



## Geoecologia: aportes para uma aproximação taxonômica das unidades de paisagens para a região de Carajás

### Geocology: contributions to a taxonomic approach of landscape units for the Carajás region

*Maria Rita Vidal* – Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora do Programa de Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: ritavidal@unifesspa.edu.br.

*Abraão Levi dos Santos Mascarenhas* – Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia Humana da Universidade de São Paulo (USP). Professor do Instituto de Ciências Humanas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). E-mail: abraaolevi@unifesspa.edu.br.

*Edson Vicente da Silva* – Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: cacauecara@gmail.com.

*Estêvão José da Silva Barbosa* – Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo (USP). Professor da Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: estevaosjb@ufpa.br.

#### Resumo

Alterações nos sistemas ambientais têm imprimido nas paisagens da região de Carajás, mudanças significativas nas estruturas e nos processos de funcionamento. Essas mudanças têm implicações diretas nos estados de equilíbrio das paisagens. Objetiva-se classificar as tipologias das paisagens da região de Carajás. A geoecologia da paisagem e os sistemas geoinformativos foram os aportes para pensar tanto a teoria o método de análise dos sistemas ambientais. A variação da topografia e outros fatores ambientais, levou à determinação de três sistemas ambientais (terras altas, terras médias e terras baixas), sendo delimitados e classificados seis unidades geoecológicas e suas unidades funcionais (emissão, transmissão, acumulação). Classificar as tipologias das paisagens aplicadas à região de Carajás tem forte aplicação no planejamento ambiental na região.

#### Palavras-chave

Geoecologia da paisagem. Sistemas ambientais. Amazônia. Região de Carajás.

#### Abstract

Changes in environmental systems have imprinted on the landscapes of the Carajás region, significant changes in structures and operating processes. These changes have direct implications on the equilibrium states of landscapes. The objective is to classify the typologies of landscapes in the Carajás region. The geoecology of the landscape and the geoinformational systems were the contributions to think both the theory and the method of analysis of the environmental systems. The variation of topography and other environmental factors led to the determination of three environmental systems (highlands, middlelands and lowlands), with six geoecological units and their functional units being delimited and classified (emission, transmission, accumulation). Classifying the typologies of landscapes applied to the Carajás region has strong application in its environmental planning.

#### Keywords

Landscape geoecology. Environmental systems. Amazon. Carajás region.

## INTRODUÇÃO

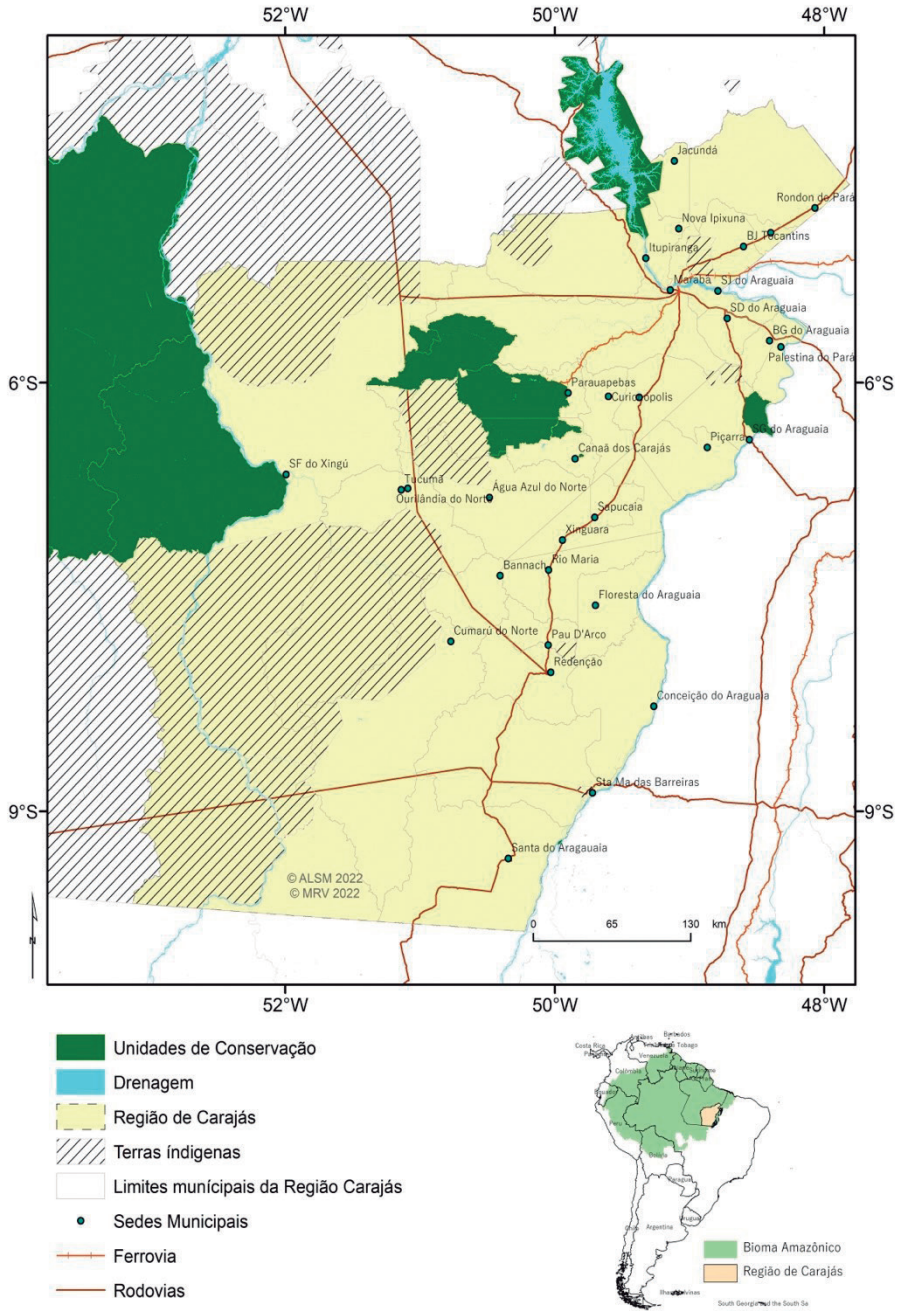
A posição geográfica da Amazônia, as condições ecológicas, climáticas, edáficas, hidrológicas e vegetacionais mantêm-se em constante interação, refletida em numerosos fenômenos que se materializam em um megaconjunto de paisagens geodiversas, com uma área em torno de 7 milhões de km<sup>2</sup>, correspondendo aproximadamente a 40% de toda a América do Sul (BARBOSA, 2015). Sendo uma das maiores reservas de biodiversidade do mundo, a Amazônia exerce uma influência decisiva na estabilidade climática do Brasil e do planeta (BARROSO; MELLO, 2020).

A Amazônia, porém, sofre com a fragmentação e com a perda de seus *habitats* naturais, causadas principalmente pelo crescimento populacional, aumento da urbanização e pela expansão e inserção de atividades econômicas (VIEIRA *et al.*, 2008). A Amazônia brasileira, especialmente, enfrenta grandes desafios para manter o equilíbrio sistêmico de suas paisagens, na medida em que diversos problemas de ordem ambiental, econômica e social imprimem significativas pressões aos sistemas ambientais e ameaçam a manutenção dos serviços geossistêmicos.

Nessa crise (socio)ambiental, que não é futura e sim presente, a natureza responde de forma catastrófica, atingindo seu limiar de equilíbrio dinâmico – uma realidade que se estende para a Amazônia oriental brasileira e sudeste do estado do Pará, na região de Carajás, onde os interesses e conflitos pelos bens naturais foram motivados pela existência de grandes reservas minerais, recursos florestais e também pela posse da terra. Verifica-se, assim, um desajuste entre as paisagens naturais e as paisagens fortemente alteradas e submetidas aos processos de urbanização, industrialização, mineração, agropecuária e extração de recursos da floresta.

A região de Carajás corresponde, nos termos do IBGE (2017), às regiões intermediárias de Redenção e Marabá, exclusive a Região Imediata de Tucuruí, e se configura como uma fração do bioma Amazônia, uma unidade distinta no espaço, “não pelo fato de existir algum tipo de identidade inicial ou uma história internalizada, mas pelo fato de que o deslocamento do capital construiu uma miríade particular de relações e de práticas sociais que se amalgamam em um espaço particular” (MONTEIRO; SILVA, 2021), compreendendo um conjunto de paisagens posicionadas em cotas altimétricas modestas, resultantes de longos períodos de rebaixamento das formas de relevo que marcaram a evolução geológico-geomorfológica de toda a Amazônia (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica da região de Carajás.



Fonte: IBGE (2021) e Monteiro e Silva (2021). Elaborado pelos autores.

De modo geral, a região de Carajás é formada por terrenos esculpados em planaltos e baixos platôs ligeiramente mais elevados que as superfícies de aplainamento circundantes (DANTAS; TEIXEIRA, 2013, p. 25). A monotonia do terreno é quebrada pela presença de formas de relevo mais elevadas como a serra de Carajás, a qual representa, de acordo com Ab'Sáber (2004) os restos de uma antiga cordilheira arrasada do Pré-Cambriano, enquanto que a idade do aplainamento é relativamente recente situada entre o fim do Mesozoico e o Paleogeno.

Na atualidade (Holoceno), prevalece nesta região um regime climático equatorial quente e úmido, com elevados processos de intemperismo químico e lixiviação sobre um mosaico de solos profundos e pouco férteis, muito intemperizados e laterizados, principalmente os argissolos, latossolos, neossolos e plintossolos. A representatividade das classes desses solos expressa estes mesmos não são ricos e que dependem da manutenção da base climática e da cobertura vegetal para sua preservação.

