ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage:https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe

Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga.

Sâmila S. Lima[1], José L. P. Cordeiro[2], Lucas P. Teixeira[1], Rubson P. Maia[3], Marcus V. C. da Silva[4], Marcelo F. Moro[5]

[1]Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA/UFC – Av. Mister Hull, 2965 - Pici, Fortaleza - CE, 60440-900. samilasilvalima@gmail.com. (autor correspondente). [2]Pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz do Ceará, Dr. em Ecologia, UFRGS. [3]Professor de Geomorfologia na UFC, Dr. em Geodinâmica e Geofísica, UFRN. [4]Professor do curso de Ciências Ambientais da UFC, Dr. em Geografia, UECE. [5]Professor do curso de Ciências Ambientais da UFC, Dr. em Biologia Vegetal, UNICAMP.

Artigo recebido em19/01/2022 e aceito em 13/06/2022

R E S U M O

Dentre os ecossistemas mais ameaçados pelas ações antrópicas, estão as florestas secas, sendo a Caatinga um dos mais marcantes exemplos. Dentro dela, a região da Ibiapaba é considerada uma área prioritária para conservação e tem enfrentado transformações no uso da terra no decorrer dos anos, como a expansão da agropecuária e da urbanização, além de novos vetores de degradação como os parques eólicos. Dessa forma, a fragmentação e a perda de habitats estão entre os mais agressivos impactos humanos. Considerando que a Ibiapaba é uma área de elevada importância para conservação dentro da Caatinga, essa pesquisa visa prover uma caracterização física e fitoecológica para a Ibiapaba, mapear os diferentes usos do solo e a perda de cobertura vegetal ao longo de quinze anos. O mapeamento do uso e cobertura do solo foi feito a partir de imagens de satélite através do método de classificação supervisionada, utilizando o algoritmo *random forest*, na plataforma 'Google Earth Engine'. Tal metodologia permitiu a confecção de um mapa comparativo de uso e cobertura do solo, dos anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020 e a extração de dados tabulares. Assim, foi observado que, embora haja crescimento de áreas de uso antrópico, a Ibiapaba não se encontra com modificações tão acentuadas como outros trechos da Caatinga. Além disso, há possibilidade de se estruturar um projeto de proteção mais efetivo para os ecossistemas desse setor do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: processamento digital de imagens, caatinga, classificação supervisionada, random forest.

Geographical characterization and land use dynamics of Ibiapaba and surroundings, Phytogeographic Domain of Caatinga

A B S T R A C T

Dry forests are beyond the most threatened ecosystems, which includes the remarkable Caatinga. Inside Caatinga ecosystem the Ibiapaba region has been considered as priority to conservation and has facing land use changes in the past years due to urbanization, agriculture, and cattle raising. These changes has been intensified because of new enterprises as wind will farms. Thereby, fragmentation and habitat loss are among the most aggressive human impacts. Whereas Ibiapaba is an area with high priority to Caatinga conservation, this research aims describe a general physical and phytoecology characterization to Ibiapaba, map land uses differences, and measure the vegetation cover loss at phytoecological areas among 15 years. The land use and cover mapping were built from satellites images using supervised classification as a result from Random Forest method applied on Google Earth Engine platform. This methodology allowed build comparative maps for land use in the years 2005, 2008, 2011, 2014, 2017, and 2020 as well as extract tabular data. Therefore, despite the observed growth of anthropic areas Ibiapaba does not have marked changes as other parts of Caatinga. In addition, Ibiapaba has unique opportunity to build a protection project more effective to these ecosystems insert on Brazilian semiarid.

Keywords: digital image processing, Caatinga, supervised classification, random forest.

Introdução

A Revolução Industrial intensificou o agir do homem no meio ambiente e permitiu usos de elevada intensidade, com uso de maquinário e aumento de demanda por recursos naturais (Leal; Farias; Araújo, 2008). A exploração dos recursos naturais e a adoção de novos processos produtivos acompanhou o crescimento populacional e o consumismo, derivado do modelo econômico atualmente vigente que, no entanto, ignorou as necessidades ambientais, deixando prevalecer o lucro econômico (Leal; Farias; Araújo, 2008; Chapin; Matson; Vitousek, 2011).

Embora a industrialização e a urbanização estejam ligadas a grandes impactos ambientais, elas não são as únicas responsáveis pela degradação ambiental. Townsend, Begon e Harper (2010, p. 475) apontam o desenvolvimento agrícola e a manutenção de um modelo agrícola intenso, o crescimento urbano, a produção de energia elétrica a partir do represamento de água e a extração mineral como outros contribuintes para a destruição dos ecossistemas.

A degradação da qualidade ambiental é definida pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) como sendo qualquer alteração nas características do meio ambiente (Brasil, 1981). Sánchez (2020, p. 26 e 27), por sua vez, a define como alterações de conotação negativa, relacionando-as à perda da qualidade ambiental, podendo ser percebida em diferentes graus, sendo o homem o causador dessa deterioração.

Balensiefer (1998, p. 15) aponta a perda da biodiversidade e de solos férteis como as principais consequências da degradação ambiental. Assim, todas essas conceituações nos levam a compreender que a degradação da qualidade ambiental é um conceito amplo, que abrange modificações no solo, na biodiversidade, interfere nos recursos hídricos e, consequentemente, na qualidade de vida da sociedade.

Quando falamos do caso específico do Brasil, o contato com a política de exploração se dá desde a chegada dos europeus em territórios brasileiros, inicialmente através do comércio de madeira e posteriormente com uma devastação de áreas para cultivo de monoculturas e pecuária, sendo esta segunda ação com ocorrência principalmente no Nordeste, que serviriam de financiamento para a expansão territorial de Portugal (Oliveira; Santos, 2014; Furtado, 2001).

A região semiárida brasileira é considerada umas das mais povoadas no mundo sob essas condições, e parte dessa população tem como modo de sobrevivência atividades extrativistas, de agricultura e a criação de animais (Silva *et al,* 2010). A junção da adversidade climática da região, detentora de baixa precipitação média anual, com tais atividades extrativistas e de agropecuária, resulta em acentuados processos de modificação ambiental. Dentre eles destaca-se a fragmentação, o desmatamento e a desertificação, sendo esse último o que mais preocupa as entidades governamentais quando se trata da referida região (Demartelare, 2021; Antongiovanni; Venticinque; Fonseca, 2018; Silva; Leal; Tabarelli, 2017; Souza, Artigas, Lima, 2015; Leal; Tabarelli; Silva, 2003).

A Caatinga é um domínio fitogeográfico brasileiro adaptado às condições de semiaridez, com precipitações baixas na maior parte de sua extensão, concentradas em poucos meses, de três a seis, e com evapotranspiração e temperaturas altas (Souza, 2020; Silva, *et al.,* 2017; Nimer, 1972). Esse tipo de clima resulta em uma vegetação decídua (Prado, 2003; Moro *et al.* 2016), que varia no porte desde caatingas arbustivas até caatingas arbóreas de porte mais elevado. Sua flora soma mais de 3300 espécies vegetais, das quais pelo menos 526 são endêmicas, ou seja, só existem na Caatinga (Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2020). Além disso, possuem também animais endêmicos como a arara-azul-da-caatinga (*Anodorhynchus leari*), a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), o lagarto-escrivão (*Scriptosaura catimbau*) e muitas outras espécies.

Mesmo sendo exposta a diversas ameaças e muito impactada pela transformação humana (Antongiovanni; Venticinque; Fonseca, 2018; Sena, 2011), a Caatinga apresenta apenas 1,3% de sua extensão resguardada por Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral e cerca de 8% se somarmos UCs de Uso Sustentável como as grandes APAs (Teixeira, 2016; Teixeira *et al.*, 2021), áreas mínimas quando comparadas às áreas desmatadas que correspondem a 50% do território (Antongiovanni; Venticinque; Fonseca, 2018; Leal *et al.,* 2005; Teixeira, *et al.,* 2021). As UCs existentes contam ainda com sérios problemas, que vão desde impasses fundiários a questões relativas ao funcionamento de gestão (The Nature Conservancy Do Brasil, 2000; Brazil, 2015).

Dentro do contexto do Domínio da Caatinga, há áreas topograficamente elevadas que possuem maior heterogeneidade ambiental, agregando ao longo de gradientes ambientais e de altitude diversos tipos de vegetação (Moro, *et al*. 2016). Exemplos dessas áreas são a Chapada Diamantina, na Bahia, que agrega níveis elevadíssimos de biodiversidade (Colli-Silva, *et al.*, 2019), a Chapada do Araripe, entre o Ceará,

Pernambuco e Piauí, e o glint da Ibiapaba, entre o Ceará e o Piauí (Moro, *et al*. 2015).

Entre os diversos tipos de vegetação presentes no que se compreende pelo Domínio da Caatinga (bioma Caatinga segundo o IBGE 2019), há predomínio da vegetação de caatinga *sensu stricto*, correspondente à vegetação decídua e espinhosa que ocupa as vastas planícies da Depressão Sertaneja. Há também as caatingas de areia, ou caatinga do sedimentar, que constituem uma vegetação decídua e mais densa, que recobre os terrenos arenosos das bacias sedimentares. E há também espaços que, devido à elevação topográfica e influências de mesoclima, recebem chuvas orográficas, com maior precipitação que as áreas do entorno. São os chamados enclaves úmidos e sub-úmidos em meio ao semiárido (Souza; Oliveira, 2006; Moro, *et al*. 2015; 2016). Esses terrenos mais elevados possuem uma maior disponibilidade hídrica, permitindo a instalação de áreas de maior produção agrícola nesses locais.

O glint da Ibiapaba possui um desses enclaves úmidos do Domínio da Caatinga, com existência de uma faixa de floresta perenifólia, cercada por áreas de caatinga sensu stricto nas partes mais baixas e de caatinga do sedimentar nos terrenos arenosos do topo da Ibiapaba (Moro *et al.,* 2015). Embora o enclave de mata úmida na Ibiapaba seja uma fonte de nascentes e concentre um importante contingente de biodiversidade, ela abrange uma porção com apenas 1.932 Km², de um total de 12.970 km^2 da Ibiapaba. Segundo o mapa de áreas prioritárias para conservação da Caatinga, do Ministério do Meio Ambiente, a Ibiapaba é considerada uma área de prioridade alta para a conservação, pois a região abriga espécies endêmicas e raras (Giulietti, *et al.,* 2009; MMA, 2020).

Geomorfologicamente, a Ibiapaba é um glint localizado na fronteira dos estados Ceará e Piauí, de origem sedimentar. Ele possui o lado escarpado voltada para o estado do Ceará e, do lado oposto, em direção ao Piauí, tem um suave caimento topográfico, constituindo uma feição de cuesta (Souza; Oliveira, 2006). Ao longo de sua extensão, o glint da Ibiapaba abriga diferentes tipos de vegetação, descritas por Moro *et al.,* (2015). O principal é a caatinga do sedimentar (localmente chamada de 'carrasco'), uma vegetação decídua, com porte entre arbóreo e arbustivo, que cresce sobre os terrenos arenosos da Ibiapaba. Além da caatinga do sedimentar, há também as florestas estacionais decíduas ('mata seca do sedimentar') e uma faixa de floresta perenifólias ('matas úmidas do sedimentar') nos trechos mais úmidos da vertente do barlavento. E, sob a Depressão Sertaneja que margeia a Ibiapaba, encontramos a caatinga do cristalino, vegetação decídua e espinhosa, típica da Caatinga, com maior extensão dentro do semiárido brasileiro (Moro *et al.,* 2016). Há também trechos de savanas da caatinga em alguns trechos da Ibiapaba, mas esse tipo de vegetação não está adequadamente mapeado, não se sabendo sua extensão real na área (observação pessoal).

A extensão da Ibiapaba e seus arredores permite uma visualização de diferentes formações, com unidades fitoecológicas distintas que sofrem alterações no uso da terra através dos anos. Além disso, vários trechos da Ibiapaba são considerados 'Áreas Prioritárias para Conservação da Caatinga' pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com vários trechos da Ibiapaba mapeados como de prioridade 'Extremamente Alta' e 'Muito Alta' para conservação (MMA 2020). Trechos da Ibiapaba também já haviam sido reconhecida como 'áreas-chave' para a conservação da biodiversidade por botânicos justamente por abrigar espécies raras da flora brasileira, com espécies endêmicas que são conhecidas apenas na Ibiapaba, como *Erythroxylum tianguanum* e *Apuleia grazielanae* (Giulietti, *et al.,* 2009). Ademais, como referido anteriormente, a Ibiapaba abriga ambientes muito contrastantes em curtas distâncias geográficas, com substituição da caatinga sensu stricto pela mata seca na base da cuesta, esta pela mata úmida em cotas altitudinais maiores e, no topo da Ibiapaba, a caatinga do sedimentar, nas áreas arenosas mais secas, resultando em uma elevada diversidade beta, com comunidades biológicas muito distintas se alternando em curto espaço (Silveira, *et al.,* 2020; Castro, *et al.,* 2019; Araújo; Martins; Shepherd, 1999; Araújo, *et al.,* 2011; Moro, *et al.,* 2015).

Diante da riqueza de habitats da Caatinga em geral, e em especial na região do glint da Ibiapaba, o presente trabalho tem como objetivos documentar o cenário estabelecido pela geografia física do glint e seu entorno (geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação), mapear a atual cobertura de UCs ao longo da área e avaliar o grau de proteção legal efetivamente dada nesse setor da Caatinga que é considerado como 'Prioritário para conservação' pelo MMA (2020). Também visamos mensurar a perda da cobertura vegetal que vem ocorrendo nas diferentes unidades fitoecológicas existentes ao longo da Ibiapaba e em seu entorno, classificar os diferentes usos da terra nesses ambientes e apontar se houve perda de áreas vegetadas no intervalo de 2005 a 2020. O estudo visa contribuir com dados atualizados sobre a

situação cobertura vegetal, pois eles auxiliam nas tomadas de decisões para o planejamento ambiental e conservação de áreas prioritárias.

Material e Métodos

A área de pesquisa engloba 35.135 km², dos quais 12.970 km² correspondem à Ibiapaba propriamente dita, conforme mapeada por Maia; Bezerra (2020), e 22.165 Km² às terras baixas cearenses e piauienses no entorno, correspondendo a um *buffer* de 20Km estabelecido ao redor da Ibiapaba (Figura 1).

