

**DO PASTO AO GRÃO: AVANÇO E CONSOLIDAÇÃO DA AGRICULTURA  
INTENSIVA NO MUNICÍPIO DE BURITICUPU/MA**

FROM PASTO TO GRAIN: ADVANCE AND CONSOLIDATION OF INTENSIVE  
AGRICULTURE IN THE MUNICIPALITY OF BURITICUPU/MA

DEL PASTO AL GRANO: AVAMCE Y CONSOLIDACIÓN DE LA  
AGRICULTURA INTENSIVA EN EL MUNICIPIO DE BURITICUPU/MA

**Marcelino Silva Farias Filho<sup>1</sup>**  
**Janilci Serra<sup>2</sup>**  
**Vitoria Gleyce Sousa Ferreira<sup>3</sup>**

**Resumo:** A Amazônia brasileira vem sendo rapidamente transformada pela extração de madeira, queimadas, inserção de pastagens, estabelecimento de culturas agrícolas e extração mineral. No território maranhense, a intervenção antrópica resultou na supressão da vegetação nativa e em muitos outros problemas ambientais, sendo que em municípios como Buriticupu, o bioma amazônico foi drasticamente impactado. O objetivo desta pesquisa foi analisar alterações do bioma amazônico em Buriticupu e os processos de substituição de antigas áreas de pastagens por cultivos agrícolas intensivos, próprios do agronegócio. Para a realização da pesquisa, adotou-se como procedimentos metodológicos a revisão de literatura, análise de imagens de satélite e a pesquisa de campo, com realização de entrevistas. Foram analisadas imagens dos satélites TM/Landsat 5, do sensor OLI/Landsat 8 e do IVAS (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), a partir das quais foram detectadas as áreas desmatadas e ocupadas por campos de soja e outras culturas intensivas. Constatou-se que entre os anos de 1987 a 2017, houve aumento de solos expostos, com culturas de médio e alto vigor vegetativo e redução de cobertura vegetal nativa. Constatou-se também que parte das atuais áreas agrícolas ocupam antigas pastagens e que o avanço da agricultura intensiva tem prejudicado a população das comunidades, em função da aplicação de agrotóxicos que afetam os cultivos realizados nos pequenos quintais e áreas remanescentes.

**Palavras-chave:** Usos da terra; Bioma Amazônico; Agronegócio.

---

<sup>1</sup> Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista – UNESP/Jaboticabal. Professor Adjunto do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luiz/MA. E-mail [marcelinobrasil@gmail.com](mailto:marcelinobrasil@gmail.com) . Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/951864713636824> . Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-6153-5293> .

<sup>2</sup> Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. São Luiz/MA. Email: [janilciserra@hotmail.com](mailto:janilciserra@hotmail.com). Lattes iD:) <http://lattes.cnpq.br/3874941594542959>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-4631-6521> .

<sup>3</sup> Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. São Luiz/MA. Email: [vitoria.gleyce@discente.ufma.br](mailto:vitoria.gleyce@discente.ufma.br) . Lattes iD:) <http://lattes.cnpq.br/9671853437794456> . Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-5085-3843> .

**Abstract:** The Brazilian Amazon has been rapidly transformed by the extraction of wood, burning, pasture insertion, establishment of agricultural crops and mineral extraction. In maranhão territory, anthropic intervention resulted in the suppression of native vegetation and many other environmental problems, and in municipalities such as Buriticupu, the Amazon biome was drastically impacted. The objective of this research was to analyze changes in the Amazon biome in Buriticupu and the processes of substitution of old pasture areas by intensive agricultural crops, specific to agribusiness. For the research, the methodological procedures were the literature review, satellite analysis and field research. Images of the TM/Landsat 5, OLI/Landsat 8 sensor and IVAS (Soil Adjusted Vegetation Index) satellites were analyzed, from which the areas deforested and occupied by soybean fields were detected, it was found that between 1987 and 2017, an increase in exposed soils, reduced cover soils as well as native forest and crops of medium and high vegetative vigor. It was also found that part of the current agricultural areas occupy former pastures and that the advance of intensive agriculture has harmed the population of the communities, due to the application of pesticides that affect the crops carried out in small backyards and remaining areas.

