



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E ANÁLISE DE BACIAS

## **ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE SERGIPE**

PALOMA SANTOS AMORIM

ORIENTADOR: Dra. TAIS KALIL RODRIGUES

COORIENTADOR: Dr. ADRIANO LUÍZ HECK SIMON

São Cristóvão – SE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E ANÁLISE DE BACIAS

## **ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise De Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito obrigatório para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Profa. Dra. Tais Kalil Rodrigues

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Luíz Heck Simon

São Cristóvão – SE

2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

A524i Amorim, Paloma Santos  
Índice de geodiversidade do estado de Sergipe / Paloma Santos  
Amorim ; orientadora Tais Kalil Rodrigues. – São Cristóvão, SE,  
2023.  
83 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) –  
Universidade Federal de Sergipe, 2023.

1. Geociências. 2. Geodiversidade – Sergipe – Índices. 3.  
Geologia histórica. 4. Geoparques – Sergipe. I. Rodrigues, Tais  
Kalil, orient. II. Título.

CDU 551(813.7)

# ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE SERGIPE

por:

PALOMA SANTOS AMORIM  
(Geógrafa, Universidade Federal de Sergipe – 2016)

## DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

## MESTRE EM GEOCIÊNCIAS

### BANCA EXAMINADORA:

Dra. Taís Kalil Rodrigues (Orientadora – PGAB/UFS)

Dra. Márcia Eliane Silva Carvalho (Membro Externo – UFS)

Dr. Luiz Alberto Vedana (Membro Interno – PGAB/UFS)

Data Defesa: 28/08/2023

## DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, a minha orientadora e aos meus amigos, por toda a força e apoio que me dão.

## AGRADECIMENTOS

Um trabalho de pesquisa só é possível ser realizado com ajuda de muitas pessoas. Agradeço ao meu pai Pedro Cirilo de Amorim e minha mãe Veralice Santos Amorim, por sempre me apoiar em meus estudos e sempre dar conselhos com palavras sábias. Agradeço também as minhas, Irmãs Poliana Amorim, Priscila Amorim e Maria Vitoria, pelas inúmeras ajudas durante o mestrado e incentivos para a finalização do trabalho.

As minhas amigas de tempo de graduação: Andresa, Lais e Fabiola, que me ajudaram e incentivaram durante meu mestrado. Aos meus amigos externos que sempre acreditaram no meu trabalho.

Agradeço minha orientadora, Prof. Dr. Tais Kalil Rodrigues por acreditar no meu potencial, pelos incentivos, preciosos ensinamentos e ajuda nos trabalhos de campo. Creio que a nossa amizade ultrapassa as barreiras acadêmicas e seguirá por toda vida. Muito obrigado Professora Tais!

Compartilho meu agradecimento ao Professor Dr. Adriano Luíz Heck Simon o pela sugestão do tema e auxílio durante o trabalho de conclusão desta pesquisa.

A equipe do Grupo de pesquisa de geodiversidade e dinâmica e modelagem costeira: a Ana Cândida, Anderson Santos, Juliana, Lucas Santana, Vinícios, Carolina, Wildson, e em especial a Debora Soares pela amizade e parceria em várias discussões sobre a pesquisa e assuntos relacionados.

Agradeço ao meu colega Lucas Marcone pela ajuda na execução da metodologia da pesquisa.

Estendo meus agradecimentos a todos que, de maneira direta e indireta, contribuíram para a realização deste trabalho de dissertação de mestrado, à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Geociências e Análise de Bacias, pela oportunidade de crescimento profissional e atenção.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), agradeço o auxílio financeiro durante todo esse percurso.

## EPÍGRAFE

"Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre." (Paulo Freire).

## RESUMO

A geodiversidade pode ser entendida como uma variação espacial dos elementos abióticos como a geologia, geomorfologia, hidrologia e pedologia, dentro da natureza. Ela pode ser estudada de forma qualitativa e/ou quantitativa, porém são poucos os estudos relacionados a importância de identificar e quantificar os elementos abióticos. Neste sentido, o trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar os elementos da geodiversidade do estado de Sergipe, a partir da análise espacial dos elementos que compõem o índice de geodiversidade, a fim de criar um banco de dados de possíveis geossítios. As etapas de trabalho consistem em um levantamento bibliográfico, trabalhos de campo em diferentes municípios e o mapeamento dos índices de geodiversidade. Nessa última etapa ocorreu a produção de um mapa da geodiversidade de Sergipe, que resultou da determinação da diversidade dos elementos em cada quadrícula da articulação sistemática de mapas cartográficos, que foram escolhidos a partir da área de estudo. O método é baseado na sobreposição de uma grade sobre diferentes mapas em escalas que variam de 1 / 500.000 a 1 / 250.000, e Índice de Geodiversidade final é a soma de quatro índices parciais calculados em uma grade de 5 km. Com os resultados da quantificação da geodiversidade do estado de Sergipe, observou-se em sua maioria os altos índices estão no agreste do estado, próximos às áreas muito altas, como no Parque Nacional Serra de Itabaiana e Serra da Miaba. Com a identificação dos locais de alto índice pretende-se obter futuramente análises das áreas com potencial de elementos valiosos da geodiversidade, com capacidade para a exploração geoturística. Os resultados desse estudo poderão ser utilizados para a gestão do território, no geoturismo e pela comunidade acadêmica, além de ajudar a subsidiar estudos posteriores de caráter local (inventariação e caracterização do geopatrimônio).

**Palavras chaves:** Geodiversidade; Elementos abióticos; Análise quantitativa.

## SUMMARY

Geodiversity can be understood as a spatial variation of abiotic elements such as geology, geomorphology, hydrology and pedology, within nature. It can be studied qualitatively and/or quantitatively, but there are few studies related to the importance of identifying and quantifying abiotic elements. In this sense, the work aims to identify and characterize the elements of geodiversity in the state of Sergipe, from the spatial analysis of the elements that make up the geodiversity index, in order to create a database of possible geosites. The work steps consist of a bibliographic survey, field work in different municipalities and the mapping of geodiversity indices. In this last stage, a map of Sergipe's geodiversity was produced, which resulted from the determination of the diversity of elements in each grid of the systematic articulation of cartographic maps, which were chosen from the study area. The method is based on superimposing a grid over different maps at scales ranging from 1 / 500,000 to 1 / 250,000, and the final Geodiversity Index is the sum of four partial indices calculated on a 5 km grid. With the results of the quantification of the geodiversity of the state of Sergipe, it was observed that most of the high indices are in the agreste of the state, close to the very high areas, as in the Serra de Itabaiana and Serra da Miaba National Parks. With the identification of high index locations, it is intended to obtain future analyzes of areas with potential for valuable elements of geodiversity, with capacity for geotourism exploration. The results of this study can be used for the management of the territory, in geotourism and by the academic community, in addition to helping to support further studies of a local nature (inventory and characterization of geoheritage).