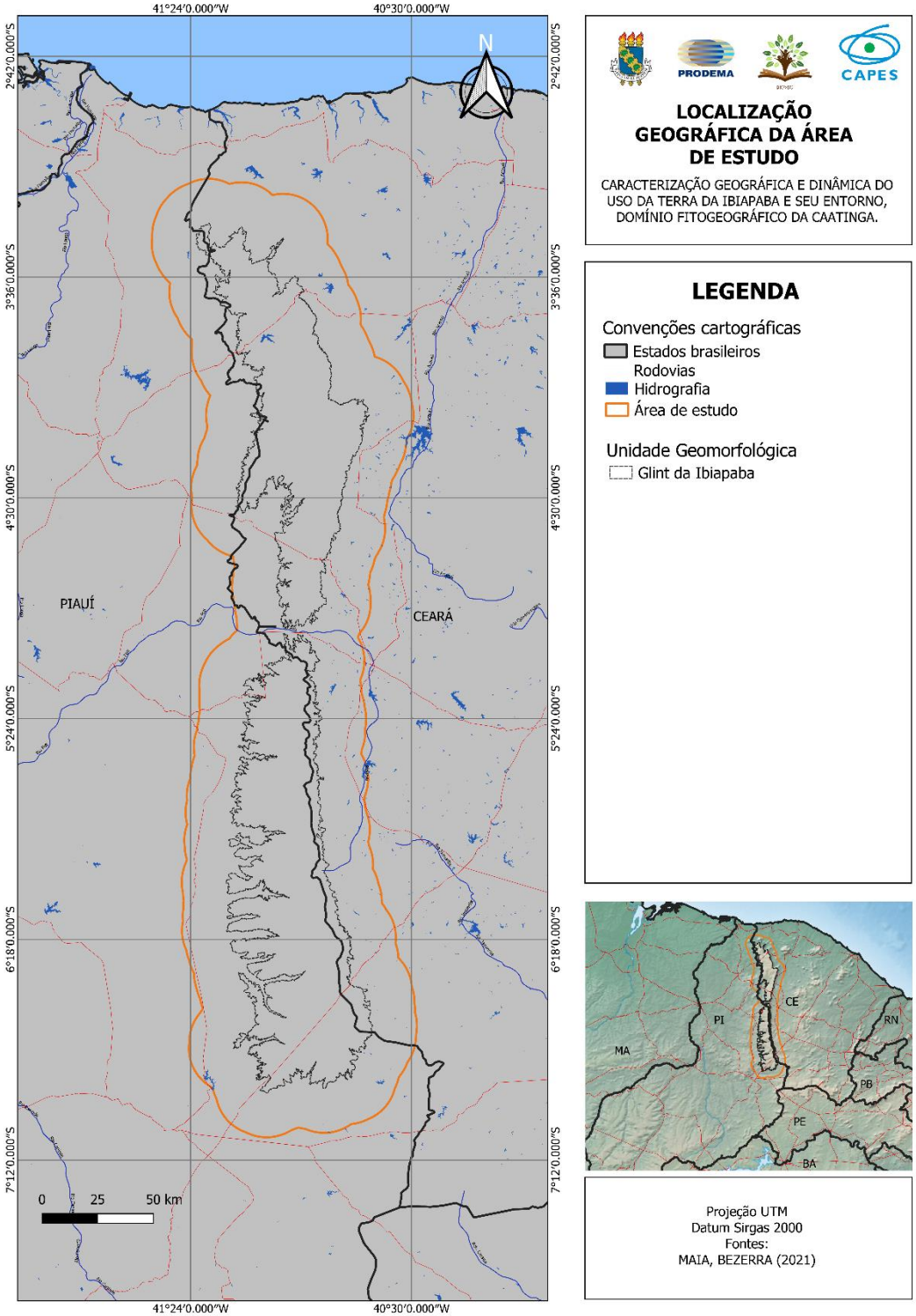

Figura 1 - Localização da Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí, contemplando a área de estudo.

A pesquisa foi desenvolvida em quatro fases (Figura 2). A primeira consistiu em uma coleta de dados bibliográficos e de sensoriamento remoto, bem como informações sobre a área de estudo. A segunda fase representa a interpretação dos dados e processamento das informações obtidas na primeira fase. Na terceira foi realizada a classificação supervisionada dos usos da terra para os anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020, com validação de dados. Os mapas de classificação dos usos da terra são os principais produtos dessa pesquisa. Com os pontos de observação em solo obtidos em visitas de campo realizadas em 2021 e incluídos no SIG manualmente, foi possível fazer a validação dos dados da classificação automatizada de usos da terra. Com isso, entramos na quarta e última fase com a produção da descrição dos resultados obtidos nas duas fases anteriores e cumprindo os objetivos propostos.

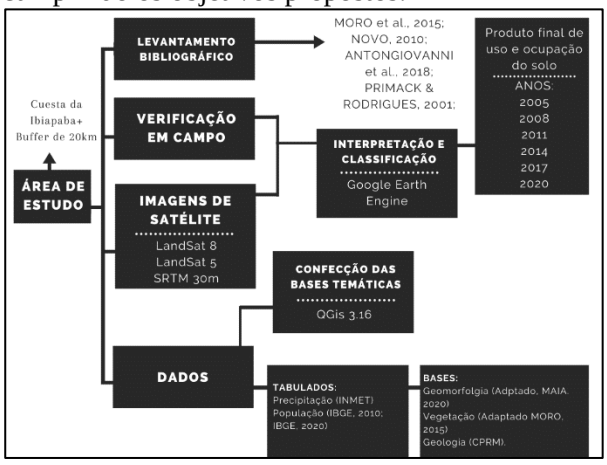

Figura 2 - Metodologia da pesquisa

A pesquisa documental foi realizada em websites de órgãos públicos focando em dados georreferenciados no formato *shapefile*, de unidades de conservação federais e estaduais presentes na área, de unidades fitoecológicas (tipos de vegetação), de geologia, geomorfologia e informações relevantes em formato de planilha como temperatura, quantitativo populacional e precipitação.

Para a compreensão das dinâmicas do uso da terra foram utilizados os dados de produção agrícola, de madeira e pecuária, dos anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020 disponibilizados pelo IBGE na plataforma online: https://cidades.ibge.gov.br/. Foram tabelados os dados para cada cultura agrícola e animal e de produtos madeireiros para cada um dos munícipios com sede municipal englobada dentro da área de estudo (Ibiapaba ou seu entorno).

Os gráficos apresentados na seção de Resultados e Discussões a seguir são resultados da soma dos dados tabelados individualmente. Assim os gráficos expressam um valor geral que contempla a área estudada.

Também computamos os dados acumulados de focos de incêndio dentro da área de pesquisa que foram geoprocessados e registrados da plataforma MapBiomas®, e criamos um mapa de incidência de focos de incêndio na Ibiapaba e seu entorno. Tais dados foram obtidos através da disponibilização de um *toolkit* provido pelo MapBiomas para a plataforma do *Google Earth Engine*®. Ao final do geoprocessamento, foi realizado o download em formato Raster dos dados de ocorrência de incêndios que posteriormente foram transformados no formato shapefile para cômputo da área total afetada pelo fogo.

Para análise da influência do regime pluviométrico no uso da terra foi usado um gráfico de precipitação anual acumulada, com início no ano de 2005 e final no ano de 2020. O gráfico foi gerado a partir dos dados do satélite Chirps utilizando a plataforma *Google Earth Engine*®.

Mapeamento temático

O mapeamento temático foi realizado utilizando o *software* QGis 3.16. Foram produzidos mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, unidades fitoecológicas e unidades de conservação englobando a totalidade da extensão da Ibiapaba e seu entorno. Todos os temáticos produzidos por este estudo estão disponíveis em alta resolução para download em nossos suplementos digitais no link: 10.6084/m9.figshare.20326518. Nesse processo foi de fundamental importância a uniformização das escalas dos arquivos concedidos pelas secretarias dos estados do Ceará e Piauí, para que os dados estejam alinhados com os objetivos propostos. Em cada produto utilizou-se os limites geográficos da área de pesquisa definidos no arquivo *shapefile* base que criado, e os demais dados foram sobrepostos para interpretação e análise dos resultados obtidos.

Classificação supervisionada

As classificações supervisionadas, das imagens *LandSat* 5, para os anos de 2005, 2008 e 2011 e *LandSat* 8, para os anos de 2014, 2017 e 2020, foram processadas na plataforma *Google Earth Engine*® (https://earthengine.google.com/). Os dados georreferenciados da área de estudo, obtidos na primeira fase da pesquisa foram importados para a plataforma Google Engine e, através de códigos de programação em *Python*, foram sobrepostos na imagem e auxiliaram nas

adaptações das imagens de satélite para a área de estudo. A classificação supervisionada foi realizada utilizando o método *Random Forest*, utilizando 4 classes, sendo elas: água, vegetação natural, agricultura e solo exposto.

O código em *Python* do *Google Earth Engine* também permitiu o cálculo da acurácia geral, da acurácia do produtor e da acurácia do consumidor, além da tabulação da matriz de confusão, para cada um dos anos estudados. Os valores encontrados estão descritos no quadro 3, para as imagens do *LandSat 5* e no quadro 4 para as do *LandSat 8*.

O *Google Earth Engine* permite o download dos produtos já geoprocessados em formato *Raster*, sendo necessário a utilização de um *software* de informação geográfica para a transformação desse formato e adaptação para a área. Após a transformação para o formato *shapefile*, a classe de vegetação foi cortada com a ferramenta 'cortar' de acordo com as áreas das unidades fitoecológicas encontradas na área de estudo. A finalização e conversão dos arquivos foram realizadas utilizando o *software* QGis®, assim como o cálculo das áreas das classes temáticas, por meio da ferramenta *Calculadora de Campo*.

Para a execução da classificação supervisionada foram identificadas quatro classes temáticas, sendo elas: corpos d'agua, vegetação, solo exposto e culturas agrícolas. O quadro 4 exibe a chave de interpretação para as imagens de *LandSat* 5 e o quadro 5 para as imagens de *LandSat* 8.

Resultados e discussão

Geografia física da área de estudos

A Ibiapaba em si, conforme mapeada por Maia; Bezerra (2020) engloba um total de 12.970 km2. Considerando o buffer de 20km em seu entorno, que define nossa área de pesquisa, temos uma área total de 35.135 Km² sob análise neste estudo, englobando a totalidade da Ibiapaba e seu entorno.

Era uma área originalmente ocupada por tribos indígenas, conhecidos como Cariris-Novos (Neto, 2012). E teve sua história de colonização europeia iniciada com as missões jesuíticas, vindas à partir da costa para o interior.

Conhecida popularmente como Serra Grande, a Ibiapaba, possui áreas com grande importância biológica (Silva; Tabarelli; Fonseca, 2003; Moura-Fé, 2017). É uma região que abriga espécies raras (Giulietti, *et al.,*2009) e endêmicas, sendo também um local que abriga uma flora com distribuição restrita à caatinga, com recomendação de criação de unidades de conservação de proteção integral pelo MMA (2020), inclusive na área de litígio entre os estados do Ceará e Piauí (Silva; Tabarelli; Fonseca, 2003).

Baseado nos diversos dados, antes dispersos, que foram sistematizados por nós, fazemos abaixo uma caracterização organizada da geografia física da Ibiapaba e seu entorno, mostrando os elementos físicos e terminando os diferentes usos da terra que se impõem na área de estudos.

Geologia

A Ibiapaba está situada em um contexto tectônico da Província Parnaíba,no qual está localizada, e da Província Borborema, esta segunda localizada ao leste da área de estudos (Almeida, *et al.,* 1977; Moura-Fé, 2017). A Província Borborema é cristalina e engloba domínios geológicos formados até o final do pré-cambriano (Almeida, *et al.,* 1977; Pfaltzgraff; Torres; Brandão, 2010). A Província Parnaíba, por sua vez, é sedimentar predominantemente paleozoica, com presença de alguns depósitos mesozoicos (Pfaltzgraff; Torres; Brandão, 2010). A Ibiapaba que é sedimentar, representa a borda soerguida da bacia sedimentar do Parnaíba, na fronteira entre as províncias do Parnaíba e da Borborema.

Na Bacia do Parnaíba encontra-se, de forma mais expressiva, o Grupo Serra Grande, e de forma menos expressiva o Grupo Canindé. O primeiro Grupo compreende as Formações Ipu, Jaicós e Tianguá; já o segundo, Grupo Canindé, compreende as Formações Pimenteiras e Cabeças (Schobbenhaus; Brito Neves, 2003). Os outros grupos e depósitos estão incluídos dentro dessas duas províncias e são datados, principalmente, do paleozoico e mesozoico.

Geomorfologia

Quanto à geomorfologia da Ibiapaba (Figura 3) há algumas divergências entre autores. Moura-Fé (2017) usa a nomenclatura 'cuesta', considerando esta apropriada para o tipo de geomorfologia encontrada na área, com um declive íngreme, topo e no lado oposto um caimento suave. Porém, o mesmo autor também aponta o termo glint como adequado para tratar a Ibiapaba, assim como outros autores (Maia; Bezerra, 2020; Claudino-Sales, *et al.,* 2020). Mesmo não estando bem estabelecido nos estudos de geomorfologia mundial (Claudino-Sales, *et al.,* 2020), glint é definido por Goudie (2004) como sendo um escarpamento de grandes dimensões e são resultados de longos processos na borda do

sedimentar, nos quais as camadas de formação sedimentar são mais resistentes à erosão que o cristalino encoberto (Claudino-Sales, *et al.,* 2020; Santos; Nascimento, 2019).

O mapa de geomorfologia (Figura 3), mostra as unidades encontradas na área de estudo. A Ibiapaba corresponde a terrenos elevados em relação à topografia do entorno e é margeada por duas depressões. Na porção que compreende o estado do Ceará temos a Depressão Sertaneja (Maia; Bezerra, 2020), de geologia cristalina. Já na porção que margeia a Ibiapaba pelo estado do Piauí, temos a depressão monoclinal, de geologia sedimentar, por ser parte da bacia sedimentar do Parnaíba, assim como a própria Ibiapaba, também sedimentar e parte integrante da bacia do Parnaíba. A depressão sertaneja está localizada no embasamento cristalino e possui cotas altimetrias que vão de 50 a 400m (Costa, *et al.,* 2020). A depressão monoclinal possui processos degradacionais mais acentuados nos rebordos da Ibiapaba e possui cota altimétrica de até 200m, semelhante a depressão sertaneja (Santos, 2015), enquanto a Ibiapaba atinge cotas muito mais altas, superando facilmente os 600m.