Inserida totalmente no Domínio Morfoclimático Amazônico, ou terras baixas Florestadas Equatoriais, conforme descrito por Ab'Saber (1969), a região de Carajás detém enclaves de vegetação de cerrado presentes, por exemplo, na Serra dos Martírios/Andorinhas; e ainda apresenta vegetação exótica em relação às florestas nos bordos e altos do platô da Serra de Carajás que inclui cactos, musgos e arbustos de folhas largas (AB'SÁBER, 2004).

No topo da serra de Carajás, grandes clareiras com formações rupestres bastante arcaicas são testemunhas de uma vegetação que antecedeu as principais fases de expansão das coberturas florestadas amazônicas, que Ab'Saber (1969) descreve como paisagem de exceção em formas de ilhas ou manchas de paisagem "exóticas". Os campos rupestres são áreas que escapam ao quadro paisagístico habitual do domínio morfoclimático Amazônico, ou seja, a floresta, compondo uma complexa rede de endemismos descrita por Carmo e Kamino (2015).

Nas últimas décadas, houve grandes modificações exercidas por atividades humanas sobre a natureza e sobre o meio na área em tela. Esses fatores têm inserido mudanças nos padrões de funcionamento da paisagem, a exemplo da agropecuária implantada na região que contribuiu para ações predatórias dos recursos naturais, muitas vezes com prejuízos irreversíveis.

Como exemplo das modificações na paisagem tem-se a exploração e corte das castanheiras (*Bertholletia excelsa*), que um dia foram exuberantes na região de Carajás, formando vastos castanhais. Essas paisagens possuem singularidades expressivas e importantes atributos para conservação e preservação, entre elas: espécies raras da flora e da fauna, litologias, solos e cavernas com significativas especificidades contidas na área de endemismo do Xingu (ALMEIDA *et al.*, 2014).

Mudanças e modificações em uma paisagem se dispersam através dos canais de fluxos, que podem ser de origem física – rios, igarapés, furos, fundos de vales, rede de drenagem, entre outros; e ainda de origem resultante das atividades humanas – a exemplo da implantação e funcionamento da Estrada de Ferro Carajás (EFC), com aproximadamente 890 km de extensão interligando o porto de Ponta da Madeira em São Luís (MA) até a esteira de embarque de minério de ferro da mina S11D na serra Sul, localizada no município de Canaã dos Carajás (PA). A permanência da estrada de ferro, as construções de rodovias federais (BRs), e a instalação de redes de distribuição de energia de alta tensão são canais de fluxos que abrem caminhos nas áreas de florestas, entrecortam terras indígenas e quilombolas, fragmentam unidades de conservação, inserindo desequilíbrios na dinâmica e no funcionamento sistêmico das paisagens.

Implicações como essas de cunho socioambiental foram discutidas por Mascarenhas e Vidal (2021a), retratando as disputas por acesso aos recursos terra-água. Estas disputas sempre vêm seguidas por tensões e conflitos entre os agentes envolvidos, uma tônica acompanhada por atos violentos, muitas das vezes utilizando a força policial legitimada pelo próprio Estado.

Nesse contexto, a paisagem se apresenta como uma unidade de investigação de elevada importância nos estudos ambientais. O agrupamento de áreas homogêneas é uma estratégia metodológica para a compreensão das estruturas e funcionamentos das paisagens. Para a definição das unidades de paisagens da região de Carajás utilizamos a própria ossatura do relevo enquanto componente litológico e estruturas geológica, por meio de suas formas adjacentes à saber a geomorfologia, em outras palavras, a estrutura litológica e sedimentológica é compreendida como processos ativos da geodinâmica da crosta terrestre e dos eventos de variabilidade climática que dão sentido as paisagens, de sobremaneira os padrões paisagísticos são revestidos por uma variedade fisiográficas e fenológica de tipos de vegetações que podem ser analisados por índices de vegetação usando diferenciação normalização em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

As paisagens na região de Carajás, área de interesse neste estudo, foram agrupadas em três sistemas ambientais: 1) sistemas de terras baixas; 2) sistemas de terras médias; e 3) sistemas de terras altas, compreendidos entre as médias altimétricas de 161 m, 254 m e 450 m, respectivamente. A delimitação dos sistemas ambientais permite desenhar um quadro em escala razoável do mosaico de paisagens, composta por 6 unidades com certa homogeneidade entre si. Classificar as tipologias das paisagens, lastreadas a partir da concepção geossistêmica aplicada à região de Carajás, levará à geração de quadros futuros com informações diagnósticas de interesse direto para o planejamento e a gestão ambiental e territorial.

## VISÃO GERAL DAS QUESTÕES TAXINÔMICAS DA PAISAGEM E CRITÉRIOS ADOTADOS EM DISTINTAS ANÁLISES

Aspectos gerais da classificação das paisagens refere-se as construções e processos climato-erosionais que geram estruturas erosionais e estruturas deposicionais, seguindo os critérios referidos por Bell (2013, p. 149) como padrões das formas do relevo construídos e estruturados pelas dinâmicas originadas na crosta terrestre. Outras visões podem ser acrescentadas a esta como os estudos de Dyakonov *et al.* (2007) referente à análise da paisagem para o desenvolvimento sustentável e a de Khoroshev; Dyakonov (2020) para quem, o balanço espaço-temporal possui padrões de paisagens encontrados através de um certo poliocentrismo conceitual descrevendo as dinâmicas das paisagens, seus estudos demonstra a pertinência e a aplicabilidade da teoria da paisagem por meio dos geossistemas.

Sugestão e problemas metodológicos de taxonomia de paisagens são bem conhecidos dos geógrafos que buscam construir padrões de paisagens por meios de critérios naturais. Critérios do equilíbrio de construção de modelados geomorfológicos e origem de tipos de solos forma essenciais na metodologia da ecodinâmica de Tricart (1977); critérios de bio-resistância por meio dos seis níveis espaço-temporal de Bertrand (1968) que definiu padrões de paisagens para sua geografia física global, ambos autores, desenvolvem pesquisa na Europa e África. Sothava (1977), de forma integrativa dos componentes geográficos e ecossistêmicos, para a região da Sibéria, definiu seus estudos de geossistemas como forma de construir taxón das paisagens naturais.

Para estudos de paisagens e taxonomia os estudos no Brasil, em escala regional, temos as iniciativas de Ab'Sáber (1969) que realiza um exercício teórico e conceitual objetivando subsidiar políticas de planejamento para a Amazônia a partir da tese do espaço total (células espaciais), sob influência dos aporte da Geografia global de Bertrand, aqui podemos pontuar que Ab'Saber denomina a região de carajás como célula “Carajás sul do Pará Araguaia” porção mais a sudeste e a porção mais a leste da região de Carajás denominou de célula “Alto Xingu”.

No início dos anos 2000, Ross (2006) por meio da ecogeografia construiu uma taxonomia, compartimentando o relevo brasileiro, levando em conta os critérios naturais, socioeconômicos e ambientais, mas contendo uma carga maior aos critérios geomorfológicos. Assim a região amazônica aparece bem representada pelo mosaico complexo de suas paisagens, a região de carajás, de acordo com o autor supracitado, foi compartimentado em unidades da “depressão marginal Sul-amazônica”, “depressão Araguaia” e “depressão periférica do Tocantins”,

contudo a escala de 1.5000.000 mapeou apenas as áreas deprimida da Amazônia sem maiores detalhamento em escala estadual, mais que não tinha essa intenção.

Esses dois grandes estudos carecem de detalhamento a fim melhorar as nuances das paisagens, o presente estudo tem, entre outras motivações, demonstrar que ainda existe pouco conhecimento sobre as realidades amazônicas e, em especial a região de Carajás para além dos aspectos metalogênicos, procurando demonstrar o potencial de patrimônio geomorfológico e geodiverso das paisagens em tela, revisitando estes, clássicos, trabalhos com foco nos estudos da paisagem permite um ponto de saída para nossa análise, os demais critérios serão tratados na subsecção prelúdios das unidades de paisagens.

## **GEOECOLOGIA E OS ESTUDOS DE PAISAGEM**

A paisagem enquanto conceito forjado em bases sistêmicas revela-se de acordo com as concepções de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022, p. 20), como

um conjunto interrelacionado de formações naturais e antroponaturais, um sistema que produz serviços e recursos naturais, um meio de vida e da atividade humana, fonte de percepção estética e cultural, genética e laboratório natural.

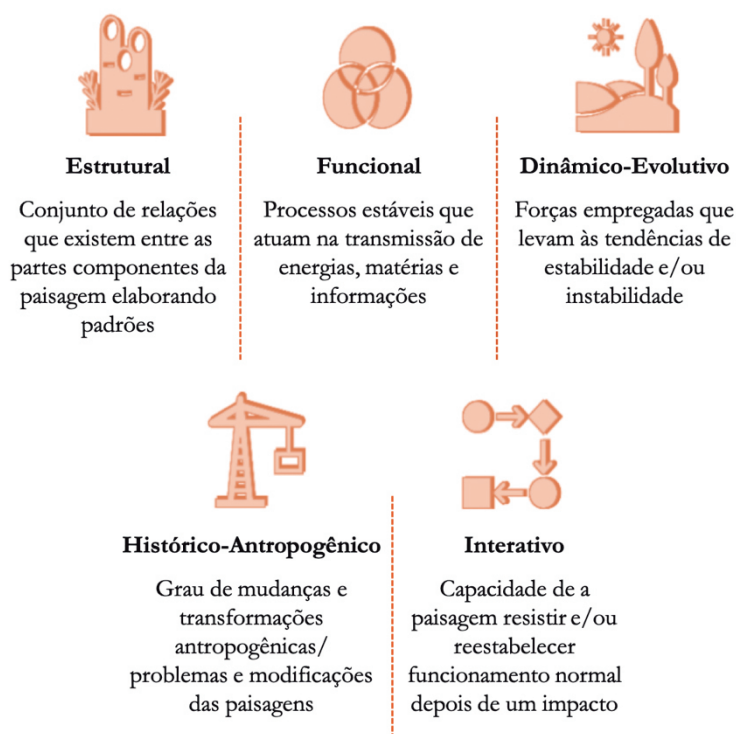
Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) definem a paisagem natural como o conjunto de componentes naturais (geologia, relevo, clima, águas, solos, vegetação e fauna), que se interrelacionam em uma determinada porção do espaço da superfície terrestre. Por paisagem antroponatural entende-se a morfologia que reflete as formas pelas quais as ações humanas modificam, transformam e constroem o espaço geográfico. Assim, manifestam-se não apenas as características naturais, mas em particular as que são modificadas pela ação humana. Na paisagem integra-se o binômio inseparável sociedade e natureza.