**Keywords:** Land uses; Amazon biome; Agribusiness.

**Resumen:** La Amazonía brasileña se ha transformado rápidamente por la extracción de madera, la quema, la inserción de pastos, el establecimiento de cultivos agrícolas y la extracción de minerales. En el territorio maranhão, la intervención antrópica resultó en la supresión de la vegetación nativa y muchos otros problemas ambientales, y en municipios como Buriticupu, el bioma amazónico se vio drásticamente afectado. El objetivo de esta investigación fue analizar los cambios en el bioma amazónico en Buriticupu y los procesos de sustitución de antiguas áreas de pastoreo por cultivos agrícolas intensivos, específicos de la agroindustria. Para la investigación, los procedimientos metodológicos fueron la revisión de la literatura, el análisis satelital y la investigación de campo. Se analizaron imágenes de los satélites TM/Landsat 5, sensor OLI/Landsat 8 e IVAS (Soil Adjusted Vegetation Index), a partir de los cuales se detectaron las áreas deforestadas y ocupadas por campos de soja, se encontró que entre 1987 y 2017, un aumento de suelos expuestos, suelos de cobertura reducida, así como bosque nativo y cultivos de vigor vegetativo medio y alto. También se constató que parte de las áreas agrícolas actuales ocupan antiguos potreros y que el avance de la agricultura intensiva ha perjudicado a la población de las comunidades, debido a la aplicación de plaguicidas que afectan los cultivos que se realizan en los pequeños traspatios y áreas remanentes.

**Palabras clave:** Usos de la tierra; Bioma amazónico; Agronegocio.

## Introdução

Nos dias atuais, em consequência das transformações aceleradas das paisagens urbanas e rurais, em que as dinâmicas da sociedade se interpenetram e, por vezes, se sobressaem às dinâmicas da natureza, a questão ambiental assume importância crescente em vários campos do conhecimento, sobretudo nos estudos das dinâmicas socioambientais.

De modo geral, a temática ambiental supera a dicotomia entre os ecossistemas naturais e modificados, ao possuir caráter integrador entre os atributos físico-naturais e humanos nas análises dos fenômenos e reconhece a pertinência desta perspectiva unificada no desenvolvimento das reflexões teóricas articuladas à prática

A região da Amazônia brasileira, administrativamente, compreende nove estados sendo eles: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, com uma área total de 5.088.668,43 km<sup>2</sup>, representando cerca de 61% do território nacional. A Amazônia é a maior floresta tropical do mundo e, por sua vez, abriga cerca de 20% de toda vida terrestre. É também um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (DOMINGUES; BERMANN, 2012).

Para Domingues e Bermann (2012), esses fatos não impediram que se abrissem novas fronteiras para o desmatamento, em função do cultivo da soja e da criação de rebanho de gado, resultando em perda da qualidade do solo, erosões e lixiviação.

O uso contínuo e intensivo dos solos da Amazônia faz com que esse seja o ecossistema brasileiro que mais sofreu alterações, sendo a ação dos agentes sociais sobre os usos da terra é um forte indicador dessa degradação de habitats, dada pelo desmatamento em massa destruindo sistemas essenciais à manutenção da vida, e dando origem a erosões e introdução de espécies exóticas (QUEIROZ, 2009).

O Maranhão possui 34% do seu território ocupado pelo bioma amazônico, sua área se encontra em estado crítico de conservação, principalmente pelo fato de o Estado encontrar-se em grande parte no arco do desmatamento (LEMOS; SILVA, 2011). Para Rivero *et al* (2009), o avanço da agricultura (de larga escala e de corte e queima) e pecuária são identificados como a principal causa de desmatamento na Amazônia.

Em Buriticupu- MA, município situado na Amazônia maranhense, o desmatamento deu-se inicialmente por conta do projeto de colonização em meados de 1970, a indústria madeireira fez com que grande parte da área de floresta desaparecesse, e posteriormente o corte raso da área supracitada intensificou-se dando lugar a pastagens para gado bovino. Entretanto, com a inserção da sojicultura, essa realidade vem assumindo novas proporções nas duas últimas décadas.