**Keywords:** Geodiversity; Abiotic elements; Quantitative analysis.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

Figura 01: Exemplo de aplicação da metodologia de quantificação do índice de geodiversidade aplicado ao estado de Goiás e Distrito Federal. Fonte: FILHO, 2019.....	21
Figura 02: Esquema da avaliação quantitativa do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe. Elaboração: Paloma Amorim.....	22
Figura 03: Exemplos de elementos da Geodiversidade do geoparque Seridó. (A) mapa ilustrativos dos geossítios do geoparque Seridó; (B) Geossítio açude gargalheiras; (C) Geossítio cânions dos apertados; (D) Geossítio marmitas do rio carnaúba. (Fonte: arquivo pessoal, 2023) .....	29
Figura 04: Mapa de localização da área de estudo. (Elaboração: Paloma Amorim) .....	35
Figura 05: Fotografias da geodiversidade o estado de Sergipe retiradas em campo no ano de 2022. fotografia (A) Cachoeira do Saboeiro em Lagarto; fotografia (B) Lagoa Azul em Lagarto; fotografia (C) poço 17, localizado na Serra da Miaba; fotografia (D) Serra da Miaba; fotografia (E) cânion do rio Vaza Barris no município de São Domingos; fotografia (F) Pedra da Arara no município de Macambira; (G) Lagoa Redonda no município de Pirambu; fotografia (H) Ponta do Mangue em Pacatuba; Fotografia (I) cachoeira no município de Canindé de São Francisco; fotografia (J) sítio arqueológico na fazenda Mundo Novo; fotografia (K) dunas no município de Estância; fotografia (L) dunas móveis na rodovia do município de Estância. Fonte: arquivo pessoal.....	39

### CAPÍTULO II: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA DO ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE SERGIPE

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. (Elaboração: Paloma Amorim) ....	51
Figura 2: Exemplo de aplicação da metodologia de quantificação do índice de geodiversidade aplicado ao estado de Sergipe. (Elaboração: Paloma Amorim) .....	55

Figura 3: Porcentual das classes geomorfológicas do estado de Sergipe. (Elaboração: Paloma Amorim) .....	59
Figura 4: (A) Índice de geomorfologia para a área de estudo; (B) Índice geológico. (Elaboração: Paloma Amorim e Lucas Marccone) .....	61
Figura 5: (A) Índice pedológico para a área de estudo; (B) Índice hidrológico. (Elaboração: Paloma Amorim e Lucas Marccone) .....	63
Figura 6: Porcentagem de cada classe do índice de geodiversidade. (Elaboração: Paloma Amorim) .....	64
Figura 7: Mapa do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe com uma grade de 5 km x 5 km. (Elaboração: Lucas Marccone e Paloma Amorim) .....	66
Figura 8: Mapa de geoturismo do estado de Sergipe. (Elaboração: Paloma Santos Amorim) .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados temáticos para a quantificação da geodiversidade do estado de Sergipe. (Elaboração: Paloma Amorim) .....	19
Tabela 2: Elementos que constituem a Geodiversidade da Terra. (Fonte: Serrano e Ruiz-Flaño,2007) .....	26
Tabela 3: Metodologia de análise dos geossítios. (Fonte: adaptado de BRILHA, 2005) .....	31
Tabela 4: Estudos quantitativos da geodiversidade. (Elaboração: Paloma Amorim) .....	32

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	14
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	16
<b>3. OBJETIVO</b> .....	17
3.1 Objetivo geral.....	17
3.2 Objetivo específico.....	17
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	18
4.1 Pesquisa bibliográfico.....	18
4.2 Quantificação do índice de geodiversidade.....	18
4.2.1. Grade.....	19
4.3 Trabalho de campo.....	23
4.4 Integração dos dados.....	23
<b>5. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
5.1 Geodiversidade.....	25
5.2 Geoconservação, geopatrimônio e geoparque.....	27
5.3 Uma abordagem qualitativa e quantitativa da geodiversidade.....	30
<b>6. DESCRIÇÃO DA ÁREA</b> .....	35
<b>7. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA FÍSICO-AMBIENTAL DO ESTADO DE SERGIPE</b> .....	36
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42
<b>CAPÍTULO II: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA DO ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE SERGIPE</b> .....	46
<b>CAPÍTULO III: CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	73
<b>ANEXO I: Normas para submissão do artigo</b> .....	76
<b>ANEXO II: Justificativa de coautoria</b> .....	80
<b>APÊNDICE I: Informações que não puderam ser incluídas no artigo</b> .....	81

**CAPÍTULO I:  
INTRODUÇÃO**

## 1. APRESENTAÇÃO

As discussões a respeito do meio ambiente, deixaram de ser apenas levantadas com relação aos aspectos da biodiversidade, e passaram a ser levantadas também, sobre os elementos da geodiversidade. No Brasil, o estado da arte dos estudos sobre a geodiversidade já se situa em patamar de consolidação, mas ainda são poucos em comparação às riquezas geológicas e geomorfológicas do país.

A geodiversidade é definida por Serrano e Ruiz-Flaño (2007), como sendo a variação geográfica dos elementos da natureza não viva, como elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos e topográficos. Estes elementos estão associados aos processos físicos, terrestres ou aquáticos.

De acordo com Sharples (2002), a geodiversidade é um conjunto de características geológicas (rochas, minerais e fósseis), feições geomorfológicas (formas da paisagem) e pedológicas. Segundo Gray (2004), essa diversidade de elementos abióticos irá possuir valores: intrínsecos, culturais, econômicos, funcionais, científicos, educacionais.

A geodiversidade pode ser estudada de forma qualitativa e/ou quantitativa. Para Pereira (2013), os mapas geológicos e/ou geomorfológicos comuns desempenham um papel importante na avaliação qualitativa, mas não na quantitativa, da geodiversidade. Pois, os estudos qualitativos se baseiam na descrição da geodiversidade, já as abordagens quantitativas, têm sido desenvolvidas com uso de técnicas de geoprocessamento, com aplicação de algoritmos e de uso de índices que envolvem diferentes metodologias.

O conjunto de elementos da geodiversidade é que vai dar valor para a geoconservação. As práticas de conservação desses elementos abióticos da natureza vêm sendo aplicadas há muito tempo, entretanto há um certo desequilíbrio de conservação entre os elementos abióticos em relação aos bióticos.

Segundo Bétard e Peulvast (2019), para atingir o objetivo de geoconservação, vários métodos quantitativos, para avaliação da geodiversidade, foram propostos nos últimos dez anos. Atualmente os mapeamentos de índice de geodiversidade, são vistos como potencialmente úteis para a gestão territorial, em especial, de áreas protegidas.

Para Gray (2004), a conservação a partir do conceito da geodiversidade têm preceitos que fundamentam sua utilização, a partir de seus valores. A importância de tais preceitos, de acordo Sharples (2002), é de que as áreas que têm uma geodiversidade são suscetíveis a degradação, se forem expostas a atividades antrópicas de maneira desordenada e sem conscientização.

Nas palavras de Catana (2008), para que ocorra a geoconservação, é de extrema importância, que as metodologias adotadas nos trabalhos se concentrem na conservação do geopatrimônio. O modelo de estratégias a serem implantadas para a conservação desses elementos, ainda é discutível, principalmente em relação de se tornar mais objetivas possíveis, tendo em vista a aplicabilidade na conservação destes componentes.

Em Sergipe existem poucas pesquisas e projetos que tenham a temática geodiversidade como objeto de estudo, e poucos planos de geoconservação. Sendo assim, a presente pesquisa tem como principal objetivo caracterizar e identificar a diversidade abiótica do estado, a partir do cálculo de índices parciais. Com os resultados do banco de dados finais, ele será capaz de sugerir ações adequadas à realidade local para futuras propostas de planejamento e gestão ambiental, buscando conciliar o uso sustentável do ambiente.

## 2. JUSTIFICATIVA

Sergipe apesar de ser o menor estado do país tem um potencial geológico, geomorfológico e ecossistêmico variado. Contando com áreas de atratividades com uma grande diversidade de características físicas-ambientais como quedas d'águas, vales fluviais, cânions, campo de dunas, serras, entre outros.

