

Heterogeneidades da paisagem na definição de unidades geocomplexas na região da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé, RR, Brasil.

Landscape heterogeneities in the definition of geocomplex units in the *Cauamé* River Hydrographic Basin region, RR, Brazil.

Heterogeneidades del paisaje en la definición de unidades geocomplejas en la región de la Cuenca Hidrográfica del Río *Cauamé*, RR, Brasil.

Jesús Jordán Marquina Vera ^{1*} ; Stélio Soares Tavares Junior² ; Luiza Câmara Beserra Neta² 

¹ Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela

² Universidade Federal de Roraima (UFRR), Boa Vista, Roraima, Brasil

* Autor correspondente: jordanmarquina106@gmail.com

Resumo: A crescente intervenção antrópica das sociedades em diferentes paisagens proporciona a necessidade de ter uma cartografia precisa e atualizada dos elementos físico-bióticos em qualquer unidade da superfície terrestre. Atualmente, o uso de geotecnologias tornou possível a obtenção de uma base atualizada desses recursos naturais para fins de ordenamento territorial. O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização semi-detalhada dos elementos físico-bióticos, com a delimitação de unidades geocomplexas, através da definição de seus níveis de heterogeneidade paisagística e análise de sua estrutura horizontal e vertical. A partir da aplicação de técnicas de processamento de imagens *Landsat* e do Modelo Digital de Elevação (DEM) em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIGs), para integração cartográfica dos componentes da paisagem, obteve-se o perfil transversal da estrutura vertical. Resultados mais realistas são obtidos com o uso dessas geotecnologias, como meio auxiliar ao planejamento territorial e conservação dos recursos naturais da região da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC), no estado de Roraima, Brasil.

Palavras-chave: Geoecologia; Geossistema; Estrutura da Paisagem; Geoprocessamento

Abstract: The growing anthropogenic intervention of societies in different landscapes makes it necessary to have accurate and up-to-date mapping of the physical-biotic elements in any unit of the earth's surface. Nowadays, the use of geotechnologies has made it possible to obtain an up-to-date database of these natural resources for land-use planning purposes. The aim of this work was to carry out a semi-detailed characterization of the physical-biotic elements, delimiting geocomplex units by defining their levels of landscape heterogeneity and analyzing their horizontal and vertical structure. The cross-sectional profile of the vertical structure was obtained from the application of Landsat image processing techniques and the Digital Elevation Model (DEM) in a geographic information systems (GIS) environment for cartographic integration of the landscape components. More realistic results are obtained with the use of these geotechnologies, as an aid to territorial planning



Recebido: 05 de abril, 2024.

Aceito: 06 de fevereiro, 2025.

Publicado: 07 de julho, 2025.

and the conservation of natural resources in the *Cauamé* River Hydrography Basin (CRHB) region, in the Roraima State, Brazil.

Keywords: Geoecology; Geosystem; Landscape Structure; Geoprocessing.

Resumen: La creciente intervención antrópica de las sociedades en diferentes paisajes, genera la necesidad de tener una cartografía precisa y actualizada de los elementos físico-bióticos en cualquier unidad de la superficie terrestre. Actualmente, el uso de geotecnologías torna posible la obtención de una base actualizada de esos recursos naturales con fines de ordenamiento territorial. El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización semidetallada de los elementos físico-bióticos, con la delimitación de las unidades geocomplejas, a través de la definición de sus niveles de heterogeneidad paisajística e el análisis de su estructura horizontal y vertical. A partir de la aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes Landsat y del Modelo de Elevación Digital (DEM), en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la integración cartográfica de los componentes del paisaje, obteniéndose el perfil transversal de la estructura vertical. Resultados más reales son obtenidos con el uso de estas tecnologías, como medio auxiliar en la Planificación territorial y conservación de los recursos naturales en la región de la Cuenca Hidrográfica del Río *Cauamé* (CHRC), en el estado de Roraima, Brasil.

Palabras Claves: Geoecología; Geo-sistema; Estructura del Paisaje; Geoprosesamiento.

Introdução

A ciência geográfica sempre se preocupou em dividir a superfície terrestre em unidades distinguíveis, cujas características, recursos naturais e fragilidades possam ser descritos num contexto bem definido e delimitado (Rodriguez et al., 2017, p. 20). Uma das preocupações na atualidade é conseguir definir unidades geográficas com características semelhantes para fins de ordenamento territorial e que esse ordenamento permita de alguma forma reduzir os impactos ambientais negativos, com a frequente degradação dos recursos naturais das paisagens.

Sendo a paisagem segundo Bertrand (2004, p. 141) como:

uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

E que a mesma pode ser classificada e hierarquizada em diferentes escalas de grandezas têmporo-espacial.

A definição de unidades geocomplexas como uma das escalas de grandezas é uma das opções para delimitar as estruturas da paisagem e são definidas como:

áreas geneticamente homogêneas, com repetição regular de combinações inter-relacionadas da estrutura geológica, formas de relevo, águas superficiais e subterrâneas, microclimas, solos, fito e zoocenoses (Solnetsev, 1948 *apud* Cavalcanti e Corrêa, 2016, p. 8).

Na abordagem desses elementos, a ecologia da paisagem aborda “o estudo da estrutura, função e mudança das áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos” (Forman; Godron, 1986; Metzger, 2000, p. 3). Onde este trabalho orienta-se ao estudo da estrutura, que é produto do relacionamento espacial entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes. Mais especificamente, é como o arranjo ou padrão espacial da paisagem (descritos pelos tamanhos, formas, números e tipos de configurações dos ecossistemas) (Forman e Godron, 1986; Soares-Filho, 1998, p. 8).

O principal interesse da análise que justifica este trabalho, está relacionado com o estudo da heterogeneidade geral da paisagem na Bacia Hidrográfica do Río Cauamé (BHRC). Não obstante, o reconhecimento da homogeneidade ou heterogeneidade de um objeto está diretamente ligado à questão da escala: “Praticamente qualquer porção de terra é homogênea numa escala mais abrangente e heterogênea quando é vista numa escala mais detalhada” (Metzger, 2001, p. 4). Por conseguinte, são abordadas as formas de representação de uma paisagem, usando-se a capacidade de abstração do geoprocessamento.

