

# REVISTA DE GEOGRAFIA



## DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLOS COMO INSTRUMENTO DE DECISÃO PARA A GESTÃO AMBIENTAL NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CAPIXABA-ACRE

CHANGES IN LAND USE AND COVERAGE AS A DECISION INSTRUMENT FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE AMAZON: A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF CAPIXABA-ACRE

**Cynara Alets Sthuasth Souza de Melo França**

Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do

Rio de Janeiro (PPGEO/UERJ).

E-mail: [cynaraalets@gmail.com](mailto:cynaraalets@gmail.com)

Orcid: 0000-0001-7189-0635

**Leandro Andrei Beser de Deus**

Doutor em Planejamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Professor do

Instituto de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IGEOG/UERJ) e

no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO/UERJ).

E-mail: [leandrobaser@gmail.com](mailto:leandrobaser@gmail.com)

Orcid: 0000-0002-5727-2897

### Resumo

O instrumento de Gestão e Ordenamento Territorial do Estado do Acre, Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE-Fase II), esboça diretrizes de controle no uso e ocupação do solo e para a conservação e preservação do meio ambiente. Para detecção destas transformações, o Sensoriamento Remoto associado à Cadeia de Markov e aos modelos de tendência é fundamental na identificação dessas mudanças, tentando prever o movimento futuro do desmatamento baseado em dados históricos e estatísticos. Este artigo tem por objetivo analisar as mudanças de uso e cobertura do solo no município de Capixaba, no período de 10 anos (2007 e 2017), após o lançamento do ZEE II, por meio de classificação supervisionada de imagens do satélite Landsat-TM 5 e OLI 8. As classes abordadas são: floresta, capoeira, queimadas, solo exposto e água. Desta forma, com base nas cenas ambientais geradas, a partir da classificação das imagens foram realizadas análises espaços-temporais dos dados matriciais produzindo um cenário tendencial (da perspectiva de passado-presente para futuro) de mudanças de uso e cobertura, utilizando o software IDRISI® através da ferramenta Land Change Model - LCM. Os principais produtos gerados incluem análise de mudanças, detecção de mudanças, mapa de tendência cúbica e matriz de transição. Com os resultados gerados no perfil espectro-tempo buscou-se compreender a dinâmica da área de estudo, que apresenta ritmo acelerado de mudanças de uso e cobertura do solo. Trata-se, assim, de uma área estratégica, localizada na bacia transfronteiriça do rio Acre e cortada por eixo de integração, a Rodovia Interoceânica, que pode atuar como mais uma força motriz de transformações na região.

**Palavras-chave:** ZEE, Uso e Cobertura, LCM, Tendência.

## Abstract

The Management and Territorial Planning instrument of the State of Acre ZEE-II outlines guidelines for controlling the use and occupation of land and for the conservation and preservation of the environment. To detect these transformations, Remote Sensing associated with the Markov Chain and trend models, are fundamental in identifying these changes, trying to predict the future movement of deforestation based on historical and statistical data. This article aims to analyze the changes in land use in the municipality of Capixaba over the 10 years period (2007 and 2017) after the launch of the ZEE II, through supervised classification of Landsat-TM 5 and OLI 8 satellite images. Addressed are: forest, capoeira, fires, exposed soil and water. Therefore, based on the environmental scenes generated, from the classification of the images, spatial-temporal analyzes of the matrix data were performed, producing a trend scenario (from the perspective of past-present to future) of changes in use and coverage, using the IDRISI® software. Through the Land Change Model - LCM tool. The main products generated include change analysis, change detection, cubic trend map and transition matrix. With the results generated in the spectrum-time profile, the dynamics of land use must be understood.

**Keywords:** ZEE, Land Cover & Land Use, LCM, Trend.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, é observada uma crescente pressão no desmatamento na Amazônia alterando o ambiente em magnitudes e escala sem precedentes (SKOLE et al., 1994; TURNER et al., 1994). Todo esse processo de ocupação é principalmente para criação de pastos e cultivos observando as diferenças regionais que acompanham o processo de ocupação e desenvolvimento na região (ALVES, 2001). Dentre as causas diversas de alteração do espaço Amazônico temos a agropecuária, queimadas, extração madeireira, migração de população e incentivo fiscais. O resultado dessa degradação é a perda de biodiversidade, a diminuição das chuvas e, com as queimadas, a emissão de gases que contribuem para o processo do efeito estufa (BRITALDO et al., 2005; FEARNSSIDE, 2005).

O monitoramento do desmatamento pelo governo federal que vem desde 1988, onde se monitora a situação da cobertura florestal na Amazônia por meio de imagens de satélite, tem como responsável o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, através do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), na qual divulga o percentual dessas alterações anualmente para toda a região. Esse sistema tem demonstrado ser de grande importância para ações e planejamento de políticas públicas (INPE, 2006).

Agregado ao monitoramento do desmatamento, há também outros sistemas que auxiliam o monitoramento como o SAD – Sistema de Alerta do Desmatamento, desenvolvido pelo Imazon em 2008, que reporta mensalmente as ocorrências de desmatamento e degradação florestal na região (IMAZON, 2016).

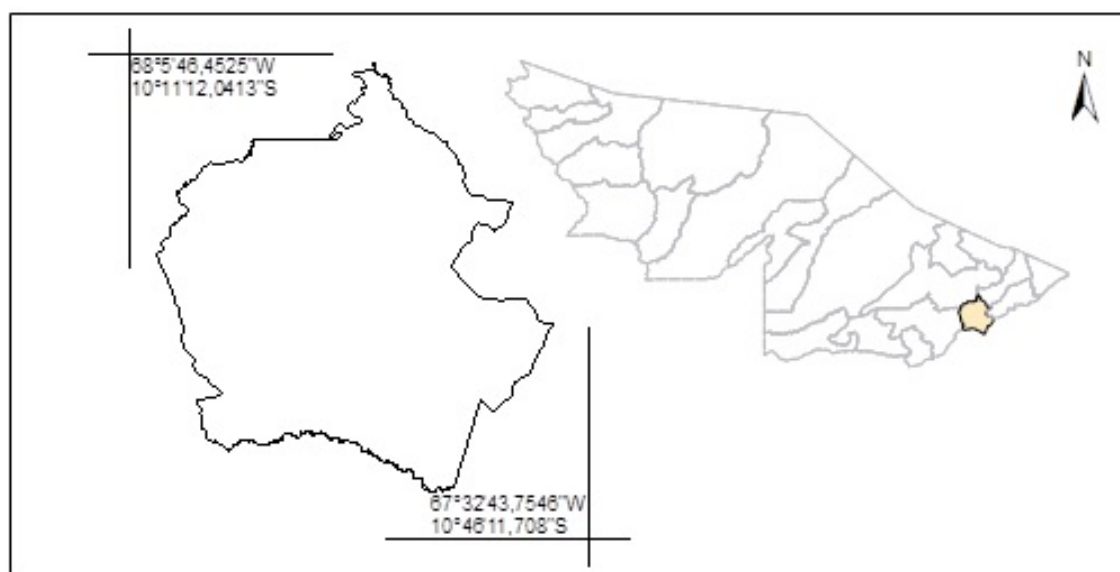
Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar as mudanças de uso e cobertura no município de Capixaba/Acre, incluindo modelagem de mudanças para estabelecimento de cenário tendencial futuro. Além disso, buscou-se confrontar/comparar os resultados, no eixo das políticas públicas, tendo como referência as diretrizes do Zoneamento Ecológico - Econômico -

