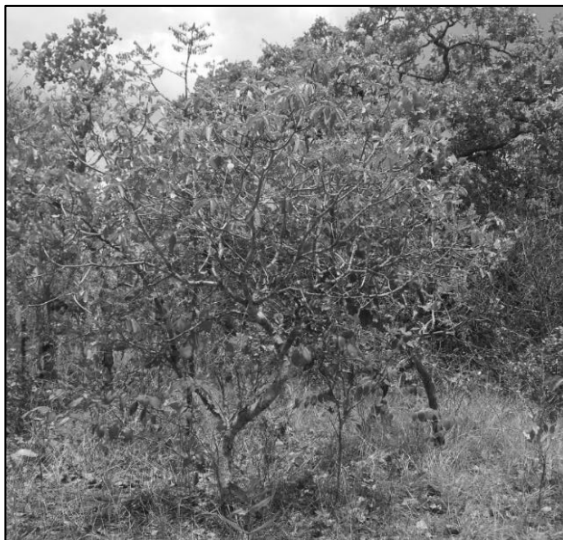
Figura 5: Cerradão, zona rural de Balsas



Fonte: A autora (2021)

Já as Formações Savânicas podem se dividir em Cerrado sentido restrito, Parque Cerrado, Palmeiral e Vereda. Esse termo agrupa locais com árvores e arbustos, espalhados sem formação de dossel contínuo sobre camadas de plantas gramíneas (Ribeiro; Walter, 1998). A Figura 6, mostrada abaixo, representa uma área de Cerrado sentido restrito.

Figura 6: Cerrado sentido restrito – Zona Rural de Fortaleza dos Nogueiras



Fonte: A autora (2021).

---

Nesse tipo de fitofisiologia as árvores possuem em média de 4,5 metros, possuem estruturas tortuosas e retorcidas, com ramificações irregulares e geralmente com evidências de queimadas. Seus troncos são lenhosos, em geral, possuem casca grossa e folhas rígidas (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O Palmeiral é caracterizado, em geral, pela presença marcante de vários indivíduos de uma mesma espécie de palmeira arbórea, em solos de brejo. Fazem parte dessa categoria palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa*), buriti (*Mauritia flexuosa*) e macaúba (*Acrocomia aculeata*) (RIBEIRO; WALTER, 1998). Como mostrado na Figura 7:

Figura 7: Palmeiral, Zona Rural de Fortaleza dos Nogueiras



Fonte: A autora (2021).

A Formação Campestre abriga áreas com presença de plantas de caráter herbáceo e raros indivíduos arbóreos e arbustivos esparsos. Compõem as formações campestres os chamados Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Figura 8: Campo Sujo



Fonte: A autora (2021).

Na área de campo sujo a vegetação caracteriza-se por densa cobertura herbácea, principalmente gramíneas e de indivíduos arbustivos e em menor frequência, árvores de pequeno porte (TANNUS; ASSIS, 2004).

### 3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho divide-se em levantamento bibliográfico através de pesquisas sobre o assunto e processamento de dados no *software* QGIS. Os dados aplicados no *software* são obtidos através de sensoriamento remoto realizados por satélite e disponibilizados em plataformas gratuitas, como o MapBiomias. Isso possibilitará o registro de informações referentes ao uso e ocupação do solo dessa região e a caracterização da SBHRC. Os mapas também contaram com dados da ANA e do IBGE.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS



---

Neste trabalho utilizou-se o *software QGIS* para delimitar a área da SBHRC, através dos dados disponibilizados no *site* MapBiomias, com o objetivo de determinar as condições em que se encontra a bacia e classificar as áreas de interesse para a classificação do uso e ocupação do solo da área de estudo.

Para tanto, os dados possuem séries históricas da área para o Cerrado, bioma em que se encontra a área de estudo. Após isso realizou-se uma pesquisa exploratória, onde as imagens foram analisadas e processadas no *software QGIS*, para aplicação do modelo disponibilizado no site com suas devidas classificações.

Em seguida foi feita a análise descritiva baseada na bibliografia levantada para comparação de dados e descrição das alterações causadas na bacia ao longo do tempo, nessa fase também foram confeccionados os mapas temáticos para reforçar e ilustrar as principais características como: Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Pastagem; Cana; Infraestrutura Urbana; outras áreas não vegetadas; Rios, Lagos e Oceano; Soja e Outras Lavouras Temporárias. Os dados estão relacionados em tabelas para simplificar a distribuição dos dados em porcentagem produzidos ao longo do trabalho.