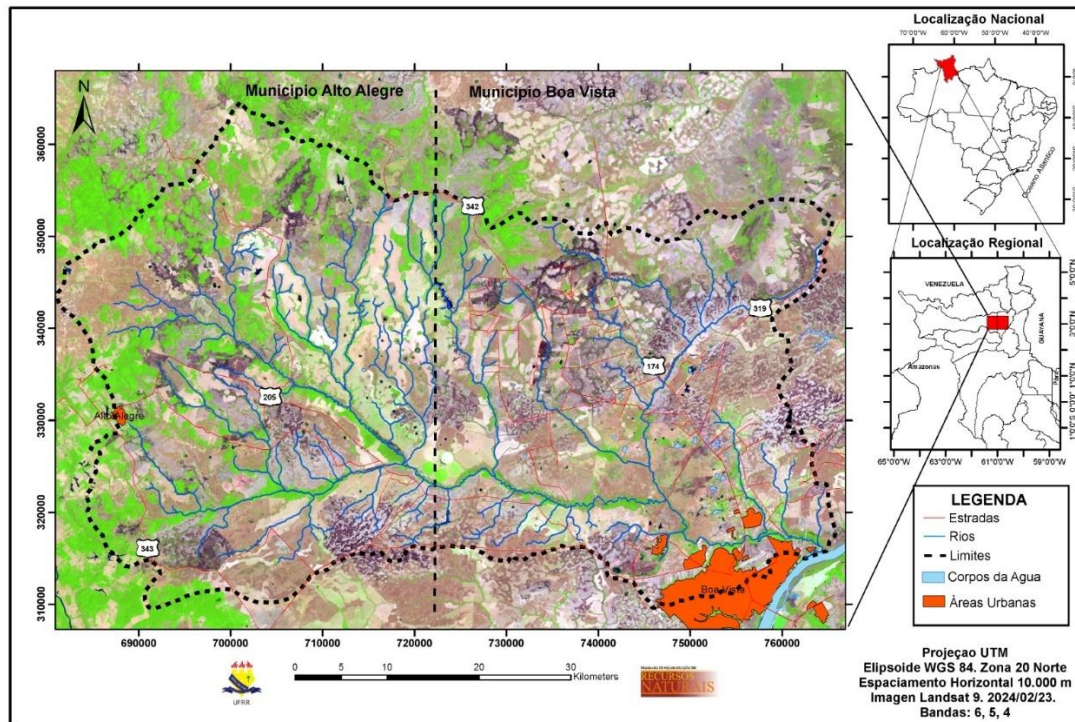
O problema principal que enfrenta do ponto de vista científico-técnico a BHRC, é a carência de uma cartografia numa escala mais detalhada das estrutura físico-biótica da paisagem, e que ela seja integrada e organizada segundo o sistema taxonômico e hierárquico (Bertrand, 1968, Bertrand, 2004, Souza et al, 2021). Tendo como objetivo principal definir a estrutura da paisagem na bacia, com uma caracterização semi-detalhada dos elementos físico-bióticos, com sua integração cartográfica e a classificação dos níveis de heterogeneidade conforme unidades espaciais menores, indicando a estrutura horizontal. Como também, sua estrutura vertical, delimitando as unidades geocomplexas de acordo com sua escala e hierarquia. Formulando como hipótese, se é possível diferenciar cartograficamente e graficamente as estruturas da paisagem (horizontal e vertical) em paisagens das savanas roraimenses, desde a perspectiva da ecologia da paisagem, aplicando técnicas de geoprocessamento na BHRC.

Material e métodos

Localização da área de estudo

A área foco deste trabalho é a região da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé (BHRC) situada na porção Norte-Nordeste do Estado de Roraima-Brasil, formando parte de dois municípios importantes: Alto Alegre e Boa Vista, entre as coordenadas UTM: 364652,40 - 309628,25 N e 765590,45 - 681146,52 E (Figura 1), com uma área aproximada de 3.181 Km². O acesso à área de estudo se faz pelas rodovias Manaus - Venezuela (BR-174), Boa Vista - Taiano (RR-342), Boa Vista - Alto Alegre (RR-205), além das vias locais facilitam o acesso a área de estudo.

Figura 1: Localização da Área de Estudo, contorno em linha pontilhada corresponde ao limite da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé.



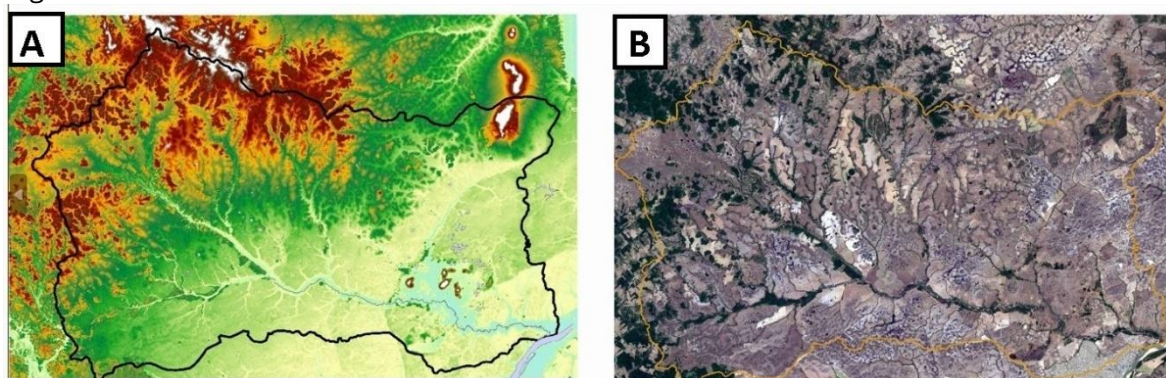
Fonte: Os Autores.

Procedimentos Metodológicos

Na caracterização individual dos elementos físico-bióticos da paisagem (Geologia, Relevo, Solos, Hidrografia, Cobertura e Usos da Terra), num nível de levantamento na escala 1:100.000, com uma unidade cartográfica mínima de $\frac{1}{4}$ cm² (25 ha., no terreno), onde as imagens *Landsat* com 30 m de resolução espacial permite gerar cartografia e atualização para escala 1:100.000 (Marquina e Mogollón, 2018, p. 48), para isso foi realizada toda uma série de procedimentos e técnicas em geoprocessamento, para cada um dos diferentes mapas, usando-se como método principal as técnicas em fotointerpretação de imagens satelitais, com a posterior edição e compilação para cada um dos elementos da paisagem, questão que levou um trabalho minucioso em poder levar de escalas menores a escalas maiores com o uso da Fotointerpretação, Sistemas de Informação Geográficas (SIG) e validação em campo, questões que são resumidas a seguir.

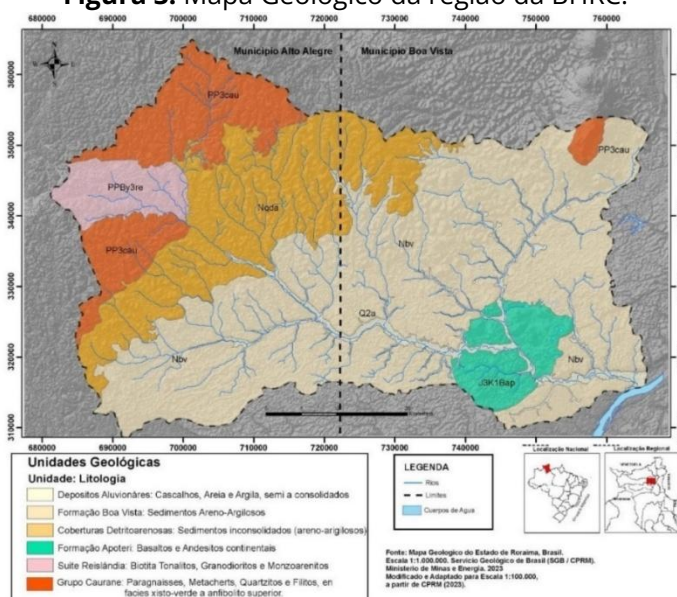
Para o Mapa Geológico utilizou-se como fonte o Mapa Geológico do Estado de Roraima, escala 1:1.000.000 do Serviço Geológico de Brasil (CPRM, 2023), fazendo os respectivos ajustes de interpretação e edição para escala 1:100.000 sendo usado como base o Modelo Digital de Elevação (DEM, *Digital Elevation Model*) do *Copernicus 30 m*, adquiridos do site web: <https://opentopography.org/>, de San Diego Supercomputer Center e University of California San Diego (ESA, 2021), com boa precisão e a Imagem *Landsat 9* do 23/02/2024 obtida da site web: earthexplorer.usgs.gov, com 30 m. de resolução espacial nas bandas multiespectrais (Figuras 2 e 3).