ZEE Fase II<sup>1</sup>. Para as apreciações das mudanças e previsões realizadas, definiu-se a periodicidade decenal, considerando os seguintes marcos temporais: 2007 como ano de lançamento do ZEE II; 2017 ano de reeleitura e 2027 para a saída dos modelos de mudanças. Constatando-se a dinâmica de uso e cobertura do solo e o cenário tendencial estabelecido, pode-se inferir como o instrumento de Planejamento Ambiental, ZEE II, pode ter sua efetividade avaliada ao confrontá-lo com as análises e outros fatores que impulsionam o desmatamento.

Segundo Brown (2004), os modelos espaciais são um ponto de partida para o entendimento das dinâmicas dos sistemas naturais, assim como para avaliar e prever suas trajetórias. Há diversos estudos sobre as mudanças no uso e cobertura do solo, onde o conhecimento dos fatores determinantes e a utilização de ferramentas e modelos, como o Land Change Model (LCM) (RAI 2014), corroboram de forma relevante para a discussão e implementação de práticas de gestão (ARMENTERA, 2019). Análises espaciais e modelos ou previsões poderão subsidiar os órgãos ambientais na utilização do ZEE como efetivo instrumento de gestão e controle dos recursos naturais, bem como subsidiar políticas públicas para o desenvolvimento sustentável.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

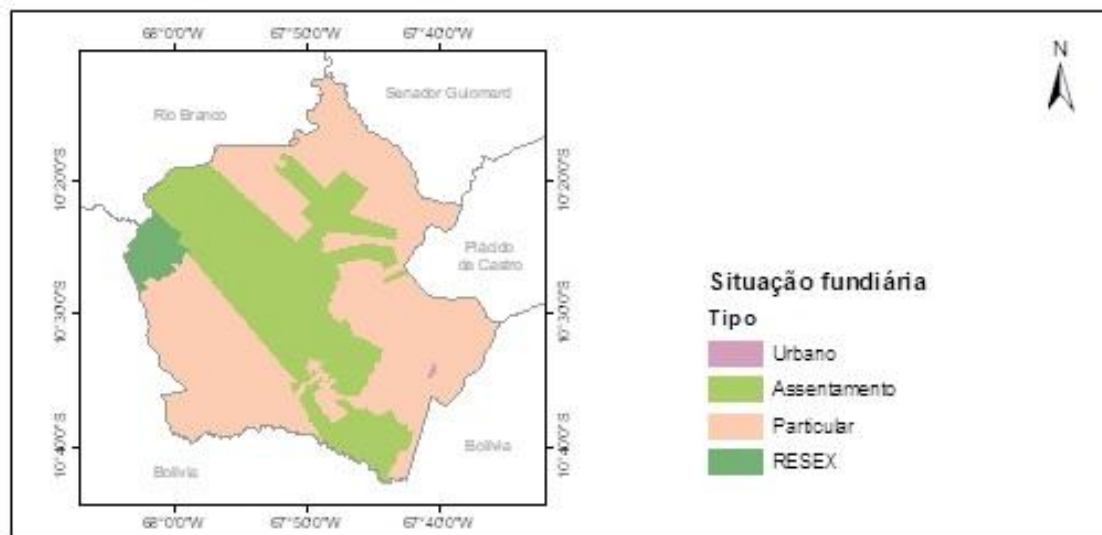
A área de estudo está localizada na Amazônia Ocidental<sup>2</sup>, especificamente no sudeste do estado do Acre (**Figura 1**), que corresponde ao município de Capixaba, com superfície territorial de 1.701,974 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). A criação do município data de 1992 (ACRE, 2000). Para as estimativas populacionais do IBGE 2018, Capixaba está em 17º lugar em relação aos outros municípios do Acre, que somam um total de 22 municípios. A população estimada é de 12.008 (IBGE 2020) pessoas, sendo um dos municípios com uma das taxas mais baixas de urbanização.



<sup>1</sup> O ZEE fase I, escala 1:1.000.000, foi a organização de dados dispersos do estado dividido em 3 volumes. O ZEE fase II, escala 1:250.000, possui ações mais detalhadas para a gestão do território.

<sup>2</sup> Composta pelos Estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima, a Amazônia Ocidental detém mais de 40% da extensão territorial da Amazônia Legal.

**FIGURA 1.** Mapa de localização do município de Capixaba – Acre.  
Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração: os autores.



**FIGURA 2:** Mapa da situação fundiária do município de Capixaba – Acre.  
Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração: os autores.

Em características gerais, o município tem clima quente e úmido, com altas temperaturas e elevados índices de precipitação pluviométrica e alta umidade relativa do ar (ACRE, 2000). A vegetação predominante é de floresta ombrófila aberta de palmeiras e de floresta ombrófila densa.

A situação fundiária do município (**Figura 2**), segundo a base cartográfica do ZEE II (ACRE, 2010), mostra que 60% do território são de propriedades particulares e 37% são projetos de assentamentos que se dividem em 2 (duas) modalidades, sendo projeto de assentamento tradicional (PA) voltado para a produção agrícola e o ambientalmente diferenciado denominado projeto de assentamento agroextrativista (PAE).