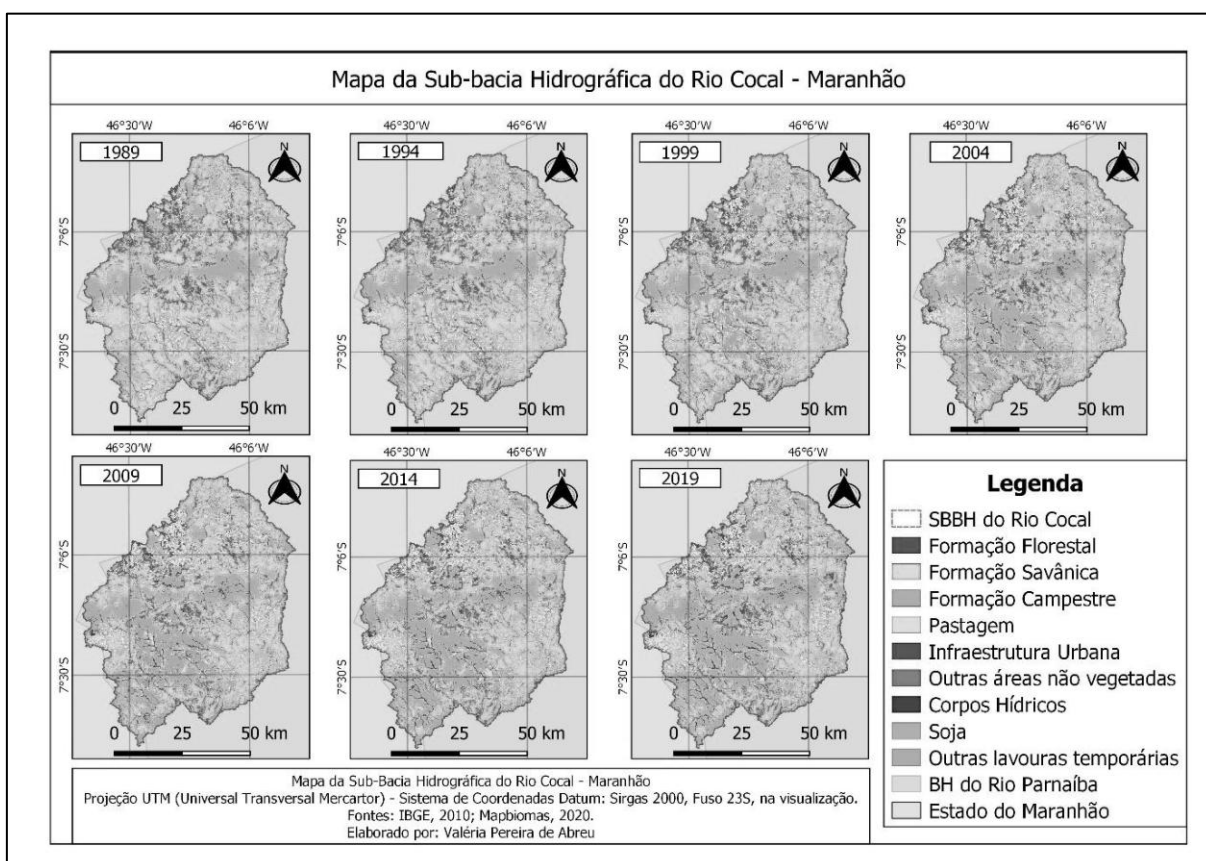
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Nesse estudo, buscou-se obter dados sobre a situação do uso e ocupação do solo com base na série histórica de imagens de satélite e classificação de áreas disponibilizadas do *site* MapBiomas e utilizando fotointerpretação para mapeamento das áreas verdes ao longo dos anos de 1989 a 2019.

A SBHRC tem passado por mudanças significativas em sua área ao longo dos anos, como mostrado na Figura 9 que também está disponível no Apêndice I:

Figura 9: Mapa da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal dos anos de 1989 a 2019.



Fonte: A autora (2021).

Pode-se perceber o surgimento e crescimento das áreas de plantação de soja, pastagem, infraestrutura urbana e de áreas não vegetadas. Os dados distribuem-se na Tabela 1 para melhor visualização:

Tabela 1: Descrição das Áreas

Ano	Área e percentual	Descrição da Área										Total
		Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Pastagem	Infraestrutura Urbana	Outras Áreas não vegetadas	Rios, Lagos e Oceano	Soja	Cana	Outras Lavouras Temporárias	
1989	km <sup>2</sup>	733,501	3027,195	832,138	275,403	1,413	1,854	0,560	0,000	0,000	0,008	4872,07
	%	15,06	62,13	17,08	5,65	0,03	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00*	100,00
1994	km <sup>2</sup>	695,533	2998,247	842,664	294,240	1,860	1,420	0,465	0,000	0,000	37,643	4872,07
	%	14,28	61,54	17,30	6,04	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,77	100,00
1999	km <sup>2</sup>	713,736	2855,891	825,353	329,323	2,343	2,812	1,070	0,000	0,000	141,544	4872,07
	%	14,65	58,62	16,94	6,76	0,05	0,06	0,02	0,00	0,00	2,91	100,00
2004	km <sup>2</sup>	622,614	2678,994	725,939	371,806	3,489	29,422	3,081	339,072	0,000	97,654	4872,07
	%	12,78	54,99	14,90	7,63	0,07	0,60	0,06	6,96	0,00	2,00	100,00
2009	km <sup>2</sup>	594,982	2605,682	732,192	423,790	4,981	20,367	3,289	173,132	0,000	313,654	4872,07
	%	12,21	53,48	15,03	8,70	0,10	0,42	0,07	3,55	0,00	6,44	100,00
2014	km <sup>2</sup>	583,649	2530,189	699,578	443,985	6,751	24,985	3,796	375,267	0,000	203,874	4872,07
	%	11,98	51,93	14,36	9,11	0,14	0,51	0,08	7,70	0,00	4,18	100,00
2019	km <sup>2</sup>	614,127	2438,439	661,316	446,213	8,616	30,031	3,990	581,331	0,003	88,006	4872,07
	%	12,61	50,05	13,57	9,16	0,18	0,62	0,08	11,93	0,00*	1,81	100,00

\*não representa área significativa na porcentagem da Sub-bacia Hidrográfica do Cocal.