Figura 2: (A) Imagem de altimetria a partir do DEM/*Copernicus* e (B) imagem na composição colorida do sensor OLI/*Landsat 9* (P.232/R.58), com destaque ao limite da região da BHRC.



Fonte: Os Autores.

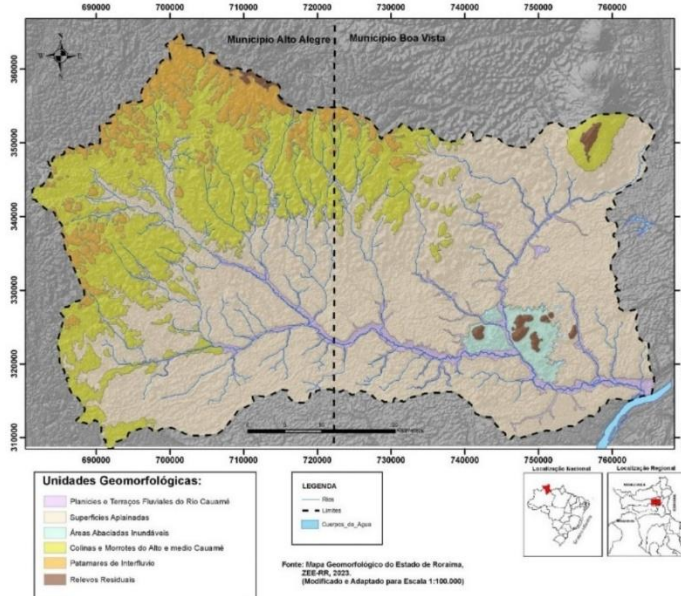
Figura 3: Mapa Geológico da região da BHRC.



Fonte: Modificado e adaptado do CPRM (2023).

Para o Mapa Geomorfológico utilizou-se como fonte de informação os mapas de unidades geomorfológicas elaborado por ZEE-RR (2023) com escala 1:850.00, onde os polígonos foram digitalizados novamente com o uso da interpretação do DEM e as linhas de contorno geradas com o SIG cada 10 metros de equidistância, melhorando a precisão e a escala do mapa (Figura 4).

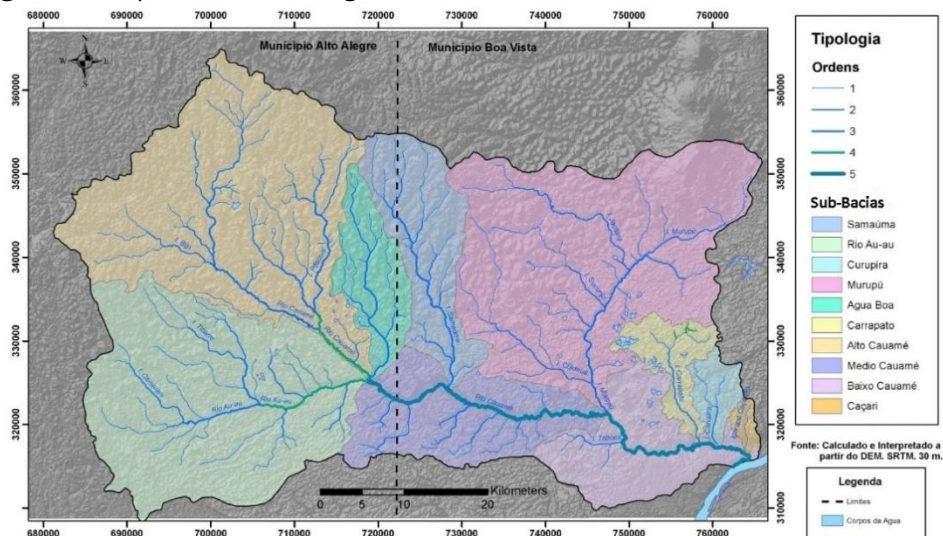
Figura 4: Mapa Geomorfológico da região da BHRC.



Fonte: Modificado e adaptado do ZEE-RR (2023).

Para o Mapa Hidrográfico aplicou-se a interpretação visual, sobre as linhas de contornos geradas a partir do processamento do DEM (Figura 5), e através do refinamento da rede de drenagens com a imagem *Landsat 9* e *Google Earth*, os canais fluviais foram classificados segundo suas ordenes de hierarquias. Os nomes de cada umas das sub-bacias foram obtidas do IBGE (2011).

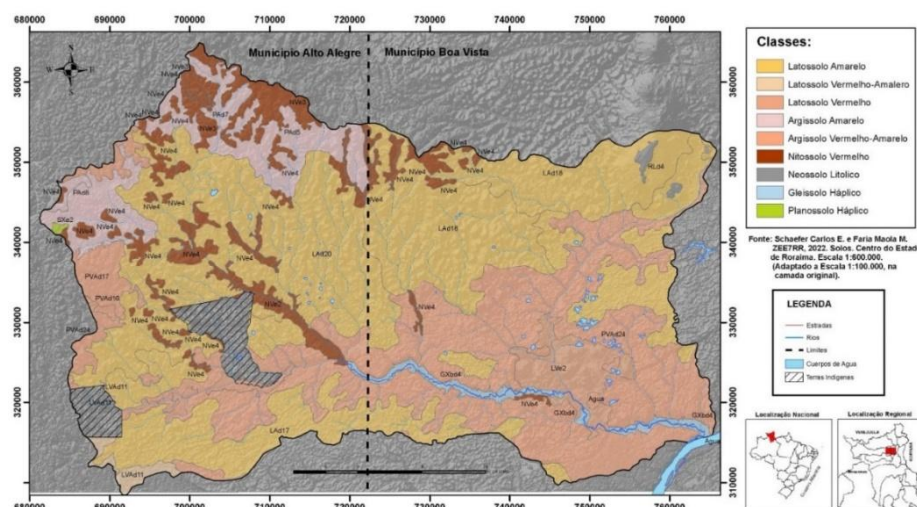
Figura 5: Mapa da rede hidrográfica da BHRC, mostrando todas suas sub-bacias.



Fonte: Os Autores.

Para o Mapa de Solos usou-se como fonte principal o Mapa de Solos do Estado de Roraima criado por Schaefer e Faria (2022) no ZEE-RR (2023), escala 1:600.000, fazendo os ajustes respectivos dos polígonos com interpretação visual, em base na imagem *Landsat 9*, em diferentes composições de cor, procedimento similar aos anteriores, onde todos os polígonos foram editados para alcançar uma melhor precisão (Figura 6).

Figura 6: Mapa de Solos da região Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé.