As mesetas e os esporões da Ibiapaba também são de material sedimentar. Os esporões são mais próximos ao glint da Ibiapaba e as mesetas mais distantes. Já na Depressão Sertaneja que margeia a Ibiapaba, na porção do Ceará, ocorrem também maciços residuais, de material do cristalino e com dissecação mais acentuada, que na maioria das vezes são encontrados isolados e os platôs com cotas altimétricas de 600 a 700m (Costa, *et al.,* 2020).

Como veremos na seção de unidades fitoecológicas, há uma associação bastante forte dos diferentes tipos de vegetação com os setores geomorfológicos da área.

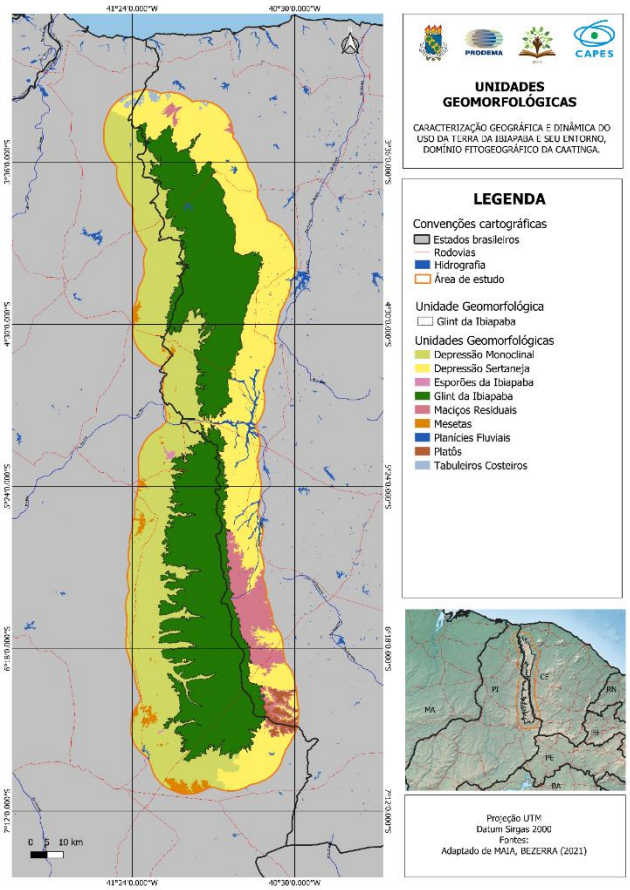

Figura 3 – Unidades geomorfológicas encontradas na área de estudo, correspondente ao glint da Ibiapaba e as terras baixas do seu entorno imediato, definidos por um buffer de 20 Km.

Pedologia

A dimensão do território brasileiro permite uma diversidade de solos e, consequentemente, de vegetação e usos do solo (Dalmolin; Caten, 2012). As classes pedológicas encontradas na região segundo mapeamento de IBGE, 2021 são: Plinossolo pétrico e argilúvico, Gleissolo melânico, Latossolo amarelo e vermelho, Argissolo amarelo, vermelho e vermelho-amarelo,

Neossolo litólico e quartzarênico, Planossolo háplico e Luvissolo crômico, como mostra a figura 13.

As classes de Argissolos vermelho e vermelho-amarelo são predominantes na porção leste da área de estudo, ocupando parte do espaço do entorno do glint da Ibiapaba do lado do estado do Ceará, sobre o embasamento cristalino. Os argissolos são suscetíveis à erosão (Pereira *et al.*, 2019), consequência da acumulação de argila no horizonte subsuperficial (Santos *et al.*, 2018), são indicados para atividades como o cultivo de lavouras perenes ou anuais com práticas de conservação do solo (Pereira *et al.*, 2019).

Os latossolos são solos profundos e com boa drenagem (Pereira *et al.*, 2019). Na área de estudo, o latossolo amarelo aparece em todo o comprimento do glint da Ibiapaba e com algumas manchas no declive voltado para o estado do Piauí. São solos profundos e ocorrem em relevos planos e suave ondulado (Santos *et al.*, 2018). Embora sejam de baixa fertilidade, esse tipo de solo é propício à produção agrícola, pois sua profundidade e relevo plano favorecem a mecanização com menos chances de erosão, devido a uma boa infiltração e armazenamento de água (Pereira *et al.*, 2019).

Outra classe de solo com bastante representação na referida área são os Neossolos quartzarênicos e litólico, apresentando-se, principalmente, na parte do glint da Ibiapaba e na porção oeste, mas com presença em outras regiões da área de estudo. São solos com pouco material mineral ou orgânico (Santos *et al.*, 20180. O neossolo quartzarênico possui textura arenosa e são solos profundos, sem estrutura bem definida em horizontes, já os litólicos são solos rasos com textura siltosa, argilosa ou arenosa e estão associados a afloramentos rochosos (Silva, Silva, Cavalcanti, 2005).

A presença de tais classes auxiliam na compreensão dos tipos de vegetação, como será apresentado na próxima seção, e das atividades antrópicas exercidas pelos moradores da região da Ibiapaba que mudam através dos anos.

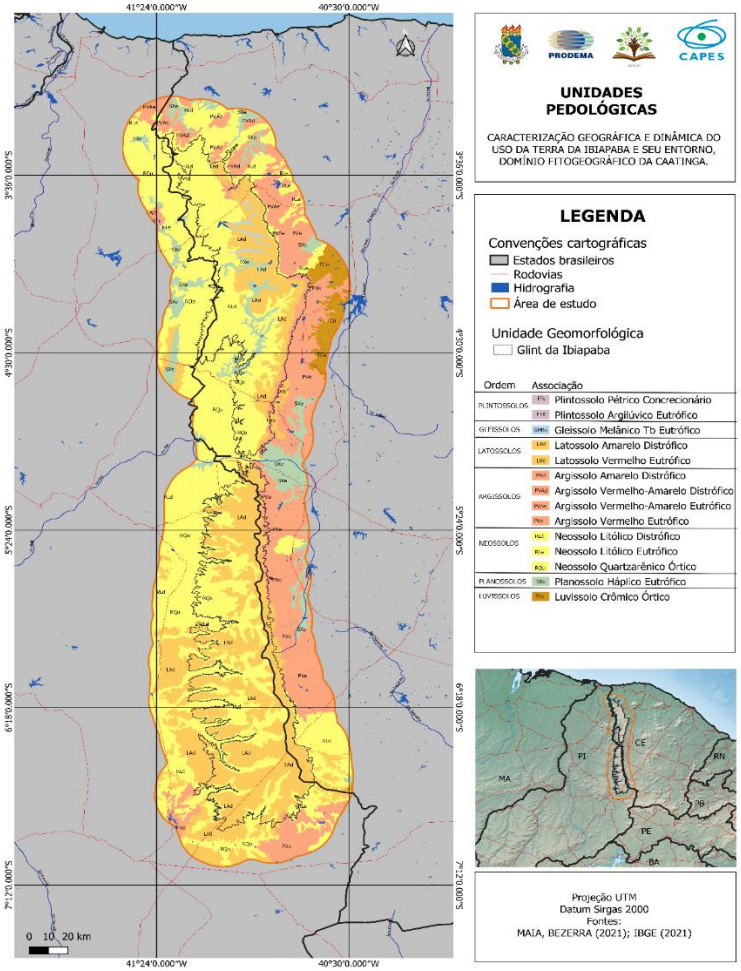

Figura 4 – Unidades pedológicas encontradas na Ibiapaba e seu entorno, na divisa dos estados Ceará e Piauí.

Vegetação

O tipo principal de vegetação encontrado foi a caatinga do sedimentar, também chamada de carrasco ou caatinga de areia, que englobou 23.544 km^2, além de 2.349 km^2 de mata seca, 1.931 km^2, de matas úmidas, 7.096 km^2 de caatinga do cristalino e 194 km^2 com outros tipos de vegetação (Figura 5). Observamos uma correlação entre a posição de cada tipo de vegetação na topografia e os principais tipos de solo associados a cada tipo vegetacional. No topo da Ibiapaba, na área que compreende a mata úmida encontram-se essencialmente latossolo e neossolo, com uma pequena representação de planossolo. Na caatinga do sedimentar a configuração apresentada é com uma grande ocupação de Neossolo arenoso, com manchas de latossolo também em áreas arenosas e pequenas faixas de representação de planossolo e nas extremidades norte e sul apresenta porções de argissolo. De modo geral, a caatinga do sedimentar vai ocorrer nos solos arenosos profundos (latossolos e neossolos quartzarênicos) das áreas sedimentares, como já observado por Araújo *et al*. (2011), em contraste com a caatinga do cristalino, que ocorre nos terrenos da Depressão Sertaneja que margeiam a Ibiapaba, e apresenta uma grande área situada em argissolo. A mata seca está fortemente associada a argissolo, com presença dos demais tipos de solo citados de formas menos representativas.

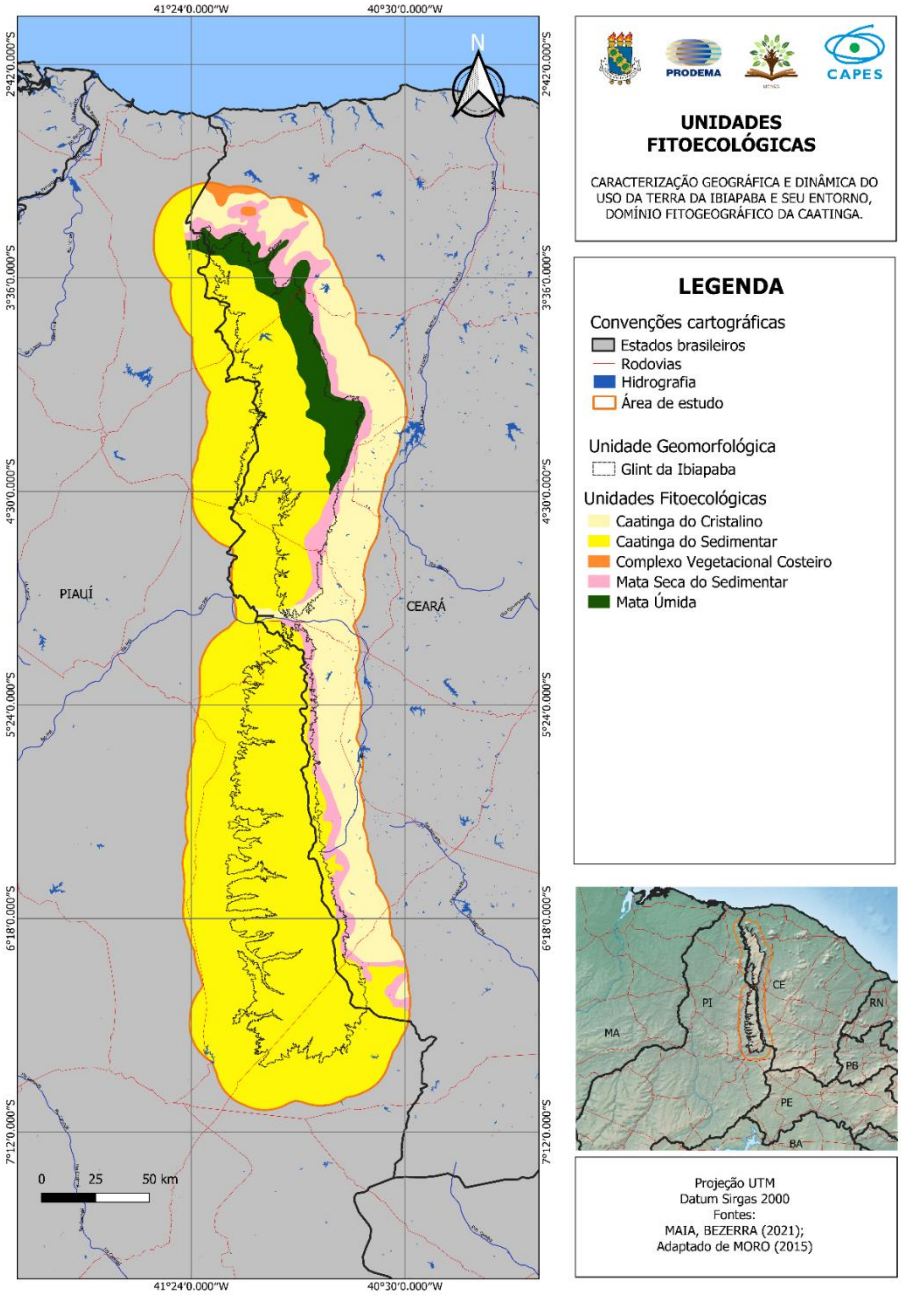

Figura 5 - Unidades fitoecológicas encontradas na Ibiapaba e seu entorno, na divisa dos estados Ceará e

Piauí.

Fonte: A autora, baseado no mapa base do IPLANCE (1997), com modificações sugeridas em Moro et al. (2015) e modificações feitas pela autora.

As áreas tidas como matas úmidas dentro do cenário do Domínio da Caatinga são encraves de florestas perenifólias com ocorrência disjunta em meio ao semiárido (Moro *et al*. 2015; 2016). Ocorrem nas porções de barlavento dos ambientes com elevações topográficas que, devido à altitude, são influenciadas por um mesoclima diferenciado, com menores temperaturas e maiores precipitações devido às chuvas orográficas. Com isso, formam ilhas de floresta úmida em uma região cercada por um ambiente semiárido, destacando-se por sua diferença de temperatura, vegetação e umidade (Souza; Oliveira, 2006; Moro *et al.*, 2015; 2016). Essas áreas são consideradas importantes para a economia regional pela maior disponibilidade hídrica (Bétard, Peulvast; Sales, 2008; Fernandes; Queiroz, 2018). A mata úmida aparece na parte mais elevada da parte norte do glint da Ibiapaba, no barlavento, devido à maior umidade que vem do oceano, onde as massas de ar são forçadas a subir maiores altitudes, gerando condensação do vapor de água. Com isso, o barlavento dessa faixa de relevo recebe umidade extra em relação ao entorno semiárido e permite o estabelecimento de uma floresta perenifólia, diferenciada da vegetação típica da caatinga, com uma vegetação sempre verde que possui maior porte que a caatinga, além de ter uma composição florística diferenciada, partilhando espécies com as florestas atlântica e amazônica (Giulietti, *et al.,* 2009; Moro*, et al.,* 2015; Silveira, *et al.,* 2020).