Os estudos geoecológicos são amplamente baseados na noção de padrões ambientais, estes são impulsionados por energias e fluxos que, por sua vez, dinamizam processos geoecológicos que envolvem estruturas, funcionamentos, dinâmicas e evoluções da paisagem. Paisagens podem ser lidas ou entendidas como sistemas (geossistemas), os quais detêm funcionamento próprio. No estudo do geossistema, o conceito de paisagem é uma categoria de análise, sendo o geossistema um modelo teórico da paisagem.

A manutenção da conectividade das unidades de paisagem possibilita o desenvolvimento dos atributos sistêmicos, expressos por: emissão, transmissão e acumulação. Tais atributos estabelecem as funções geoecológicas: entradas, armazenamentos, emissão, regulação e interação, já descritas por Vidal *et al.* (2014) e Vidal e Mascarenhas (2020) para algumas áreas da região de Carajás.

As paisagens podem apresentar características semelhantes a partir da sua estrutura e seu funcionamento, o que permite um exercício teórico de estabelecer seus sistemas e tipologias. Como sistemas, tem-se o conjunto de elementos que estejam em relação entre si e que formam uma determinada unidade e integridade (CHORLEY, 1967; CHRISTOFOLETTI, 1999). Entende-se que os sistemas são um nível hierárquico superior às unidades de paisagem. Os sistemas formadores da paisagem são complexos e, para compreendê-los, tomando como base a geoecologia, deve-se levar em consideração os atributos estruturais, funcionais, dinâmico-evolutivos, históricos e antropogênicos, e integrativos (Figura 2).

Figura 2 - Enfoques que integram os estudos da geoecologia das paisagens.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos aportes de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

Como tipologia entende-se paisagens com características similares que podem ser agrupadas por critérios bem definidos, a qual baseia-se na analogia da repetibilidade – significa distinguir as paisagens por sua semelhança e sua repetição (RODRIGUEZ; DA SILVA, 2002). As tipologias das unidades de paisagem possibilitam visualizar os padrões espaciais contidos na paisagem (VIDAL; DA SILVA, 2021).



## PRELÚDIO DAS UNIDADES DE PAISAGENS

Os dados contidos nos planos de informações temáticas foram adquiridos de *downloads* em órgãos oficiais. Utilizaram-se os seguintes dados vetoriais e matriciais para o mapeamento temático da área de estudo e a sua posterior delimitação em unidades de paisagem: malha territorial Estado do Pará (IBGE, 2021); geologia/litologia (CPRM, 2019); geomorfologia (IBGE, 2021); solos (IBGE, 2021); vegetação (IBGE, 2021); cobertura da terra (IBGE, 2021); hipsometria por meio de reclassificação a partir de Modelo Digital de Superfície (MDS) – ALOS PALSAR; e ainda o Modelo Digital do Terreno (MDT) retirado de uma imagem ALOS PALSAR AW3D30 (©JAXA/METI ALOS PALSAR, 2022), com resolução espacial de 30 m, que subsidiou a construção do perfil topográfico com as principais unidades de paisagens interceptadas pelo perfil, com definição da direção e extensão do transecto sobre o maior número de representações das unidades de paisagens.

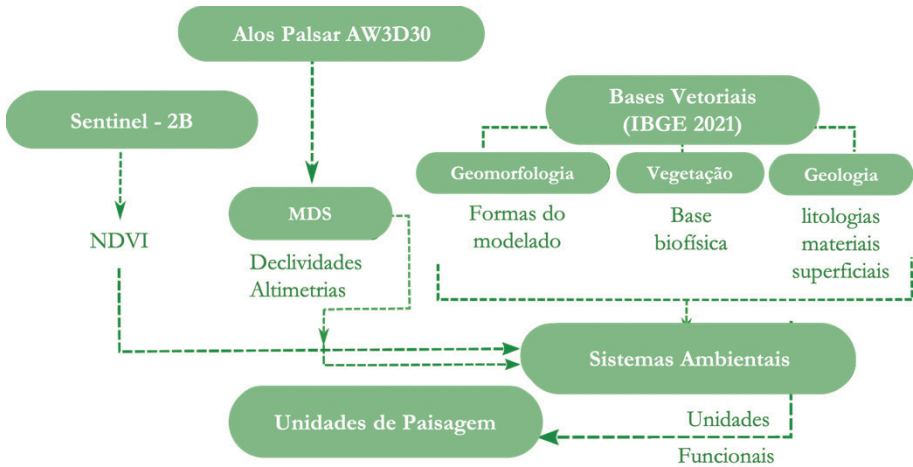
Utilizou-se, também, uma imagem Sentinel- 2B com resolução de 10 metros, de 20 de agosto de 2021 (COPÉRNICUS SENTINEL DATA, 2021), para classificação de áreas e composição do índice de vegetação conhecido como *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), usando as bandas espectrais NIR e Red, do sensor *Multi Spectral Instrument* (MSI).

O índice de vegetação foi derivado por diferença normalizada (NDVI) para distinguir as áreas com vegetação de grande porte (florestas) das áreas com porte arbustivo e/ou herbáceo (savana) e ainda, dos refúgios (campos rupestres), bem como identificar as áreas antropizadas (pecuária, agricultura, sítios urbanos e vegetação secundária etc.). A metodologia para a definição de classes de vegetais por medidas radiométricas foi cotejada com os estudos de Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012); Lang e Blaschke (2009); Sashikkumar *et al.* (2017); Richter e Schlöpfe (2012), que abordam os índices de vegetação associando de forma direta o uso de imagens orbitais à fenologia vegetal e às formas de relevo. Para o cálculo do NDVI foi usado o algoritmo desenvolvido por Rouse *et al.* (1974). Mascarenhas e Vidal (2021b) já aplicaram a álgebra de mapas e índices de assinatura espectral em imagens Sentinel-2B para identificação de cicatrizes da paisagem em terras altas, ambientes fluviais e de pastagens.

A partir da interpretação de imagens de satélites e com base nos mapas elaborados em escala regional (1:2.500.000), traçaram-se as linhas iniciais para a delimitação dos mapas temáticos. Para a síntese cartográfica, lançou-se mão do *software* Arcgis para processamento dos dados espaciais e composição dos mapas temáticos. Para composição das figuras e perfis, usou-se o editor de

gráficos Inkscape (*Open Source* – versão 1.0.2-2). Para a remoção dos fundos das imagens, usaram-se as ferramentas básicas do Paint 3D (Microsoft support), convertendo-as em formato *.png*. Para a delimitação das unidades de paisagem foram inicialmente preparadas as bases temáticas que ampliam o foco para as áreas homogêneas no terreno, os padrões de paisagens. (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma metodológico para a composição dos sistemas ambientais e unidades de paisagem para a região de Carajás.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os aspectos morfométricos implicam diretamente as dinâmicas dos fluxos, sendo o ponto de saída para a delimitação das áreas homogêneas. Assim, sobre os aportes teóricos e conceituais de Valeriano (2008), que usa modelos digitais de elevação para caracterização geomorfológica em seus elementos de elevação, foi criado um mosaico do MDS, que possibilitou elaborar as bases de hipsometria, as classes de declividade e a reclassificação dos limites das unidades e das subunidades por meio dos parâmetros morfométricos. Estes limites foram refinados posteriormente, adicionando-se alguns elementos que compõem as condicionantes ambientais. O produto inicial da delimitação é um arquivo do tipo raster, o qual foi transformado depois em arquivo vetorial.

As condicionantes ambientais (naturais) e a composição de uma base de dados considerando simultaneamente fatores abióticos (geologia/litologia e geomorfologia/formas do modelado) e bióticos (cobertura vegetal e solos) constituem o princípio da ação direta para a elaboração de mapas temáticos. e para a posterior delimitação das unidades de paisagem, por considerarem a conexão existente entre os seus componentes antrópicos e os seus componentes naturais formadores como uma totalidade indissociável.

As manchas de vegetação (florestas, savanas, refúgios vegetacionais, vegetação secundária) foram sobrepostas às unidades geomorfológicas, ou seja, às formas do relevo (planaltos e serras, depressões, chapadas, patamares e planícies), na qual foram base para a delimitação e homogeneidade (padrões de formas das paisagens) inicial dos sistemas ambientais. Como modo para realçar o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-o com aspectos biofísicos como biomassa e a cobertura da terra, o que possibilita melhor acurácia na delimitação das unidades, fez-se uso dos resultados obtidos pelo processamento do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), o que favoreceu a realização da edição dos vetores para a delimitação das unidades de paisagens.