Fonte: A autora (2021).

---

Percebe-se que o surgimento de lavouras e cultivos como a soja tiveram maior crescimento após o ano de 1999, as áreas de infraestrutura urbana e pastagem tiveram grande crescimento até o ano de 2019. As áreas não vegetadas também sofreram grande acréscimo após o ano de 1999, indo de 1,854 km<sup>2</sup> para 30,031 km<sup>2</sup> em 2019, representando um aumento de mais de 27 km<sup>2</sup>.

A SBHRC ainda se encontra preservada dado que 50,05% de sua área ainda é constituída de Formação Savânica, 13,57% de Formação Campestre e 12,61% de Formação Florestal. No entanto, é interessante apontar o expressivo crescimento de áreas de pastagem e plantio de soja, atividades recentes e que podem causar danos ao meio ambiente. As atividades da bacia são pautadas pela sua área, no entanto essas atividades não se encontram regulamentadas no estado do Maranhão.

As áreas de Formação Savânica tiveram redução de mais de 12% de sua área e de Formação Florestal de mais de 3% e redução de 4% da área de Formação Campestre, entre os anos de 1989 a 2019.

Segundo Martins; de Oliveira, (2011) em seu livro sobre a Amazônia maranhense, o estado do Maranhão é o estado da Amazônia Legal que possui altos níveis de desmatamento e fragmentação florestal e um dos menores índices de desenvolvimento humano. Além disso, espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção, da fauna e da flora, atestam a importância biológica da região para todo o país.

Houve também o crescimento de áreas não vegetadas, ligados ao fato de o Cerrado sofrer ação de queimadas, pode ser uma atividade que contribui para esse cenário, podendo ser atribuído a práticas extensivas, ligadas a usos da terra de forma inadequada como queimadas para a retirada de vegetação para abertura de áreas para plantio ou pastagem, ações que podem causar desequilíbrios ambientais como alterações no solo, compactação e aceleração do processo de erosão.

Considerando que 59,25% da área da bacia do Cocal encontra-se suscetível à erosão, há necessidade de adoção de políticas públicas que considerem a fragilidade da área de acordo com as suas características físicas e aptidões (VAZ et al., 2021).

A classe que mais teve aumento foi a de soja, surgindo em 2004 contando com área de 6,96% da bacia e chegando a 11,93% no ano de 2019. Ainda assim, pode-se observar o avanço das áreas cobertas por Soja que em 1989 não apresentava área

---

expressiva na bacia, no ano de 2019 já consta como 11,93%, cobrindo uma área de 581,331 km<sup>2</sup>, as áreas de pastagem que eram 5,65% da bacia em 1989, consta em 2019 um aumento representando 9,16%. Já para outras lavouras temporárias vêm crescendo desde 1994 quando sua área correspondia 0,77% até 2019 já representando 1,81% da área da bacia.

Brandão et al., (2006) apontam que a mudança cambial em 1999 causou um crescimento agrícola no Brasil, sobretudo da soja e da atividade pecuária bovina, isso trouxe impacto para o meio ambiente.

Na tese de doutorado de Nogueira, (2015) sobre o a “Expansão do cultivo de soja no Cerrado”, na sua análise sobre Chapadinha – MA, a autora argumenta que o aumento da temperatura máxima e da temperatura do solo, no período em que o solo fica exposto nas áreas da sojicultura propiciam o empobrecimento do solo, baixa fertilidade e probabilidade de desertificação.

Seus dados também mostraram que para os anos de 1990 a 2010, em áreas agrícolas, os valores de antes e depois da soja no período seco, apresentaram aumento de temperatura de superfície de cerca de 7°C, aumento do albedo em torno de 12% e redução dos valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) em 7,7%. Indicando que além da expansão agrícola, houve também degradação do bioma pela ação humana tanto no período seco quanto no chuvoso (NOGUEIRA, 2015).

Brandão et al., (2006) também sugerem não haver razões para temer que a expansão de área de cultivo de soja ameace a política ambiental brasileira, pois segundo os autores, o transporte da soja colabora com a melhoria de infraestrutura através de obras de pavimentação asfáltica. Isso pode ser levado em conta para a área de estudo dado o valor crescente da infraestrutura urbana.