A alteração da cobertura florestal no município de Capixaba, tanto na agricultura como para a criação de animais tem sido um dos principais colaboradores do desmatamento dentro das atividades humanas desenvolvidas (AMARAL, 2001). O censo agropecuário de 2006 mostra que dos 1.041 estabelecimentos, 93% praticavam a criação de animais e 83% eram voltados para a produção agrícola. O censo agropecuário de 2017 mostra que as 3 (três) principais atividades do município voltadas para a lavoura são: a mandioca (7.565 ton), o milho (4558 ton) e banana (1734 ton). Para as atividades de criação animal, 6% do total do estado ficam com o rebanho bovino e 3% com a criação de galináceos.

Faz parte também da história do município e das mudanças de uso e cobertura do solo, a instalação de uma usina de álcool, datada de 1986 que funcionou em curto espaço de tempo (PEREIRA, 2010), junto a isso, a criação de um projeto de assentamento vizinho a área da usina com o intuito de produzir insumo (cana de açúcar) para a mesma, mas devido a problemas

financeiros a empresa entrou em insolvência e o projeto foi abandonado (WOLSTEIN, 1998), tendo sua reativação no ano de 2010.

Outro destaque que pode ser considerado um fator para o aumento do desmatamento é a melhoria e a duplicação rodovia federal BR-317 nos anos 2000 (AMARAL, 2001). Além do contexto de participação no crescimento econômico do estado, a BR-317 (**Figura 3**) passou a ser denominada de interoceânica (Estrada do Pacífico), tendo por objetivo ligar os países Brasil-Bolívia-Peru, permitindo a expansão comercial entre esses países (ACRE, 2010) e podendo vir a fortalecer a produção agropecuária do município de Capixaba.



**FIGURA 3.** Placa de sinalização na Estrada do Pacífico. Fonte: Acervo SEMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente) / Acre

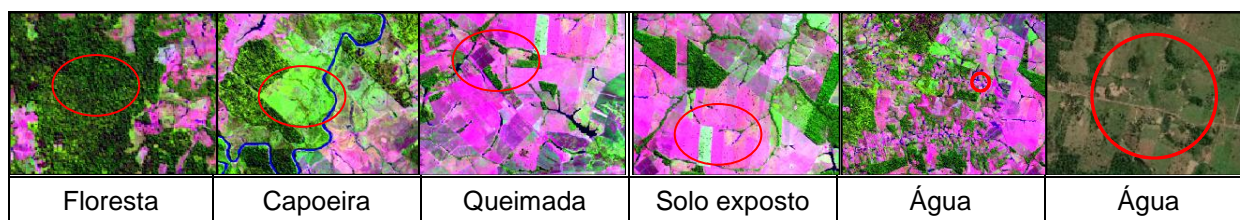
Segundo o PRODES, o município de Capixaba possuía em 2017 o equivalente a 52,84% do seu território desmatado. A média de incremento anual de desmatamento entre os anos de 2007 e 2017 é de 8,45 km<sup>2</sup>, sendo 2012 e 2016 os anos com maior incremento, com 15,08 km<sup>2</sup> e 16,35 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas respectivamente.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, foram utilizadas 2(duas) imagens multiespectrais, uma do satélite Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*) órbita-ponto 002/067, bandas 3 (0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ ), 4 (0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ ) e 5 (1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$ ) para o ano de 2007; e satélite Landsat 8 OLI (*Operation Land Imager*) órbita-ponto 002/067, bandas 6 (1,57–1,65 $\mu\text{m}$ ), 5 (0,85–0,88  $\mu\text{m}$ ) e 4 (0,64–0,69  $\mu\text{m}$ ) para o ano de 2017. A resolução espacial das imagens é de 30 metros. As imagens foram adquiridas no site USGS da coleção 1 - nível 2, onde esses já recebem o emprego de algoritmos de calibração radiométrica e correção atmosférica para os produtos Landsat.

Numa segunda etapa, foi feita a composição de bandas para a identificação dos alvos (**Figura 4**) e a classificação supervisionada a partir do algoritmo *Maximum Likelihood* no software

ARCGIS®. A classificação supervisionada demanda o conhecimento prévio sobre a área para a realização da coleta de amostras das classes que serão mapeadas pelo analista (NOVO, 2010).



**FIGURA 4:** Chave de interpretação para as classes de trabalho  
Fonte: NASA Programa Landsat. Elaboração: os autores.

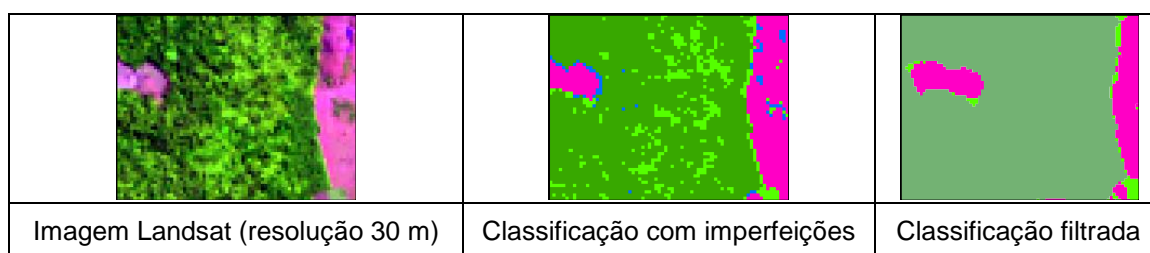
Na escolha das classes, foi considerada a resposta espectral que compõe o ambiente em função da escala espacial. A simplificação das classes se dá pela dificuldade em diferenciar usos mais detalhados como: lavouras, campos produtivos, pastagem e outros, pois a imagem traz um intervalo espectral muito próxima do que seria solo exposto, gerando uma homogeneidade na resposta de difícil separação entre as classes (PONSONI et al., 2015). Para o mapeamento da cobertura de uso do solo, foram definidas 5 classes temáticas, cujas principais características a partir da resposta espectral dos alvos são:

- Floresta: compreende o domínio da floresta ombrófila e/ou floresta densa, em função das características das formas de relevo.
- Capoeira: caracterizada pela ocorrência de vegetação em vários estágios de sucessão secundária como os plantios agrícolas e gramíneas de porte alto.
- Queimadas: áreas de florestas queimadas e bordas de áreas abertas e campo aberto queimado.
- Solo exposto: composto de áreas urbanas, estradas e ramais, áreas de pasto limpo e pastos degradados ou sujos.
- Água: representa os corpos d'água compostos pelos leitos dos rios, igarapés permanentes e temporários e açudes das propriedades rurais.