Para algumas unidades, foi necessário realizar uma “quebra” de polígono, que consiste em subdividir uma unidade de acordo com parâmetros como: variação topográfica, variação da cobertura da terra ou concentração de elementos que levem a individualizar a unidade em uma tipologia específica, a exemplo das áreas com concentração de afloramentos e as áreas contidas nos tabuleiros interioranos.

## **SISTEMAS AMBIENTAIS E UNIDADES DE PAISAGEM NA REGIÃO DE CARAJÁS**

A região de Carajás caracteriza-se por um mosaico de paisagens compostas por elementos naturais e humanos (socioeconômicos, políticos, culturais) que estão conectados através de sistemas ambientais. Os sistemas ambientais mantêm constante circulação de matéria e de energia e cumprem determinadas funções para que estrutura e a organização espacial das paisagens sejam mantidas. Essas funções são estabelecidas pela caracterização das unidades funcionais que asseguram as conexões entre as diferentes unidades de paisagens.

Os sistemas ambientais compõem a síntese das unidades de paisagem agrupando grandes áreas homogêneas que detêm características similares de fluxos, matéria e energia (VIDAL; DA SILVA, 2021). O conjunto dos processos que garantem o funcionamento das paisagens é aquele que se define como dinâmica funcional.

Os processos delimitam a ordem das funções sistêmicas da paisagem, estabelecidas como: emissão, transmissão e acumulação, que no seu conjunto equilibram o funcionamento da paisagem (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022). Como recurso metodológico optou-se pelos agrupamentos dos gradientes topográficos em três grandes sistemas ambientais (Tabela 1) que regem a funcionalidade da paisagem na região de Carajás: 1) sistema de terras altas; 2) Sistema de terras médias; e 3) sistema de terras baixas, para posterior agrupamento das unidades e subunidades.

Tabela 1 - Distribuição dos sistemas ambientais da região de Carajás.

Sistemas ambientais	Área total em km <sup>2</sup>	Médias dos gradientes topográficos	Área total em %
Terras altas	37.866,24	450 m	2%
Terras médias	1.444.700,00	254 m	94%
Terras baixas	57.168,69	161 m	4%

Fontes: ©JAXA/METI ALOS PALSAR (2022). Elaborado pelos autores.

1) Sistema de terras altas (unidades emissoras) – Garantem o fluxo de matéria e energia para as paisagens com cotas altimétricas mais baixas. Localizam-se, portanto, nas áreas mais elevadas. A contribuição de fluxos hídricos, aporte de sedimentos, ciclagem de nutrientes etc., torna-se essencial para o equilíbrio dinâmico da paisagem. O sistema de terras altas abrange aproximadamente 2% da área e, é expresso por planaltos e serras com cotas altimétricas entre 360 m e 900 m. Realizando a associação com a Tabela 2, irão aparecer duas unidades de paisagem compõem o sistema terras altas: *a) Terras altas com platôs recobertos por formações florestais e savânicas; b) Terras altas com cristas recortadas com formações florestais densas e/ou abertas.*

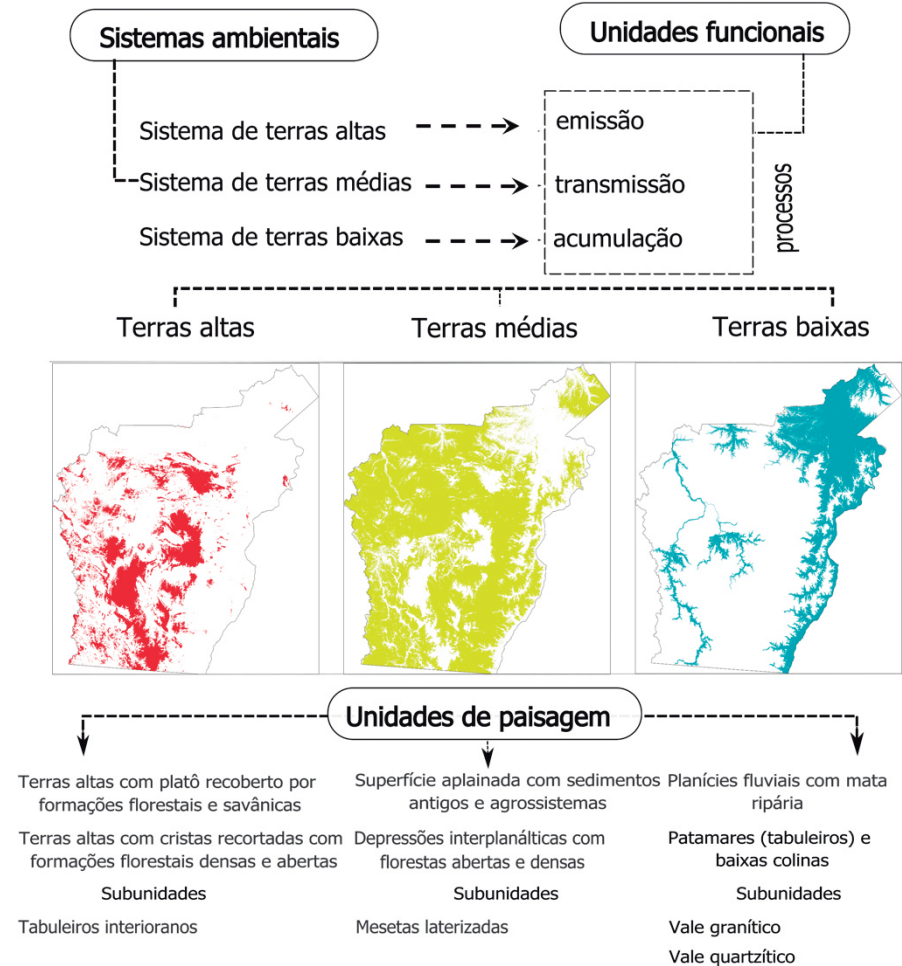
2) Sistema de terras médias (unidades transmissoras) – Mobilizam e transmitem os fluxos de matéria e energia de forma concentrada ou seletivamente das áreas mais elevadas para as áreas mais baixas, representadas pelas direções e tipos das vertentes, ação dos fluxos hídricos e de radiação. Abrangem vastas áreas de depressões e superfícies aplainadas com topografias modestas (186 a 350 m), compondo sistemas ambientais compreendidos entre as unidades e subunidades de paisagens da Tabela 2 estão os planaltos/serras e as planícies/patamares/baixas colinas. Esse sistema é o de maior expressão geográfica e detém 94% dos sistemas ambientais terras médias da região de Carajás, sendo delimitado por duas unidades de paisagem, conforme a Tabela 2: *a) Depressões interplanálticas com florestas abertas e densas, e b) Superfícies aplainadas com sedimentos antigos, dominadas por agrossistemas;*

3) Sistema de terras baixas (unidades acumuladoras). As terras baixas coletam, absorvem e acumulam sedimentos e fluxos provenientes das áreas mais elevadas. Compreendem as áreas mais rebaixadas estabelecidas entre 70 e 186 metros com aproximadamente 4% da área. Este sistema é composto por duas unidades de paisagem, conforme a Tabela 2: *a) Patamares (tabuleiros) e baixas colinas, e b) Planícies fluviais com mata ripária.*

A conexão entre os sistemas ambientais e as unidades de paisagem é expressa através da composição da estrutura, da proximidade entre as unidades

e subunidades, e ainda pela manutenção dos geofluxos; estas são categorias de efeitos que fortalecem as ligações sistêmicas da (na) paisagem. Assim, a manutenção da conectividade das unidades possibilita o desenvolvimento das unidades funcionais (Figura 4).

Figura 4 - Organização estrutural-funcional da paisagem para a região de Carajás.



Fonte: ©JAXA/METI ALOS PALSAR (2022) e Copérnicus Sentinel Data (2021). Elaborado pelos autores.

Esses primeiros resultados vêm preencher lacunas nos estudos mais gerais de Ab'Sáber (1969) sobre grande células espaciais menores que 1:500 000 e de Ross (2006) referente aos sistemas ambientais naturais pouco transformados em escala de 1:5000 000 corroborando com a descrições das formas e padrões de paisagens da Amazônia oriental em escala maiores escassos até então na literatura, apesar

dos mapas temáticos realizados pelos levantamentos sistemáticos do IBGE eles não possuem um caráter integrador, a presente pesquisa tem apontado para o uso dos elementos, destacados pelos órgãos governamentais, de forma integrado a partir da metodologia geocológica.

Por unidades de paisagem entendem-se a individualização e a tipologia de áreas homogêneas. Na presente pesquisa, a Tabela 2 mostra a organização das unidades e suas subunidades com as respectivas áreas.