Devido as várias transformações ocorridas na Amazônia, houve uma intensificação no desmatamento, sobretudo em áreas plantadas com as culturas do agronegócio, o que vem acarretando em mudanças ambientais, o que pode ser atestado em Buriticupu-MA,

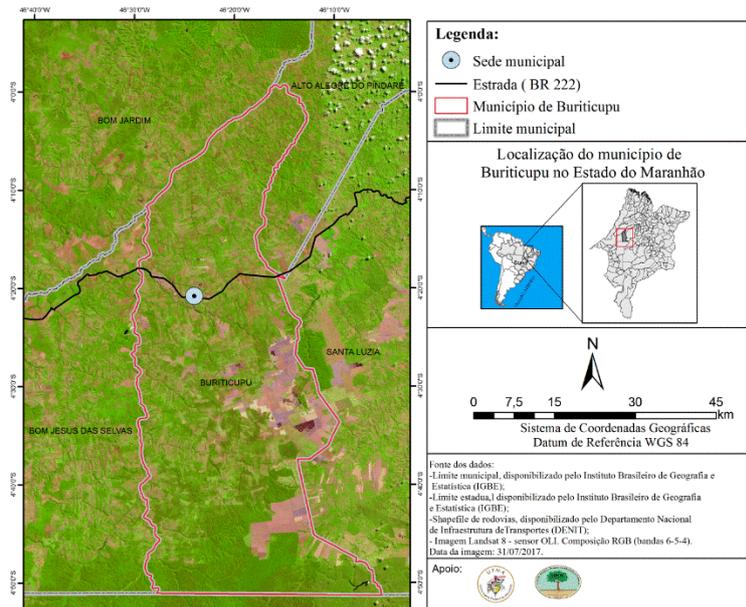
visto que o município tem sua base econômica assentada na pecuária, extração vegetal, lavoura temporária.

Em Buriticupu os usos da terra intensivos têm provocado a fragmentação da paisagem e a expansão das atividades agropecuárias estão reduzindo a biodiversidade no município. E diante da importância atual em que se discutem as causas e consequências das ações humanas sobre o ambiente, principalmente no que diz respeito à Floresta Amazônica, é evidente a necessidade da realização de pesquisa acerca dessa temática. Desta feita, esta pesquisa tem relevância ao objetivar analisar alterações do bioma amazônico em Buriticupu e os processos de substituição de antigas áreas de pastagens por cultivos agrícolas intensivos, próprios do agronegócio.

A utilização do Sensoriamento Remoto para a avaliação do ambiente é uma ferramenta essencial, visto que as imagens adquiridas pelos sensores acoplados aos satélites geram dados qualitativos e quantitativos do estado da vegetação por meio da aplicação dos índices de vegetação. Assim, a geotecnologia nesta pesquisa é ferramenta fundamental para monitoramento de áreas de vegetação com risco de desmatamento na Amazônia, podendo analisar tanto o passado como o presente e ainda o uso e ocupação dos solos, sobretudo no Município de Buriticupu.

### **Área de estudo**

O município de Buriticupu no Oeste Maranhense, com uma população de aproximadamente 65.226 habitantes e uma área de 2.546 km<sup>2</sup>, conforme o IBGE (2010). A localidade possui clima tropical continental que se divide em dois períodos, um chuvoso entre os meses de dezembro a junho e outro de estiagem de julho a novembro (COSTA, 2015; CPRM, 2011), com sua localização geográfica delimitada pelas coordenadas 4° 20' 34" S e 46° 24' 6" O (IBGE 2010), conforme representado na Figura 1.

**Figura 1** – Mapa de Localização do município

**Fonte:** Autoral (2019).

Buriticupu possui seu território assentado nas formações geológicas Itapecuru e Barreiras. A formação Itapecuru pertence a era mesozoica no período Cretáceo Superior que, é constituída por amplas variedades de rochas, como arenitos, argilitos e siltitos, e ocupa quase 50% do Estado do Maranhão (LOPES; TEIXEIRA, 2013). A formação Barreiras pertence a era Cenozóica do período Mioceno, onde houve a elevação do nível do mar que propiciou a deposição de sedimentos que formaram as rochas locais, com destaque para os arenitos imaturos (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

A vegetação da localidade é tipicamente amazônica, entretanto, com sucessão secundária de capoeira. Próximo às margens do rio e riachos há predominância de palmáceas com destaque para juçara (*Euterpe edulis*) e buriti (*Mauritia flexuosa*). O relevo é constituído por formações em tabuleiros, separados por vales na direção norte-sul (COSTA, 2015; CPRM, 2011), normalmente com feições erosivas ainda ativas.

Na região predominam os Latossolos Amarelos, tanto nas áreas dos tabuleiros terciários, quanto nos platôs (VALE, 2011) e os Argissolos Vermelho-Amarelos amplamente difundidos nas encostas do território municipal.