No entanto observa-se a escassez de trabalhos sobre essa temática no estado, assim como as análises de aspectos físicos são ainda restritas. Entre os trabalhos disponíveis, em sua maioria, aborda a geodiversidade, mas não sendo pesquisas direcionadas a metodologia do cálculo do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe, ou para seus municípios.

É de grande importância a análise geral para identificar os elementos da geodiversidade, pois o estado tem uma rica variedade de elementos naturais abióticos que precisam ter seus arranjos espaciais compreendidos em uma escala regional, para subsidiar estudos posteriores de caráter local (inventariação e caracterização do geopatrimônio).

Outra importante contribuição que este trabalho pode oferecer a comunidade acadêmica é que a partir da metodologia adotada, ela pode determinar o grau de relevância da diversidade dos elementos abióticos na paisagem e servir de indicador para a elaboração de análises de vulnerabilidade ambiental para esse tipo de ambiente.

### 3. OBJETIVO

O objetivo geral desta proposta de pesquisa consiste no desenvolvimento do índice de geodiversidade do estado de Sergipe.

#### 3.1 Específicos

Atividades específicas, necessárias para alcançar essa meta:

- Elaborar a caracterização físico-ambiental do estado de Sergipe a fim de subsidiar a compreensão da sua geodiversidade;
- Obter o índice de geodiversidade a partir da inter-relação das variáveis espaciais (índices parciais) selecionadas para sua composição;
- Validar os dados espaciais referentes aos índices de geodiversidade, bem como coletar dados para a caracterização das áreas com elevados valores deste índice;

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Pesquisa bibliográfica

Nesta etapa foi realizado um levantamento em artigos, dissertações, teses e livros referentes a dados bibliográfico de aspectos conceituais referentes a geodiversidade, geoconservação e análise quantitativa, para uma realização da discussão teórica da temática a ser estudada. Além de pesquisas direcionadas ao levantamento de documentos cartográficos sobre o aspecto físicos do estado de Sergipe.

### 4.2 Quantificação do índice de geodiversidade

Para o cálculo do Índice de Geodiversidade do presente trabalho são utilizados os elementos que compõem a geologia, geomorfologia, solos e hidrografia. O método aqui utilizado foi desenvolvido por Pereira et al. (2013), que posteriormente foi atualizado por Bétard e Peulvast (2019). Em sua metodologia, o primeiro autor utiliza seis elementos para compor o índice de geodiversidade, a maior diferença em comparação com as outras atualizações de sua metodologia, é a inclusão dos elementos hidrográficos dentro do índice de geomorfologia.

Com as modificações propostas por Bétard e Peulvast (2019), que incluem a separação do índice de hidrografia do índice de geomorfologia, a outra grande modificação foi considerar os quatro índices parciais utilizados com o mesmo peso correspondentes aos quatro componentes principais da geodiversidade.

O método desenvolvido nesta dissertação considera os métodos de quantificação da geodiversidade já existentes, padronizando os dados vetoriais em escalas compatíveis, tipologia (linhas e polígonos) e organizando as variáveis de maneira sistemática, divididas por temas: litologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia.

Para a elaboração do mapa do Índice da Geodiversidade foram selecionados dados vetoriais em formato shapefile (tabela 01). Os dados matriciais e vetoriais dos elementos da geodiversidade compreenderam em escalas variadas do estado de Sergipe, além de selecionar duas tipologias (linhas e polígonos).

Dados temáticos da Geodiversidade		Escala	Fonte	tipologia	Ano
Geologia	Litologia	1:250.000	CPRM	polígono	2001
Geomorfologia	Unidades geomorfológicas	1:500.000	Semarh/SRH	polígono	2000
Hidrologia	Hierarquia dos rios	-----	Semarh/SRH	linha	2010
Pedologia	Unidades do solo	1:400.000	EMBRAPA	polígono	2001

Tabela 01: Dados temáticos para a quantificação da geodiversidade do estado de Sergipe. Organização: Paloma Amorim.

O estado de Sergipe não tem a padronização das escalas de dados, a situação ideal seria todos os mapas com a mesma escala, no entanto, isso raramente é viável. Mas apesar das escalas serem diferenciadas, não compromete os resultados apresentados pelo trabalho. Por isso foi escolhido a escala de 1:500.000, de acordo com o mapa menos detalhado (Mapa de geomorfologia), para definir o tamanho das quadriculas e diminuir possíveis erros. Todos os processos de quantificação foram realizados no *software* ArcGIS Pro 3.1.

#### 4.2.1 Grade

A sobreposição de uma grade em um mapa é considerada uma ferramenta básica para a avaliação da geodiversidade de qualquer território. A grade fornece quadriculas nos quais as unidades e ocorrências podem ser contadas e a discriminação dos resultados alcançados (PEREIRA et al. 2013).

Na metodologia escolhida, a grade será sobreposta em diferentes mapas temáticos, a fim de obter um Índice de geodiversidade. No presente estudo, várias grades foram testadas seguindo a consideração das literaturas realizadas sobre a execução da metodologia, o tamanho da grade regular escolhida foi de 5 X 5 km, pois ele permite uma diferenciação mais precisa dos resultados alcançados.

Quando houver a sobreposição da grade sobre as bases temáticas (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia) são calculados os índices parciais, somando-

se, em cada quadrícula, o número diferente de elementos (ex. número de unidades geológicas), para cada tipo de unidade identificada em cada célula, o valor atribuído é 1 e, assim por diante, quantas litologias diferentes sejam identificadas por quadrícula. No caso de ausência, atribui-se o valor zero. Se for identificada a ocorrência de uma mesma unidade mais de uma vez na mesma quadrícula, apenas uma ocorrência é computada. O cálculo ocorre de forma automática no *software* ArcGIS Pro 3.1. e está vinculado diretamente à qualidade das informações disponíveis nas bases cartográficas.

Para que ocorra o cálculo final, a fim de obter o índice de geodiversidade, deve haver uma soma de todos os índices propostos anteriormente (figura 01). Na sequência, os valores de cada índice de diversidade foram normalizados em até cinco classes (nos dados aqui apresentados utilizou-se o classificador “intervalos iguais” ou Equal interval). A escala de valores diversificou-se de: 0 = nulo; 1 = muito baixo; 2 = baixo; 3 = médio; 4 = alto; 5 = muito alto.

Portanto, a avaliação quantitativa da geodiversidade deve considerar uma clara definição dos elementos que representam a diversidade da natureza abiótica. Esta definição deve ser coerente com a escala e os dados, utilizados no método de cálculo da geodiversidade, que deve ser balanceado, sem dar extrema importância a um ou mais elementos em detrimento dos demais. Deve também proporcionar um resultado com uma distribuição clara da riqueza de elementos em toda a área de estudo (SANTOS, 2017).