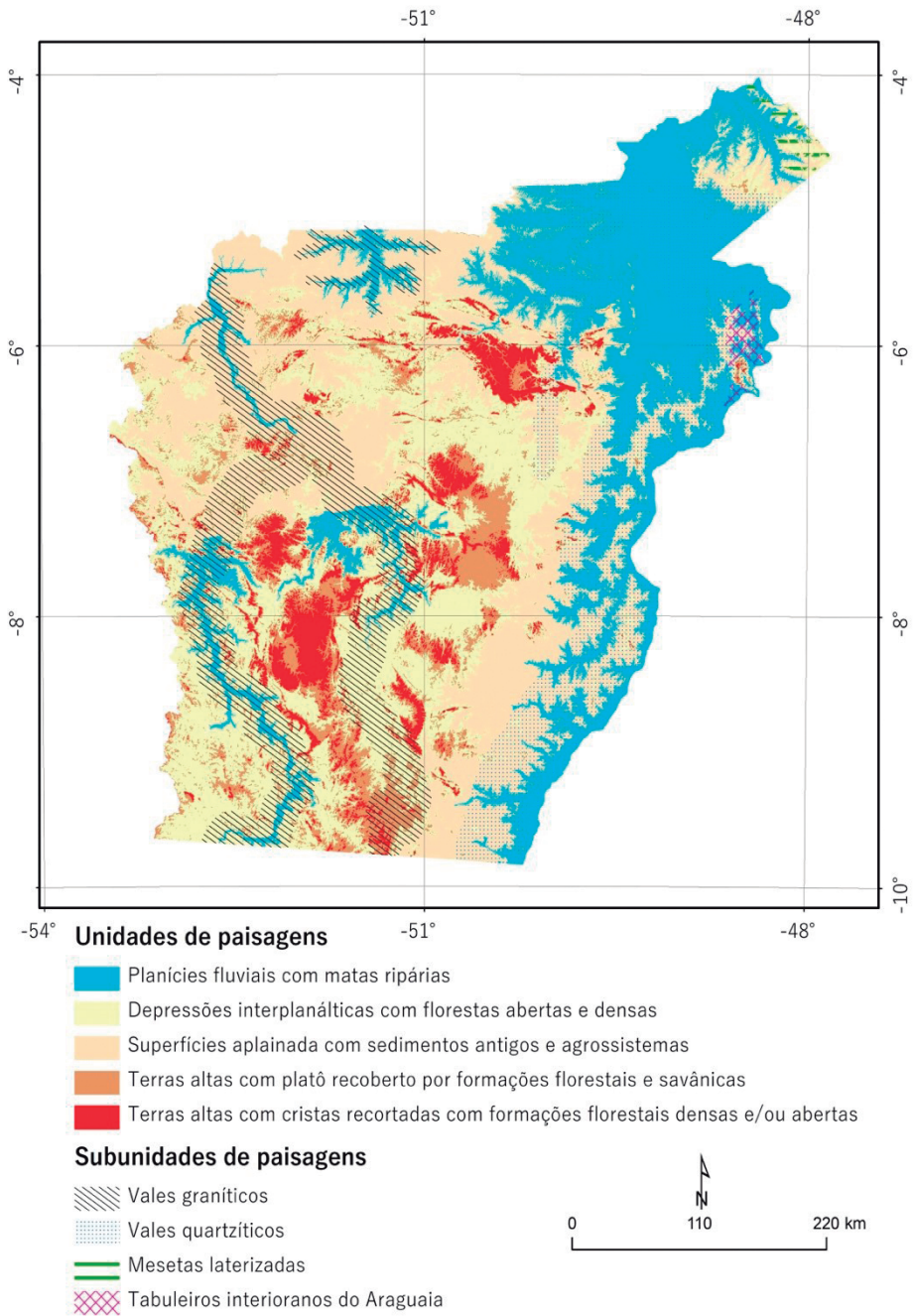
Tabela 2 – Síntese das unidades e subunidades para a região de Carajás.

<b>Unidades de paisagem</b>	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Terras altas com platôs recobertos por formações florestais e savânicas	26.286,27	11,00
Terras altas com cristas recobertas com formações florestais densas e/ou abertas	11.428,49	4,78
Depressões interplanálticas com florestas abertas e densas	66.793,63	27,95
Superfícies aplainadas com sedimentos antigos, dominadas por agrossistemas	77.598,27	32,48
Patamares (tabuleiros) e baixas colinas	50.079,76	20,96
Planícies fluviais com matas ripárias	6.754,98	2,83
<b>Subunidades</b>		
Tabuleiros interioranos	1.427,27	1,00
Mesetas laterizadas	891,39	0,5
Vales quartzíticos	4.855,32	2,00
Vales graníticos	3.148,18	1,00

Fonte: ©JAXA/METI ALOS PALSAR (2022) e Copérnicus Sentinel Data (2021).  
Elaborado pelos autores.

Os arranjos espaciais dos padrões de paisagens demonstram uma riqueza de geodiversidade, ainda carente de dados em escalas tipológicas adequadas para que se possa entender os seus aspectos funcionais. Assim, as depressões interplanálticas, as superfícies aplainadas e os patamares (tabuleiros) e baixas colinas correspondem a 81,39% da área total de Carajás, o que faz dessas paisagens um elemento agregador de arranjos produtivos locais como a agropecuária, que se apresentam como vetores e/ou potencializadores de desagregação das funções sistêmicas.

Figura 5 - Mapa de unidades de paisagem na região de Carajás.



Fonte: ©JAXA/METI ALOS PALSAR (2022) e Copérnicus Sentinel Data (2021).  
Elaborado pelos autores.

## PROPOSTA TAXONÔMICA PARA AS UNIDADES E SUBUNIDADES DE PAISAGENS NA REGIÃO DE CARAJÁS

### **Terras altas com platô recoberto por formações florestais e savânicas**

Representam o complexo de Planaltos e Serras que animam as superfícies aplainadas no sentido de percepção visual e topográfica, principalmente na parte centro-norte e centro-sul da região de Carajás. São as áreas mais elevadas do divisor de águas entre os rios Xingu e Araguaia. Essa unidade corresponde, em percentual, a 11% de toda a área da região de Carajás. Guarda assinaturas ambientais de variabilidades climáticas, demonstradas pela distribuição de capas concrecionadas em formações ferríferas bandadas com solos laterizados. Neossolos, argissolos e nitossolos recobrem esta unidade, em contato nos setores de vertentes.

As formações florestais se diferenciam das formações campestres, em especial as savanas metalófilas encontradas nos campos ferruginosos das Serras da Bocaina e Tarzan. Estas savanas metalófilas formam “ilhas” no topo dos platôs, condicionando um isolamento das espécies e o aparecimento de elevado endemismo.

As geoformas esculpidas em platôs associadas à vegetação fisionomicamente arbustiva e herbácea, têm como função regular os processos erosivos que modelam o relevo da região; assim, feições residuais permanecem na paisagem com gradiente altimétrico em cotas acima de 750 metros, desempenhando função de emissão, na qual garantem o fluxo de matéria e energia para as áreas mais rebaixadas.

Uma forte representatividade dessa unidade está nas áreas de extração de minério de ferro, localizadas dentro da Flona de Carajás. Por apresentar uma importância única na manutenção dos serviços geoecológicos e ecossistêmicos, e ainda por apresentar elevado índice de endemismo, seja em cavidades seja na flora, as áreas de formações ferríferas foram institucionalizadas como unidades de conservação (Floresta Nacional – Flona Carajás, e Parque Nacional – Parna dos Campos Ferruginosos), que tentam resguardar as paisagens da extração inadequada de recursos naturais, também, são possuidoras de subunidade como os tabuleiros interioranos representados por relevos tabuliformes e com variados graus de dissecação, apresentando antigos paleoterraços fluviais, coberturas colúvio-eluviais detríticas e extensas áreas laterizadas, que podem ser encontradas em cotas altimétricas distintas.



### **Terras altas com cristas recortadas com formações florestais densas e abertas**

Apresentam gradientes topográficos fortes e sua fisionomia natural revela a resistência litológica a partir da qual os processos abrasivos e denudacionais alcançaram o nível de base local. Estão fortemente condicionadas à morfoestrutura dos cinturões orogênicos do Neoproterozóico, pela preservação da estrutura geológica em face dos processos morfoesculturais do relevo. Em alguns pontos, as terras altas com cristas estão posicionadas a altitudes entre 500 e 750 m, com relevo forte ondulado. Essa unidade corresponde a 4,78% da área total estudada, e sua ocorrência é similar à das terras altas com platôs, com as quais se limitam frequentemente. A sua associação geomorfológica é com os Planaltos e as Serras, nos setores que se apresentam mais fortemente dissecados.

Florestas ombrófilas densas e abertas montanas, capões florestais e complexos de buritis permeiam esta unidade, associando-se às encostas das serras e se distribuindo até áreas mais rebaixadas como as planícies fluviais. Os complexos vegetacionais se dispõem sobre mosaicos de argissolos, neossolos, nitossolos, pequenas manchas de latossolos e cambissolos.

As terras altas com cristas detêm uma forte função de emissão, expressa pelo trabalho executado pela erosão laminar que forma grandes gretas, e atuação de *piping*. O carreamento e concentração de sedimentos em ambientes de falhas litológicas rasas dão condição para o estabelecimento de solos, permitindo assim o desenvolvimento de vegetação mais densa – floresta ombrófila densa e aberta. Na parte norte dessa unidade encontra-se um agrupamento de mesetas (mesetas laterizadas) que tornam a área pouco homogênea.

### **Depressões interplanálticas com florestas abertas e densas**

Representam extensas áreas nas periferias das terras altas, recortadas por sistemas fluviais que auxiliam na evolução das formas de relevo. Essa unidade detêm 27,95% da área da região de Carajás, com formas erosivas associadas a colinas convexas; essas, por sua vez, derivam dos sedimentos advindos das terras altas que entulham as áreas mais baixas. O gradiente altimétrico fica entre 200 e 300 metros. Essa unidade tem a função de transmissão, expresso pela ação da gravidade, orientação das vertentes, canais fluviais etc.

De forma geral, a topografia é ligeiramente ressaltada por algumas pequenas serras que despontam e atingem cotas bem mais expressivas, como a Serra das Andorinhas (350 - 600 m) e a Serra dos Gradaús (380 - 600 m). A vegetação aberta do tipo formação submontana encontra-se bastante descaracterizada na atualidade, apenas fragmentos estão preservados, sobretudo nas áreas de preservação permanentes (APPs) e nas reservas legais de imóveis rurais.