O município de Buriticupu está inserido nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba e é drenado pela bacia hidrográfica do rio Pindaré (CPRM, 2011). Em relação a água subterrânea, segundo CPRM (2011), o município apresenta aquífero poroso ou

intergranular, relacionado aos sedimentos consolidados na formação Itapecuru e pelos sedimentos inconsolidados do Depósitos Detritos-Lateríticas e pelos Depósitos Flúvio-Lagunares.

## **Procedimentos metodológicos**

### **Aquisição de material**

Para identificar a alteração na paisagem no município de Buriticupu (MA), foram utilizadas quatro imagens de satélite, sendo três imagens TM/ Landsat 5 (31/07/1988, 28/07/2001, 28/07/2010) e uma imagem do sensor OLI/Landsat 8 (31/07/2017). As imagens são da órbita 221 e 222 e ponto 63, disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS).

Salienta-se que a seleção desses produtos teve como critério o menor percentual de cobertura de nuvens para o período de transição da distribuição temporal da precipitação.

### **Pré-processamento das imagens**

O principal objetivo desta etapa consistiu na correção da projeção geográfica das imagens. Tal procedimento possibilitou a alteração para o sistema de coordenadas do hemisfério sul (código EPSG 32723), pois, as imagens adquiridas no *website* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) estão disponíveis para consulta em sistema de coordenadas do hemisfério Norte (código EPSG 32623).

Ainda na etapa do pré-processamento, realizou-se o recorte das imagens de satélite, com limites próximos aos limites máximos e mínimos de latitude e longitude do município de Buriticupu (MA). Este processamento foi realizado através do módulo *ArcToolbox* (ferramenta *Clip*) do software ArcGIS 10.1<sup>®</sup>. O recorte da imagem teve como propósito facilitar o processamento das imagens, tornando os processamentos mais rápidos.

### **Processamento das imagens**

A primeira etapa do processamento das imagens foi na calibração radiométrica. Esta etapa consiste em um processo em que cada ND é transformado em radiância espectral de cada banda ( $L_{\lambda_i}$ ). Para converter os ND de cada pixel em radiância

espectral foi utilizado os coeficientes de calibração para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, do satélite Landsat 5. Os coeficientes de calibração utilizados foram propostos por Chander et al. (2007). Os valores de radiância para cada banda foram obtidos pela equação 1, proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad \text{Equação 1}$$

onde:  $L_{\lambda_i}$  = radiância espectral de cada banda em Watts ( $W/m^2/sr1/ \mu m1$ ); a e b = coeficientes de calibração representando respectivamente as radiâncias espectrais mínima e máxima; ND = intensidade do pixel (valor inteiro entre 0 e 255); i corresponde as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do satélite Landsat 5.

Para a calibração da radiância espectral da imagem OLI/Landsat 8 foram utilizados os dados disponibilizados no ficheiro de metadados da imagem, conforme propõe USGS (2014) e Machado (2014). A equação utilizada foi a seguinte:

$$L_{\lambda} = M_L \cdot ND + A_L \quad \text{Equação 2}$$

onde:  $L_{\lambda}$  = radiância espectral;  $M_L$  = fator multiplicativo;  $A_L$  = fator aditivo de conversão específico para cada banda espectral; ND = Número digital.

A segunda etapa do processamento da imagem foi cálculo da refletância espectral monocromática para cada banda ( $\rho_{\lambda_i}$ ). O cálculo da refletância espectral monocromática para cada banda ( $\rho_{\lambda_i}$ ), que é a razão entre o fluxo da radiação solar refletida e o fluxo da radiação solar incidente, foi obtido de acordo com a equação 3 (BASTIAANSSEN, 1995):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad \text{Equação 3}$$

onde  $L_{\lambda_i}$  = radiância espectral de cada banda;  $ESUN_{\lambda}$  = irradiância solar espectral no topo da atmosfera, utilizou-se os valores propostos por Chander et al (2007);  $\cos Z$  = cosseno do ângulo de incidência da radiação solar;  $d_r$  = inverso do quadrado da distância relativa entre Terra–Sol.

O inverso do quadrado da distância relativa Terra–Sol ( $d_r$ ) é obtido pela Equação 4 conforme propõe Iqbal (1983).

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(DSA \frac{2\pi}{365}\right) \quad \text{Equação 4}$$

onde DSA = dia sequencial do ano.