A caatinga do sedimentar é a unidade fitoecológica com maior área de representação, dentro da região estudada. É também conhecida regionalmente como 'carrasco', representada por uma vegetação decídua e não espinhosa que ocorre sobre terrenos arenoso nas bacias sedimentares mais extensas do Domínio da Caatinga (Moro et al. 2016; Queiroz et al. 2017). Em nossa área de estudos, a caatinga do sedimentar ocupou a maior parte do entorno no glint do lado do estado do Piauí e também o topo da Ibiapaba, onde é muito seco para manter as matas úmidas. Já a Depressão Sertaneja, posicionada nos terrenos baixos do lado do estado do Ceará, abriga a caatinga do cristalino, que é uma vegetação decídua e espinhosa encontrada sob a superfície cristalina e está condicionada a ambientes semiáridos (Moro, *et al.,* 2015). Bordejando toda a escarpa do glint, encontra-se a mata seca do sedimentar, com árvores maiores que as encontradas na caatinga do sedimentar (Araújo *et al.*, 2011), mas em trechos mais secos que os que onde ocorre a mata úmida (Moro, *et al.,* 2015).

Pudemos observar em campo e analisando os mapas temáticos produzidos que houve uma forte correlação dos tipos de vegetação com as unidades geomorfológicas presentes na área. A Depressão Sertaneja abrigando caatinga do cristalino. O topo arenoso e seco da Ibiapaba e a depressão monoclinal, ambas sobre a bacia sedimentar do Parnaíba, abrigaram a caatinga do sedimentar, também conhecida por carrasco. Já as matas úmidas se distribuíram na vertente escarpada da Ibiapaba, que recebe umidade atmosférica mais elevada por efeito da orografia. Essas matas úmidas vão do limite norte da Ibiapaba até após Ipu, em seu limite sul. Já as matas secas se posicionam no trecho sul da Ibiapaba, quando a distância do mar já é grande o suficiente para reduzir o efeito da precipitação orográfica, ou em cotas altimétricas abaixo das matas úmidas no setor norte da cuesta.

Ao analisar a distribuição dos diferentes ecossistemas da cuesta, vemos uma forte associação com a geomorfologia que podem guiar as políticas de planejamento para conservação biológica. Considerando que vários trechos da Ibiapaba estão mapeados como sendo de importância "Extremamente alta" e "Muito alta" para conservação, segundo o mapa de 'Áreas Prioritárias para Conservação para a Caatinga', do MMA (2020), vemos que a distribuição de UCs de proteção integral que eventualmente virão a ser criadas devem, idealmente, cobrir vários trechos ao longo do gradiente topográfico, para que cada UC cubra diferentes habitats e proteja uma maior diversidade de espécies, como será discutido mais abaixo.

Unidades de Conservação

As unidades de conservação (UCS) são importantes instrumentos de conservação *in situ* de um ecossistema com todas suas interações (Medeiros, *et al.,* 2011). Silva; Tabarelli; Fonseca (2003) recomendam a proteção integral na área da Ibiapaba, inclusive na zona de litígio entre os estados do Ceará e Piauí (Hauff, 2010). A realidade encontrada na região, no entanto, é diferente. A UC com maior representatividade territorial é a APA da Ibiapaba (Figura 6). Trata-se de uma unidade de uso sustentável criada em 1996, visando garantir a conservação dos remanescentes de cerrado e

caatinga arbórea (Brasil, 1996). Entretanto, como as APAs impõem apenas pequenas restrições ao uso da terra, vemos que atividades altamente impactantes como expansão urbana, agrícola e instalação de usinas eólicas têm se instalado no setor da Ibiapaba englobada dentro da APA, de modo que cabe uma reflexão sobre o quão efetiva será a APA para proteger de fato a biodiversidade.

Cremos que consorciar a presença de UCs de uso sustentável mais restritivas que as APAs, como Florestas Nacionais/Estaduais, ARIEs ou RPPNs, e UCs de proteção integral em áreas melhor conservadas da APA e em trechos totalmente desprotegidos poderia ser uma estratégia importante. Um exemplo é a situação da RPPN Serra das Almas, pertencente à ONG Associação Caatinga, e que engloba mais de 6 mil hectares. Nessa reserva que começa na Depressão Sertaneja com caatinga do cristalino na base da serra, engloba a vertente com mata seca e abrange parte do topo arenoso com caatinga do sedimentar, temos mais de quatrocentas espécies vegetais documentadas (Araújo *et al.*, 2011) e desde a instalação da RPPN, tivemos proteção da vegetação e fauna, com interrupção do corte de vegetação e coerção à ação de caçadores ilegais no interior da reserva (Associação Caatinga, comunicação pessoal). É uma área que atualmente apresenta caatinga do cristalino, mata seca e caatinga do sedimentar em ótimo estado de conservação e presença inclusive de carnívoros de grande porte como a onça-parda (*Puma concolor*).

As unidades de proteção integral situadas no interior da área de estudo são o Parque Nacional de Ubajara e uma parte do Parque Estadual das Carnaúbas e o, recentemente criado, Parque Estadual do Cânion Cearense do Rio Poti. O Parque Nacional de Ubajara, uma UC de pequeno tamanho, foi desenhado para proteger especificamente as matas úmidas e matas secas de um pequeno trecho da cuesta, abrigando apenas a vertente e parte pequena do topo úmido da serra. Com isso, as cabeceiras dos rios e nascentes que brotam no topo mais seco com vegetação de caatinga do sedimentar e drenam para o interior do PARNA ficam legalmente desprotegidas e têm sido impactadas pela expansão urbana e agrícola que se desenvolvem ao redor do PARNA (Botero; Garcez, 2014; Araujo, Mendes, Cruz, 2017). Embora o interior do parque em si esteja legalmente resguardado, pudemos constatar que bairros do município de Ubajara estão se expandindo até a cerca limítrofe do parque nacional, e que riachos já entram em seus limites poluídos, como já observado por Botero e Garcez (2014).

O mosaico de UCs de uso sustentável conta com duas APAs, (Ibiapaba e Bica do Ipu), e oito RPPNs, sendo sete delas bem próximas uma da outra, mas de pequena extensão e sem nenhuma conexão entre as áreas e apenas uma dela, a RPPN Serra das Almas, de maior tamanho (pouco mais de 6 mil hectares). Em um trecho do Domínio da Caatinga com tantas indicações de prioridade extremamente alta e Muito alta para conservação (MMA, 2020), é preocupante a baixa cobertura atual de UCs e a falta de conectividade entre elas. Uma abordagem de Ecologia de paisagens seria altamente desejável, estabelecendo uma rede de UCs de proteção integral ou de UCs de uso sustentável mais restritivas (RPPNS, Florestas e ARIEs, especialmente) planejadas junto com corredores ecológicos que não seriam passíveis de licenciamento para desmatamento conectando essas áreas. Esse tipo de restrição, por exemplo, poderia ser determinado pelo plano de manejo da APA, limitando ocupações humanas em certos setores. Fora dos limites atuais da APA, um projeto de conservação para a Ibiapaba exigiria a criação de novas UCs ou a expansão dos limites da APA para englobar a totalidade da Ibiapaba. Uma alternativa prevista pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, lei n. 9.985, (Brasil, 2000) seria a criação de um corredor ecológico, garantindo a conexão entre UCs e o fluxo gênico, e que facilitaria a dispersão de espécies e possibilitaria a recolonização de áreas degradadas.

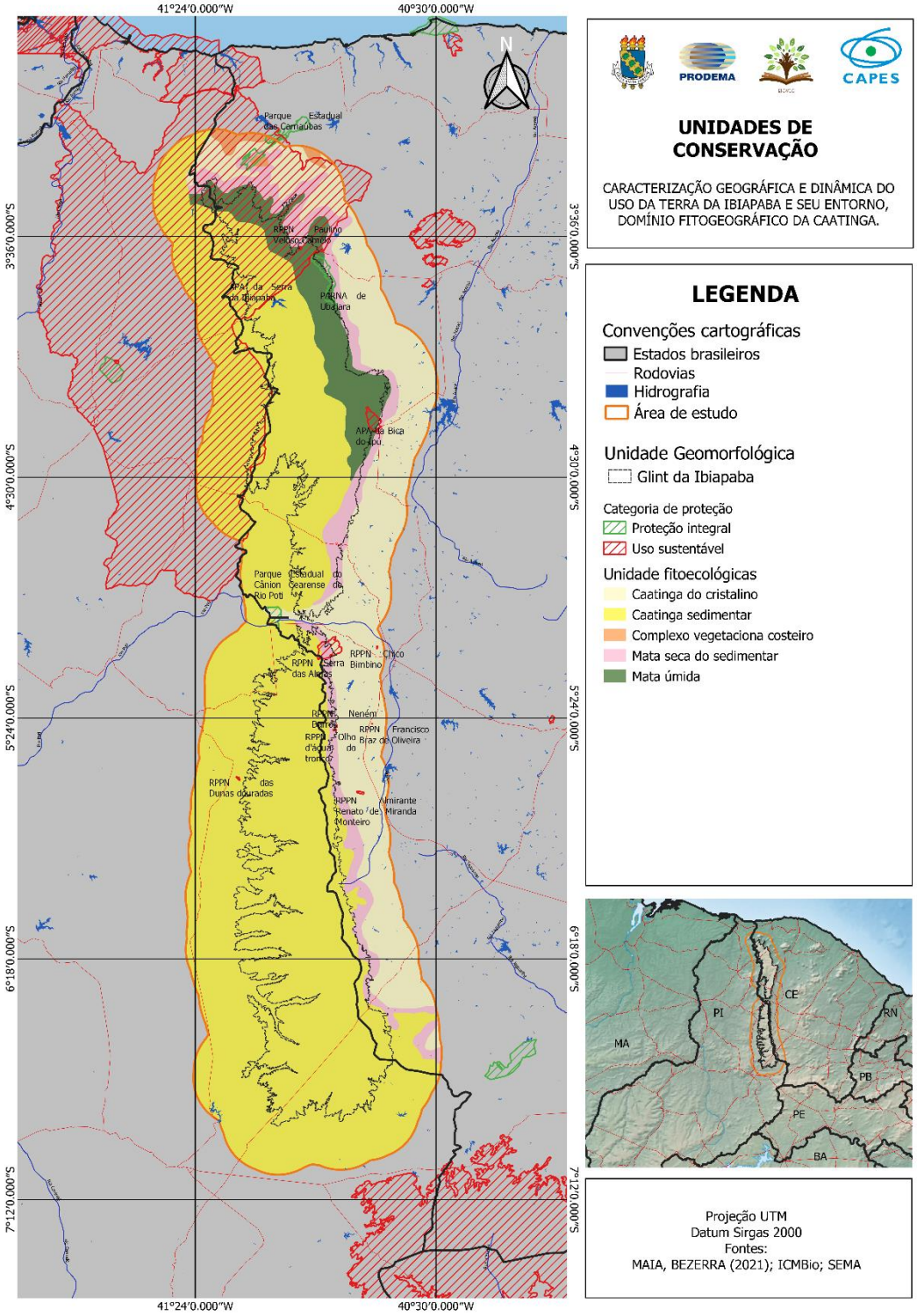

Figura 6 - Unidades de conservação de uso sustentável e proteção integral encontradas na Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí.
Fonte: A autora, baseado em dados do ICMBio.

Classificação Supervisionada

Usos da Terra

A área de pesquisa engloba 35.135 km², dos quais 12.970 km² correspondem à Ibiapaba propriamente dita e 22.165 Km² às terras baixas cearenses e piauienses no entorno. O tipo principal de vegetação encontrado foi a caatinga do sedimentar, que englobou 23.544 km², além de 2.349 km² de mata seca, 1.931 km², de matas úmidas, 7.096 km² de caatinga do cristalino e 194 km² com outros tipos de vegetação.

Visualmente há alterações (Figura 7), principalmente, nas classes de cultura, solo exposto e corpos d'água. O aumento ou diminuição destes podem estar associados entre si, além de outros fatores naturais, econômicos e antrópicos e pelo uso incorreto da terra (Fernandes, et al., 2015).

A Tabela 1 mostra as áreas de cada classe em km². Embora as alterações nas extensões das classes possam estar associadas a diferentes fatores naturais, como pluviosidade anual e variação da temperatura, são as ações antrópicas e atividades econômicas, como o aumento populacional e da produção agropecuária, os principais modificadores da paisagem, contribuindo também com a fragmentação dos ambientes naturais.

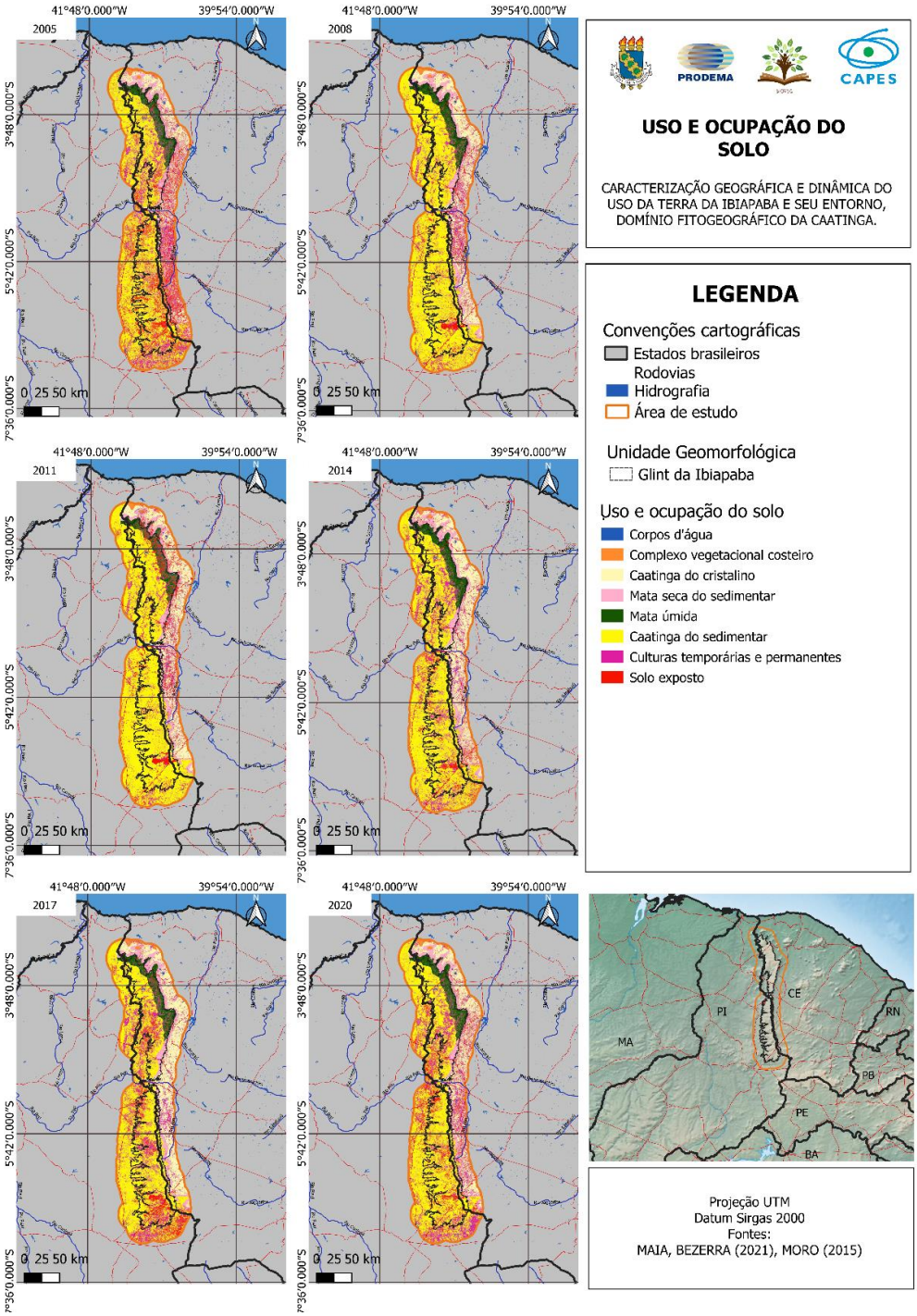

Figura 7 - Mapa de classificação de uso e cobertura do solo, nos anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020, da Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí.