A depressão interplanáltica na região de Carajás apresenta um mosaico de paisagens antronaturais que assumem funções geoecológicas muito complexas. Sem dúvida, as atividades agropecuárias imprimem nesta unidade os maiores problemas de ordem ambiental. Além disso, predomina a classe dos argissolos, que por seu comportamento físico frente ao intemperismo sofre suscetíveis processos erosivos quando submetido àquelas atividades. A falta de um manejo adequado, a permanência de técnicas ainda rudimentares, como a queima de rebrota, e o excesso do rebanho bovino têm levado à degradação significativa dessa classe de solo.

Entre as principais alterações estão: a retirada da cobertura vegetal deixando os solos desprotegidos, mudança nas taxas de infiltração, que associadas à ação dos ventos e a incidência de altas temperaturas, causam ressecamento. Contudo, quando há aumento das precipitações, os argissolos sofrem com intensos processos de ravinamento e de voçorocamento, que podem colmatar planícies e leitos fluviais, aumentando assim os fluxos hídricos e a intermitência dos rios nos períodos de estiagem.

### **Superfícies aplainadas com sedimentos antigos, dominadas por agrossistemas**

Essa unidade apresenta-se como resultante de processos tectônicos e neotectônicos e de pulsos erosionais em superfícies aplainadas, dominadas por rochas graníticas e por *greenstones*. As geoformas do tipo *monadnock* surgem aflorando nestas superfícies como resultado de processos de esculturação de rochas graníticas e granitoides. Essa característica anima as paisagens do sul do estado do Pará. Destaca-se um conjunto de *trend* de falhas distais, preferencialmente, com ângulos NW-SE, associado com os intensos eventos tectônicos e erosionais que provocaram movimentos subduccionais e deixaram à mostra na paisagem bolsões magmáticos/batólitos do período orogênico transamazônico (LAGLER, 2011).

Correspondendo a 32,48% da área da região de Carajás, a formação da paisagem nesta unidade também passou por fases intensas de processos pedogenéticos, dos quais os mais antigos recobrem-na em grande parte, originando vastas extensões de argissolos, seguidos de nitossolos. Apresenta ainda solos com pedogênese pouco avançada como os neossolos (litólicos, quartzarênicos e flúvicos). Os vales rasos são comuns, o que delinea expressivas faixas aluviais que desempenham importante função de emissão. As superfícies aplainadas detinham como complexos vegetacionais florestas ombrófilas densas e abertas submontanas, pois grande parte dessa vegetação foi substituída por agrossistemas.

O relevo aplainado facilitou a expansão da agropecuária, em especial a implantação de grandes extensões de pastos e a formação de plantios diversificados, como a plantação de abacaxi no município de Floresta do Araguaia e o plantio da soja em Santana do Araguaia. Municípios como Xinguara, Redenção, Sapucaia, Água Azul do Norte, São Félix do Xingu, dentre outros, exercem atividades pecuaristas com extensos pastos, não raro, apresentam processos intensos de ravinamentos e voçorocamentos, que podem afetar significativamente as nascentes fluviais e tributários de importantes rios da região como o Itacaiúnas, Vermelho e Fresco.

### **Patamares (tabuleiros) e baixas colinas**

São a continuidade das superfícies aplainadas em gradiente altimétrico mais baixo, geralmente abaixo de 200 m. Correspondem a 20,96% da região de Carajás, onde é a unidade de paisagem mais extensa no nordeste e leste da área, ao longo dos vales dos rios Tocantins, Araguaia e afluentes. No vale do Xingu surgem em faixas estreitas nos vales fluviais. Os processos de rebaixamento do terreno foram amplos, em associação com a dissecação. As geoformas passam a incluir baixas colinas (relevo ondulado) e um conjunto de tabuleiros, estes principalmente onde o substrato é sedimentar. Faixas aluvionares exercem a função de emissão na funcionalidade da paisagem. Esta unidade se encontra em contato direto com as planícies fluviais.

Além dos argissolos e neossolos, aparecem manchas significativas de latossolos e de plinossolos, todos eles aproveitados para atividades agropecuárias, que também foram responsáveis pela degradação da vegetação nativa – florestas ombrófilas densas e abertas submontanas e das terras baixas e manchas de savanas, substituídas pelos agrossistemas em largos trechos.

### **Planícies fluviais com mata ripária**

Essa unidade representa a evolução das zonas aluvionares, planícies de inundação bordejadas por terraços e densidade de drenagem variada. São sistemas fluviais que correspondem a 2,83% da área. Por sua progressiva dinâmica de entalhamento, de colmatagem e de formação de lagos em meandros abandonados, essa unidade de paisagem traz inúmeras assinaturas dos eventos pretéritos e que ainda hoje atuam (processos tectônicos e neotectônicos), ora com maior ora com menor força. Fatores biogeográficos permitem o estabelecimento de uma vegetação ripária, possibilitando dinâmicas e interações ecológicas sobre

gleissolos e neossolos flúvicos, que por suas diferenças fitogeográficas podem revelar distinções regionais das matas ciliares.

Os geofluxos estabelecidos pelos canais de drenagem são elementos essenciais no desenvolvimento de todas as feições das planícies fluviais, associadas aos processos denudacionais, desempenhando com propriedade a funcionalidade de acumulação. A drenagem principal é representada pelos rios Araguaia, Arraia, Tocantins, Itacaiúnas, Parauapebas, Xingu e Fresco. Em função da dominância litológica foram agrupados em duas subunidades de paisagem: os vales graníticos compreendidos pelo sistema do Tocantins-Araguaia, e os vales quartzíticos do sistema do rio Xingu.

*Vales graníticos* – Compreendem o sistema dos rios Xingu e Fresco, drenando áreas cratônicas. O rio Xingu percorre uma extensão de 2.600 km, com 51,1 milhões de hectares em sua bacia hidrográfica, distribuída entre os estados do Mato Grosso, com 17,7 milhões de hectares e, do estado do Pará com 33,4 milhões de hectares (SILVA; RODRIGUES; PEREIRA, 2015). O rio Xingu exerce função de força disseminadora nodal e suas águas contribuem para a manutenção dos serviços geossistêmicos por meio dos fluxos hídricos. As redes e os canais determinam a transmissão dos fluxos de energia, matéria e informação. Os geofluxos são elementos essenciais no desenvolvimento de todas as feições das planícies fluviais associadas aos processos erosivos e de formação de extensas áreas aluvionares, a exemplo das planícies fluviais estudadas por Paula (2017), revelando processos de fixação da vegetação e trechos de erosão linear no baixo rio Xingu. O rio Fresco construiu seu vale em “U” revelando uma evolução geomorfológica constituída de rochas menos abrasivas às forças hidráulicas do canal principal. Esse vale fluvial pode ser considerado simétrico ou vale em manjedoura, testemunhando climas pretéritos mais secos. Verificam-se pontos de corredeiras (ou os “pedrais”), em especial nos rios de planaltos que apresentam potencial para a construção de usinas hidrelétricas.

*Vales Quartzíticos* – Na parte norte da região de Carajás encontra-se o subsistema Rio Azul/Jacundazinho, drenando rochas formadas por sedimentos antigos de idades variadas entre o Cretáceo e o Paleógeno, compostos por sedimentos aluvionares facilmente retrabalhados por intensos processos erosivos atuantes nos vales e bordas das mesetas recobertas por fragmentos de vegetação tropical nas vertentes íngremes e nas calhas dos rios.

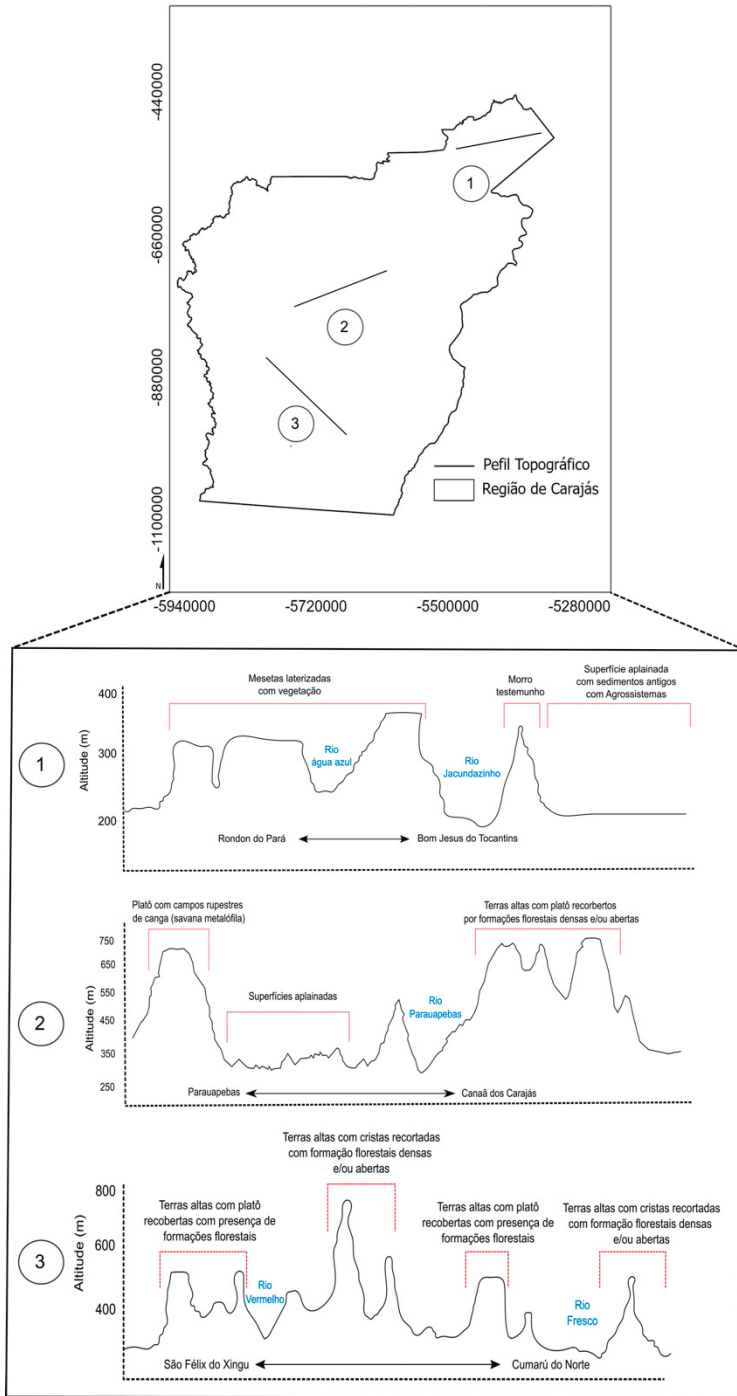
Por quase toda a sua extensão, observa-se a substituição da cobertura vegetal por agrossistemas. Na parte central da região de Carajás encontram-se subsistemas formadores da considerável bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas e afluentes como os rios Parauapebas, Vermelho e Sororó, que drenam o complexo da Serra dos Carajás, Cinturão Itacaiúnas e as depressões interplanálticas tocantinas. No sul da região de Carajás, encontra-se o subsistema rio Vermelho, com elaboração de grandes vales fluviais em formato de “V”, atestando as resistências litológicas onde o canal principal fez uma enorme incisão (construção de talvegues) que erodiu aos poucos as faces do relevo. Apresentam complexos ambientes geomorfológicos que datam do período neoproterozoico, e rochas sedimentares do período holocênico. De acordo com Silva, Valente e Rodrigues (2005), é possível identificar florestas ombrófilas e formações vegetacionais abertas, refletindo intensas variabilidades climáticas. Abriga ainda bosques compostos por buritizeiros e floresta de galeria com palmáceas.