Para o processo de classificação das imagens de satélite, utilizou-se o método supervisionado, adquirindo 90 amostras por classe. Para conferir o desempenho do classificador foi usada a matriz de confusão, empregada para avaliar o modelo de classificação adotada na metodologia proposta. Foram criados pontos aleatórios gerados pela ferramenta *Create Random Points* do ARCGIS®, com quantias variadas por classe. Os dois mapeamentos obtiveram índice Kappa igual a 0,8, o que significa segundo Fonseca (2000) e Congalton (1988), um bom desempenho do algoritmo classificador e a exatidão da classificação, observando se há confusão entre classes no processo de refinamento da classificação.

No pós-processamento, foram executadas edições matriciais utilizando filtros de correção para realocação de pixel, *Majority Filter*, baseado na proximidade das células vizinhas (TAGLIARINI; RODRIGUES; SILVEIRA, 2015). Esse filtro atua na eliminação de pixels não

expressivos na classificação, devido a sua não representação na escala final, pois não serão visíveis. Os *pixels* serão diluídos nas classes vizinhas de maior área (**Figura 5**). Estes erros, em muitos casos, “consistem na classificação de áreas menores que a menor unidade mapeável. Foi adotada uma área mínima de 03 hectares, condições necessárias para que um possível polígono de desmatamento<sup>3</sup> fosse detectado levando em consideração a escala espacial das imagens [...]” como o classificador automático classifica cada pixel individualmente, é de se esperar que regiões menores que a menor unidade mapeável apareçam” (SOUZA JUNIOR et al., 2006). Mesmo após todo esse processo, foram feitas edições vetoriais manuais para corrigir algumas confusões de classe que ainda ocorreriam no mapeamento.



**Figura 5.** Aplicação de filtros para correção de áreas menores que a menor unidade mapeável.  
Fonte: Adaptado de Souza Junior et al. (2006).

A partir do mapeamento das classes, foi realizada análise quantitativa das mudanças observadas no uso e cobertura do solo com o auxílio do modelo *Land Change Modeler - LCM*, (EASTMAN, 2011), disponível no software *IDRISI®*. Esse módulo também atuou na a construção dos produtos relacionados à modelagem de mudanças do cenário tendencial proposto. Desta forma, têm-se como resultados os seguintes produtos:

- Análise de mudanças: alterações ocorridas nas áreas gerando perdas e ganhos para as classes estabelecidas;
- Mapa de tendência cúbica: permite a identificação da direção na qual ocorre a maior mudança entre as classes de estudo;
- Modelo de detecção de mudanças: apresenta as células que sofreram alterações de classe informacional no intervalo de análise.
- Matriz de transição/cadeia de Markov<sup>4</sup>: descreve sobre a probabilidade de transição de uma classe para outra.

A matriz de transição, baseada em Markov, é uma matriz quadrada  $M \times M$ , em que os elementos representam a probabilidade de mudança de um tema para outro. Esta compreende uma representação matemática das cadeias de Markov (MARKOV, 1971; BRIASSOULIS, 2000; PEDROSA e CÂMARA, 2007; RUHOFF et al., 2010; GRIGOLETTI, 2009). Para as análises dos

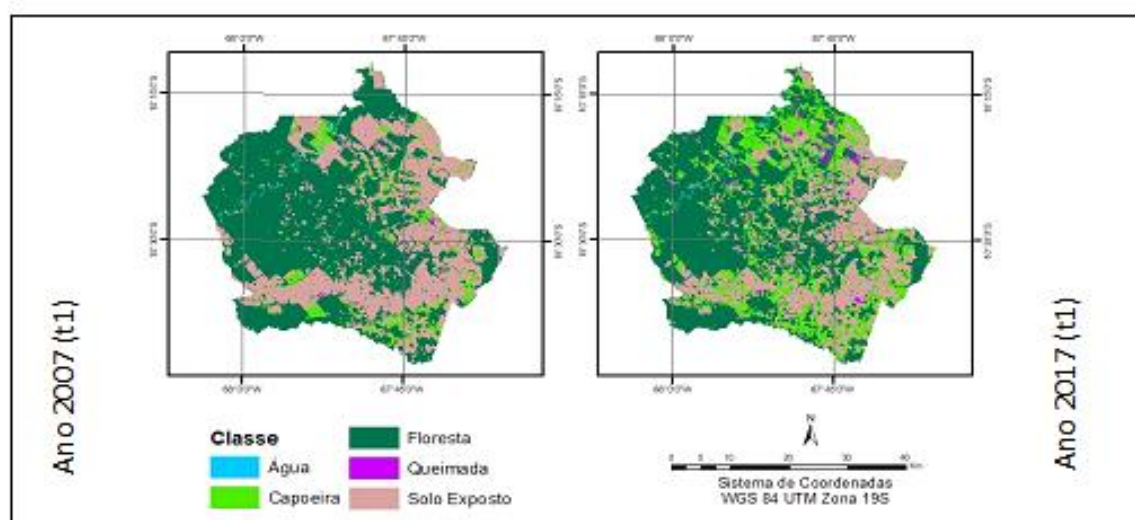
<sup>3</sup> “Especialmente, para o estado do Acre, havia a necessidade de informações que contemplassem as alterações de uso do solo em escala local, pois o território tem uma característica de pequenos desmatamentos com até 10 ha (IMAZON, 2006; AUTOR, 2008).”

<sup>4</sup> Cadeia de Markov: modelagem empírica de sistemas que descrevem um processo estocástico (teorias de probabilidade).

outros temas utilizados pertencentes à base cartográfica contínua digital do Estado do Acre (ZEE II) na escala de 1:100.000, foi realizado um recorte para o município de Capixaba contendo o limite do município, a situação fundiária e as zonas de interesse definidas no ZEE/AC.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Processados os dados iniciais, foram elaborados mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 2007 e 2017 (**Figura 6**), bem como as quantificações de cada classe de cobertura em km<sup>2</sup> e percentual de mudanças entre as classes em relação ao município (**Tabela 1**). As duas cenas ambientais referem-se a: tempo passado *t1* - ano 2007 e tempo presente *t2* - ano 2017. Na evolução temporal, quando avaliados os números, a vegetação diminuiu em torno de 15%. A área antropizada, unindo solo exposto e capoeira, aumentou os mesmos 15%. Em análises separadas, solo exposto teve uma redução de 19% da área em 2017, quando comparado a 2007.