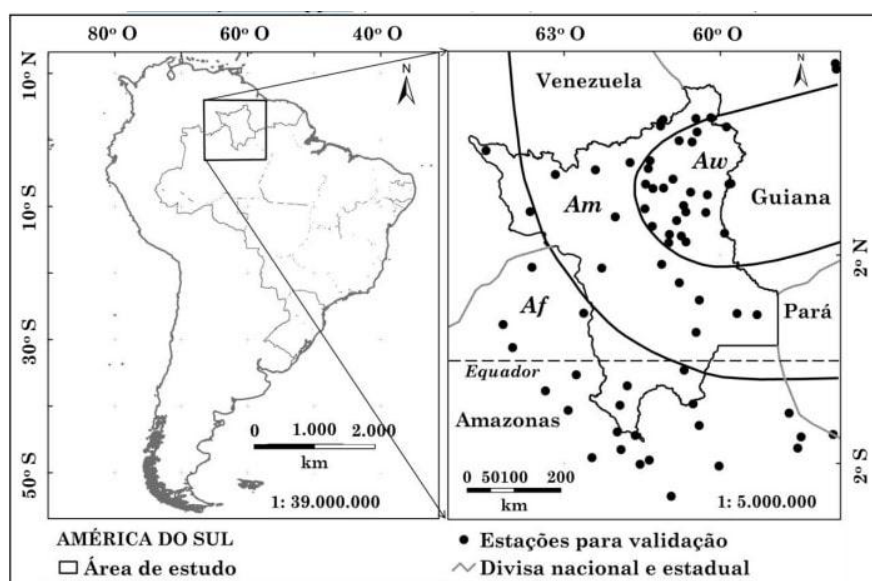


Fonte: Modificado e adaptado de Schaefer e Faria – ZEE-RR (2023).

O clima que caracteriza as savanas de Roraima é Aw (tropical úmido sem estação fria) sob a classificação Köppen. A maioria série histórica completa para a região é para o município de Boa Vista (capital de Roraima), localizada na porção centro-sul das savanas locais. A precipitação média na Estação Meteorológica da Boa Vista do INMET, foi de 1612 ± 400 mm para o período 1910-2003, enquanto a umidade relativa média mensal das faixas de ar de 66 a 82%. Os meses mais secos são entre dezembro e março ($\pm 10\%$ de precipitação anual) (Barni et al, 2020, p. 439).

O clima Aw registra o maior pico pluviométrico em junho, com o período chuvoso compreendendo os meses de abril a setembro, o clima Aw apresenta a menor precipitação anual e tem sua área de atuação restrita às áreas de savanas no nordeste do Estado (Figura 7). Estes fatos são marcados pela antecipação das chuvas anuais no Sul, esta região é caracterizada por baixa pluviosidade durante todo o ano quando comparado com a precipitação sobre áreas de florestas (Barni et al, 2020, p. 453), onde a BHRC está completamente inserida baixo este clima.

Figura 7: As linhas curvas sobre Roraima subdividem a área em três tipos climáticos: Af (clima equatorial de floresta), Am (clima de monção) e Aw (clima de savana) de acordo com a classificação de Köppen onde a BHRC está inserida.

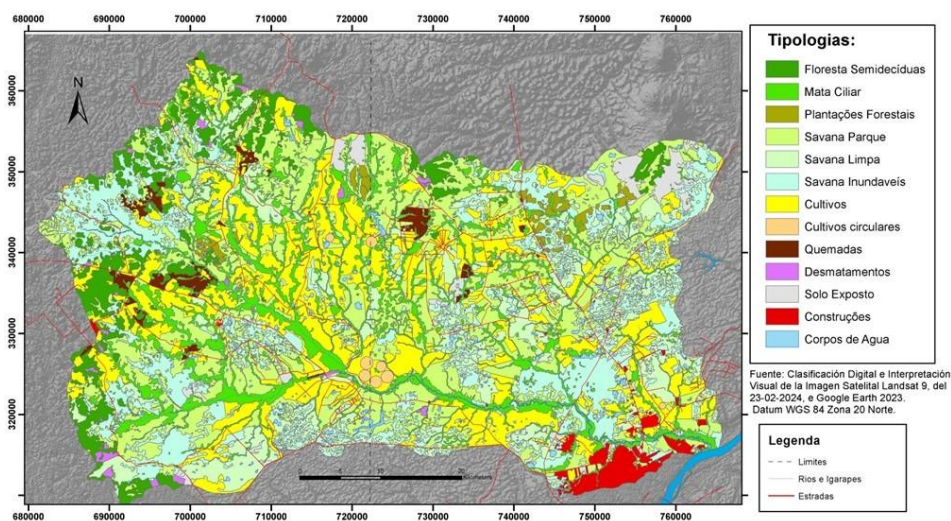


Fonte: Barni et al, 2020.

No mapa de Cobertura e Uso da Terra, usou-se técnicas de processamento da Imagem *Landsat 9* do (2024/02/23). O primeiro procedimento foi a correção atmosférica da imagem, com a utilização do software QGIS versão 3.28.5, aplicando-se o Método de Subtração de Objetos Escuros (DOS-1), bem como a transformação dos valores de radiância à refletância com o plugin de classificação semiautomática desenvolvido por Congedo L. (2021) para o software QGIS.

Posteriormente realizou-se a segmentação da imagem *Landsat 9* (*Segment Mean Shift Function*) (ESRI, 2023), que agrupa um conjunto de pixels adjacentes com características espectrais semelhantes em segmentos contínuos, estabelecendo o nível de importância dado às diferenças espectrais da imagem. Posteriormente, procedeu-se a classificação supervisionada pelo método (*Maximum Likelihood Classification*), e as correções e verificação dos polígonos foram feitos com interpretação visual com o uso das imagens de Google Earth (2023), foram realizados trabalhos de verificação *in locu* com o GPS - Sistema de Posicionamento Global, para verificar e validar o mapeamento, e para a definição das categorias de coberturas da terra, seguimos como referência o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012) (Figura 8).

Figura 8-Mapa de Cobertura e Uso da terra da região BHRC, aplicando classificação digital supervisionada da imagem *Landsat 9* e interpretação visual com *Google Earth*



Fonte: Os Autores.

Integração cartográfica:

As unidades territoriais geocomplexas, foram definidas partindo da integração dos elementos da paisagem (Sub-Bacias, Geologia, Geomorfologia, Solos e Cobertura e Uso da Terra), com o uso das interceptações (Teoria de Conjuntos) em ambiente SIG, o elemento clima não foi considerada para a interceptação, já que a área da bacia está inserida na sua totalmente baixo o clima Aw. Tomando de referência as Unidades Taxonômicas e Hierárquicas propostas para a Cartografia da Paisagem (Geocomplexos) como unidade taxonômica de análise de Bertrand (1972) (Quadro 1) apresentou-se como universal por definir os estudos de paisagem em “[...] escalas têmporo-espaciais de inspiração geomorfológica de A. Cailleux e J. Tricart, que foram utilizadas como base geral de referência para todos os fenômenos geográficos” (Bertrand, 1968, Souza et al., 2021, p.64).