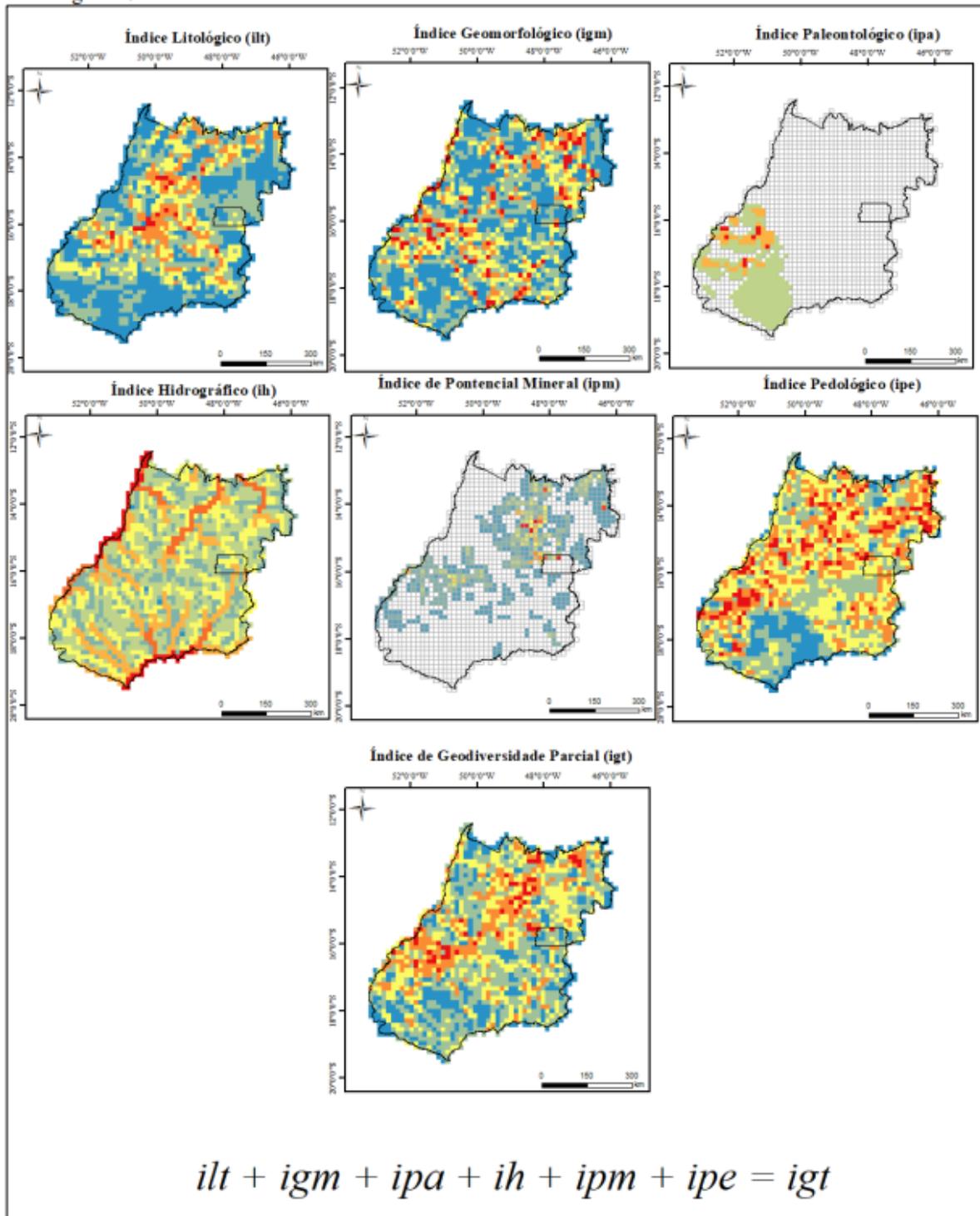


Figura 01: Exemplo de aplicação da metodologia de quantificação do índice de geodiversidade aplicado ao estado de Goiás e Distrito Federal. Fonte: Filho,2019.

Os mapas de índices de geodiversidade podem ser facilmente interpretados, e podem ser amplamente aplicados em estratégias de conservação da natureza e gestão territorial.

O esquema a seguir, sintetiza graficamente a metodologia proposta para quantificação da geodiversidade (figura 02).

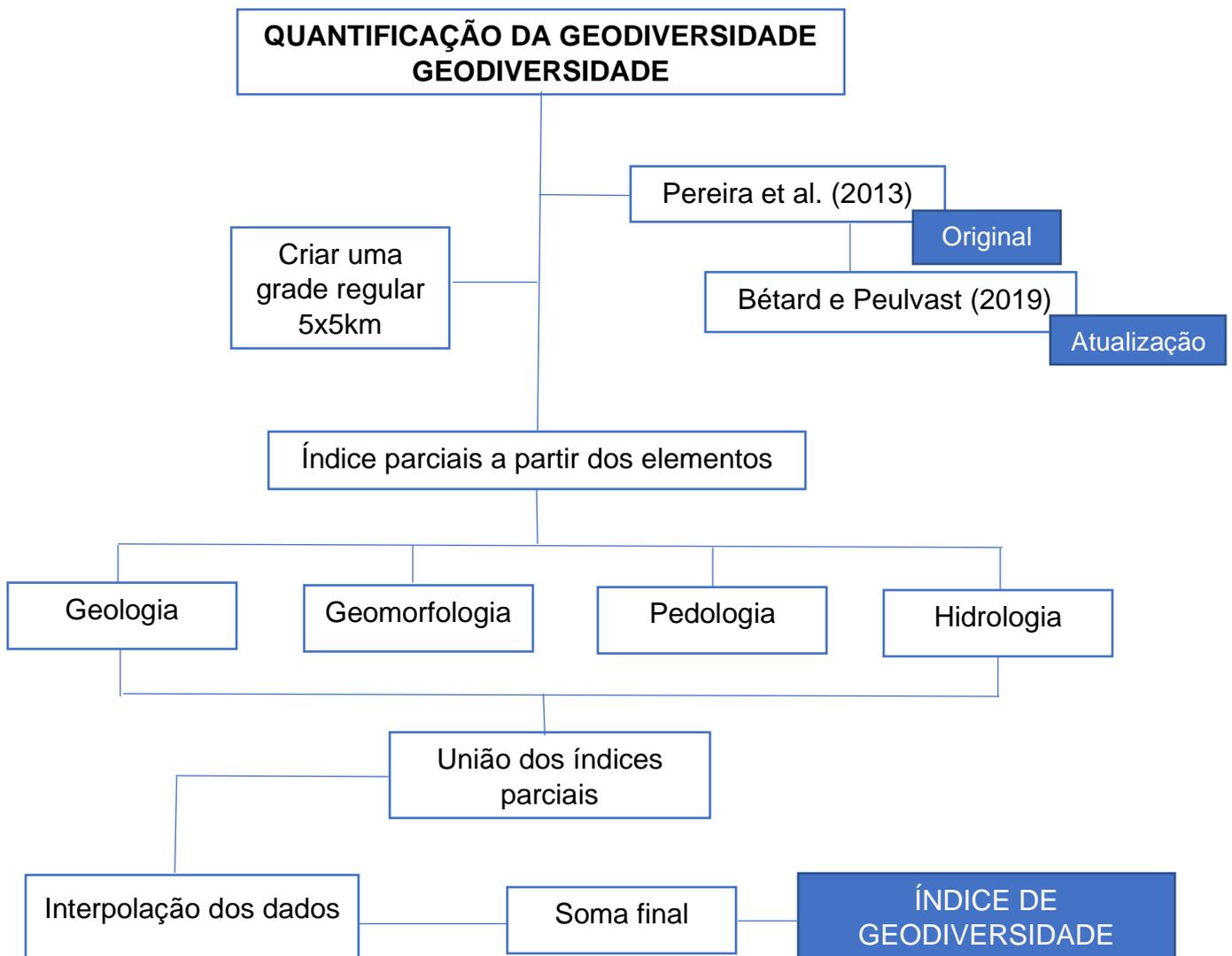


Figura 02: Esquema da avaliação quantitativa do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe. Organização: Paloma Amorim.