**Figura 6.** Resultado da classificação do uso e cobertura do solo no município de Capixaba para os anos de 2007 e 2017. Elaboração: os autores.

O mapa de Gestão do Território (ACRE, 2010) para o estado do Acre, foi construído a partir da sistematização de dados na qual definem as suas potencialidades. Essas áreas foram denominadas de zonas (**tabela 2**), que são áreas com características e usos semelhantes. A definição dos dados para Capixaba, quanto às zonas de consolidação do ZEE II, se distribui conforme **Figura 7**. A zona mais consolidada e com um percentual de 61% do município é a Zona 1, com definições de uso e/ou diretrizes já definidas em subzonas (**Figura 8**), que estão voltadas para os sistemas de produção e produção familiar.



**TABELA 1.** Área em Km<sup>2</sup> e porcentagem das classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2007 e 2017 do município de Capixaba.

Classes	Área			
	2007		2017	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Água	10,8	1%	16,8	1%
Capoeira	115,7	7%	348,4	20%
Floresta	984,0	58%	835,9	49%
Queimada	6,4	0%	28,6	2%
Solo exposto	585,0	34%	472,3	28%

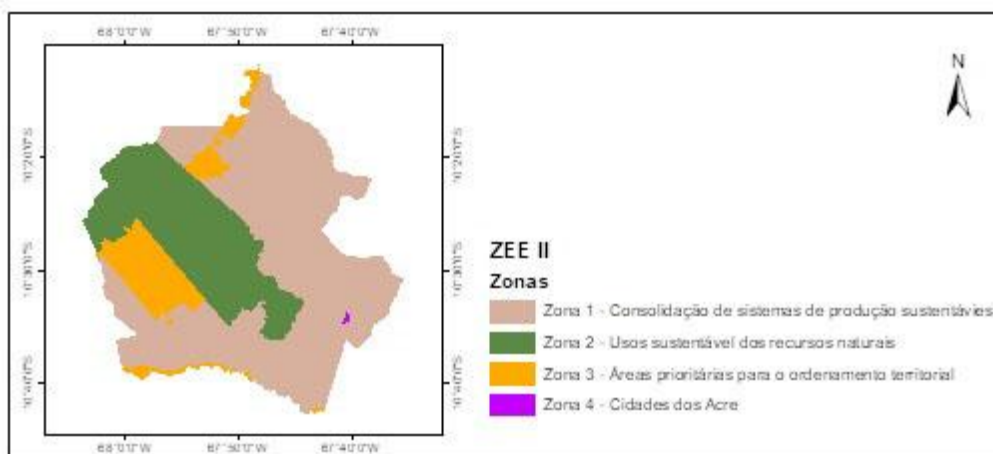
Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração: os autores.

**TABELA 2.** Parcelamento das zonas de consolidação do ZEE II.

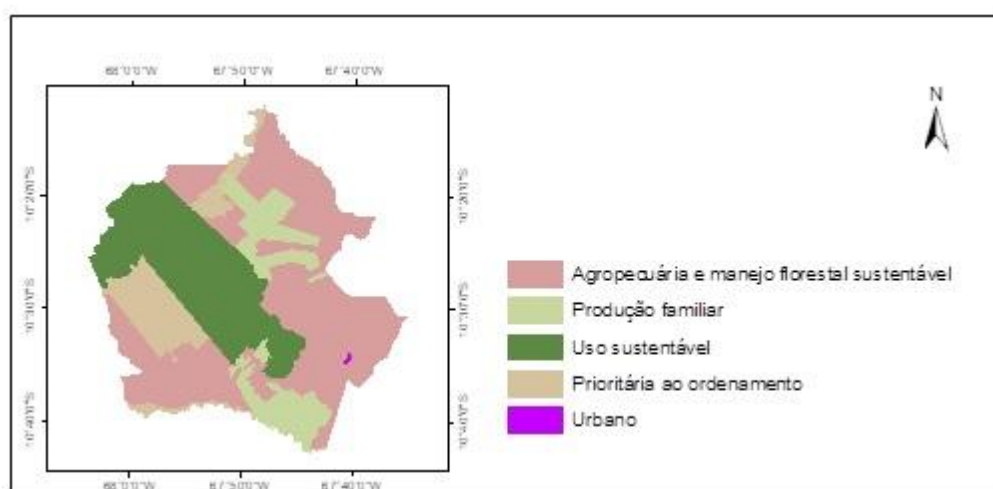
Zona	Sigla	Potencialidade dos recursos naturais	Tipo de área	% de área
Consolidação de sistemas de produção sustentáveis	Z1	Media a alta aptidão agroflorestal e alto potencial florestal	Agropecuária e manejo florestal sustentável	61%
Uso sustentável dos recursos naturais e proteção ambiental	Z2	Elevada relevância para a conservação da biodiversidade; manutenção de serviços ambientais, belezas cênicas e/ou potencial turístico	Unidades de conservação	27%
Áreas prioritárias para o ordenamento territorial	Z3	De média a alta aptidão agroflorestal	Prioritária ao ordenamento	11%
Cidades do Acre	Z4	Inapta	Núcleo urbano	0,1%

Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração dos autores.

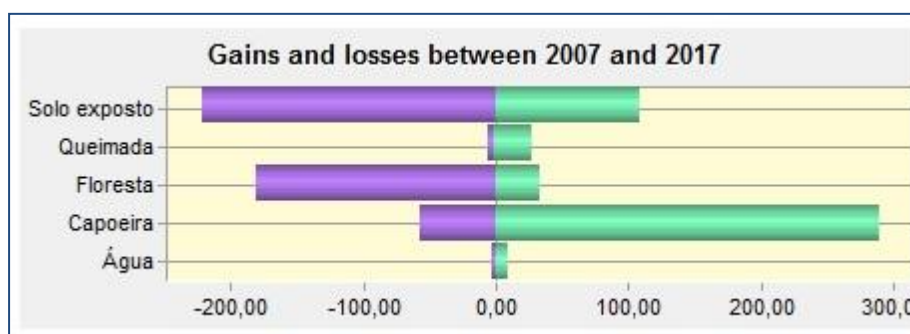
As implicações mais satisfatórias quanto às análises de mudanças, podem ser observadas nos resultados do LCM, que é realizada através da álgebra matricial e gera um gráfico de perdas e ganhos (**Figura 9**). Este quadro indica que as classes de solo exposto e floresta [em decorrência do processo de desmatamento na região] foram as que mais perderam área no intervalo de dez anos. Especificamente sobre o solo exposto, que também se destacou em ganho de área, com novas frentes, pode-se inferir que se deu o ciclo básico do desmatamento amazônico: o solo exposto cresce pelo processo de abertura de áreas por corte raso da cobertura florestal; e, por outro lado, em ritmo paralelo e similar, as áreas já abertas de solo exposto perdem área para novos usos. Ainda em relação aos ganhos, também se tem como destaque o surgimento de áreas de capoeira, discussão detalhada a seguir.