## 4.2 INFRAESTRUTURA URBANA E ASPECTOS SOCIOECÔMICOS

A BHRC abrange áreas dos municípios de Balsas, Fortaleza dos Nogueiras, Nova Colinas e Riachão. Nem todas as áreas urbanas estão na área da bacia, mas

de certo modo acabam influenciando direta ou indiretamente as atividades da área. As áreas de infraestrutura urbana contam com 8,616 km<sup>2</sup> representando apenas 0,18% da área da bacia, apesar de englobar 4 municípios do sul do estado do Maranhão, a Tabela 2 relaciona esses municípios, sua população e densidade demográfica:

Tabela 2: Municípios, população, área e densidade demográfica

	População	Área (km <sup>2</sup> )	Densidade Demográfica (hab/km <sup>2</sup> )
Balsas	94.887	13.141,76	7,22
Fortaleza dos Nogueiras	12.631	1.853,99	6,81
Nova Colinas	5.384	743,09	7,25
Riachão	20.195	6.373,03	3,17
Brasil	210.147.125	8.510.295,914	24,69

Fonte: adaptado de IBGE (2019).

O fato de a infraestrutura urbana representar apenas 8,616 km<sup>2</sup>, o que representa 0,18% da área total da bacia pode ser atribuído a baixa densidade demográfica na área em que a bacia se encontra apesar de englobar vários municípios do estado do Maranhão, tendo em média de densidade demográfica de 6,11 hab/km<sup>2</sup> menor que a média do Brasil de 24,69 hab/km<sup>2</sup>, como mostrado na tabela 2. Outro fator que poderia ser atribuído ao valor de infraestrutura urbana seria o número de habitantes que residem em zona rural que ainda é elevado em algumas das cidades incluídas na área desta sub-bacia.

Segundo Correia Filho (2011a), na cidade de Riachão a pecuária, a lavoura, as transferências governamentais, o setor empresarial e o trabalho informal são as principais fontes de recursos para o município. Cerca de 50,49% da população do Riachão reside na zona urbana, sendo que a incidência de pobreza no município é de 57,0% e o percentual dos que estão abaixo do nível de pobreza é de 46,63% (IBGE, 2010).

A cidade de Balsas conta com a pecuária, a extração vegetal, a lavoura temporária, as transferências governamentais, o setor empresarial e o trabalho informal são as principais fontes de recursos para o município (CORREIA FILHO, 2011b). A população que reside na zona urbana equivale a 87,13% da população, a incidência de pobreza no município é de 64,08% (IBGE, 2010).

---

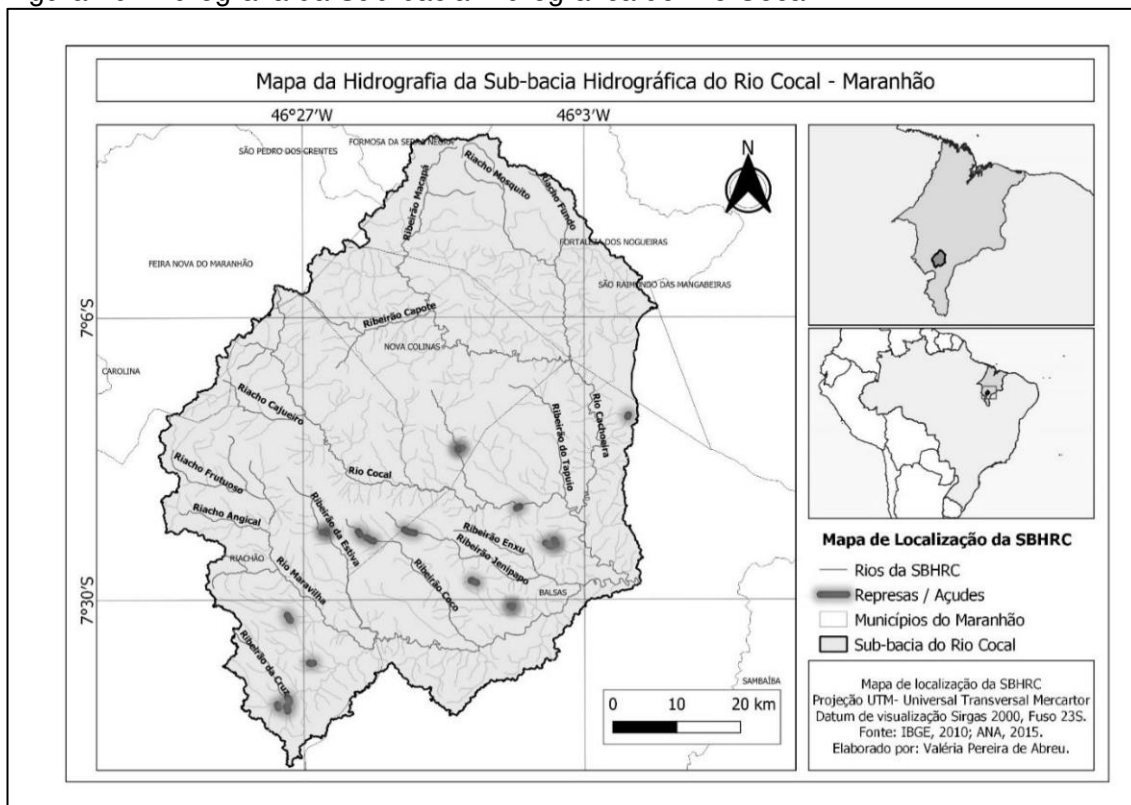
Em Fortaleza dos Nogueiras, segundo o IBGE (2010), cerca de 60,28% da população vive na zona urbana, sendo que a incidência de pobreza no município é de 58,35% e o percentual dos que estão abaixo desse nível é de 47,58%. Por sua vez, em Nova Colinas (IBGE, 2010), cerca de 45,24% da população reside na zona urbana, a incidência de pobreza no município é de 55,32%.