Quadro 1: Unidades taxonômicas e hierárquicas propostas para a cartografia da paisagem

Níveis (1)	Unidades de Paisagem (2)	Escala Têmporo - Espacial (3)	Escalas de Levantamento (4)	Ex. Tomado numa mesma série de paisagem (5)
Planetar	Zona	G.I	Acima de 1/10.000.000	Intertropical
Regional	Domínio	G.II	Entre: 1/10.000.000 e 1/1.000.000	Domínio das depressões Interplanálticas e Intermontanas semiáridas florestadas por Caatingas
	Região Natural	G.III	1/1.000.000 e 1/250.000	Depressões sertanejas semiáridas
Local	Geocomplexos	G.IV – G.V	1/250.000 e 1/50.000	Sertões do Seridó Potiguar
	Geofácies	G.VI	1/50.000 e 1/10.000	Rampa de coluvião
	Geótopos	G.VII	Menor que 1/10.000	Afloramento Rochoso

Legenda: 1 – De acordo com Bertrand (1968). 2 – Conforme revisão conceitual. 3 – Conforme Cailleux e Tricart (1956). 4 – Proposta. 5 – Exemplos no âmbito do Semiárido brasileiro.

Fonte: Souza et al. (2021).

Desse modo, utilizou-se a proposta geossistêmica, dando enfoque para à escala:

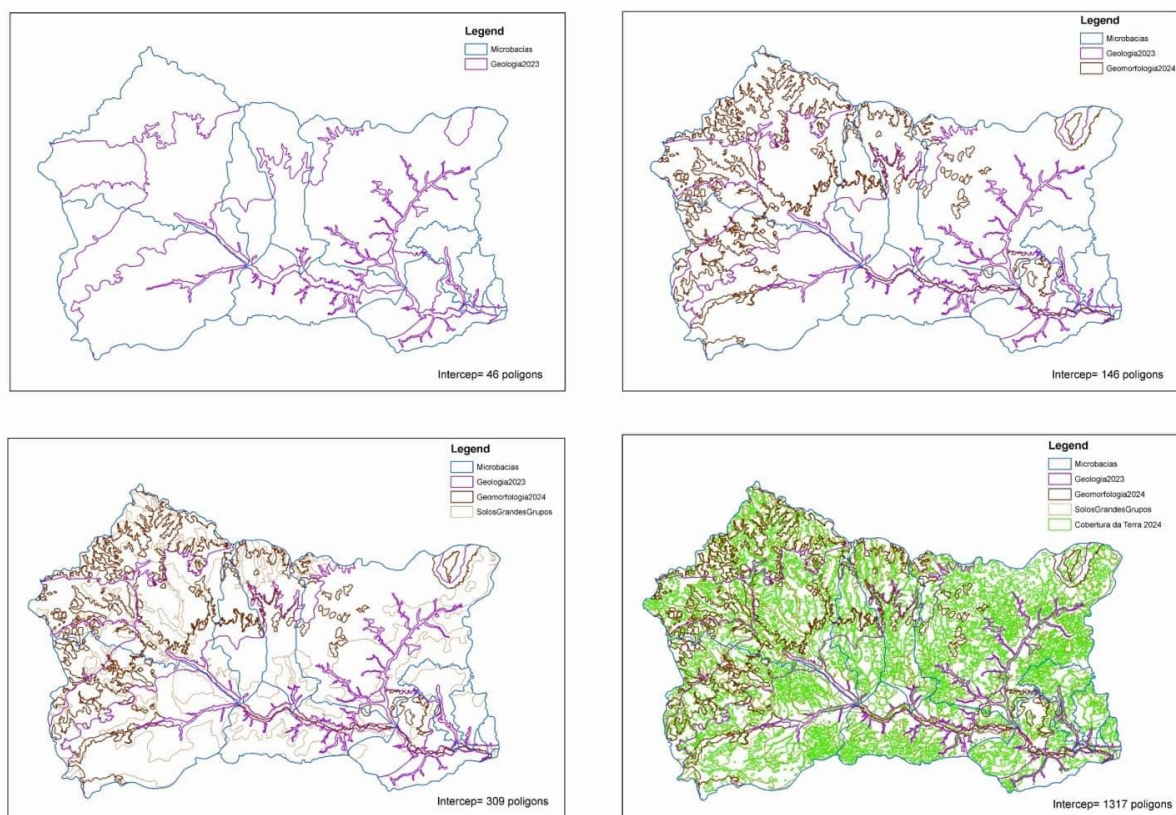
“têmporo-espacial” de unidade 4ª e 5ª grandezas (100 a 10.000 km²), pois versa sobre o mapeamento da região BHRC. Além disso, sabe-se que no interior do geossistema ocorrem as escalas 6ª e 7ª, os geofácies e o geótopo, sendo o geofácies a parcela fisionomicamente homogênea, correspondente a uma mesma fase de evolução do geossistema, e o geótopo, a menor unidade geográfica homogênea diretamente perceptível no terreno” (Bertrand, 1968; Bertrand, 2004; Anjos e Carvalho, 2020, p. 1704).

Para gerar o mapa das unidades geocomplexas de homogeneidade, tomou-se como unidades de análise as Sub-bacias, por estar claramente diferenciadas e ter continuidade espacial, fazendo a interceptação das camadas com o método *Intercep*:

Intercep= Sub-bacias \cap Geologia \cap Geomorfologia \cap Solos \cap Cobertura da Terra

Onde na primeira interceptação foi gerado 46 polígonos, na segunda foi gerado 146 polígonos, na terceira com 309 polígonos e já para a última com 1.317 polígonos gerados, com alguns elementos físico-bióticos que se repetem dentro da mesma sub-bacia (Figura 9).

Figura 9: Exemplo das interseções das camadas (Sub-bacias, Geologia, Geomorfologia, Solos e Coberturas da Terra).



Fonte: Os Autores

Os dados resultantes das interseções foram então organizados no Excel, e assim foi possível calcular, diferenciar as unidades de análise (Sub-bacias), de acordo com os seus níveis de heterogeneidade da paisagem (Quadro 2), e gerar o Mapa de Níveis de heterogeneidade da Paisagem da BHRC.

Posteriormente, de acordo com o número de elementos físico-bióticos presentes dentro de cada sub-bacia, foi agrupada em três níveis de heterogeneidade, onde o mínimo tinha 12 elementos, enquanto o máximo tinha 28 elementos, subtraindo o máximo menos o mínimo e dividindo por 3, onde cada microbacia foi inserida dentro do seu nível correspondente, Heterogênea (12 – 17,32), Muito Heterogênea (17,33 – 22,66) e Altamente Heterogênea (22,67 – 28). Permitindo obter o mapa de unidades geossistêmicas, com seus níveis de heterogeneidade da paisagem.