### 4.3 Trabalho de campo

A pesquisa de campo, utilizando a técnica da observação sistemática de campo, focada em alvos determinados pelo objetivo da investigação, dependendo da abordagem da ciência que está conduzindo o estudo, poderá utilizar de instrumentos diversos para sua operacionalização e registro (VENTURI, 2011).

Nesta etapa de coleta de dados em campo requer especial atenção, pois forneceu as informações para a caracterização. A ausência de algumas informações sobre a área em estudo, torna essa etapa da pesquisa fundamental. As coordenadas de cada ponto foram obtidas através de um GPS da marca Garmin Etrex (Datum SIRGAS 2000).

Alguns dos dados coletados foram: sondagem de dados geológico e geomorfológico da área, levantamento dos elementos da geodiversidade de Sergipe. Para tanto, a pesquisa de campo foi fundamental para um levantamento detalhado de todos os locais em que as geoformas ou processos se destacaram na paisagem das unidades geomorfológicas e geológicas identificadas na base cartográfica.

Nos meses de abril e maio de 2022, foram realizados cinco trabalhos de campo, em lugares diferentes dentro do estado de Sergipe. Com o intuito de fazer sondagem e verificar se haveria a necessidade de utilizar outros equipamentos de tecnologias, para obter os dados da caracterização e validação final dos resultados. Também tinha como finalidade, a validação da grade escolhida durante os testes metodológicos de dimensão espacial das quadrículas, pois era necessário saber se as dimensões das quadrículas apresentavam a dinâmica dos elementos mostrados em testes. Os locais foram escolhidos levando-se em conta uma alta geodiversidade, apresentada no mapeamento teste dos índices de geodiversidade. Tendo destaque os municípios de: São Domingos, Macambira, Lagarto, Pacatuba, Pirambu e Estância. No mês de outubro de 2022, foi realizada a outra parte do campo no município de Canindé de São de Francisco, onde foram realizadas trilhas em diferentes pontos do município onde foi observado uma baixa geodiversidade.

### 4.4 Integração dos dados

A integração dos dados cartográficos foi gerada no *software* ArcGis 9.3. A primeira fase da metodologia, juntamente com os trabalhos de campo, teve como

intuito, validar os dados referentes aos índices parciais e ao índice de geodiversidade, que possibilitou a identificação e a caracterização dos elementos da geodiversidade.

A cartografia se configura como uma importante ferramenta no avanço dos estudos e desenvolvimento dos métodos de avaliação e quantificação da geodiversidade. Com os dados obtidos do mapeamento, além dos mapas de quantificação da geodiversidade do estado e da criação do banco de dados, onde mostrará os locais de ocorrência de possíveis geossítios, poderá em trabalhos futuros fazer roteiros geoturísticos, roteiros ilustrativos.

Com os materiais alcançados ao final da pesquisa, facilitarão ações específicas e direcionadas de gestão do território. Um grande exemplo é a exploração geoturística controlada, que tem como o intuito repassar informações geoeducacionais, para que os visitantes percebam a importância da preservação. Uma outra ação importante é os planos de geoconservação, com suas ações de conservação eles são essenciais para evitar a destruição ou a degradação dos elementos. Esses muitas das vezes são frágeis a ações antrópicas, como turismo sem controle ou a exploração econômica.

## 5. REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Geodiversidade

Em todo o planeta, a geodiversidade vem sendo trabalhada, mas o termo é bastante recente e ainda causa contradições dentro da comunidade científica. Diversos autores conceituam “geodiversidade” a sua maneira, e estudá-la é fundamental para a caracterização do geopatrimônio abordado. Essa individualidade sobre o tema pode ser observada, através da definição do termo por alguns autores.

O termo geodiversidade foi utilizado primeiramente na década de 1990, para descrever a diversidade do meio abiótico, limitando o sentido do termo a variação dos recursos abióticos no espaço. Não se sabe ao certo onde surgiu este termo, mas provavelmente foi na Tasmânia. Entretanto, só foi a partir da Conferência de Malvern, realizada em 1993, no Reino Unido, que o termo geodiversidade foi difundido (GRAY, 2004 apud NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008).

Em 2004 foi publicado o primeiro livro sobre o tema, cujo título é *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*, de autoria do professor do Departamento de Geografia da Universidade de Londres, Murray Gray (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008). Para este autor, a geodiversidade é

A variedade natural de aspectos geológicos (minerais, rochas e fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, processos) e do solo. Inclui suas coleções, relações, propriedades, interpretações e sistemas (GRAY, 2004 apud NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008, p.10).

Já o Serviço Geológico do Brasil definiu a geodiversidade como a

Natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (CPRM, 2008, p. 12).

Essa definição é mais abrangente, pois além do meio físico, ela inclui fatores e aspectos humanos, como a economia, a cultura e o estético.

Ao contrário da CPRM, a *Royal Society for Nature Conservation*, do Reino Unido, exclui os fatores humanos, tendo uma abordagem mais restritiva. Segundo ela, a geodiversidade é “A variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos

ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são suporte para a vida na terra.” (BRILHA, 2005, p. 17).

Carcavilla, Durán e López-Martínez (2007) tem uma definição de geodiversidade restrita. Para eles a geodiversidade é a variação espacial dos componentes geológicos e como esses componentes carregam a história geológica da área onde estão inseridos.

Conforme Pereira, Rios e Garcia (2016, p. 196)

A geodiversidade engloba os elementos abióticos do meio natural, incluindo os processos das dinâmicas interna e externa da Terra, que resultam nas diversas manifestações do substrato geológico. Este substrato, por sua vez, constitui o palco onde se instalaram os elementos da biodiversidade e se desenvolvem as diversas intervenções antrópicas de apropriação e ocupação da Terra.

Segundo Nieto (2001), a geodiversidade é a quantidade e variedade de estruturas, como as estruturas sedimentares, tectônicas e geomorfológicas; e materiais geológicos; como os minerais, as rochas e os solos. Sendo que, todos os seres vivos se utilizam da geodiversidade como substrato para suprir suas necessidades, inclusive as necessidades vitais para a manutenção da vida. Além disso, a geodiversidade é fundamental para compreender a evolução geológica de uma área, região, e até do planeta Terra como um todo. Assim, a partir das discussões de diversos autores novos elementos foram adicionados à geodiversidade (tabela 02).

Topografia	Energia	
	Rugosidade	
Geologia	Materiais da terra	Minerais
		Litologia (rochas)
		Depósitos superficiais
		Fósseis
	Tectônicas	
Estruturas		
Geomorfologia	Morfoestruturas	
	Sistemas morfogenéticos	
	Processos	

	Formas de relevo de erosão	
	Microformas de relevo	
Hidrologia	Estados da água	Água
		Neve
		Gelo
		Geleiras
	Elementos da hidrologia	Oceano
		Mares
		Rios
		Zonas úmidas
		Lagos
Solo	Ordem	
	Subordens	

Tabela 02: Elementos que constituem a Geodiversidade da Terra. Fonte: Serrano e Ruiz-Flaño, 2007.