#### 4.3 HIDROGRAFIA

O rio Cocal nasce no município de Feira Nova próximo à divisa com Riachão, onde recebe vários rios e riachos como tributários, entre eles o Riacho Cajueiro, mais a frente recebe o Ribeirão Santa Maria e o Ribeirão Tapuio, já no município de Balsas, e por fim, como já descrito por Abreu e Vaz, (2018) em seu trabalho intitulado “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Cachoeira”, o rio Cachoeira deságua na margem esquerda do rio Cocal formando sua foz e sua bacia hidrográfica está incluída na área da sub-bacia hidrográfica do rio Cocal.

Dados da ANA, (2015) apontam a presença de açudes e represas nas áreas dentro e no entorno de rios e riachos da bacia, que por englobar vários municípios, as atividades de fiscalização e aplicação da legislação podem ser dificultadas. Como mostrado na Figura 10 que também está disponível no Apêndice II:

Figura 10: Hidrografia da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal.



Fonte: A autora (2021).

Alguns dos cursos d'água da SBHRC possuem represas em seu entorno, estes encontram-se relacionados na Tabela 3, junto aos cursos d'água ainda não cadastrados na base de dados da Agência Nacional das Águas (2015).

Tabela 3: Rios e riachos com presença de represa e/ou açudes em seu entorno.

Corpo Hídrico	Número de Represas / Açudes
Ribeirão Coco	2
Ribeirão da Estiva	2
Ribeirão Jenipapo	1
Ribeirão Santa Maria	2
Rios não cadastrados	16
<b>Total</b>	<b>23</b>

Fonte: adaptado de ANA (2015).

Como pode ser observado na Tabela 2, há um aumento de áreas correspondentes a Rios, Lagos e Oceano, que de 0,01% em 1989 passaram a



---

representar 0,08% em 2019, isso pode ser atribuído a construção de açudes ligado ao manejo de gado e possíveis atividades de irrigação, práticas recorrentes no período de estiagem que nem sempre são regulamentadas e fiscalizadas.

Segundo Abreu e Vaz, (2018) a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, em parte incluída na área da SBHRC, não possui drenagem considerada eficiente, o relevo não é acidentado e a água não escoar em velocidade tão rápida quanto em áreas acidentadas, tendo maior possibilidade de infiltração e de evapotranspiração. Além disso, a região apresenta déficit hídrico, decorrente da baixa pluviosidade e alta evapotranspiração. Necessitando de um manejo cuidadosamente planejado.

Esses eventos de déficit hídrico colaboram com o uso de práticas de irrigação e bombeamento de grande volume de água por produtores rurais e pela população, além da abertura de poços irregulares que podem influenciar na recarga de rios, quando em grandes quantidades, ou até mesmo a contaminação das águas.

O Maranhão é dado como uma área de grande potencial para águas subterrâneas, por estar assentado sobre terrenos de rochas sedimentares da região da Bacia sedimentar do Parnaíba (CORREIA FILHO, 2011b).

---

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo pode-se perceber o avanço de áreas de plantações de soja, lavouras temporárias e pastagem, acompanhadas da redução de áreas de Formações Savânicas e Florestais. Isso mostra que essas mudanças devem ser melhor supervisionadas, já que também houve incremento de áreas não vegetadas na área da SBHRC.

Através da série histórica pode-se perceber que ao longo desses trinta anos houve grande modificação nos usos de solo da sub-bacia. No entanto, considerando a geração de emprego que as atividades de agricultura e pecuária tiveram na região, estas deveriam ter contribuído de forma mais significativa para uma melhoria na infraestrutura das cidades e educação da população através da demanda por mão-de-obra qualificada.

O estudo das características de bacias hidrográficas pode auxiliar na elaboração de planos de uso e ocupação do solo e elaboração de políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável dos municípios auxiliando nas futuras ações de planejamento para tomada de decisão quanto ao uso e ocupação do solo levando em conta as condições dessa sub-bacia hidrográfica, contribuindo para melhor gestão das áreas ainda não ocupadas e que podem fornecer informações para planejamento de zoneamento urbano, infraestrutura, atividades rurais e possíveis intervenções nos rios relacionados a essa área de estudo.

Dessa forma, alguns dos trabalhos que podem ser realizados futuramente como um estudo apontado para a caracterização morfométrica da região, tipos de solo, geomorfologia, águas superficiais, pesquisas socioeconômicas, declividade e hipsometria, complementariam este estudo.