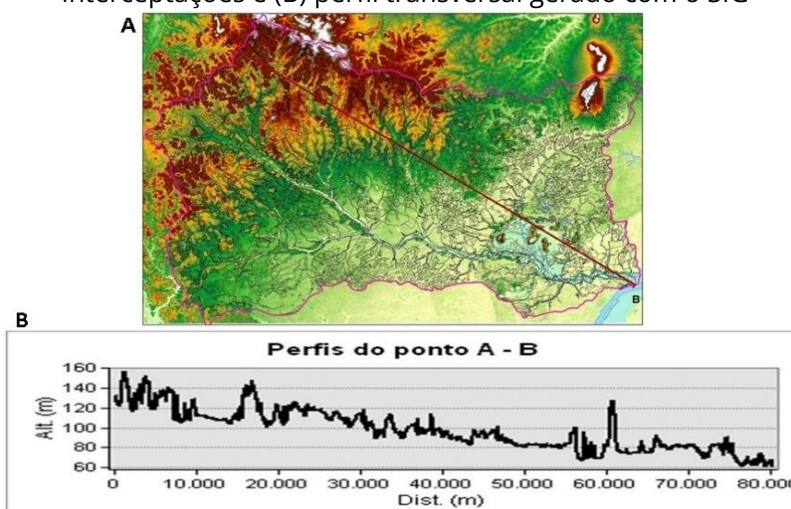
Quadro 2: Unidades de Análises e Número de elementos Físico-Bióticos (F-B) presentes dentro de cada Sub-bacia

Unidades de Análises		Unid. Geológicas	Unid. Geomorfológicas	Unid. de Solos	Unid. de Cob. e Usos da Terra	Total de U. F-B	N. de polígonos
N	Sub-bacias						
1	Samauma	3	4	5	12	24	98
2	Rio Au-au	4	4	5	11	24	235
3	Curupira	2	2	3	8	15	30
4	Murupú	5	6	5	12	28	194
5	Alto Cauamé	5	5	6	12	28	369
6	Água Boa	3	4	4	9	20	46
7	Carrapato	3	3	4	8	19	64
8	Medio Cauamé	3	4	5	9	21	126
9	Baixo Cauamé	3	4	4	9	20	142
10	Caçari	2	2	2	6	12	13

Fonte: Os Autores.

Com o objetivo de visualizar a estrutura vertical da paisagem e definir as unidades geocomplexas, traçou-se um perfil transversal na base do DEM e na camada de intercepções da BHRC (Figura 10). O perfil foi suavizado e editado com um software de desenho, para obter uma representação aproximada da realidade de sua estrutura vertical da paisagem.

Figura 10: (A) Exemplo do perfil transversal traçado sobre o DEM e a camada das intercepções e (B) perfil transversal gerado com o SIG

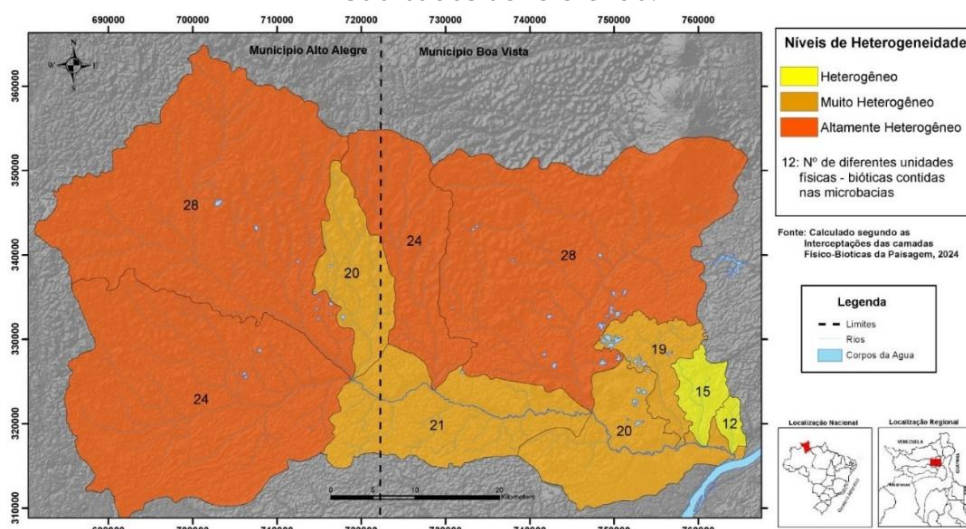


Fonte: Os Autores.

Resultados

Os resultados mostram uma diferenciação espacial dos elementos físico-bióticos presentes na BHRC, onde foi possível separar unidades de análise (Sub-bacias) em três níveis de heterogeneidade da paisagem, sendo Heterogêneo, Muito Heterogêneo e Altamente Heterogêneo, segundo o número de elementos físico-bióticos contidos em cada sub-bacia, onde destaca-se que as sub-bacias com maior tamanho em superfície são as mais heterogêneas e as de menor tamanho são menos heterogêneas (Figura 11).

Figura 11: Mapa de distribuição espacial dos níveis de heterogeneidade, segundo as Sub-bacias de referência.



Fonte: Os Autores.

As Sub-bacias heterogêneas que tem menor superfícies são: Caçari (15,20 Km²), Curupira (46,61 Km²) e Carrapato (83,03 Km²). As muito heterogêneas são: Água Boa (134,40 Km²), Meio Cauamé (273,07 Km²), Baixo Cauamé (215, 29 Km²), Samaúma (226,73 Km²) e Rio Au-au (668,16 Km²). E as Sub-bacias altamente heterogêneas são: Murupú (764,56 Km²) e Alto Cauamé (754,05 Km²). Os elementos físico-bióticos presentes em cada sub-bacia, se resume no Quadro 3.

Quadro 3: Elementos físico-bióticos contidos nas unidades geocomplexas:

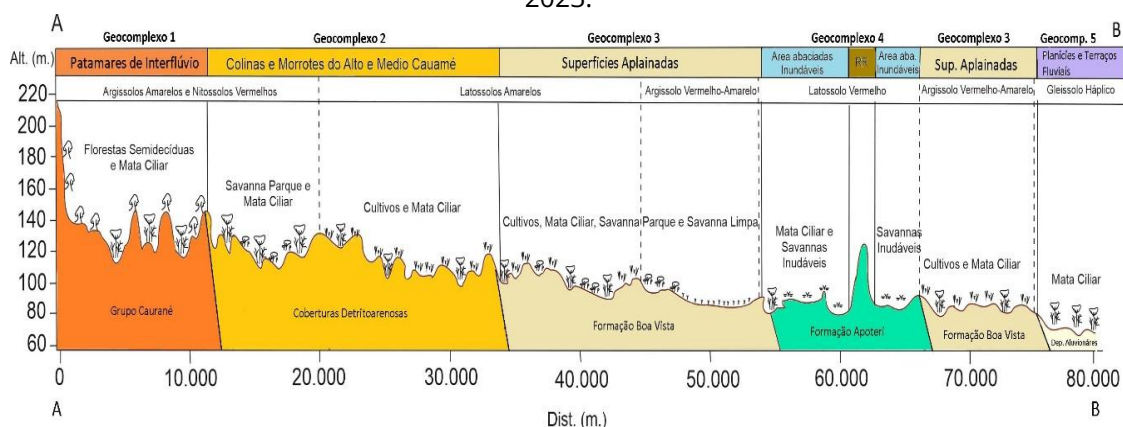
Sub-bacias	Geologia	Geomorfologia	Solos	Cobertura e Uso da Terra
1-Samaúma	F1, F2, F3	G1, G3, G4, G6	S1, S4, S5, S6, S8	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C12
2-Rio Au-au	F1, F2, F3, F6	G1, G3, G4, G6	S1, S1, S3, S5, S6	C1, C2, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12
3-Curupira	F1, F2	G1, G3	S1, S5, S8	C2, C4, C5, C6, C9, C10, C11, C12
4-Murupú	F1, F2, F3, F4, F6	G1, G2, G3, G4, G5, G6	S1, S3, S5, S6, S7	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12
5-Alto Cauamé	F1, F2, F3, F5, F6	G1, G3, G4, G5, G6	S1, S3, S4, S5, S6, S9	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12
6-Água Boa	F1, F2, F3	G1, G3, G4, G6	S1, S3, S5, S6	C1, C2, C4, C5, C6, C8, C9, C10, C12
7-Carrapato	F1, F2, F4	G1, G3, G5	S1, S3, S5, S8	C2, C4, C5, C6, C9, C10, C11, C12
8-Medio Cauamé	F1, F2, F4	G1, G2, G3, G5	S1, S3, S5, S6, S8	C2, C4, C5, C6, C8, C9, C10, C11, C12
9-Baixo Cauamé	F1, F2, F4	G1, G2, G3, G5	S1, S3, S5, S8	C2, C4, C5, C6, C8, C9, C10, C11, C12
10-Caçari	F1, F2	G1, G3	S5, S8	C2, C4, C5, C6, C9, C11
Códigos.	F1-Depositos Aluvionares. F2-Formação Boa Vista. F3-Coberturas Detritoarenosas F4-Formação Apoteri. F5-Suite Reislândia. F6-Grupo Caurané.	G1-Superfícies Aplainadas G2-Areas Abaciadas Inundáveis G3-Planícies e Terraços Fluviais G4-Patamares de Interflúvio G5-Relevos Residuais G6-Colinas e Morrotes do Alto e Médio rio Cauamé	S1-Latossolo Amarelo S2-Latossolo Vermelho-Amarelo. S3-Latossolo Vermelho. S4-Argissolo Amarelo. S5-Argissolo Vermelho-Amarelo. S6-Nitossolo Vermelho. S7-Neossolo Litólico. S8-Gleissolo Háplico. S9-Planossolo Háplico.	C1-Floresta Semidecíduas. C2-Mata Ciliar. C3-Plantações Florestais. C4-Savana Parque C5-Savana Limpa. C6-Savana Inundáveis. C7-Areas Queimada C8-Desmatamentos C9-Cultivos C10-Solo Exposto. C11-Construções C12-Corpos de Água

Fonte: Os Autores.

Observou-se ainda que todas as Sub-bacias apresentam intervenções antrópicas, tais como: cultivos, plantações florestais, queimadas, desmatamentos e áreas construídas, que afetam os ciclos ecológicos na região.

Outro resultado foi a representação gráfica da estrutura vertical da paisagem, onde mostra-se de forma clara os aspectos geoecológicos da região BHRC (Figura 12), destacando-se graficamente as características geológicas, geomorfológicas, solos e cobertura vegetal, em um contexto bem definido desde o ponto de vista da ecologia da paisagem.

Figura 12: Perfil transversal da estrutura vertical da paisagem da região BHRC, 2023.



Fonte: Os Autores.

É possível diferenciar 5 unidades geocomplexas segundo a ordem de hierarquia proposto para a cartografia da paisagem, que são descritos abaixo:

O primeiro Geocomplexo é composto por relevos de Patamares de Interflúvio, com solos da classe Argissolos Amarelos e Nitossolos Vermelhos e uma cobertura vegetal formada por Florestas Semi-decíduas e Mata Ciliar, sobre um material geológico do Grupo Caurane, constituído por paragneisses aluminosos com intercalações de rochas calcissilicáticas, metachert, orto e para-anfibolito e gondito, além de quartzito e filito, polidobradas e

metamorfizadas em condições de facies xisto-verde a anfibolito superior, sobre condições de pressão baixa.

O segundo Geocomplexo esta composto por relevos de Colinas e Morrotes de Alto e Medio Cauamé, com solos da classe Argissolos Amarelos, Nitossolos Vermelhos e Latossolos Amarelos, com uma cobertura vegetal formada por Savanna Parque, Mata Ciliar e Cultivos, sobre Coberturas Detritoarenosas, composto por sedimentos inconsolidados, constituídos por solos residuais arenosos e areno-argilosos não laterizados.

O terceiro Geocomplexo é composto por superfícies aplainadas, com solos de classe Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelhos-Amarelos, com uma cobertura vegetal formada por Cultivos, Mata Ciliar, Savannas Parques e Savannas Limpas na parte baixa, sobre sedimentos semiconsolidados areno-argilosos, arcoseanos e siltitos da Formação Boa Vista.

O quarto Geocomplexo é composto por relevos residuais e áreas abaciadas inundáveis, com solos da classe Latossolos Vermelhos e uma cobertura vegetal formada por Mata Ciliar e Savanas Inundáveis, sobre uma estrutura geológica de rochas vulcânicas predominantemente basálticas e andesitos continentais da Formação Apoteri.

E o quinto Geocomplexo é composto por relevos de Planícies e Terraços Fluviais, com solos da classe Gleissolo Háplico, com cobertura vegetal de Mata Ciliar basicamente, sobre sedimentos de depósitos aluvionários consolidados a semi-consolidados cascalhos, areno-argilosos, todos baixo a influencia do clima Aw (Clima de Savanna), em um complexo geoecológico bem definido que caracteriza este geossistema geral.

Discussões

A pesquisa demonstra os níveis de heterogeneidade da paisagem na região da BHRC, sob o ponto de vista da sua estrutura horizontal e vertical,

conforme proposta por Bertrand (1968) e Sochava (1978), para análises geosistêmicas da paisagem. Os delineamentos das unidades espaciais obtidas em função de *overlays*, com base em mapeamento de variáveis (físico – bióticas) apenas são representativos da estruturação morfológica, mas não de sua funcionalidade. Os mapas sínteses são instrumentos viáveis para a elaboração inicial de planejamento territorial, pois contribuem para o discernimento das unidades geocomplexas numa escala semi-detalhada.

Dentro dos resultados obtidos a análise da estrutura horizontal da paisagem, mostra que as intercepções geraram um complexo territorial de difícil representação cartográfica, com 1.317 polígonos diferentes, que possibilitaram a geração do mapa de unidades heterogêneas, através da aplicação de um método matemático simples. Onde observa-se um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, numa determinada escala de observação e uma organização espacial, envolvendo processos naturais e antrópicos.

Por outro lado, na análise da estrutura vertical da paisagem, foi feito o uso da cartografia de base, para alcançar resultados próximos a realidade, os geocomplexos definidos mostram no perfil estabelecido uma gradação interessante desde um relevo de patamares dissecados, estruturados em rochas pré-cambrianas gnássicas, que permitiram o desenvolvimento de Argissolos e uma cobertura vegetal de floresta semidecíduas, até um relevo suavemente plano, moldado em sedimentos inconsolidados areno-argilosos, solos da classe Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos, recobertos por vegetação de savana limpa. Por vezes, interrompido por formas de relevo residuais estruturadas em rochas basálticas, onde são desenvolvidos solos da classe Latossolos Vermelhos, mostrando os diferentes geocomplexos que compõem a região da BHRC.