O  $\cos Z$  (cosseno do ângulo de incidência da radiação solar) foi obtido a partir do ângulo de elevação do sol, que está disponível no ficheiro de metadados de cada imagem.

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad \text{Equação 5}$$

onde: E = é o ângulo de elevação do Sol (obtido no ficheiro de metadados da imagem).

A terceira etapa do processamento da imagem foi a estimativa do índice de vegetação, este índice foi estimado com objetivo de identificar a alteração na paisagem. O índice de vegetação avaliado nesta pesquisa foi o Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS), com base nas reflectâncias das regiões espectrais do vermelho e do infravermelho próximo. O IVAS desenvolvido por Huete (1988) procura amenizar os efeitos do “background” do solo na resposta espectral da vegetação. Assim, o IVAS é obtido pela Equação 6:

$$IVAS = \frac{(1+L)(\rho_{IV} + \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:  $\rho_{IV}$  = a banda espectral no infravermelho próximo, para as imagens Landsat 5 foi utilizado a banda espectral 4 e para a imagem Landsat 8 foi utilizado a banda espectral 5;  $\rho_V$  = a banda espectral do vermelho, para as imagens Landsat 5 foi utilizado a banda espectral 3 e para a imagem Landsat 8 foi utilizado a banda espectral 4; L = é o fator de ajuste para o substrato do dossel, esta constante minimiza o efeito do solo e pode variar entre 0 e 1. Segundo o propositor do método, os valores ótimos para L são: L = 1 (baixas densidades de vegetação) L = 0,5 (densidades médias de vegetação) L = 0,25 (densidades altas de vegetação).

Após a estimativa do IVAS foi elaborado os histogramas de frequência dos valores do índice de vegetação para cada data analisada, posteriormente houve a

elaboração dos cartogramas, e em seguida procedeu-se a discussão conjunta dos resultados obtidos.

## **Resultados e discussões**

### **Desmatamento na Amazônia maranhense frente à expansão da agricultura e pecuária**

A floresta amazônica é considerada a maior floresta tropical do mundo contemplando um dos ecossistemas mais importantes para a biodiversidade, contribui também para a regulação do clima por meio da evapotranspiração. Conforme Araújo et al (2011, p. 34),” a floresta amazônica é uma das regiões mais ricas e de maior biodiversidade do planeta. Abriga cerca de 10% das espécies conhecidas de mamíferos e 15% das espécies de plantas. É também um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo.” Para Domingues e Bermann (2012, p. 11), esses fatos não impediram que se abrissem novas fronteiras para o desmatamento, em função do cultivo da soja e da criação de rebanho de gado, resultando em perda da qualidade do solo, erosões e lixiviação.

A região da Amazônia cobre 9 estados do Brasil sendo eles: [...] “Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, totalizando uma área de 5.088.668,43 km<sup>2</sup>, representando 59,76% do território nacional”. (ARAÚJO et al, 2011, p. 34)

Segundo Araújo et al (2011, p. 38), o Maranhão por estar em uma área de transição entre biomas, possui características que são ideais para dar lugar a pastagens e a agricultura do agronegócio.

O Maranhão representa uma área de transição entre o Nordeste e a região amazônica. O estado encontra-se numa posição entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Dessa forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas[...].

O Maranhão possui 34% do seu território ocupado pelo bioma amazônico, sua área se encontra em estado crítico de conservação, “[...] principalmente pelo fato de o Estado encontrar-se em grande parte no arco do desmatamento [...]” (LEMOS; SILVA, 2011, p), apontam.

Para Rivero et al (2009), o avanço da agricultura (de larga escala e de corte e queima) e pecuária são identificados como a principal causa de desmatamento na

Amazônia. Sobre o desmatamento e a ocupação da Amazônia Domingues e Bermann (2012, p. 12) explicam:

De fato, a expansão da produção de soja está causando um grave desmatamento por meio da dinâmica de derrubada da floresta, implantação da pecuária e transformação posterior da área em agricultura mecanizada. Esse processo leva à expansão da fronteira agrícola. Com a crescente modernização da produção, muitos trabalhadores ficam excluídos desses processos, mas também tendem a serem deslocados para áreas marginais, onde contribuem para a abertura de novas fronteiras móveis ou expandem o alcance daquelas existentes.