Tabela 1 – Tabela com as áreas em Km² das diferentes classes de uso do solo, obtidas a partir da classificação supervisionada de imagem de satélite do glint da Ibiapaba para os anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020

Classes	Anos					
	2005	**2008**	**2011**	**2014**	**2017**	**2020**
Corpos d'água	94,32	110,19	232,20	36,22	71,98	104,10
Culturas permanentes e temporárias	5.517,86	3.033,12	2.151,03	3.981,33	4.708,53	4.584,78
Solo exposto	9.874,02	5.678,64	6.048,86	6.310,99	6.485,92	8.061,66
Tipos de vegetação natural						
Caatinga do cristalino	3.174,98	4.308,76	4.607,50	4.858,37	5.414,68	3.932,01
Caatinga do sedimentar	13.474,37	18.353,16	19.133,66	16.246,12	14.851,33	15.018,36
Mata úmida do sedimentar	1.441,14	1.582,73	1.091,42	1.622,69	1.463,50	1.522,52
Mata seca do sedimentar	1.418,11	1.906,49	1.772,75	1.934,92	1.997,00	1.770,36
Outros tipos de vegetação	143,39	155,26	152,41	124,25	128,91	143,90

É possível perceber o crescimento da categoria com as classes antrópicas a partir do ano de 2011, bem como a diminuição das áreas naturais. Do ano de 2005 para o ano de 2008, porém, ocorre o contrário, de forma bastante significativa, momento o qual a categoria de antrópicas reduz de aproximadamente 15.000 km² para 8.700 km². A acurácia do produtor e do consumidor mostram uma probabilidade menor de acertos no ano de 2008, o que poderia explicar valores tão diferentes de um ano para o outro, que não ocorrem nos demais anos analisados. Outra possibilidade para tal padrão é de que houve, de fato, redução da área sob uso antrópico direto e nesse intervalo de tempo, áreas extensas desmatadas tenham se regenerado, tornando-se vegetação secundária após serem preteridas para uso.

De modo geral, há transformação das áreas de vegetação por áreas com atividades antrópicas. Essa transformação, no entanto, não acontece de forma linear, nem homogênea. Talvez as mudanças estejam associadas ao processo informal de extrativismo ou mesmo a ação ilegal de extração de madeira, que corta áreas para retirada de madeira depois abandona a área, que regenera para uma vegetação secundária. O extrativismo é um destaque na economia rural brasileira (Théry; Mello-Théry, 2018), contribuindo fortemente na perda de cobertura vegetal, principalmente na região Norte e no interior da região Nordeste, com extração de produtos destinados à exportação ou mercado local (Théry; Mello-Théry, 2018). Na área de interesse deste estudo os principais produtos extraídos são justamente a lenha e carvão vegetal. Esses produtos correspondiam, em 2005 a 13,1% da matriz energética do Brasil (MMA, 2020) e em um estado vizinho, o Rio Grande do Norte, a importância da lenha como fonte energética foi ainda maior, de 24,2 %. Na caatinga a demanda estimada (25,1 milhões de esteres/ano) para estes produtos vai bem além do que os manejos florestais sustentáveis são capazes de produzir (1,5 milhão de esteres/ano) (Riegelhaupt; Pareyn; Gariglio, 2010). Tais dados ressaltam como regionalmente a demanda por madeira pode ser elevada, resultando em produtos ilegais, que podem atingir até 94% da oferta (Riegelhaupt; Pareyn, 2010).

A figura 8 mostra gráficos com dados do IBGE Cidades, para os anos analisados, acerca do extrativismo de lenha e carvão vegetal nos munícipios e ajuda a explicar um dos vetores da perda da cobertura vegetal, na medida em que

ocorre o corte da vegetação para produção de lenha, considerando apenas os dados oficiais. Se levado em conta os cortes ilegais, o potencial de degradação dessa atividade pode ser bem maior. Vale destacar que em parte das áreas desmatadas para produção de lenha, o terreno é abandonado e acaba por regenerar uma vegetação secundária, o que ajuda a explicar a mudança de vários pixels de cobertura vegetal para áreas antrópicas e depois novamente voltando para cobertura vegetal em anos subsequentes.

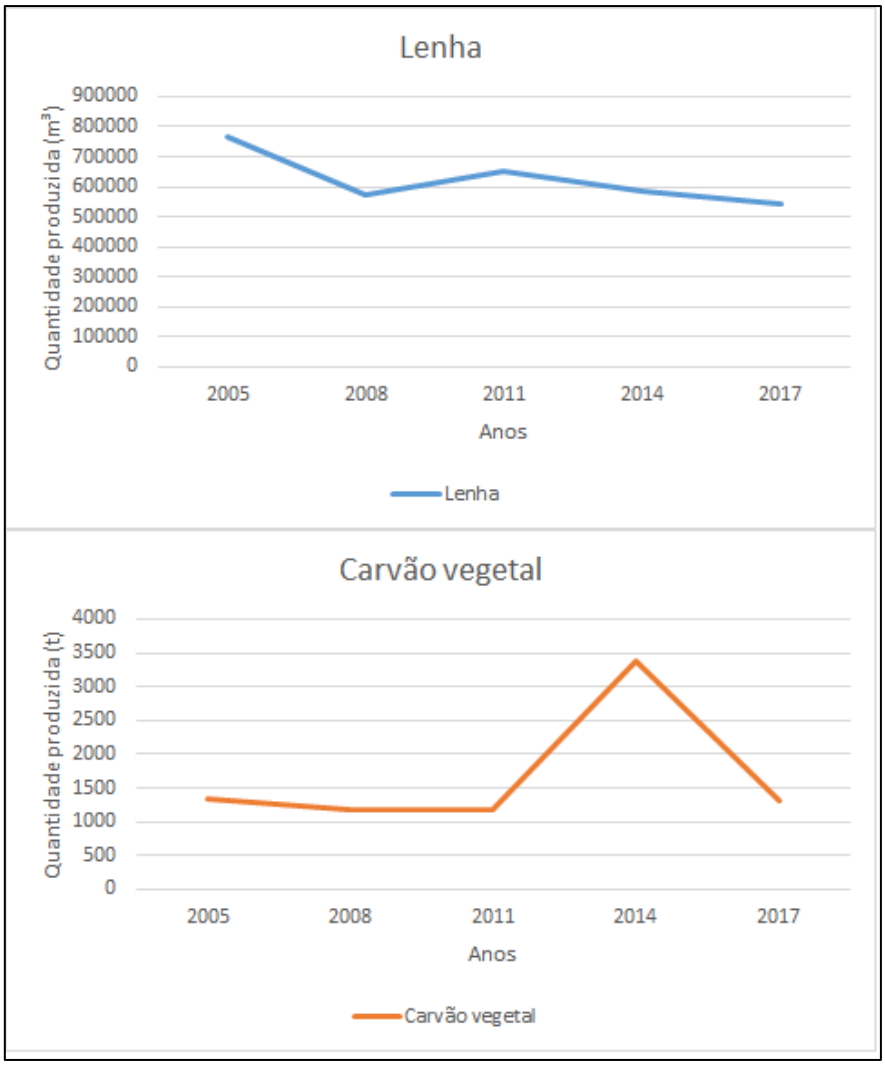

Figura 8 - Extrativismo vegetal representado em gráficos para os produtos de lenha e carvão vegetal, nos anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020, dos municípios com sede na Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí, segundo a base de dados do IBGE Cidades.
Fonte: A autora, baseado em dados do IBGE.

Ao que se refere à produção agrícola temporária, os munícipios pertencentes à área estudada produzem onze tipos de produtos, segundo o IBGE: amendoim, arroz, batata-doce, cana-de-açúcar, fava, feijão, mandioca, melancia, milho, tomate e cebola. Destes, quatro são destaques: cana-de-açúcar, mandioca, milho e feijão (Figura 10). Os dois primeiros já são produtos de referência na agricultura da região Nordeste, sendo a cana o principal produto da economia da região durante o período do Brasil colônia (Théry; Mello-Théry, 2018).

A área de espelho d'água variou bastante ao longo do período de observação. Mesmo que o clima no semiárido não seja diversificado, aspectos do relevo criam microclimas (Moura, *et al.*, 2008), como é o caso da Ibiapaba. A área de estudo, porém, não abriga somente a área úmida da Ibiapaba, mas a parte seca. A variação de chuva expressa no Figura 9 com alguns períodos mais secos explica a variação dessa classe nos anos estudados.

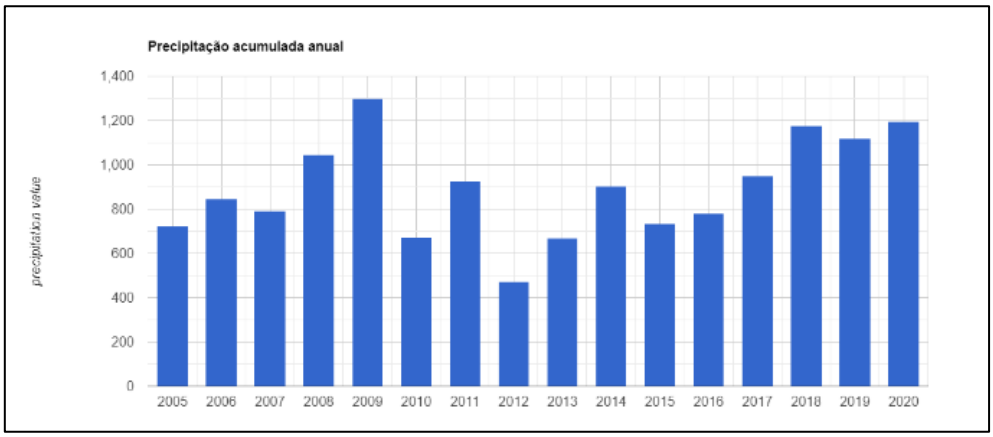

Figura 9 – Gráfico de precipitação acumulada na Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí, gerado a partir do satélite CHIRPS.
Fonte: A autora, baseado em dados do satélite CHIRPS.

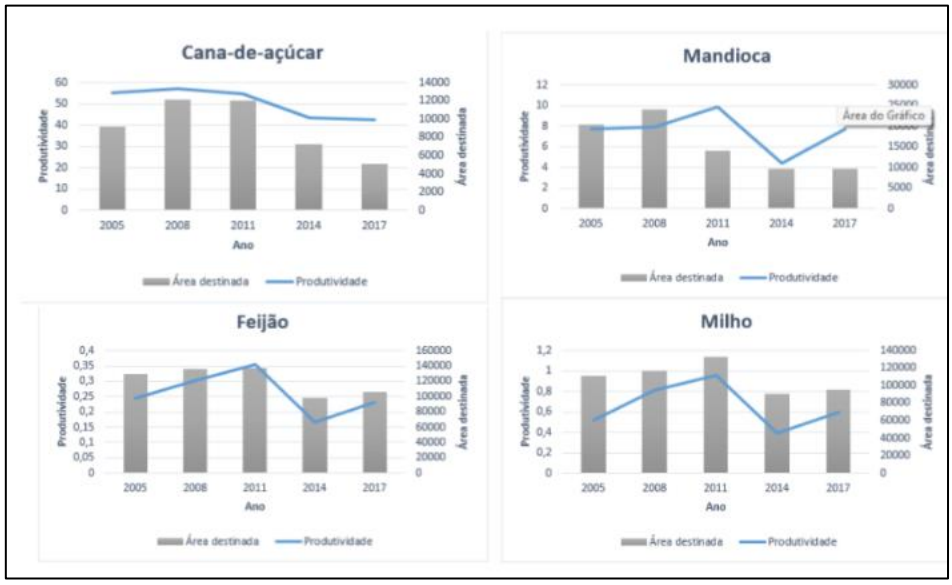

Figura 10 - Relação de área destinada e produtividade para a cana-de-açúcar, mandioca, feijão e milho, nos anos de 2005, 2008, 2011, 2014 e 2017, dos municípios com sede na Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí, segundo a base de dados do IBGE Cidades.
Fonte: A autora, baseados em dados do IBGE.

Ao contrário das lavouras temporárias, as lavouras permanentes referem-se a áreas com cultivos fixos, como a fruticultura de espécies arbóreas, como plantações de cajueiros (*Anacardium occidentale*) e coqueiros (*Cocos nucifera*). A castanha de caju, por exemplo, é produzida em todos os municípios da área de estudo.

Ainda em relação às lavouras permanentes, a região da Ibiapaba conta com produção de frutas como o abacate, banana, coco-da-baía, goiaba, laranja, limão, mamão, manga, maracujá e tangerina. Destas destacam-se as produções de banana e coco. Percebe-se, que para a segunda produção citada (Figura 11), a área destinada diminuiu nos dois últimos anos analisados, assim como a produtividade, que começou o declive ainda no ano de 2011, comparado ao ano de 2008. Já na produção de banana (Figura 11), embora a área destinada tenha aumentado de 2011 para 2014 a produtividade teve uma queda. De forma geral há uma queda na produtividade nos anos de 2014 e 2017. Os usos agrícolas são, portanto, outra fonte de impacto sobre a vegetação nativa, na medida em que áreas vão sendo desmatadas para as culturas anuais ou são permanentemente convertidas em áreas de fruticultura permanente.