De acordo com Brilha (2005), a geodiversidade se limita à natureza abiótica. Essa natureza não viva é formada por elementos de origem antiga (milhares, milhões ou bilhões de anos atrás), como rochas, fósseis e minerais, como também é formado pelos fenômenos atuais de origem natural, produtores de elementos da natureza abiótica, como os vulcões, que extravasam lavas, cinzas, rochas etc. Porém, Brilha (2005) ressalta que algumas paisagens têm um valor cultural relevante para um determinado local, seja por conta da singularidade e identidade, ou por ser fundamental para a realização de certas atividades. Nesses casos há as paisagens culturais, havendo a possibilidade de serem reconhecidas pela UNESCO como Patrimônio Cultural, mediante a comprovação.

## 5.2 Geoconservação, geopatrimônio e geoparque

Dentro da geodiversidade pode ser encontrada outras terminologias ligadas a ela, como a geoconservação, o geoturismo, o geoparque, o geopatrimônio, entre outros. Apesar de haver já uma certa discussão sobre o tema, a geoconservação é uma temática recente em todo o mundo, e poucos países possuem recursos legais

focados na proteção dos aspectos abióticos notáveis da natureza. “A conservação e gestão do patrimônio geológico, constitui uma tarefa de interesse da humanidade, uma vez que os geossítios guardam informações importantes sobre a evolução do Planeta Terra” (PEREIRA D. et al. 2008).

Alguns autores como Burek e Prosser (2008), fazem uma distinção entre conservação e preservação. A conservação seria a aplicação de técnicas para manter determinadas características de certos elementos da geodiversidade, considerados de grande importância, ainda que os processos naturais de desgaste (intemperismo e erosão) continuem ocorrendo. Já a preservação, é o isolamento de um determinado elemento da geodiversidade (fósseis, gemas, minerais etc.) das interferências provocadas pelas atividades humanas, exceto para fins científicos, e do desgaste natural, com a finalidade de evitar qualquer tipo de degradação produzida pelo Homem ou pelo intemperismo/erosão.

Para Brilha (2005) a conservação ou preservação de algo é realizada mediante o reconhecimento de um valor, que justifica a restrição de determinadas atividades, ou sua total proteção de intervenções humanas. Pois, como mencionado acima, é inviável conservar/preservar toda a natureza.

A geoconservação tem como objetivo principal, a proteção e a valorização do geopatrimônio.

A abordagem de temáticas relacionadas à geoconservação permite aumentar a sensibilidade da sociedade, para a necessidade de se promover a conservação do patrimônio geológico, devidamente integrada nas políticas de conservação da natureza (BRILHA, 2016, p. 446).

O geopatrimônio é um conjunto de valores que representam a geodiversidade do território constituído por um conjunto de elementos naturais abióticos, que devem ser preservados devido ao seu valor patrimonial. O geopatrimônio inclui o patrimônio geológico, o patrimônio geomorfológico, o patrimônio hidrológico e o patrimônio pedológico, e terá de ser identificado, avaliado, classificado e integrado no conjunto patrimonial de uma região ou território (RODRIGUES & FONSECA, 2008).

As ações conservadoras do geopatrimônio necessitam de programas e atividades, como forma de preservação dos ambientes. Dentre essas ações, cita-se a criação de geoparques, a aplicação do geoturismo e a divulgação em meio acadêmico. Todas estas ações são consideradas, como pertencentes a geoconservação (BACCI et al. 2009).

Desde a criação da Rede Global de Geoparques pela UNESCO, em 2004, já foram implementados 58 geoparques, entre estes, o primeiro geoparque brasileiro, criado em 2006, o Geoparque do Araripe (CE). Atualmente no Brasil há cinco Geoparques Mundiais da UNESCO. São eles, os geoparques Seridó (figura 03), Caminhos dos Cânions do sul, geoparque Araripe, e em 2023, os parques de Caçapava e Quarta Colônia também foram designados pela UNESCO como Geoparques Mundiais.



Figura 03: Exemplos de elementos da Geodiversidade do geoparque Seridó. (A) mapa ilustrativos dos geossítios do geoparque Seridó; (B) Geossítio açude gargalheiras; (C) Geossítio cânions dos apertados; (D) Geossítio marmitas do rio carnaúba. Fonte: arquivo pessoal, 2023.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), caracteriza os Geoparques Mundiais como

Áreas geográficas unificadas, onde sítios e paisagens de relevância geológica internacional são administrados com base em um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Sua abordagem ascendente que combina a conservação com desenvolvimento sustentável e que, ao mesmo tempo, envolve as comunidades locais, está se tornando cada vez mais popular (UNESCO, 2017).

De acordo com Brilha (2005), um geoparque é uma área destinada à conservação do patrimônio geológico e ao desenvolvimento socioeconômico da população, residente no geoparque, ou em seu entorno, por meio de atividades econômicas sustentáveis, como as relacionadas ao geoturismo.

Além do patrimônio geológico, um geoparque deve conter elementos de valores ecológico, arqueológico, histórico ou cultural. A UNESCO possui o documento *“Operational Guideline for Geoparque Seeking UNESCO’s Assistance”*, que elenca os requisitos para que um determinado local seja reconhecido como um geoparque. (RUCHKYS, 2007).

Desde 2006 a CPRM vem trabalhando no Projeto Geoparques, que consiste na elaboração de propostas para a implantação dos geoparques no Brasil. Para elaboração das propostas segue-se os seguintes passos: identificação, levantamento, descrição, inventariação, diagnóstico e divulgação. Estes projetos podem ser feitos com parcerias entre a CPRM, universidades, institutos técnicos/científicos e as comunidades locais. No caso das comunidades locais, sua inclusão na elaboração, e futura gestão, é uma condição essencial para que a área seja reconhecida efetivamente como um geoparque pela UNESCO (CPRM, 2012).

No estado de Sergipe há a proposta do Geoparque Cânion do São Francisco, localizado em parte no Alto Sertão sergipano. É a primeira e até o presente momento a única proposta do Serviço Geológico do Brasil, para implantação de um geoparque no estado de Sergipe (CPRM, 2010).

### 5.3 Uma abordagem qualitativa e quantitativa da geodiversidade

O elevado desenvolvimento tecnológico alcançado pela humanidade, se concretizou, entre outras coisas, mediante as transformações dos elementos da geodiversidade. Para a manutenção dos avanços tecnológicos, é preciso continuar modificando-os (PEREIRA, 2010).

Desse modo, é inviável a conservação de toda a geodiversidade, pois isso implicaria uma perda de qualidade de vida para a população humana e modificações abruptas na economia mundial, principalmente nos países exportadores de commodities. Todavia, uma natureza desequilibrada também provoca graves danos à

qualidade de vida e ao bem-estar de todos nós. Desta forma a identificação do geopatrimônio é fundamental para promover o desenvolvimento sustentável.

Devido à grande repercussão da análise da geodiversidade, vários estudos e metodologias foram feitas nos últimos anos. Havendo sempre uma atualização ou nascendo novos métodos de tentar quantificar e qualificar os elementos abióticos. Dentro desse contexto, os estudos da geodiversidade devem ser baseados principalmente na metodologia usada para analisar a diversidade dos elementos abióticos distribuídos na natureza. Um fator que deve ser incorporado a essa análise, é o da distribuição espacial dos elementos e suas relações entre eles (CARCAVILLA et al, 2007).

Um das metodologias mais utilizadas é a da análise qualitativa, uma forma de descrição dos elementos abióticos dispostos na natureza. Um desses métodos qualitativos é o de Brilha (2005), essa metodologia é dividida em seis etapas, como mostra o quadro abaixo (tabela 03).