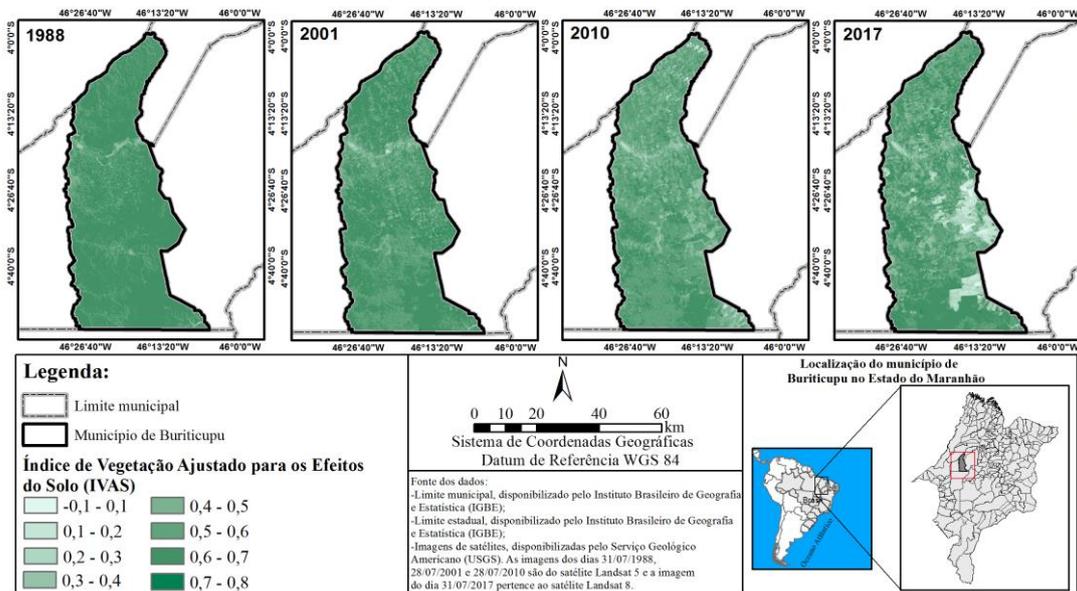
Segundo Lemos e Silva (2011, p. 99), a chamada Amazônia Legal integra os estados Amazonas, Acre, Amapá, Mato Grosso, Maranhão, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins e reúne o maior número de municipalidades com áreas desmatadas acima de 80%. O Sudeste Paraense, o Sul do Mato Grosso, o Centro de Rondônia, o Leste do Maranhão e o Norte do Tocantins têm a maior concentração de área já desmatada. Ambos correspondem às regiões onde os processos de ocupação da fronteira foram mais intensos a partir da década de 1970.

Em Buriticupu- MA, o desmatamento deu-se inicialmente por conta do projeto de colonização em meados de 70 (IBGE, 2015). Ou seja, a indústria madeireira fez com que grande parte da área de floresta desaparecesse, e posteriormente o corte raso da área supracitada intensificou-se dando lugar a pastagens para gado bovino. Entretanto com a inserção da sojicultura, essa realidade vem assumindo novas proporções nas últimas décadas.

### **Estimativa do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS) na detecção de mudanças ambientais em Buriticupu-MA**

A Figura 2 apresenta a espacialização do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS) para as datas 31/07/1988, 28/07/2001, 28/07/2010 e 31/07/2017, com fator de ajuste para o substrato do dossel de 0,5, recomendado para áreas de cobertura vegetal média. Salienta-se que a estimativa do IVAS apresentou resultados satisfatórios no que diz respeito a representação da vegetação da região estudada, permitindo detectar as alterações na paisagem, conforme demonstrado na figura 2.

**Figura 2** - Carta temática da distribuição espacial do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS), nas datas 31/07/1988, 28/07/2001, 28/07/2010 e 31/07/2017



**Fonte:** Autoral (2023).

A análise das imagens do IVAS e de suas classes de área permite chegar às seguintes constatações: os valores IVAS concentram-se no intervalo -0,1 e 0,8, que agrupam tanto solo exposto, solos de cobertura reduzida quanto mata nativa e culturas de médio e alto vigor vegetativo.

Conforme observa-se na Figura 2, as cenas dos dias 31/07/1988 e 28/07/2001 em toda a área de estudo prevalece a classe do IVAS com os valores mais elevados (cor verde de tonalidade mais escura), com destaque para a cena do dia 31/07/1988, permitindo constatar que nessa data o município de Buriticupu (MA) apresentava maior predomínio de solo recoberto pela vegetação.