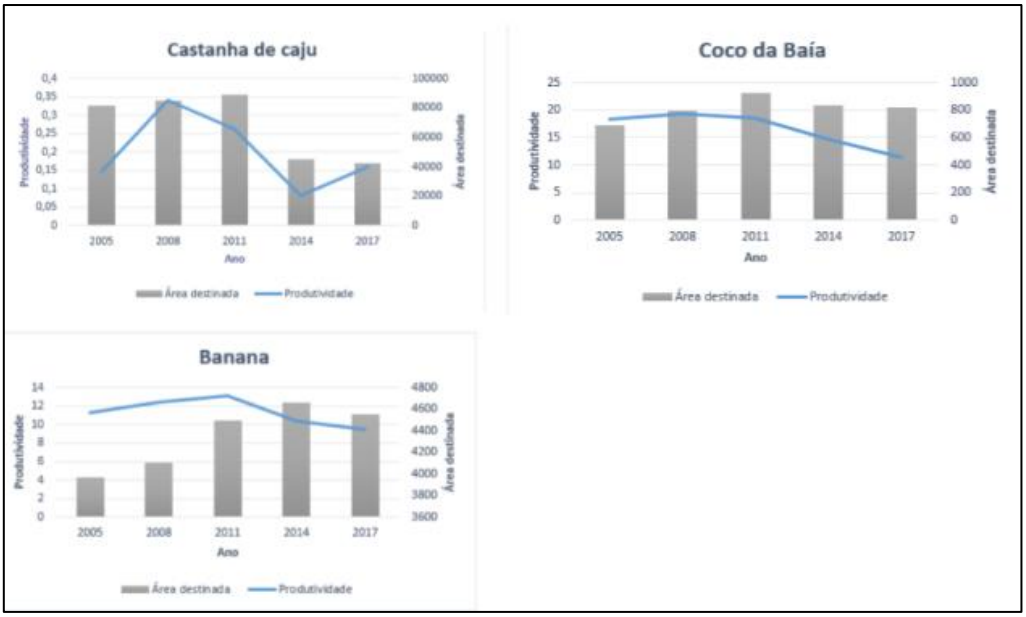

Figura 11 - Relação de área destinada e produtividade para a castanha de caju, coco da baía e banana nos anos de 2005, 2008, 2011, 2014 e 2017, dos municípios com sede na Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí, segundo a base de dados do IBGE Cidades.
Fonte: A autora, baseado em dados do IBGE.

Vale destacar que a agricultura de baixa tecnologia aplicada tradicionalmente na região consiste no corte e queima da área a ser cultivada, no plantio de culturas temporárias ao longo de alguns anos e no abandono da área quando os solos ficam esgotados. Esse tipo de manejo é bastante degradante para o ecossistema, pois leva à perda de fauna e microbiota do solo, e reduz a qualidade do solo quando ocorre na regeneração natural. Com isso, é importante destacar que áreas desmatadas, queimadas, cultivadas por alguns anos e depois abandonadas voltam, ao longo de alguns anos, a serem detectadas pela imagem de satélite como vegetação nativa. Mas o histórico de degradação da área tipicamente fará com que seja uma vegetação secundária com menor biodiversidade. Áreas do Ceará expostas ao regime de corte/queima/sobre pastoreio por muitos anos acabaram se tornando núcleos de desertificação, a exemplo do núcleo de desertificação de Irauçuba (Oliveira; Sales, 2015), por exemplo. Assim, podemos perceber que parte do que é mapeado atualmente como cobertura vegetal, representa áreas já degradadas e com menor biomassa e biodiversidade que as áreas originais.

A extensão do território brasileiro permite uma grande diversidade em lavouras, devido às condicionantes ambientais (Théry; Mello-Théry, 2018). Na área aqui estudada, percebe-se uma concentração de produção de frutas na parte mais úmida e topograficamente elevada do glint, na região ocupada pela mata úmida ou em sua proximidade.

Na pecuária, a produção está espalhada em todo o território da área estudada. Os municípios com os maiores registros de efetivo de rebanho encontram-se, principalmente, na caatinga do cristalino e caatinga do sedimentar

Embora, de modo geral, os dados do IBGE não mostrem um crescimento na área destinada a agricultura, os resultados apresentados pela classificação supervisionada (Figura 8) mostram que tais áreas cresceram no período analisado. Há três pontos que podem justificar essa diferença de dados.

A primeira hipótese é de que haja áreas antes agricultáveis, mas abandonadas com o passar dos anos. É possível, tendo em vista a baixa qualidade dos solos presentes em boa parte da Ibiapaba, que essas áreas sejam usadas para produção e após perderem ou diminuírem suas capacidades produtivas serem abandonadas. A segunda hipótese, é a desatualização e desfasamento dos dados do IBGE. A terceira e última é o erro gerado pela classificação supervisionada, que pode atribuir os pixels incorretamente a cada classe. Os valores de acurácia do produtor e do consumidor, no entanto, mostram maior exatidão nessa classe,

especificamente, sugerindo que ou os dados do IBGE são imprecisos, ou áreas estão sendo cultivadas e depois abandonadas na área de estudo.

Áreas que deixaram de ser cultivadas geram uma perda econômica para o PIB municipal. Mas ecologicamente, há casos em que o abandono das áreas agrícolas levam à regeneração da vegetação, embora também haja casos onde a degradação é tão intensa que o ecossistemas não mais se recupera espontaneamente. Em um estudo de mudança de uso da terra na Mata Atlântica fluminense, por exemplo, Rezende et al. (2015) mostraram que áreas que foram abandonadas regeneraram como floresta secundária. E um estudo de sensoriamento remoto feito na Caatinga e no Cerrado mostrou uma dinâmica onde havia tanto perda de cobertura vegetal como o ganho em determinadas áreas, na forma de vegetação secundária que rebrotava após ser cordada (Beucle *et al.*, 2015). Na Ibiapaba observamos um padrão semelhante, que, como dito mais acima, pode resultar da ação de corte ilegal de madeira para lenha, com consequente abandono da área e rebrota espontânea após o impacto.

A desertificação de ambientes é um assunto preocupante para a área de estudo, devido sensibilidade dos solos das regiões semiáridas. O abandono de áreas produtivas pode levar a este fim, desde que o manejo do solo seja feito de forma desordenada e rudimentar. Sampaio *et al.,* (2005), abordam a desertificação como uma consequência de diversos fatores físicos, biológicos, sociais, econômicos, culturais e políticos e que vai progredindo, passando por fases. Começa no desmatamento, levando a degradação do solo ocasionando uma redução de produção e, por fim, a uma deterioração de condições sociais.

Expansão dos parques eólicos

Outra atividade que contribui para a perda de vegetação e fragmentação ambiental é a instalação de grandes parques eólicos, que tem crescido no mundo com poderosos argumentos pautados em questões ambientais (Paiva, Lima, 2019). Embora as instalações das torres eólicas no Nordeste tenham iniciado em 1992, com a instalação de uma turbina no arquipélago de Fernando de Noronha (Paiva, 2018), a atividade começou a ganhar força e notoriedade após a publicação do *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro* (Amarante; Zack; Sá, 2001), que aponta a região Nordeste como a região com maior potencial eólico do Brasil, estimado, com 75,0 GW.

Em 2003 havia uma outorga para instalação de um parque eólico na região da Ibiapaba, no município de Ubajara (ANEEL, 2002). As imagens de satélite (Figura 13) mostram a evolução da instalação deste parque eólico no limite entre os munícipios de Ubajara e Tianguá, ambos pertencentes ao estado do Ceará.

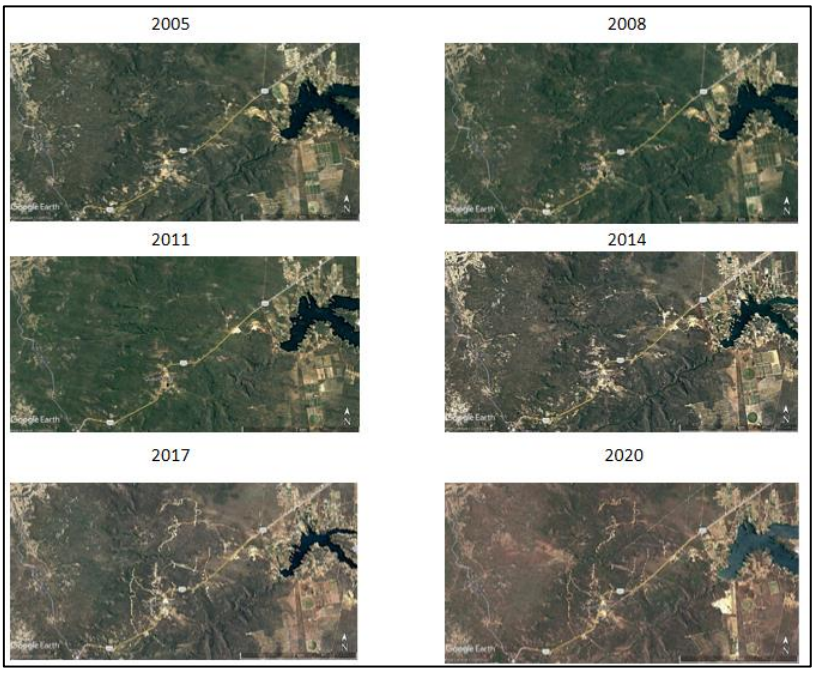

Figura 12 - Evolução da instalação de um parque eólico no topo da Ibiapaba no município de Ubajara, Ceará nos anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020 revelada pela série de imagens do satélite Landsat, mostrando a expansão das torres eólicas, e a fragmentação da vegetação derivada da expansão da infraestrutura associada à atividade.

É possível observar as alterações mais intensas no uso do solo derivado de instalações para produção de energia eólica a partir do ano de 2014, com obras de engenharia. Em 2020 o parque eólico já ocupa, além das partes a Noroeste da imagem, algumas áreas ao Norte, próximo ao açude do Jaburu. Essa ampliação implica em perda de cobertura vegetal, com as novas instalações e na fragmentação da vegetação, com a abertura de novas estradas e novas torres.

Expansão de áreas urbanas

A expansão urbana é o resultado do crescimento demográfico. E é uma das ações que promovem a perda da cobertura vegetal e contribuem para a fragmentação de ambientes. O avanço da urbanização provoca um agravamento em processos ambientais, como erosão do solo e o aumento do desmatamento e da poluição (Grostein, 2001; Jatobá, 2011). As áreas habitacionais estão crescendo em direção as áreas destinadas à agropecuária (Nascimento; Matias, 2011) ou áreas com vegetação nativa, como acontece no munícipio de Tianguá (Figura 13).

Com o passar dos anos, ao sul das imagens observa-se o aumento de áreas destinadas a agricultura e áreas habitacionais. Ambas se aproximam cada vez mais, transformando o espaço urbano em um espaço com diferentes usos.

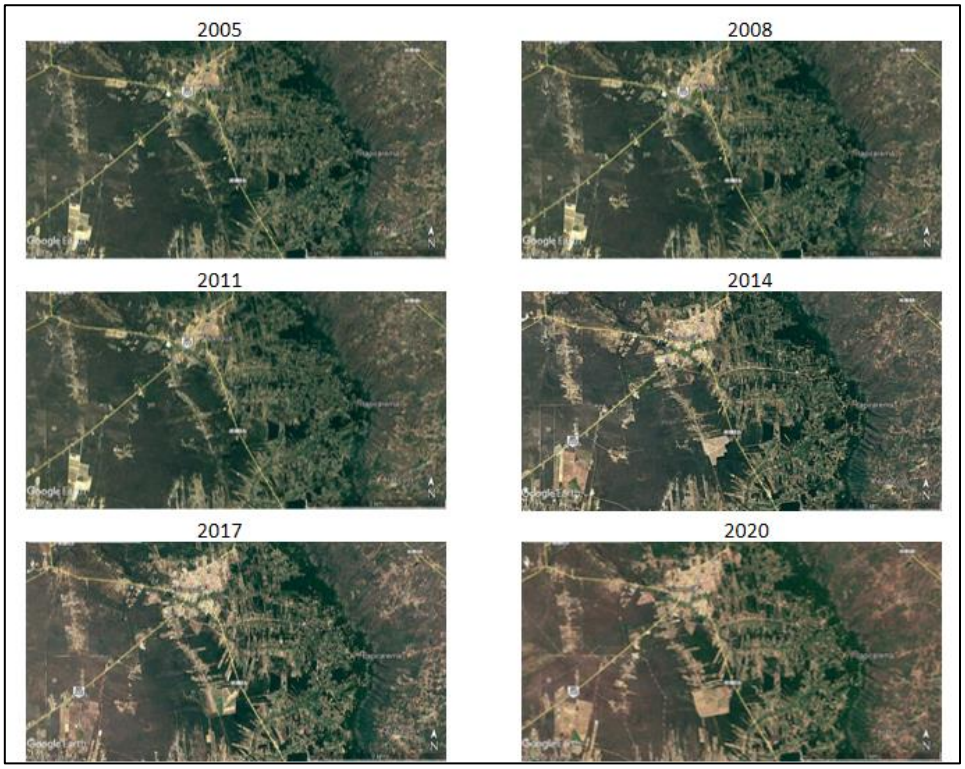

Figura 23 - Evolução da mancha urbana do município de Tianguá, Ceará, no topo da Ibiapaba, nos anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020, revelado pelas imagens de satélite Landsat.

Incidência de incêndios

Outro vetor relevante de degradação ambiental na Ibiapaba tem sido os incêndios antrópicos. A área das cicatrizes deixadas pelo fogo, na Ibiapaba e seu entorno, no ano de 2005 foi de 650 Km², no ano de 2008 diminuiu para 280 Km², em 2011 são focos pequenos e que totalizam 2 Km², em 2014 houve um aumento de focos de incêndio e teve um total acumulado de 61,85 Km², em 2017 as áreas queimadas totalizaram 104 Km² e em 2020 houve um aumento de 504% em relação ao que foi queimado em 2017, chegando a 610 Km² de áreas queimadas. Se somarmos toda a área que foi queimada na Ibiapaba e entorno desde 2005 até 2020, temos um total de 1.707,85 Km², que correspondem a 0,05% da área total foi atingida pelo menos uma vez pelos incêndios. A Figura 15 expressa tais dados de forma visual. Para dar dimensão desse impacto, destacamos que a área da maior unidade de conservação de proteção integral da Ibiapaba, o Parque Nacional de Ubajara, possui apenas 62,7 Km², ou seja, a área queimada nesse

período foi 27 vezes maior que a área protegida pelo Parque.