<b>Inventário</b>	Elencar e localizar geograficamente os geossítios.
<b>Quantificação do valor</b>	Analisar e demonstrar as singularidades do geossítio, que justifica a sua proteção.
<b>Classificação ou proteção legal</b>	Classificar o geopatrimônio presentes nos geossítios, para o manejo conforme a legislação de cada local.
<b>Conservação</b>	Avaliar as vulnerabilidades dos geossítios e restringir atividades que possam degradá-los.
<b>Valorização e Divulgação</b>	Promover a divulgação, pelos meios disponíveis, para disseminar o conhecimento e incentivar a valorização dos geossítios pela população.

<b>Monitoramento</b>	Monitorar periodicamente, a fim de melhorar o manejo dos geossítios e identificar possíveis degradações.
----------------------	--

Tabela 03: Metodologia de análise dos geossítios. Fonte: adaptado de (BRILHA, 2005).

Nessa pesquisa o foco principal é de uma abordagem da análise quantitativa da geodiversidade o que não é algo novo, o quadro abaixo irá mostrar estudos feitos em todo mundo com variadas metodologias de mensuração de componentes (tabela 04).

<b>Aplicação de métodos Quantitativos para o Índice de Geodiversidade</b>	
<b>Autores</b>	<b>Títulos</b>
<b>Jačková e Romportl (2008)</b>	A Relação Entre Geodiversidade e Riqueza de Habitats no Parque Nacional de Šumava e Křivoklátsko PLA (República Checa): Uma Abordagem de Análise Quantitativa
<b>Zwolinski (2009)</b>	A rotina do projeto de mapas de geodiversidade do relevo para os Montes Cárpatos poloneses.
<b>Hjort e Luoto (2010)</b>	Geodiversidade de paisagens de alta latitude no norte da Finlândia.
<b>Ruban (2010)</b>	Quantificação da geodiversidade e sua perda.
<b>Silva (2012)</b>	Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia - aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu.
<b>Pereira et al. (2013)</b>	Avaliação da Geodiversidade do Estado do Paraná (Brasil): Uma abordagem inovadora.
<b>Santos (2017)</b>	Avaliação quantitativa dos impactos da geodiversidade e do crescimento urbano em Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil.
<b>Araújo e Pereira (2018)</b>	Uma nova contribuição metodológica para a avaliação da geodiversidade: aplicabilidade ao Estado do Ceará (Brasil).

<b>Bétard e Peulvast (2019)</b>	Hotspots de Geodiversidade: Conceito, Método e Aplicação Cartográfica para Fins de Geoconservação em Escala Regional.
<b>A. Fernández et al. (2020)</b>	Avaliação da Geodiversidade na Parte Sul da Zona Centro Ibérica (Província de Jaén): Utilidade para Delimitação e Gestão de Áreas Naturais Protegidas.
<b>Dias et al. (2021)</b>	Mapa do Índice de Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: Cartografia e Avaliação Quantitativa.

Tabela 04: Estudos quantitativos da geodiversidade. Elaboração: Paloma Amorim.

Segundo Santos (2017), um dos maiores problemas é a dificuldade variável de criar modelos que possam ser implementados em diferentes domínios. A maioria das propostas devem ser adequadas para poder aplicar a um campo específico de estudo. O mesmo autor fala que ao propor um método de avaliação, é de extrema importância que se considere que a metodologia não deva ser difícil ao ponto de não conseguir ser aplicável em outra área de estudo.

A metodologia de utilização de grade de Pereira et al. (2013) e posteriormente modificada por Bétard e Peulvast (2019). É um dos mais completos e confiáveis métodos de mapear os índices de geodiversidade, e por utilizar pesos iguais e diferentes elementos, ele não superestima em qualquer aspecto.

Tendo uma ampla aplicação de sua metodologia em diferentes escalas e áreas, ela permite que os resultados alcançados sejam integrados a outros mapas. Como os estudos de Santos (2017) que integrou os resultados do índice de geodiversidade com mapa de crescimento urbano em Armação, município de Búzios, localizado no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Com a integração desses dois mapas, foi possível quantificar as áreas impactadas em relação à geodiversidade.

Outra análise feita com o mesmo intuito foi de Fernández et al. (2020), que buscou a relação entre a geodiversidade e os limites das áreas naturais protegidas (NPAs), na parte norte da província de Jaén (sul da Espanha). Com o resultado obtido, foi possível identificar que na análise que os índices de geodiversidade não estão em concordância com os limites atuais dos NPAs definidos sob as leis anteriores (agora revogadas) relativas à conservação da natureza.

Portanto, quantificar a geodiversidade não é simplesmente a soma de elementos abióticos. Ela permite a análise das complexas relações entre esses elementos por meio de processos que modelam a superfície terrestre.

## 6. DESCRIÇÃO DA ÁREA

A área a que se refere este trabalho abrange todo estado de Sergipe num total de 21 .994 km, compreendendo 75 municípios. O Estado é limitado ao norte com o Estado de Alagoas, separado pelo rio São Francisco, a leste pelo oceano Atlântico e ao sul e a oeste com o Estado da Bahia (figura 04).

Essa compartimentação pode ser facilmente observada em campo devido a importantes variações no quadro geológico-geomorfológico, e uma acentuada redução da pluviosidade em direção ao sertão do estado, o que confere paisagens fitoclimáticas marcadamente diferenciadas e bastante visíveis (CPRM 2017).



Figura 04: Mapa de localização da área de estudo. Elaboração: Paloma Amorim.

## 7. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA FÍSICO-AMBIENTAL DO ESTADO DE SERGIPE

A geologia de Sergipe está associada a uma diversidade de eventos geológicos, tais como: colisão entre continentes, vulcanismo fissural, orogêneses, erosão, arcos de ilha e formação de bacias sedimentares (CARVALHO, 2017). Ela está localizada na região limítrofe de três províncias estruturais definidas por Almeida et al. (1977): a Província São Francisco, a Província Borborema e a Província Costeira e Margem Continental, constituídas por rochas pertencentes a diversas eras que demarcam a escala do tempo geológico da Terra.

O embasamento do Cráton do São Francisco foi consolidado no final do Ciclo Transamazônico. O cráton está coberto por dois complexos principais. O mais antigo complexo é uma faixa de dobramentos da primeira metade do Pré-Cambriano superior. Já o complexo mais recente são dobramentos do Ciclo Brasileiro, que reveste quase a metade do Cráton do São Francisco (ALMEIDA et al, 1977).

A província da Borborema, com sua área de 380.000 Km<sup>2</sup>, possui limites com a província do São Francisco, com a província Parnaíba, com as bacias costeiras e com a margem continental. A origem da província da Borborema remonta ao Ciclo Brasileiro. Geograficamente, esta província está localizada na mesma área da Região de Dobramentos Nordeste. Devido ao intemperismo e a erosão em um local de clima predominantemente semiárido e geologicamente estável, houve o desenvolvimento de pedimentos com o relevo raramente ultrapassando os 1.000 metros de altitude (ALMEIDA et al, 1977).

A Província Costeira e Margem Continental foi originada pela fragmentação do Gondwana Ocidental e a conseqüente separação da África e da América do Sul com a abertura do oceano Atlântico Sul. Esse processo de rifteamento formou margens passivas nas costas atlânticas de ambos os continentes, o que possibilitou a formação de bacias sedimentares costeiras e depósitos sedimentares cenozoicos (IBGE, 2019).