**Figura 7.** Definição das Zonas de consolidação do ZEE II.  
Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração: os autores.

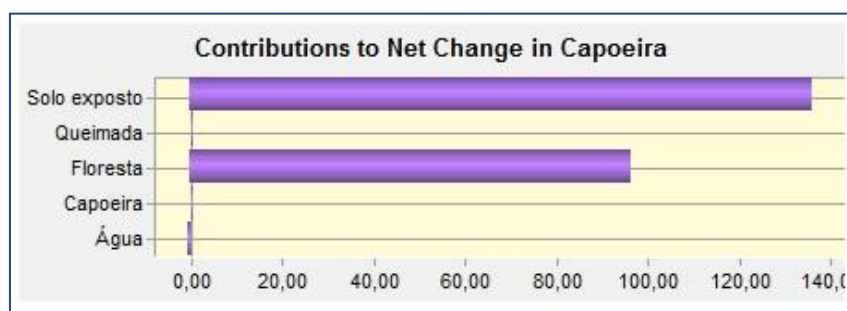


**Figura 8.** Diretrizes de uso nas Zonas de consolidação do ZEE II.  
Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração: os autores



**Figura 9:** Resultado de perdas e ganhos das classes para o uso e cobertura do solo entre 2007 e 2017 em Km².

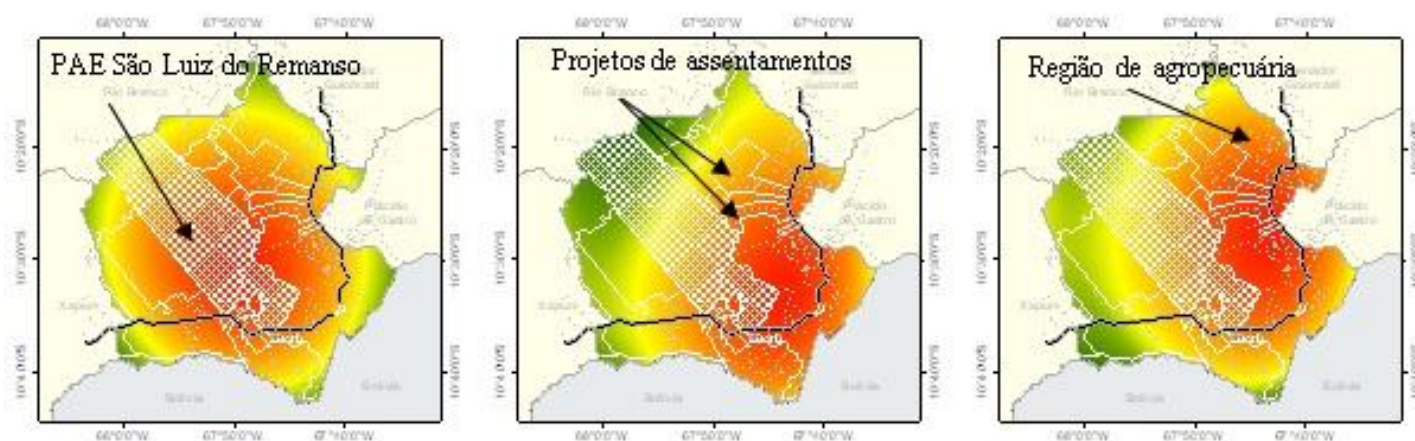
Visto que a capoeira foi a classe que mais se expandiu em relação às outras classes no intervalo de tempo analisado, observa-se no gráfico de contribuições (**Figura 10**) que sua expansão se deu principalmente sobre solo exposto e floresta respectivamente, não sendo possível afirmar que se trate de regeneração florestal, podendo ser apenas áreas com vegetação rasteira, pasto alto ou áreas com vegetação abandonada.



**Figura 10.** Resultado para a contribuição de mudança de classe para capoeira em Km².

Quando avaliamos para onde caminha a alteração da cobertura florestal, a ferramenta de análise de tendência cúbica mostra a direção em que as transições pretendem seguir. Desta forma, foram gerados três modelos de tendência (**Figura 11**) para analisar a possibilidade do direcionamento da expansão da classe solo exposto por meio da supressão da classe vegetação, capoeira e queimadas.

Nas avaliações, a mudança de floresta para solo exposto está localizada no PAE Remanso<sup>5</sup>, sendo a área que mais sofreu alterações, conforme mostra a **figura 11 A**. Já a região de onde se concentra a produção familiar, que estão nos projetos de assentamentos, apresenta maior mudança foi de capoeira para solo exposto (**figura 11 B**). A região de agropecuária e dos projetos de assentamentos deverão registrar variações significativas de mudanças de áreas queimadas para solo exposto (**figura 11 C**).



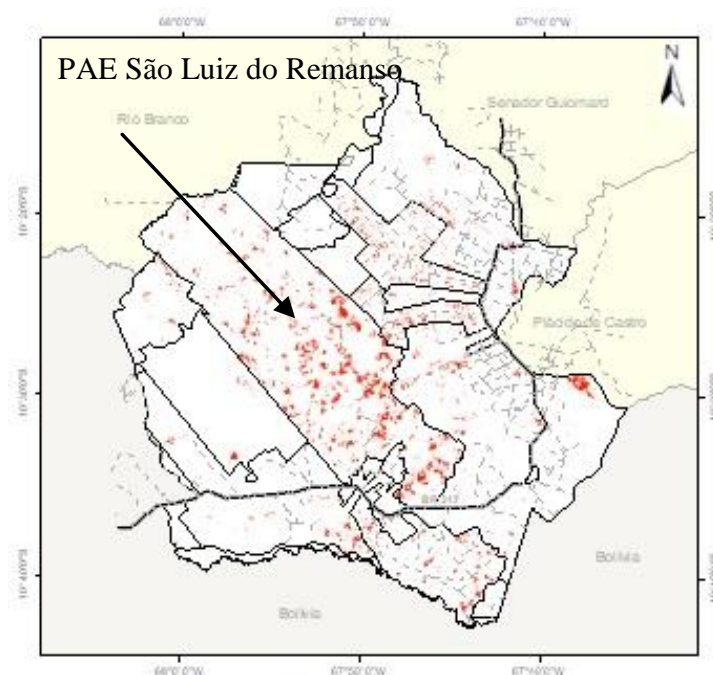
**Figura 11.** Mapa de tendência de mudança da classe vegetação para solo exposto, capoeira e áreas queimadas. Elaboração: os autores.