Apesar disso, a extensão de incêndios na Ibiapaba foi bem menor que a média de incêndios no território brasileiro. O projeto MapBiomas aponta que o acumulado de queimadas no Brasil ao longo das últimas décadas chega a 19% do território brasileiro, indicando que quase 1/5 do território nacional foi queimado ao longo do monitoramento. Os anos de seca apresentam maiores índices, mas também anos anteriores a 2005 e posteriores a 2019 exibem um grande impacto no aumento das áreas queimadas (MAPBIOMAS, 2021).

O ano de 2005 foi o pior, em relação a queimadas, para a região da Ibiapaba. Ao compararmos as Figuras 14 e 7 percebemos que algumas áreas classificadas como solo exposto correspondem as áreas que apresentaram focos de incêndio, confirmando os dados obtidos através da classificação supervisionada.

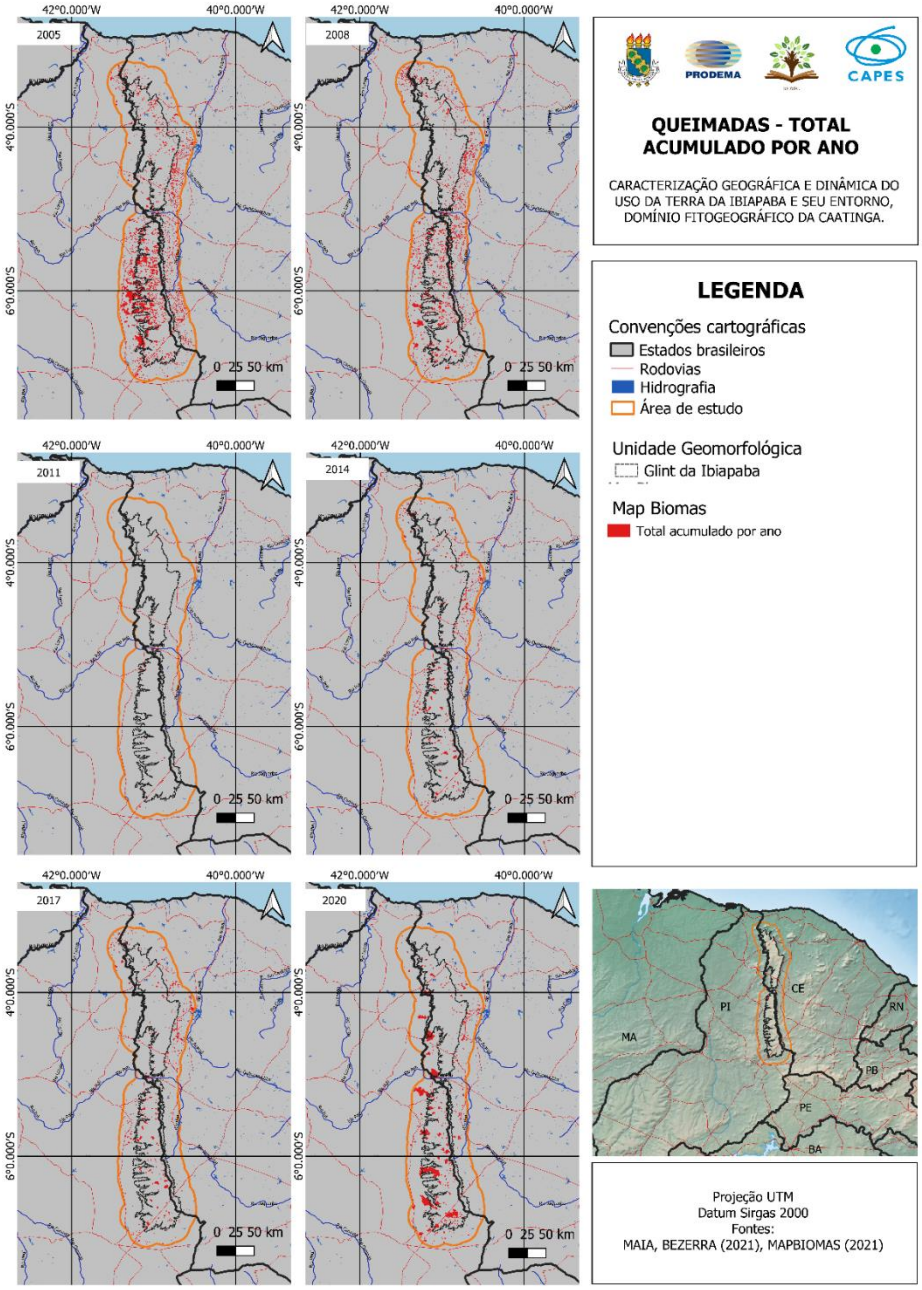

Figura 34 - Focos de incêndio acumulados por ano, segundo mapeamento do MapBiomas, para os anos de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2020, na Ibiapaba e seu entorno, divisa dos estados Ceará e Piauí.
Fonte: A autora, baseado em dados do MapBiomas (2021)

A Ibiapaba em um contexto de mudanças climáticas globais

A mudança no uso alternativo da terra mostrado através da classificação de imagens de satélite e os focos de incêndio apresentados pela plataforma MapBiomas, abrem o espaço para a discussão das mudanças climáticas. Segundo relatório do IPCC (2018) as atividades humanas contribuíram para um aumento de 1,0ºC de aquecimento global. A terra e seu uso desempenham um importante papel no sistema climático, além de ser base de sustento humano, a partir da produção de alimentos e fornecimento de serviços ecossistêmicos, o uso do solo pelo homem afeta mais de 70% da superfície da terra (IPCC, 2020).

A mudança no clima provoca eventos extremos, como as secas prolongadas, afetando a segurança alimentar, e contribui para o aumento de focos de incêndio (IPCC,2018; IPCC, 2020). Para a Caatinga, que tem 94% do seu território com elevado ou médio risco de desertificação, (Silva; Leal; Tabarelli, 2017) a preocupação com os efeitos das mudanças climáticas é ainda maior, sobretudo com o fato de que apenas 1,3% desse bioma é protegido por UCs de proteção integral (Teixeira, 2021).

Ao longo do período analisado, 2005-2020, detectamos diversas alterações ambientais na área estudada, inclusive algumas de alto impacto como desmatamento e incêndios. Mas, embora sejam negativas, a extensão das mudanças em 25 anos não foi tão acentuada a ponto de comprometer a totalidade da área. Alguns setores da Caatinga, como o maciço da Borborema e áreas do leste do Domínio já estão fortemente desmatadas e fragmentadas (Antongiovanni; Venticique; Fonseca, 2018). No Ceará, áreas como o núcleo de desertificação de Irauçuba também refletem áreas onde os usos inadequados e intensos da terra levaram a um grau de degradação extrema (Oliveira; Sales, 2015). A Ibiapaba ainda não chegou nesse nível drástico de degradação, o que abre oportunidade para se pensar em um planejamento de desenvolvimento sustentável e de conservação da integridade das paisagens naturais da área. Mas há vários vetores de degradação que estão paulatinamente degradando os ecossistemas locais, incluindo uso de agrotóxicos (Barbosa, *et al.,* 2019), falta de saneamento e urbanização em locais de elevada importância ecológica, como observamos ao longo dos trabalhos de campo. O crescimento de parques eólicos e fruticulturas estão começando a fazer uma pressão maior na vegetação nos últimos anos.

Embora a Ibiapaba se apresente menos desmatada que áreas ao leste da Caatinga (como a já citada Borborema), e ainda que 62% de sua área seja captada pelas imagens de satélite como recobertas por vegetação, destacamos que os impactos seculares cumulativos certamente reduziram a qualidade ambiental de vastos trechos da Ibiapaba. Em 1860, quando a Comissão Científica de Exploração passou pela Ibiapaba, já há relatos de desmatamento das matas úmidas da Ibiapaba (Braga, 1982). Os relatos do botânico Freire Allemão, chefe da Comissão, dão conta que, ainda na metade do século 19, "Seus bosques, de que já não restam senão a lembrança, dizem que foram ricos em ótimas madeiras. O nosso bárbaro de cultivar a terra deu cabo de tudo. A temperatura sumiu, as águas diminuíram, e os efeitos das sêcas já ali se fazem sentir" (Braga, 1982, p. 269).

É importante perceber que provavelmente parte majoritária do que vemos hoje recoberto por vegetação é representado por vegetação secundária, que, ainda assim, é fundamental na proteção da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos como a proteção aos corpos hídricos e ao solo.

É necessário um olhar mais atento às unidades de conservação já existente e há a necessidade de criação de novas UCs, principalmente de proteção integral, como já recomendado por Silva; Tabarelli; Fonseca (2003). Os limites do PARNA de Ubajara, por exemplo, não abrigam as nascentes dos rios que cruzam sua área. Embora já sejam áreas de preservação permanente, segundo a legislação brasileira (Código florestal, lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012), esses ambientes acabam sendo poluídos e degradados em áreas sem fiscalização do poder público. Diante disso seria interessante a adição das áreas de nascentes em UCs de maior restrição que a APA, para a proteção dos recursos hídricos e manutenção das áreas vegetadas.

As UCs de proteção integral somam uma área de aproximadamente 105 Km², o que corresponde a apenas 0,003% da extensão da Ibiapaba e entorno que está integralmente protegida pela legislação. Para dar dimensão dos impactos, uma área 16 vezes maior foi queimada de 2005 a 2020 do que a área protegida por UCs de proteção integral. Além disso, tais áreas protegidas não conseguem abranger todas as unidades fitoecológicas presentes na Ibiapaba, como mostra a Figura 6. Há importantes lacunas, como ampliar a área protegida de caatinga do cristalino, caatinga do sedimentar e matas secas e ampliar inclusive as áreas úmidas protegidas. Embora as UCs de uso

sustentável ocupem uma área de 6.496 Km², correspondendo a 18% da área de estudo, destacamos que isso se deve à grande extensão da APA da Ibiapaba, que representa uma categoria de UC com menor grau de proteção à biodiversidade (Teixeira, *et al.,* 2021) e dentro da qual estão acontecendo processos de expansão de áreas urbanas, agrícolas e de parques eólicos, gerando dúvidas sobre o quão eficiente é realmente essa APA para a efetiva proteção da biodiversidade.

Em meio às modificações na paisagem decorrentes do aumento populacional e das necessidades humanas, é importante buscar modelos econômicos regionais que seja realmente sustentável e que consorciem o desenvolvimento humano com a manutenção da biodiversidade.

Conclusão

Com os dados apresentados de culturas permanentes e temporárias, pecuária e silvicultura, além das imagens de satélite que expressam a modificação da paisagem no decorrer dos anos e os dados acerca dos focos de incêndio da plataforma MapBiomas, infere-se as ações humanas tem fragmentado os ambientes com o passar dos anos, alterando a paisagem e sendo a maior contribuinte da perda da cobertura vegetal.

Quanto ao uso e ocupação da terra, identificam-se basicamente dois usos principais: a agricultura e pecuária. Há também uma certa relevância do turismo, mais associado aos trechos de mata úmida da vertente cearense, onde fica o PARNA de Ubajara. O PARNA atrai turistas para suas trilhas e mirantes e possui clima ameno, com vegetação de mata úmida do sedimentar e um aspecto paisagístico diferente do encontrado nas demais áreas do Domínio da Caatinga.

Com o mapeamento das unidades fitoecológicas associadas a cada setor geomorfológico e a distribuição das UCs já existentes, evidenciamos as lacunas de proteção à biodiversidade da Ibiapaba. Destacamos especialmente a necessidade de criação novas de UCs de proteção integral que protejam os trechos mapeados pelo MMA como de importância extrema e muito alta para a conservação.

Um estudo futuro, que avalie o grau de fragmentação nos diferentes setores da Ibiapaba, pode ser de grande valia na compreensão do uso e ocupação do solo. A análise desse tipo de dado auxiliaria na construção de mais informações acerca da área e na compreensão de como as atividades têm fragmentado vegetação original. A presente pesquisa é, apenas, um início de uma observação de suma relevância para compreender a dinâmica de interação do homem com o meio ambiente na região da Ibiapaba.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Material Suplementar

https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20326518

Referências

Almeida, F. F. M. Et Al., Províncias Estruturais Brasileiras. Atas Do Vii Simpósio De Geologia Do Nordestes. Campina Grande- Pb, 1977

Amarante, O. A. C.; Zack, M. B. J; Sá, A.L. Atlas Do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília, 2001

Aneel. Agência Nacional De Energia Elétrica. Atlas De Energia Elétrica Do Brasil. 2. Ed. Brasília, 2002. 243 P.

Antongiovanni, M.; Venticinque, E. M.; Fonseca, C. R.. Fragmentation Patterns Of The Caatinga Drylands. Landscape Ecology, Rio Grande Do Norte, 33, 1353-1367, Jun. 2018

Araújo F.S, Et Al Floristics And Life-Forms Along A Topographic Gradient, Central-Western Ceará, Brazil. Rodriguésia 62:341–366. Doi: 10.1590/2175-7860201162210. 2011

Araújo F.S, Martins F.R, Shepherd G.J. Variações Estruturais E Florísticas Do Carrasco No Planalto Da Ibiapaba, Estado Do Ceará. Rev Bras Biol 59:663–678. Doi: 10.1590/S0034-71081999000400015, 1999

Araújo, T. S.; Mendes, L. M. S., Cruz, M. L. B. Uso e cobertura vegetal no entorno do Parque Nacional de Ubajara-CE. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – INPE. 2017. Disponível em: http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.16.13.45/doc/59916.pdf. Acesso: 29 jun 2022.

Arraes, R. A; Mariano, F. Z.; Simonassi, A. G. Causas Do Desmatamento No Brasil E Seu Ordenamento No Contexto Mundial. Resr. 50, 119-140. Piracicaba – Sp, 2012

Balensiefer, M. Estado Da Arte Em Recuperação E Manejo De Áreas Frágeis E/Ou Degradadas. In: Workshop Recuperação E Manejo De Áreas Degradadas. 1998, Campinas. Memória Do Workshop... Jaguariúna: Embrapa, Cnpma, Embrapa – Cnpma. Documentos, 13. 1998. P.15-18

Barbosa, F. L. A. et al., Levantamento dos agrotóxicos utilizados pelos agricultores da região da Chapada da Ibiapaba – CE. XII Encontro de Pesquisa e Pós-Graduação. 4, 2019

Bétard, F; Peulvast, J. P.; Sales, V. C. Caracterização Morfopedólogica De Uma Serra Úmida No Semiárido Do Nordeste Brasileiro: O Caso Do Maciço De Baturité-Ce. Mercator, Fortaleza, 6, 107-126, 2008.