Questão muito interessante, já que a definição de unidades geocomplexas torna-se um instrumento estratégico valioso para o

planejamento territorial, tendo em vista seu potencial no direcionamento de usos mais racionais dos recursos naturais.

Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, foi possível realizar uma caracterização dos elementos da paisagem, e poder diferenciar unidades geossistêmicas a partir de seus níveis de heterogeneidade, definindo sua estrutura horizontal e vertical da paisagem a partir de uma perspectiva da ecologia da paisagem. Por meio de um geossistema único em sua estrutura, dinâmico e interrelacional, permitindo a aplicação de corretivos para uso da terra e geração de uma melhor organização das atividades antrópicas dentro da bacia.

Desta maneira, fica aberta a possibilidade de realizar futuras pesquisas tanto para a região da BHRC (em escalas de levantamento maiores, geofácies até geotopos), como para outras regiões do Brasil e do Mundo. Destaca-se que a análise das estruturas horizontais e verticais é uma parte de uma metodologia muito maior, que é o modelo GTP (Geossistema- Território - Paisagem) proposto por Bertrand e Bertrand (2002), pois possibilita o estudo desde uma perspectiva da ecologia da paisagem até a proposta de um planejamento territorial.

Além disso, deseja-se que os resultados aqui apresentados possam ser utilizados visando potencializar o conhecimento da área de estudo na sociedade em geral, promovendo um ambiente mais sustentável, onde elas se coloquem como parte da paisagem, contribuindo com práticas socioeconômicas mais sustentável, sem afetar o equilíbrio ecológico dos geossistemas dentro da BHRC.

Referencias

ANJOS, A. O.; CARVALHO, M. E. Zoneamento Geoambiental do município Barrocas/BA: contribuições para o ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.13, n.04, p. 1700-1719, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1700-1719>.

BARNI, P. E; BARBOSA, R.; XAUD, H.; XAUD, M.; FEARNSTIDE, P. Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 32, n. 1, p. 439 – 456, 2020. DOI: [10.14393/SN-v32-2020-52769](https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-52769)

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Pireneus, v. 39, n.3, p. 249-272, 1968. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1968_num_39_3_4553. Acesso em: 23 fev. 2023.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités. Paris: Editions Arguments. 2002, p. 311.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global: esboço metodológico. **Revista RA'É GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>. Acesso em: 22 jan. 2023.

CAVALCANTI, L. C.; CORRÊA, A. C. Geossistemas e Geografia do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 3-33, 2016. DOI: https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2016_n2_p3-33. Acesso em 11 mai. 2022.

CHAVES, A. M. S.; SOUZA, R. M. Paisagem e Interfaces Geoecológicas para o Planejamento Ambiental. In: SOUZA, R.; CHAVES, A. M.; NASCIMENTO, S. P. (Org.). **Geoecologia e Paisagem Enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas**, São Paulo: Criação Editora, 2021, p. 29-53.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open-Source Software**, U.E, v. 6, n.64, p. 1 -317, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). **Mapa Geológico do Estado de Roraima**. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Escala 1:1.000.000, 2023. Disponível em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

Environmental Systems Research Institute, Inc (ESRI), **Segment Mean Shift Function** 2023. Disponível em: <
https://pro.arcgis.com/en/proapp/latest/help/analysis/raster-functions/segment-meanshiftfunction.htm#ESRI_SECTION1_833311C0BD9A4231B4105F8888ECDD1 > Acesso: 25 Jan. 2023.

FORMAN, R. T. T; GODRON, M.. **Landscape Ecology**, New York: John Wiley & Sons Editions, 198, 619 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Bases Cartográficas Contínuas do Estado de Roraima, Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc100/rroraima/rr100_metadados.pdf. Acesso: 3 nov. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Manual Técnico da Vegetação Brasileira 2ed. Rio de Janeiro, 2012. 217 p. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf . Acesso: 01 nov. 2023.

VERA, M. J. J.; MOGOLLON, A. Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida-Venezuela, v.59, n.1, p. 42-54. 2018. DOI: <https://doi.org/10.53766/RGV>

RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI. A. P. B.; 2017. **Geoeecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC. 2017. 224 p.

SOARES FILHO, B. S. **Análise de paisagem: fragmentação e mudanças**, Belo Horizonte: UFMG, 1988, v. 1, p. 90. Disponível em: <https://www2.unifap.br/herondino/files/2014/03/8-apostila.pdf>. Acesso em 10 jul 2014

SCHAEFER, C.E.; FARIA. M.M. **Solos ZEE-RR**, Centro Norte-Estado de Roraima, Boa Vista-RR, Secretaria de Agricultura, Desenvolvimento e Inovação -Governo de Roraima, 2022, Mapa de Solos, Escala 1: 850.000. Disponível em: < <https://zee-rr.institutopiatam.org.br/downloads/> >. Acesso em: 15 out. 2023.

SOUZA, A. C.; DA SILVA, F. E.; DINIZ, M. T. Estudos de Paisagem integrada: episteme, evolução e aplicação. In: SOUZA, Rosemeri; CHAVES, Ana. Maria; NASCIMENTO, Sheylla Patrícia (Org.). **Geoeecologia e Paisagem Enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas**, São Paulo: Criação Editora. 2021. p. 53-73.

SOCHAVA, V. B. **Introdução à Teoria dos Geossistemas**. Novosibirsk-Rússia: Editorial Nauka-filial de Sibéria, 1978. 319 p.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001. Disponível em: [//www.biotaneotropica.org.br/BN/article/view/1575](http://www.biotaneotropica.org.br/BN/article/view/1575). Acesso: 15 jun. 2023

Europe Space Agency (ESA). Copernicus Global Digital Elevation Model. OpenTopography, Disponível em:< <https://doi.org/10.5069/G9028PQB> >. Acesso: 24 nov. 2023.

ZEE-RR. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Roraima 2023. Disponível em: < <https://zee-rr.institutopiatam.org.br/> >. Acesso em: 5 dec. 2023.

Publisher

Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Socioambientais. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Contribuição dos autores

Todos os autores ofereceram substanciais contribuições científicas e intelectuais ao estudo. As tarefas de concepção e design do estudo, preparação e redação do manuscrito, bem como, revisão crítica foram desenvolvidas em grupo. O primeiro autor Jesús Jordan Marquina Vera ficou especialmente responsável pelo desenvolvimento teórico-conceitual. O segundo autor Stélio Soares Tavares Júnior, pela aquisição de dados e suas interpretações e análise; e a terceira Luiza Câmara Beserra Neta, pelos procedimentos técnicos e tradução do artigo. Declaramos ainda ciência das Diretrizes Gerais do BGG.

Jesús Jordan Marquina Vera. Geógrafo pela Universidad de Los Andes, Mestre por Instituto Índio de Sensores Remotos, Deharadum-INDIA, Professor da Universidad de Los Andes, Escola de Geografia.

Stélio Soares Tavares Júnior. Bacharel em Geologia pela Universidade Federal do Pará, mestre em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará e doutor em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atualmente é professor associado IV da Universidade Federal de Roraima. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: Fotointerpretação Geológica de imagens na área de Tectônica e Geomorfologia, organização espacial com uso de SIGs.

Luiza Câmara Beserra Neta. Mestre em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará. Atualmente, Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade federal de Roraima/UFRR.