Além disso, dados da ANA apontam um grande número de rios e riachos na região da bacia, muitos deles possivelmente sofrem intervenção de atividades antrópicas, como construções de pequenas barragens e bombeamento para açudes, atividades que comprometem a qualidade e quantidade de água, sendo de difícil controle e fiscalização na zona rural, alguns deles ainda não cadastrados em seu banco de dados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. P.; VAZ, Ana Paula de Melo e Silva. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira**. In: Débora Batista Pinheiro Sousa. (Org.). Cachoeira do Macapá e suas identidades: situação atual e estratégias de conservação. 1ed. São Luís: EDUFMA, 2018, v. 1, p. 53-71.

Agência Nacional das Águas (ANA) – Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO): A gestão de recursos hídricos no Maranhão, 2019. Disponível em: < <https://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/ma> >. Acesso em: 19 de jun. de 2021.

Agência Nacional das Águas (ANA) – Dados Abertos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2015. Disponível em: <<https://dadosabertos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 16 de setembro de 2021.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANA; MMA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras. 2015.

ANA; MMA. **Resolução n.º 643**, de 27 de junho de 2016. Altera o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/resolucoes/ana/2016/643-2016.pdf>>. Acesso em 28 de jun. de 2021.

BRAGA, Benedito PF et al. Pacto federativo e gestão de águas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 17- 42, 2008.

BRANDÃO, Antonio Salazar Pessoa; REZENDE, Gervásio Castro de; MARQUES, Roberta Wanderley da Costa. Crescimento agrícola no período 1999/2004: a explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente. **Economia Aplicada**, v. 10, p. 249-266, 2006.

BRASIL, GABRIELLE VIEIRA DA SILVA et al. Análise da Evolução Legal da Proteção dos Recursos Hídricos no Estado do Maranhão. *Revista Uningá*, v. 51, n. 3, 2017.

BRASIL. **Decreto n.º 24.643**, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm)>. Acesso em: 19 de jun. de 2021.

BRASIL. **Lei n.º 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 n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRITO, Jorge Luís Silva; PRUDENTE, Tatiana Diniz. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 37-46, 2005.

CIRILO, J. A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. Pernambuco, 2008.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO MARANHÃO (CONERH/MA). **Resolução CONERH nº 104 de 17/12/2020**, dispõe sobre a aprovação do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão-PERH - MA. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=406998>>. Acesso em: 08 de Jun. de 2021.

CORREIA FILHO, Francisco Lages et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Riachão**. CPRM, 2011a.

CORREIA FILHO, Francisco Lages et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Balsas**. CPRM, 2011b.

DA SILVA, João Batista Lopes et al. EVOLUÇÃO TEMPORAL DO DESMATAMENTO NA BACIA DO RIACHO DA ESTIVA, PIAUÍ/TEMPORAL EVOLUTION OF DEFORESTATION IN THE WATERSHED OF THE ESTIVA RIVER, BRAZIL. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 4, p. 363, 2015.

ESTÊVEZ, Laura Freire; NUCCI, João Carlos. **A questão ecológica urbana e a qualidade ambiental urbana**. Revista Geografar, v. 10, n. 1, p. 26-49, 2015.

FREITAS FILHO, M.; SOUZA, Marcos José Nogueira de. Análise geoambiental com aplicação de geotecnologias nas nascentes do riacho dos Macacos: bacia do rio Acaraú-CE. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, GO**, 2005.

GARJULLI, Rosana. **Os Recursos Hídricos no Semiárido**. São Paulo, 2003.

GRANGEIRO, Ester Luiz de Araújo; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 417-434, 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Portal Cidades, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

JUNIOR, Celso Henrique Leite Silva et al. Dinâmica das queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 1-14, 2018.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck Lima; SILVA, Euzébio Medrado da. **Análise da situação dos recursos hídricos do Cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Ciência e cultura**, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2008.

---

MAPBIOMAS, 2019. Disponível em:<<https://mapbiomas.org/>> Acesso em: 8 de setembro de 2021.

MARANHÃO. **Decreto nº 29.302**, de 15 de agosto de 2013. Dispõe sobre a adesão do Estado do Maranhão, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA, ao Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas - PROGESTÃO. Disponível em: <<http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=3582>>. Acesso em: 19 de jun. de 2021.

MARANHÃO. **Decreto nº 34.847**, de 14 de maio de 2019. Regulamenta a Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=377721>>. Acesso em: 08 de junho de 2021.

MARANHÃO. **Lei nº 9.956**, de 21 de novembro de 2013a. Dispõe sobre a instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Munim, de acordo com art. 43, V, da Constituição do Estado do Maranhão, c/c art. 29, III, da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004.

MARANHÃO. **Lei nº 9.957**, de 21 de novembro de 2013b. Dispõe sobre a instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, de acordo com art. 43, V, da Constituição do Estado do Maranhão, c/c art. 29, III, da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004.