Beucle R., Et Al., Land Cover Changes In The Brazilian Cerrado And Caatinga Biomes From 1990 To 2010 Based On A Systematic Remote Sensing Sampling Approach. Applied Geography, 58, 116–127. Doi: 10.1016/J.Apgeog.2015.01.017. 2015

Botero, J. I., & Garcez, D. S. (2014). Anfíbios e peixes do Parque Nacional de Ubajara e entorno. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/Labomar.

Braga, Renato. História Da Comissão Científica De Exploração. Patrocínio Da Sudene. V. Cc. 1982.

Brasil, Lei Nº 12.651 De 25 De Maio De 2012. Dispõe Sobre Proteção De Vegetação Nativa. Disponível Em: Http://www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.Htm . Acesso Em: 01 De Dez. De 2021.

Brasil, Lei Nº 6.938, De 31 De Agosto De 1981. Dispõe Sobre A Política Nacional Do Meio Ambiente, Seus Fins E Mecanismos De Formulação E Aplicação, E Dá Outras Providências. Disponível Em: < Http://Www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/Leis/L6938.Htm#:~:Text=Lei%20n%C2%Ba%206.938%2c%20de%2031%20de%20agosto%20de%201981&Text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%Adtica%20nacional,Lei%2c%20com%20fundamento%20no%20art. Acesso Em: 23, Dez. 2020.

BRASIL, Lei Nº 9.985 De 18 De Julho De 2000. Regulamenta O Art. 225, § 1o, Incisos I, Ii, Iii E Vii Da Constituição Federal, Institui O Sistema Nacional De Unidades De Conservação Da Natureza E Dá Outras Providências. Disponível Em: Http://Www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/Leis/L9985.Htm. Acesso Em: 16 De Dez. De 2021

BRASIL, Lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm.> Acesso em: 23, dez. 2020.

Brazil, Ministery Of The Environment. Fifth National Report To The Convention On Biological Diversity. Brasilia, Jan. 2015.

Castro, C. N; Pereira, C. N. Revitalização Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco: Histórico, Diagnóstico E Desafios: Ipea, 2019.

Chapin, Iii F. S.; Matson, P. A.; Vitousek, P. M. Principles Of Terrestrial Ecosystem Ecology. 2nd Edition, London: Springer, 2011.

Claudino-Sales, Et Al. Megageomorfologia Do Planalto Da Ibiapaba, Estado Do Ceará: Uma Introdução. Revista De Geomorfologia. 1, 186-209. 2020.

Colli-Silva M, Vasconcelos, T.N.C, Pirani Jr Outstanding Plant Endemism Levels Strongly Support The Recognition Of Campo Rupestre Provinces In Mountaintops Of Eastern South America. J Biogeogr 46:1723–1733. Doi: 10.1111/Jbi.13585. 2019

Dalmolin, R. S. D., Caten, A. ten, Uso da terra dos biomas brasileiros e o impacto sobre a qualidade do solo. N. 6. 2012

Demartelaere, A. C. F., Santos, A. F., Coutinho, P. W. R., Sá, R. J. S., Leão, F. A. N., Conceição, A. G. C., Ruppenthal, V., oliveira, P. H. B., Costa, A. B. R., Silva, A. P., Mata, T. C., Nicolini, F. Pereira, J. S., Souza, J. B., Paiva, L. L. Junior, F. C. E., Santos, P. S., Medeiros, C. C., Silva, L. H. P., Oliveira, J. M., Moura, R. V. F., Lira, M. E. B., Oliveira, R. G., Souza, T. L. Causas, consequências e métodos atribuídos para prevenir a desertificação na Caatinga. Brazilian Journal of Development. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n8-502

Fernandes, M. F.; Cardoso, D.; Queiroz, L. P. Na Update Plant Checklist Of The Brazilian Caatinga Seasonally Dry Forests And Woodlands Reveals High Species Richness And Endemism. Journal Of Arid Enviroments. 174, 2020.

Fernandes, M. F.; Queiroz, L. P. De. Vegetação E Flora Da Caatinga. Ciência E Cultura, 70, 51–56. 2018.

Fernandes, M. R. de M., Matricardi, E. A. T., Almeida, A. Q., Fernandes, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Reguão Semiárida de Sergipe. Floresta e Ambiente, 2015. V: 22, n: 4. Disponível: https://www.scielo.br/j/floram/a/cHP7srFFcKSbVSVCwRwqV8c/?lang=pt&format=pdf. Acesso: 29 jun 2022.

Furtado, Celso. Formação Econômica Do Brasil. 30 Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2001.

Gilietti, A. M. Et Al. Plantas Raras Do Brasil. Belo Horizonte, Mg: Conservação Internacional, 2009.

Goudie, A. S. Encyclopedia Of Geomorphology. Routledge, New York. 2004

Goudie, A. S. Encyclopedia Of Geomorphology. Routledge, New York. 2004

Grostein, M. D. Metrópole E Expansão Urbana: A Persistência De Processos “Insustentáveis”. São Paulo Em Perspectiva. 15 São Paulo, 2001.

Hauff, S. N. Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga. 2010. Disponível: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/arquivos-biomas/representativconservcaat_shauff_revisojoo_03___produto_final_203_completo.pdf. Acesso: 29 jun 2022.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Biomas e Sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, IBGE. 2019.

IPCC, Aquecimento Global De 1,5ºc. Painel Intergovernamental De Mudanças Climáticas. 2018 Disponível Em: <Https://Www.Ipcc.Ch/Site/Assets/Uploads/2019/07/Spm-Portuguese-Version.Pdf.> Acesso Em: 08 Dez 2021.

IPCC, Mudança No Clima E Terra. Painel Intergovernamental De Mudanças Climáticas. 2020. Tradução Feita Pelo Governo Brasileiro. Disponível Em: < Https://Www.Gov.Br/Mcti/Pt-Br/Acompanhe-O-Mcti/Sirene/Publicacoes/Relatorios-Do-Ipcc/Arquivos/Pdf/Srcl-Port-Web.Pdf. >Acesso Em: 08 Dez 2021.

Jatobá, S. U. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. Boletim regional, urbano e ambiental. 2011. Disponível: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf. Acesso: 29 jun 2022

Leal, G. C. S. D. G; Farias, M. S. S. D; Araújo, A. D. F. O Processo De Industrialização E Seus Impactos No Meio Ambiente Urbano. Qualit@S, Campina Grande. 7, 1-11, Jan. 2008.

Leal, I. R. Et Al. Changing The Course Of Biodiversity Conservation In The Caatinga Of Northeastern Brazil. Conservation Biology, Washington, 19, 701-706, Jun. 2005.

Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. Ecologia E Conservação Da Caatinga: Uma Introdução Ao Desafio. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. Ecologia E Conservação Da Caatinga. Recife, Ed. Univsersitária Da Ufpe, 2003

Maia, R.; Bezerra, F. Structural Gemorphology In Northeastern Brazil. 1. Ed. [S.L.]: Springer, P. 1-119. 2020.

Mapbiomas, A Cada Ano Brasil Queima Área Maior Que A Inglaterra. Disponível Em: <Https://Mapbiomas.Org/A-Cada-Ano-Brasil-Queima-Area-Maior-Que-A-Inglaterra>. Acesso Em: 06 de dezembro De 2021.

Medeiros, R. Et Al., Contribuição Das Unidades De Conservação Brasileira Para Economia Nacional. Brasília: Unep-Wcmc, 2011. 44p.

MMA, Ministério Do Meio Ambiente. Áreas Prioritárias Para Conservação Para A Caatinga. 2ª Atualização. 2020. Disponível Em: < Http://Areasprioritarias.Mma.Gov.Br/2-Atualizacao-Das-Areas-Prioritarias.> Acesso Em: 13 de setembro De 2021.

Moro M.F, Et Al., A Phytogeographical Metaanalysis Of The Semiarid Caatinga Domain In Brazil. The Botanical Review 82:91–148. Doi: 10.1007/S12229-016-9164-Z. 2016

Moro, M. F. Et Al. Vegetação, Unidades Fitoecológicas E Diversidade Paisagística Do Estado Do Ceará. Rodriguésia, 66, 717-743, Jan. 2015.

Moura-Fé, M. M. Planalto, Cuesta, Glint: A Geomorfologia Da Ibiapaba Setentrional (Região Noroeste Do Ceará, Brasil). Revista Brasileira De Geografia Física. 10, 2017.

Nascimento, E.; Matias, L. F. Expansão Urbana E Desigualdade Socioespacial: Uma Análise De Ponta Grossa (Pr). Raega. 23.Curitiba, 2011

Negri, F.; Alvarenga, G. V. A Primarização Da Pauta De Exportações No Brasil: Ainda Um Dilema. Boletim Radar. N. 11. dezembro De 2010

Neto, C. R. J. Os Primórdios Da Organização Do Espaço Territorial E Da Vila Cearense – Algumas Notas. Anais Do Museu Paulista. V. 20, N. 1, P. 133-163. São Paulo, 2012.

NETO, C. R. J. Os primórdios da organização do espaço territorial e da vila cearense – algumas notas. Anais do Museu Paulista. 20,. 133-163. São Paulo, 2012.

Nimer, E. (1972). Climatologia da Região Nordeste do Brasil: introdução à climatologia dinâmica. Revista Brasileira de Geografia, 34(2), 3–51

Oliveira, J. G. B.; Sales, M. C. L. (org.) Monitoramento da desertificação em Irauçuba. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015.

Oliveira, R. T.; Santos, F. K. S. O Início Da Formação Territorial Brasileira: Uma Reflexão Sobre O Território Em Suape. Revista De Geografia (Ufpe). 31, 82-95, 2014.

Paiva, I. T. P. Lima, E. C. Conflitos ambientais, energia eólica e justiça ambiental: contribuições para uma análise crítica. Revista GeoUECE (onlone). 08, 2019. ISSN 2317-028X. Disponível:

https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2105. Acesso: 29 jun 2022

Pereira, M. G. Et Al., Formação E Caracterização De Solos. In: Formação, Classificação E Cartografia Dos Solos. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019

Pfaltzgraff, P. A. S; Torres, F. S. M; Brandão, R. L. Geodiversidade Do Estado Do Piauí. Recife – Cprm, 2010.

Prado, D. As Caatingas Da América Do Sul. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M; Silva, J.M.C. (Eds) Ecologia E Conservação Da Caatinga. Editora Universitária Da Ufpe, Recife, Pp 3–73. 2003.

Projeto MapBiomas Fogo – Coleção 1 Ocorrência anual de cicatrizes de fogo, acessado em 29 jun 2022, através do link: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR

Sánchez, L. E. Avaliação De Impacto Ambiental: Conceitos E Métodos. 3. Ed. São Paulo: Oficina De Textos, 2020.

Santos, F. L. A. Bases Geográficas ao ZEE Do Planalto Da Ibiapaba: Municípios De Tianguá E Ubajara- Noroeste Do Ceará. Dissertação (Mestrado Em Geografia) – Centro De Ciências E Tecnológias – UECE. Fortaleza, 2015.

Santos, H. G. Et Al., Sistema Brasileiro De Classificação De Solos. 5 Ed. Brasília-Df: EMBRAPA, 2018.

Schobbenhaus, C.; Brito Neves, B. B. A Geologia Do Brasil No Contexto Da Plataforma Sul-Americana. In: Geologia, Tectônica E Recursos Minerais Do Brasil. 1ª Ed. Brasília: CPRM, 2003. 05-54.

Sena, Liana Mara Mendes de. Conheça e Conserve a Caatinga – O Bioma Caatinga. Vol. 1. 2011. Disponível: https://www.acaatinga.org.br/wp-content/uploads/Conhe%C3%A7a_e_Conserve_a_Caatinga_-_Volume_1__O_Bioma_Caatinga.pdf. Acesso: 29 jun 2022

Silva, F. H. B. B.; Silva, M. S. L.; Cavalcanti, A. C. Descrição Das Principais Classes De Solos. Embrapa, 2005

Silva, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (eds) Caatinga: The largest tropical dry forest region in south America. Springer. 2017.

Silva, J. M. C.; Tabarelli, M.; Fonseca, M. T. Áreas E Ações Prioritárias Para A Conservação Da Biodiversidade Na Caatinga. 2003.

Silva, M. R. C. D. Et Al. Energia Eólica No Nordeste Brasileiro: Crescimento E Expectativas. Anais Do Congresso Brasileiro De Gestão Ambiental E Sustentabilidade, João Pessoa, 4, 1407-1414, Dez. 2017.

Silva, P. C. G. Da, Et Al. Caracterização Do Semiárido Brasileiro: Fatores Naturais E Humanos. In: Sá, Iêdo Bezerra, Silva, Pedro Carlos Gama. Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento E Inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

Silveira A. P, Et Al. Flora and Annual Distribution of Flowers and Fruits in The Ubajara National Park, Ceará, Brazil. Floresta E Ambiente 27, 2020:. Doi: 10.1590/2179-8087.005819

Souza, B. I, Artigas, R. C., Lima, E. R. V. Caatinga e desertificação. Mercator, 14, 2015. DOI: 10.4215/RM2015.1401. 0009

Souza, D. D. Adaptações De Plantas Da Caatinga. São Paulo: Oficina De Textos, 2020.

Souza, M. J. N. D; Oliveira, V. P. V. D. Os Enclaves Úmidos E Sub-Úmidos De Semi-Árido Do Nordeste Brasileiro. Mercartor, Fortaleza, 05,. 85-102, Dez./2006.

Teixeira, L. P., Et Al., How Much Of The Caatinga Is Legally Protected? An Analysis Of Temporal And Geographical Coverage Of Protected Areas In The Brazilian Semiarid Region. Acta Botanica Brasilica, 35, 473-485. 2021

Teixeira, Marília Gomes. Unidades de conservação da caatinga: distribuição e contribuições para conservação. 2016. Disponível: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/21599/1/UnidadesConserva%C3%A7%C3%A3oCaatinga_Teixeira_2016.pdf. Acesso: 29 jun 2022.

The Nature Conservancy Do Brasil. Avaliação E Identificação De Ações Prioritárias Para A Conservação, Utilização Sustentável E Repartição De Benefícios Da Biodiversidade Do Bioma Caatinga. Petrolina, 2000.

Théry, H.; Mello-Théry, N. A. Atlas Do Brasil. 3 Ed. São Paulo: Edusp, 2018

Townsend, Cr.; Begon, M.; Harper, J. L.; Fundamentos Em Ecologia. Tradução De Leandro Da Silva Duarte. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010