Ao comparar a cena do dia 28/07/2010 com as cenas anteriores (31/07/1988 e 28/07/2001) é possível observar o crescimento da área com os menores valores do índice de vegetação, representada pelas classes 0,1-0,2 e 0,2-0,3 do IVAS (cor verde de tonalidade mais clara), demonstrando menor vigor da vegetação e leve crescimento da área com solo antropizado.

Observa-se na análise da Figura 2, na cena do dia 31/07/2017, que houve redução da área com cobertura vegetal e crescimento significativo das áreas destinadas ao cultivo. Entre todas as cenas, a área ocupada pelas classes dos valores mais baixos do IVAS (classes 0,1-0,2 e 0,2-0,3), teve maior destaque na data de 31/07/2017, sobretudo, no setor leste e sudeste do município de Buriticupu (MA).

A Tabela 1 apresenta a estatística do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS), partir do desvio padrão é possível verificar que os valores do IVAS deixam de ser homogêneos e passam a apresentar características heterogêneas, e isto é confirmado também ao analisar os histogramas de frequência dos valores dos pixels do IVAS. A Figura 3 apresenta os histogramas de frequência do IVAS: (a) histograma do IVAS de 1988, (b) histograma do IVAS de 2001, (c) histograma do IVAS de 2010 e (d) histograma do IVAS de 2017.

**Tabela 1** - Estatística descritiva do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS) para as datas 31/07/1988, 28/07/2001, 28/07/2010 e 31/07/2017.

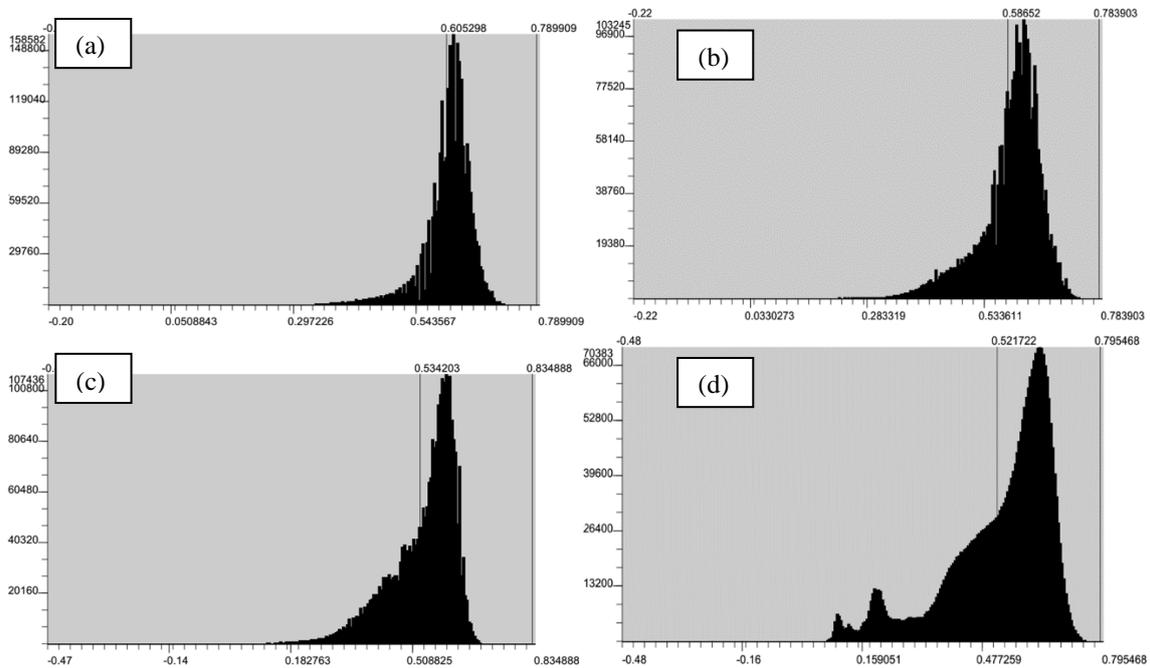
Ano	Máximo	Mínimo	Media	Mediana	Moda	Desvio Padrão
1988	0.79	-0.20	0.61	0.61	0.62	0.05
2001	0.78	-0.22	0.59	0.60	0.62	0.07
2010	0.83	-0.47	0.53	0.56	0.60	0.09
20.17	0.80	-0.48	0.52	0.56	0.63	0.14

Fonte: Org. Autoral (2023).