## **OUTRAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS UNIDADES DE PAISAGEM**

As variações topográficas implicam, diretamente, as dinâmicas dos fluxos hídricos e sedimentológicos, e estão relacionadas com as dinâmicas das unidades funcionais, servindo aos aspectos sistêmicos funcionais da paisagem. A sinergia das unidades e subunidades da paisagem com seus filtros, fluxos e barreiras geográficas relacionadas ao gradiente altimétrico da Tabela 2 e, às interações entre variadas fitofisionomias (florestas, campos rupestres e savanas) representa forças importantes que dinamizam a paisagem da região de Carajás, e por sua vez estabelecem os padrões para delimitação das unidades de paisagem (Figura 6).

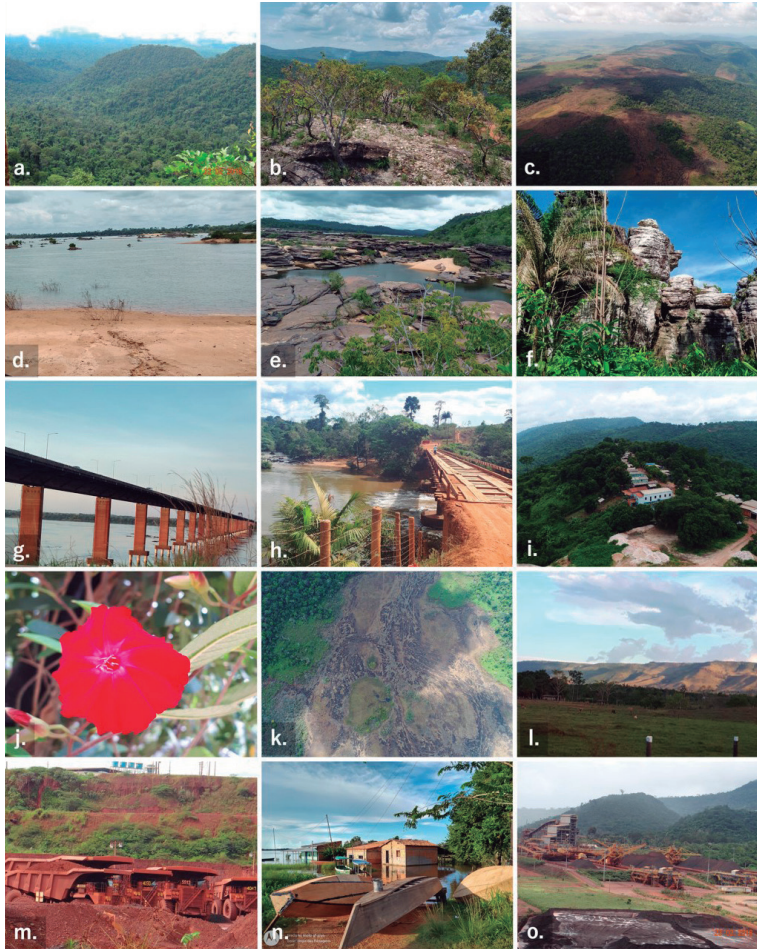
As unidades de paisagem sobreposta ao gradiente topográfico e, descritas caracterizam-se por suas variadas trocas entre os processos físico-químicos e biológicos (Figura 7). Assim, a sinergia da paisagem de Carajás com suas dinâmicas, funções, fluxos e barreiras geográficas relaciona-se à tipologia dos solos, variações morfológicas e altitudinais e interações entre as formações florestais, campestres, refúgios e os agrossistemas.

Figura 6 - Perfis e dinâmicas de fluxos para as unidades de paisagem em Carajás.



Fonte: ©JAXA/METI ALOS PALSAR (2022). Elaborado pelos autores.

Figura 7 - Aspectos gerais das unidades de paisagem delimitadas na região de Carajás.



Nota: **a.** Floresta ombrófila aberta e densa no platô das terras altas, Parauapebas ( $6^{\circ}01'43.6''S$  |  $50^{\circ}18'17.5''O$ ); **b.** Áreas de cerrado na serra dos Martírios Andorinhas ( $6^{\circ}16'58.1''S$  |  $48^{\circ}32'32.6''O$ ); **c.** Terras altas com platô ( $6^{\circ}18'53.8''S$  |  $49^{\circ}54'41.0''O$ ); **d.** Região do Pedral do Lourenço - Itupiranga ( $4^{\circ}59'35.0''S$  |  $49^{\circ}20'21.5''O$ ); **e.** Rochas quartzíticas Rio Araguaia - São Geraldo do Araguaia ( $6^{\circ}13'22.6''S$  |  $48^{\circ}25'53.1''O$ ); **f.** Rio Araguaia ao fundo e em primeiro plano a foz do rio Supupira na serra das andorinhas ( $6^{\circ}10'14.3''S$  |  $48^{\circ}33'38.7''O$ ); **g.** Ponte rodoferroviária sobre o Rio Tocantins - Marabá ( $5^{\circ}18'55.3''S$  |  $49^{\circ}04'45.4''O$ ); **h.** Ponte de madeira sobre o rio Parauapebas ( $6^{\circ}01'07.7''S$  |  $49^{\circ}54'33.3''O$ ); **i.** Garimpo das Pedras - Marabá ( $5^{\circ}50'42.1''S$  |  $50^{\circ}14'40.7''O$ ); **j.** “Flor de Carajás” - *Ipomoea cavalcantei* ( $6^{\circ}12'20.1''S$  |  $50^{\circ}14'03.1''O$ ), endêmica das terras altas com platô - Serra Norte em Carajás ( $6^{\circ}16'58.1''S$  |  $48^{\circ}32'32.6''O$ ); **k.** Carapaças lateríticas e Savanas Metalólicas (refúgios) na Serra da Bocaina ( $6^{\circ}18'53.8''S$  |  $49^{\circ}54'41.0''O$ ); **l.** Áreas de fazendas e vertentes da Serra de Carajás ( $6^{\circ}12'08.7''S$  |  $49^{\circ}31'24.7''O$ ); **m.** Maquinário “caminhão fora da estrada” Mina N5-Carajás ( $6^{\circ}03'59.9''S$  |  $50^{\circ}11'05.0''O$ ); **n.** Ação da Confluência dos Rio Itacaiúnas e Rio Tocantins, “cheias” em Marabá ( $5^{\circ}19'36.8''S$  |  $40^{\circ}06'41.1''O$ ); **o.** complexo minerador (S11D) na Canaã dos Carajás, o sistema de *truckless* substitui os tradicionais caminhões fora de estrada por correias transportadoras ( $6^{\circ}26'18.7''S$  |  $50^{\circ}13'57.6''O$ ).

Fotos: Dos autores

Múltiplos caminhos de devastação direcionam-se floresta adentro na região, sendo essa uma das principais vias de pressão antrópica sobre as paisagens. As alterações e, conseqüentemente, as mudanças nos sistemas ambientais têm inserido intensos processos de artificialização, o que retira das paisagens as dinâmicas que lhes são próprias, com produção, regulação, transporte e acumulação de matéria e energia, elementos essenciais do funcionamento integral do complexo natural territorial.

Elementos antropogênicos marcam a paisagem, cujo processo de apropriação e uso da terra esteve associado ao desmatamento e a atividades extrativistas de todas as formas. A pecuária converte a floresta em grandes áreas de pastos, que depois podem vir a ser convertidas em loteamentos humanos, ou seja, a expansão urbana com loteamentos dotados de construções altamente absorvedoras e refletidoras de radiação que alteram as taxas de temperatura e umidade.