MARANHÃO. **Resolução CONERH nº 027/2017**. Altera a Resolução nº 02/2012 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão - CONERH/MA, que regulamenta a instalação de Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado do Maranhão. Disponível em:< <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=4693> >. Acesso em: 23 de jun. de 2021.

MARANHÃO. **Resolução CONERH nº 070/2020**. Altera o Anexo Único da Resolução CONERH nº 67/2020 que formaliza a Comissão Pré-Comitê para a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas e Afluentes Maranhenses do Alto Parnaíba.

MARTINS, Marlúcia Bonifácio; DE OLIVEIRA, Tadeu Gomes (Ed.). **Amazônia maranhense: diversidade e conservação**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

MIRANDA, Grazielle Muniz. Motivações e desafios para a implementação da gestão integrada de recursos hídricos em federações: os casos brasileiro e suíço. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, n. 2020, 2020.

NOGUEIRA, Virgínia de Fátima Bezerra. Expansão da soja no cerrado maranhense: uma análise da influência antrópica no clima regional. 2015.

PASSOS, Mádilo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Scientia agraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

PRADO, Rachel Bardy; DE MORAIS NOVO, Evlyn Márcia Leão; FERREIRA, Carlos Eduardo Gonçalves. MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS

---

FATORES FISIAGRÁFICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE CONTRIBUIÇÃO PARA O RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA-SP. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 36, 2010.

QGIS Development Team, 2021. **QGIS** Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em: <<https://qgis.org/en/site/>> Acesso em: 11 de setembro de 2021.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA – MA) - QUALIÁGUA, 2019. Disponível em:<<https://www.sema.ma.gov.br/qualiagua/>>. Acesso em 28 de jun. de 2021.

SILVA, Fabrício Brito et al. Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 330-336, 2016.

TANNUS, João LS; ASSIS, Marco Antonio. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina-SP, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 27, p. 489-506, 2004.

TUNDISI, José Galizia et al. **Recursos hídricos no Brasil**: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, v. 76, 2014.

VAZ, Ana Paula de Melo et al. Bacia hidrográfica do rio balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 77-87, 2021.

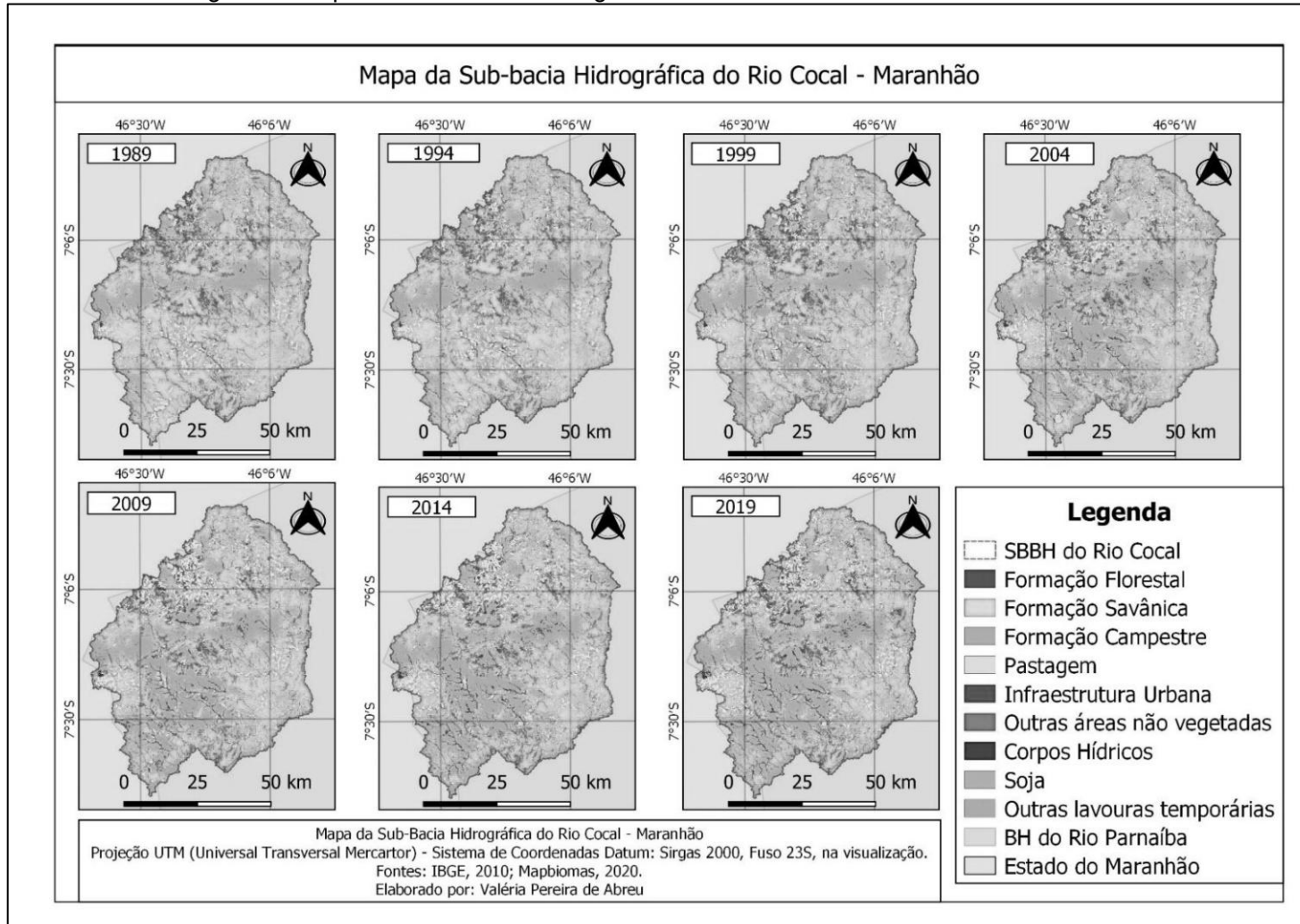
VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semiárido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 7-17, 2003.