Na Figura 3 nota-se que a cena com frequência mais homogênea dos valores do IVAS foi a de 31/07/1988, entre os valores dos pixels para esta data o desvio padrão foi apenas 0.05. O baixo desvio padrão ocorreu devido a área analisada, na data citada, não apresentar grande variação do uso do solo.

O histograma de frequência dos valores dos pixels do IVAS que representa a cena do dia 28/07/2001 seguiu o mesmo padrão da cena anterior, é representado por distribuição homogênea entre os valores dos pixels e baixo desvio padrão, o desvio padrão foi de 0.07, conforme observa-se na Tabela 1.

**Figura 03** - Histogramas de frequência do IVAS: (a) Histograma do IVAS de 1988, (b) Histograma do IVAS de 2001, (c) Histograma do IVAS de 2010 e (d) Histograma do IVAS de 2017.



Fonte: Org. Autoral (2023)

No histograma de frequência do dia 28/07/2010 verifica-se que a espacialização dos valores dos pixels começa a apresentar características heterogêneas, os valores dos pixels tiveram maior variação, quando comparado com as cenas anteriores. O desvio padrão dos valores dos pixels para esta data foi de 0,09.

O histograma que representa os valores dos pixels do IVAS referente a data de 31/07/2017 apresentou maior variação entre os valores máximos e mínimos. Os valores dos pixels para esta data demonstram assimetria à direita, como pode ser observado na Figura 3(d), evidenciando a redução da área com os valores máximos do IVAS. Esta foi a cena que apresentou o maior desvio padrão (0.14), isto indica maior heterogeneidade do uso do solo na data supracitada.

### Considerações Finais

Os dados da pesquisa permitiram observar que boa parte da área utilizada para o cultivo de soja e milho foram desmatadas nas décadas de 1980 e 1990 para implantação do projeto de colonização. Entretanto, segundo as imagens dos satélites TM/ Landsat 5, nota-se que os valores IVAS concentram-se no intervalo -0,1 e 0,8, que agrupam tanto

solo exposto, solos de cobertura reduzida quanto mata nativa e culturas de médio e alto vigor vegetativo e apresentou o maior desvio padrão (0.14) no ano de 2017, isto indica maior heterogeneidade do uso do solo na data supracitada, resultando na alteração da paisagem de Buriticupu entre os anos de 1988 a 2017, com as antigas áreas de pastagem sendo substituídas por cultivos de soja, após a chegada dos grandes produtores.

### Referências

ARAÚJO, E. P. D; LOPES, J. R.; CARVALHO FILHO, R. **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação**. Org. Marlúcia Bonifácio Martins; Tadeu Gomes de Oliveira – Belém: MPEG, 2011. 328 p.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of Surface Flux Densities and Moisture Indicators in Composite Terrain. A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean Climates**. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 1995.

COSTA, N. **Indicadores físicos e químicos do solo e processos erosivos no Município de Buriticupu-MA**. Buriticupu, 2015.

CPRM. Projeto de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: **Relatório Diagnóstico do Município de Buriticupu**. Teresina: CPRM, 2011. 31 p.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O Arco de Desflorestamento na Amazônia: Da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XV, n. 2. p. 1 -12. ago. 2012. 26 jan./jun. 2015.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/?1>. Acesso em: 17 fev. 2023.

LEMONS, A. L. F.; SILVA, J. A. Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, Causas, Monitoramento e Possibilidades de Mitigação Através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**. 2011; 18(1). p. 98-103.

LOPES, E. C. S.; TEIXEIRA, S. G. Contexto Geológico. Em I. C. BANDEIERA. **Geodiversidade do Estado Maranhão**. Teresina : CPRM, 2013. p. 25.

MACHADO, C. C. C. **Alterações na superfície do Parque Nacional do Catimbau (PE-Brasil): consolidação dos aspectos biofísicos na definição dos indicadores ambientais do bioma Caatinga**. Tese (Doutorado em Geografia), Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Recife, 2014.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

QUEIROZ, F. A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado. **Soc. nat.** Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 03, ago. 2009.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O., ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova econ.**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 42-43, abr. 2009.

USGS (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY). **Landsat 8 (L8) Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)**. 2014. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8-oli-and-tirs-calibration-notice>> Acesso em: 17 fev. 2023.

*Recebido em 01 de fevereiro de 2023.*

*Aceito 10 de abril de 2023.*

*Publicado em 22 de maio de 2023.*