As paisagens antroponaturais, a partir dos aspectos da ecogeografia de Ross (2006), tornam-se dependentes dos sistemas ambientais, visto que obtêm desses sistemas, os serviços geossistêmicos, da qual a vida humana precisa para se manter. As florestas reciclam gases nocivos e cumprem um importante papel como sumidouros de carbono. As queimadas são elementos que desagregam estruturas e funcionamentos das paisagens, liberam gases de efeito estufa, destroem a biodiversidade edáfica e demandam resiliências sistêmicas a cujos processos (autorregulação) as paisagens não têm tempo para se adequar/adaptar, sendo possível que tais ajustes sistêmicos não se estabeleçam em longo prazo.

## CONCLUSÕES

Sistemas de terras médias compõem um percentual de 94% da área de estudo – são áreas transmissoras que dinamizam os fluxos de matéria e energias dos setores mais elevados, interligando-os aos setores mais rebaixados. A conexão entre os sistemas de forma equilibrada é necessária para a permanência das bases estruturais e funcionais de uma paisagem.

No sistema de terras altas, verifica-se aspectos da ecodinâmica de Tricart (1977), onde a morfogênese predomina sobre e a pedogênese pela formação de relevos dissecados e ação dos agentes intempéricos revelam alto nível de fluxos hídricos e sedimentológicos para as áreas mais baixas. A dinâmica pedomorfológica das terras médias com formações florestais e agrossistemas torna essas paisagens sensíveis às ações humanas, do ponto de vista ecológico e sistêmico. Enquanto que nas terras baixas o que prevalece são os processos deposicionais, oriundos de diferentes mecanismos de transposição e acumulação, sob esta ótica, retomemos as ideias de Bell (2013) das quais a dinâmica da crosta terrestre em associação com os fatores climáticos institui funções e processos



de estruturas erosionais e estruturas deposicionais que por sua vez defini fluxos sistêmicos que dinamiza a paisagem.

De forma geral, os sistemas ambientais apresentam fragilidade a processos naturais, como erosão dos solos, enchentes e inundações nas áreas planas. Essas fragilidades são potencializadas pelas ações antrópicas (pecuária, extração mineral, vegetal, agricultura etc.) que vêm historicamente se mostrando de forma inadequada.

As unidades de paisagens têm funções geoecológicas bastante específicas cujos processos de transmissão, emissão e acumulação definem os padrões de unidades de paisagem. De outra forma, quando se identificam subunidades, ficam claras as suas especificidades na trama das relações sistêmicas, cabendo a estudos futuros zonar as fragilidades e as vulnerabilidades das paisagens a fim de propor políticas públicas balizadas pelos instrumentos de ordenamento da paisagem, a esses elementos coadunam com as ideias ecogeográficas de Ross (2006).

De forma ampliada a geoecologia das paisagens contribuem na análise e interpretação das estruturas e dos atributos da paisagem da região de Carajás por meio das potencialidades metodológicas e dos recursos geoinformativos capazes de desvendar todo um complexo territorial.

Para os próximos passos há necessidade de afinar mais a escala, o uso de imagens com resoluções centimétricas poderam aprofundar os conhecimentos de unidades e subunidades carente de melhores descrições como os tabuleiros interiores e os *knickpoint* fluviais com seu rico patrimônio geológico-geomorfológico. Contudo a geoecologia das paisagens presta-se a apresentar uma nova perspectiva as paisagens da região de Carajás.

## REFERÊNCIAS

- ©JAXA/METI ALOS PALSAR. **ALOS World 3D - 30m (AW3D30)**. 2022. Disponível em: [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30\\_e.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30_e.htm). Acesso em: jan. 2022.
- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, Inst. Geogr. USP, n. 20, p. 1-26, 1969.
- AB'SÁBER, A. N. **Amazônia: do discurso a práxis**. 2 ed. São Paulo: Edusp, 2004.
- ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G.; BARROS, M. N. R.; ROCHA, D. P. N. D. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: EMILIO, T. e LUIZÃO, F. (Ed.). **Cenários para a Amazônia: clima biodiversidade e uso da terra**. Manaus: INPA, 2014. p. 57-66.

- BARBOSA, L. C. **Guardians of the Brazilian Amazon Rainforest: Environmental Organizations and Development**. Londres: Routledge, Taylor & Francis Group, 2015.
- BARROSO, L. R.; MELLO, P. P. C. Como salvar a Amazônia: por que a floresta de pé vale mais do que derrubada. **Revista de Direito da Cidade**, v.12, n. 2, p. 1262-1307, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12957/rdc.2020.50890>.
- BELL, S. **Landscape: Pattern, Perception and Process**. Nova Iorque: Taylor & Francis Group, 2013.
- BERTRAND, G.; TRICART, J. Paysage et Géographie Physique Global. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v.39, n. 3, p. 249-272, 1968.
- CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015.
- CHORLEY, R. J. Models in Geography. *In*: CHORLEY, R. J. e HAGGETT, P. (Ed.). **Models in Geography**: Methuen, 1967. p. 43-96.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- COPÉRNICUS SENTINEL DATA. **Sentinel-2B**. European Space Agency (ESA), p. Resolução de 10 metros, 2021. Disponível em: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus). Acesso em: jan. 2022.
- CPRM. **Dados, informações e produtos do serviço geológico do Brasil**. Companhia de Produção e recursos minerais, 2019. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br>.
- DANTAS, M. E.; TEIXEIRA, S. G. Origem das Paisagens. *In*: JOÃO, X. D. S. J.; TEIXEIRA, S. G., *et al* (Ed.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013. p. 25-49.
- DYAKONOV, K. N.; KASIMOV, N. S.; KHOROSHEV, A. V.; KUSHLIN, A. V. **Landscape analysis for sustainable development: theory and applications of landscape science in Russia**. Rússia, Moscow: Faculty of Geography Moscow, 2007.
- IBGE. **Divisão regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias: 2017**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>.
- IBGE. **Geociências, informações ambientais, malha municipal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>.

KHOROSHEV, A. V.; DYAKONOV, K. N. **Landscape Patterns in a Range of Spatio-Temporal Scales**. Switzerland: Springer International Publishing, 2020.

LAGLER, B. **Mineralogia e geoquímica das sequencias vulcânicas paleoproterozóicas do Grupo Uatumã na região de São Félix do Xingu (PA), Cráton Amazônico**. 2011. (Dissertação de mestrado) - Instituto de Geociências, USP, São Paulo.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução KUX, H. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MASCARENHAS, A. L. D. S.; VIDAL, M. R. Conflitos e Tensões no Acesso dos Recursos Terra-Água. **Geografia**, v.30, n. 2, p. 149-168, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2021v30n2p149>.

MASCARENHAS, A. L. D. S.; VIDAL, M. R. Identificação de vetores de desmatamento em região hidrográfica por meio de imagens Sentinel-2B. **Papers do NAEA**, Ed. 526, v.30, n. 1, 2021.

MONTEIRO, M. A.; SILVA, R. P. Expansão geográfica, fronteira e regionalização: a região de Carajás. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 49, DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.35296>.

PAULA, E. M. S. **Paisagem fluvial amazônica: geoecologia do tabuleiro do embaupal - baixo rio Xingu**. 2017. (Tese de Doutorado) - Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2 ed. Cubatão: Oficina de Textos, 2012.

RICHTER, R.; SCHLÄPFER, D. **Atmospheric/topographic correction for satellite imagery**. Versão 8.2 BETA ATCOR-2/3 User Guide: 2012.

RODRIGUEZ, J. M. M.; DA SILVA, E. V. A classificação de paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, v.1, n. 1, p. 95-112, 2002. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm.v1i1.198>.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. D.; CAVALCANTI, A. D. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6 ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídio para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina Texto, 2006.

- ROUSE JR, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J.; DEERING, D. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In: Earth Resources Technology Satellite Symposium*. Washington: NASA, 1974. p. 309-317.
- SASHIKKUMAR, M. C.; SELVAM, S.; KARTHIKEYAN, N.; RAMANAMURTHY, J. *et al.* Remote sensing for recognition and monitoring of vegetation affected by soil properties. **Journal of the Geological Society of India**, v.90, n. 5, p. 609-615, 2017.
- SILVA, J. M. L.; VALENTE, M. A.; RODRIGUES, T. E. Solos do município de Rondon do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série Ciências Naturais, v. 1, n. 2, p. 157-186, 2005.
- SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and analysis of geodiversity indices in the Xingu River basin. **Geoheritage**, v.7, n. 4, p. 337-350, 2015.
- SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**, n. 16, 1977.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977.
- VALERIANO, M. D. M. Dados Topográficos. *In: FLORENZANO, T. G.* (Ed.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Texto, 2008.
- VIDAL, M. R.; DA SILVA, E. V. Enfoque estrutural e funcional da geocologia das paisagens: modelos e aplicações em ambientes tropicais. **Geofronter**, v.7, n. 1, p. 1-19, 2021.
- VIDAL, M. R.; DOS SANTOS MASCARENHAS, A. O. L. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geocologia das Paisagens. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v.24, n. 3, p. 600-615, 2020.
- VIDAL, M. R.; SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; MASCARENHAS, A. L. S. Análise de modelos funcionais em paisagens litorâneas. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v.v. 1, n. 1, p. 103-116, DOI: <http://dx.doi.org/10.17553/2359-0831/ihgp.n1v1p107-122>.
- VIEIRA, I.; TOLEDO, P.; SILVA, J.; HIGUCHI, H. Deforestation and threats to the biodiversity of Amazonia. **Brazilian Journal of Biology**, v.68, p. 631-637, DOI: <https://foi.org/10.1590/s1519-69842008000500004>.

Texto submetido à Revista em 30.06.2022

Aceito para publicação em 02.09.2022