Os beneficiários do PAE Remanso são oriundos de comunidades extrativistas (INCRA), realocados em projetos de extração de acordo com a proposta de desenvolvimento comunitário,

<sup>5</sup> PAE (Projeto de Assentamento Agroextrativista) Remanso: "Ação de exproprietário nº 82/87 do Seringal Remanso e a portaria nº 472 de 4 junho de 1987 (ano de criação) – INCRA, do livro: Acre – Resgatando a memória: o seringueiro na Amazônia."

não estão distribuídos em lotes demarcados, sendo que os mesmos precisam abrir áreas para a produção de subsistência e a atividade de extrativismo como geradora de renda, resultando numa antropização aleatória.

A particularidade da tendência de mudança relacionada ao PAE Remanso está na condição de assentar novas famílias em área, que segundo o ZEE II, é de uso sustentável. Estando regularizada ou não a situação dessas novas famílias, os processos de intervenção na floresta impactam no resultado da dinâmica de ocupação. Tal afirmação é corroborada com o mapa de transição onde mostra a mudança da classe floresta para solo exposto (**Figura 12**).



**Figura 12.** Mapa com o resultado da mudança da classe floresta para solo exposto. Fonte: Base digital do ZEE/Acre. Elaboração: os autores.

Ainda de acordo com a **Figura 12**, a transição de floresta para solo exposto ocorreu em maior intensidade no PAE, visto que o somatório de perda de floresta para solo exposto para todo o município foi de 59,82 Km<sup>2</sup>, sendo a perda de floresta no mesmo período para o PAE Remanso foi de 33,33 km<sup>2</sup>.

**TABELA 3.** Matriz de transição de Markov.

	Água	Capoeira	Floresta	Queimada	Solo Exposto
Água	0,72	0,07	0,09	0,01	0,11
Capoeira	0,01	0,51	0,08	0,01	0,39
Floresta	0,00	0,11	0,82	0,01	0,06
Queimada	0,04	0,23	0,23	0,05	0,44
Solo Exposto	0,01	0,31	0,04	0,02	0,62

O último produto gerado foi à matriz de transição (**Tabela 3**) com as probabilidades de mudança de uma classe para outra, em um instante estimado (T3), referente ao intervalo de dez anos futuros (cenário tendencial para 2027), através das Cadeias de Markov, cujas probabilidades de transição são derivadas de amostras relativas ao instante de tempo T1 e T2 mantendo-se o mesmo tipo de governança. Através da alteração observada no tempo “t” e no tempo “t+1” faz-se a previsão para o futuro (SOARES-FILHO, 2005; BESER DE DEUS, 2013).

Quanto mais próximo de 1 (um) é o resultado da classe, maior é a probabilidade de mudança (entre classes diferentes) ou permanência (entra mesma classe). Com base na **Tabela 3**, deve-se destacar a classe floresta, que possui maior relevância, pois é a perda desse contribuinte que ocorrem as mudanças para capoeira, queimada e solo exposto. A classe de capoeira tende a ser a segunda maior contribuinte na mudança para solo exposto e queimada, pois tende a sofrer de forma continuada uma modificação causada pela ação antrópica.

A capacidade de internalização do ZEE como instrumento norteador, só se concretiza quando definidas as ações do poder público e do setor privado. Considerando as análises, a tendência é que haja uma constância da perda de cobertura florestal se os instrumentos legais não forem de apropriação dos gestores.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação supervisionada utilizando imagens de satélite Landsat para os anos de 2007 e 2017 representou de maneira adequada a evolução temporal e espacial do uso e ocupação do solo para o intervalo de tempo proposto. Somado a isso, a ferramenta LCM valida os resultados com as análises espaço-tempo e modelos de mudanças mais elaborados.

A análise de previsões, no contexto de utilização de dados geográficos, tem sido recorrente nos estudos de análise ambiental. Resultado que passa a corroborar e adequar as ações e demandas na gestão ambiental na Amazônia, podendo lançar um olhar crítico aos espaços, como o adotado no estudo de caso do município de Capixaba.

Segundo o ZEE/AC Fase II, a regional do Baixo Acre, onde se encontra a área de estudo, tem a maior concentração econômica, e é a região que concentra a maior área desmatada do estado. As atividades mais desenvolvidas são as do setor madeireiro e a pecuária.

A aplicação da modelagem de mudanças através da análise cartográfica identificou a direção das mudanças ambientais. A tendência de perda da cobertura florestal foi observada nas áreas destinadas a populações tradicionais e ribeirinhas, com atividades voltadas a proteção ambiental.

Deste modo, a maior provocação para os gestores públicos é a ampliação ou a reformulação das diretrizes propostas no ZEE II, visando sanar os usos incompatíveis à

sustentabilidade ambiental, a mitigação dos impactos e a conservação da biodiversidade. Vale ressaltar que o ZEE aguarda um lançamento de atualização, sendo este um instrumento importante para se traçar o rumo da sustentabilidade em suas diferentes dimensões para a região.

## Referências

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico: recursos naturais e meio ambiente - documento final**. Rio Branco: SECTMA, 2000. VOL1.

ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Zoneamento ecológico-econômico Fase II: documento síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco: SEMA, 2010.

ALVES, D. S. **O processo de desmatamento na Amazônia**. Parcerias estratégicas, v. 6, n. 12, p. 259-275, 2010.

ARMENTERAS, D., MURCIA, U., GONZÁLEZ, T. M., BARÓN, O. J., & ARIAS, J. E. **Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: Impact on forest intactness**. Global Ecology and Conservation, nº17, 2019 - e00567. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00567>.