## **APÊNDICE I: Mapa de uso e ocupação do solo**





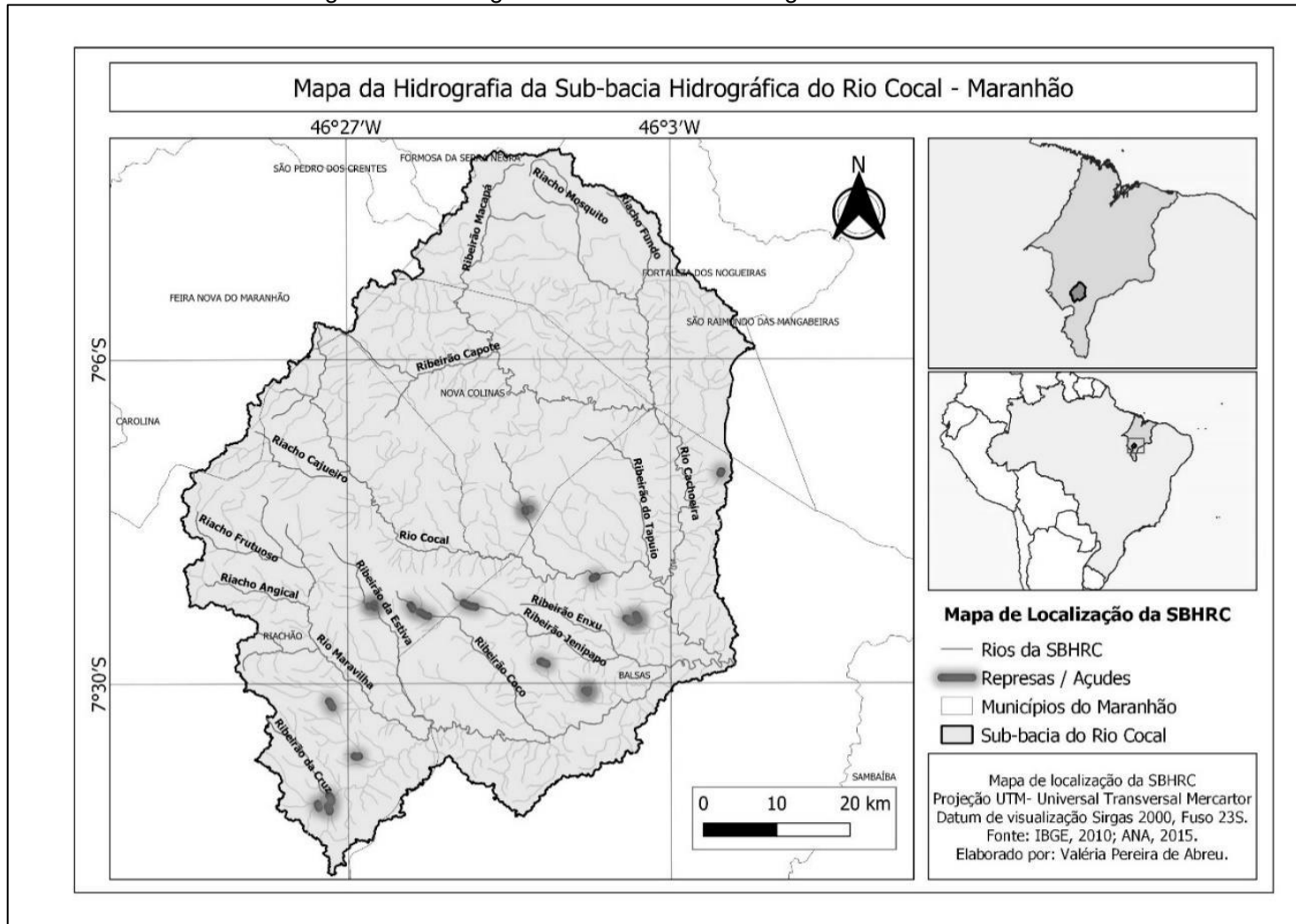
Figura 9: Mapa da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal dos anos de 1989 a 2019.



Fonte: a autora (2021).

## **APÊNDICE II: Mapa da Hidrografia da SBHRC**

Figura 10: Hidrografia da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cocal



Fonte: a autora (2021).