BESER DE DEUS, L. A. **Espaço e Tempo como Subsídios à Construção de Cenários de Uso e Cobertura da Terra para o Planejamento Ambiental na Amazônia: O Caso da Bacia do Rio Acre**. Tese (doutorado) – UFRJ, COPPE, Programa de Planejamento Energético, 2013.

BRIASSOULIS, H. “**Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**”. In: **The Web Book of Regional Science**, editor S. Loveridge, Regional Research Institute, West Virginia University, June 2000. Disponível em: <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>.

BROWN, I. F., SALIMON, C., DUARTE, A.F., Publicação do Jornal A Gazeta, **O desflorestamento no leste do Acre**. Pág.2. 07/12/2007.

\_\_\_\_\_, SCHROEDER, W., SETZER, A., MALDONADO, M. de L. R., PANTOJA, N., DUARTE, A. & Marengo, J. A. 2006 **Monitoring fires in Southwestern Amazonia rain forests**. Eos 87, 253–264. (doi:10.1029/2006EO260001).

CONGALTON, R.G. **A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Bethesda, vol 54, nº 5, may 1988, pp 593-600.

DO AMARAL, E. F., BROWN, I. F., DE MELO, A. W. F. **Efeito de diferentes usos da terra nas características do solo no Estado do Acre**. Embrapa Acre-Séries anteriores (INFOTECA-E), 2001.

D. G. BROWN. **Spatial simulation for translating from land use to land cover**. International Journal of Geographical Information Science, 1365-8816, 2004 v. 18, n. 1, p. 35 – 60.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows**. Versão 2.0. Worcester, MA: Clark university, 1999.

\_\_\_\_\_, IDRISI **Selva: Guide to GIS and Image Processing**. Worcester: Clark Labs, 2011. 327 p.  
FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e conseqüências. Megadiversidade 1(4): 113-123, 2005. Disponível em: [http://www.conservation.org.br/publicacoes/megadiversi-dade/16\\_Fearnside.pdf](http://www.conservation.org.br/publicacoes/megadiversi-dade/16_Fearnside.pdf)

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000.

GRIGOLETTI, P. S. **Cadeias de Markov**. 2015. Acesso em: julho de 2019. [https://www.researchgate.net/publication/228747669\\_Cadeias\\_de\\_Markov](https://www.researchgate.net/publication/228747669_Cadeias_de_Markov)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=22367&t=resultados>. Acessado em 15/06/2019.

\_\_\_\_\_. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/capixaba/panorama>. Acessado em 24/11/2019.

\_\_\_\_\_. Introdução ao processamento digital de imagens. Rio de Janeiro, 2001.

MARKOV, A. A. **Extension of the limit theorems of probability theory to a sum of variables connected in a chain**. Reimpresso no Apêndice B de: R. Howard. Dynamic Probabilistic Systems, volume 1: Markov Chains. John Wiley and Sons, 1971.

MASCARENHAS, L. M. A., FERREIRA, M. E. and FERREIRA, L. G. **Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia**. Sociedade e Natureza. [online]. 2009, vol.21, n.1, pp.5-18. ISSN 1982-4513. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000100001>.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 4ª edição. São Paulo: Ed. Blucher, 2010.

PEREIRA, M F V. **“A inserção recente da cana-de-açúcar no sudoeste da Amazônia: novos indícios da instabilidade do território em Rondônia e Acre.”** Interações (Campo Grande), v. 11, p. 187-193, 2010.

PEDROSA, B. M., CAMARA, G. **“Modelagem Dinâmica e Sistemas de Informações Geográficas”**. In: MEIRELLES, M. S. P., CAMARA, G. ALMEIDA, C. M. de. (Org.). Geomática: **Modelos e Aplicações Ambientais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 237-280.

PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E., & KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos, 2015.

\_\_\_\_\_. PROJETO PRODES: **Metodologia para o cálculo de taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. [on line] <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>

RAI, PRAVEEN & MISHRA, VARUN & MOHAN, KSHITIJ. **Prediction of land use changes based on land change modeler (LCM) using remote sensing: A case study of Muzaffarpur (Bihar), India**. J. Geogr. Inst. Cvijic. 60. 2014. 10.2298/IJGI1401111M.

ROSA IMD, PURVES D, SOUZA C JR, EWERS RM. **Predictive Modelling of Contagious Deforestation in the Brazilian Amazon**. PLOS ONE 8(10): (2013) e77231. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0077231>

RUHOFF, A., FANTIN-CRUZ, I., COLLISCHONN, W. **Modelos de simulação dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Caminhos de Geografia - Revista on line. ISSN 1678-6343. Uberlândia, v. 11, n. 36 dez, 2010. p. 258 – 268. <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>.

SCIENCE FOR A CHANGING WORLD – USGS. EarthExplore – Home. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acessado em 25/04/2019.

SKOLE, D. L., CHOMENTOWSKI, W. H., SALAS, W. A. e NOBRE, A. D. **“Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazonia”**. BioScience, vol. 44, n. 5, 1994, pp. 314-322.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira et al. **Cenários de desmatamento para a Amazônia**. Estudos Avançados. Vol.19, n.54, pp.137-152, 2005. ISSN 0103-4014. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10074>

SOUZA C. J., VERÍSSIMO, A., COSTA, A. S., REIS, R. S., BALIEIRO, C., RIBEIRO, J., **Dinâmica do desmatamento no Estado do Acre (1988-2004)**. [s.l.] IMAZON, 2006.

TAGLIARINI, F. S. N., RODRIGUES, M. T. ., SILVEIRA, G. R. P. **No Uso de geotecnologias para determinação das subclasses de capacidade de uso do solo na microbacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP**. In: BENINI, S. M. (Org.) **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na Análise Ambiental em Bacias Hidrográficas**. 1. ed. Tupã: Editora ANAP, 2015. p. 59–79.

TURNER B. L., MEYER W. B., SKOLE D. L. **Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an Integrated Study**. *Ambio*, No. 1, Vol. 23, 1994, pp. 91-95.

WOLSTEIN, A. R. P., AMARAL, E. F., BRAZ, E. M., PINHEIRO, F. L. N., FRANKE, I. L., SANTOS, M. H., SILVA, R. F., **Metodologia par o planejamento, implantação e monitoramento de projetos de assentamentos sustentáveis na Amazônia**. Rio Branco: Embrapa-CPA/AC/INCRA/FUNTAC, 1998. 29P. (Embrapa-CPA/AC. Documentos, 32).