Os sedimentos inconsolidados são do Período Quaternário e são representados pelos: depósitos marinhos e continentais costeiros, formados por areia, argila, e sedimentos eólicos; depósitos litorâneos, formados por areia e argila; e depósitos flúvio-lagunares, formados por areia e pelito. Uma parte considerável das rochas sedimentares das formações superficiais estão no Grupo Barreiras. O Grupo

Barreiras se estende pela costa brasileira desde o Amapá até o Rio de Janeiro. A parte mais antiga, denominada de Barreiras Inferior, tem a sua origem associada à deposição de sedimentos durante a transgressão marinha ocorrida entre o Aquitaniano e o Serravaliano (ARAI, 2006).

No estado de Sergipe o Grupo Barreiras é composto por arenitos, arenitos conglomeráticos e argilitos arenosos. Essas rochas sedimentares são de origem clástica e são do Período Paleogeno. Elas também podem ser encontradas em bacias sedimentares. No estado de Sergipe existem duas, a Bacia de Sergipe e a Bacia do Tucano (CPRM, 2017).

Geograficamente, a Bacia de Sergipe se estende pelo litoral do estado de Sergipe e avança sobre a plataforma continental. As origens da bacia de Sergipe remontam a tempos anteriores a fragmentação do supercontinente Gondwana e abertura do oceano Atlântico Sul. Na fragmentação de Gondwana, na Era Mesozoica, houve a formação de riftes, que posteriormente foram preenchidos com sedimentos que deram origem às rochas da Bacia Sedimentar Sergipe (CARVALHO, 2017).

De acordo com a CPRM (2017) existem três unidades geoambientais contrastantes no estado de Sergipe, entre o interior e a costa do estado. A primeira é a zona litorânea, que tem como predomínio os depósitos marinhos e fluviomarinhos da planície costeira. Os solos que predominam nesta área são: Argissolos, espodossolos, gleissolos, neossolos e vertissolos. O segundo é o agreste com superfícies tabulares, posicionadas em cotas modestas, com predominância de solos planossolos, cambissolos latossolos, neossolos e luvisolos. Uma das principais características da área é o domo de Itabaiana. A terceira é o sertão que em sua maioria a superfície aplainadas, posicionadas também em cotas modestas e por serras e planaltos residuais, como o domínio de solos planossolos, luvisolos e neossolos.

A Planície Costeira de Sergipe possui 163 Km de extensão, desde o rio Piauí/Real, ao sul na divisa com a Bahia, até o rio São Francisco, ao norte na divisa com Alagoas. Além desses, os rios Sergipe, Japarutuba e Vaza-barris também desembocam na área da Planície Costeira. Associado às zonas estuarinas das desembocaduras dos rios Real, Vaza-barris e Sergipe, ocorrem as planícies fluviomarinhas, com vegetação de mangue. Na foz dos outros rios há planícies fluviais (CARVALHO, 2017).

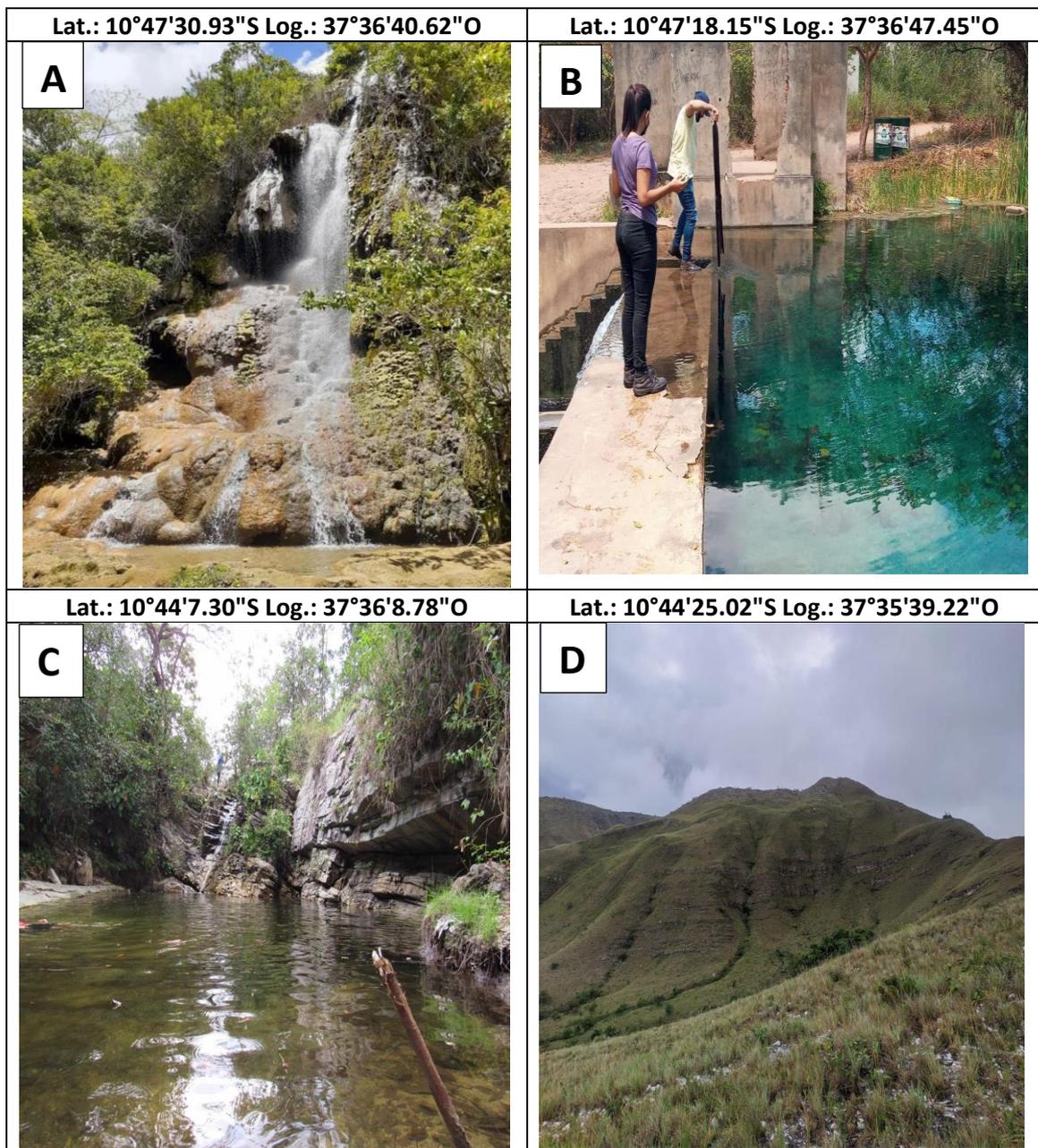
Os movimentos eustáticos depositaram sedimentos arenosos marinhos na Planície Costeira sergipana em dois momentos distintos de transgressão do oceano durante o quaternário. O mais antigo ocorreu durante o pleistoceno e originou terraços de 8 e 10 metros de altitude. Já o mais recente ocorreu no holoceno e formou depósitos mais modestos, com a altitude variando de centímetros até 4 metros. As variações do nível do mar também produziram cordões litorâneos em forma de feixe, lineares, e paralelos entre si. A distância de um cordão para o outro é de aproximadamente 100 metros e a variação de altura entre a crista e a cava é de 1 a 4 metros. Em épocas de chuvas podem se formar brejos nas áreas rebaixadas entre os cordões (ARAUJO, 2018).

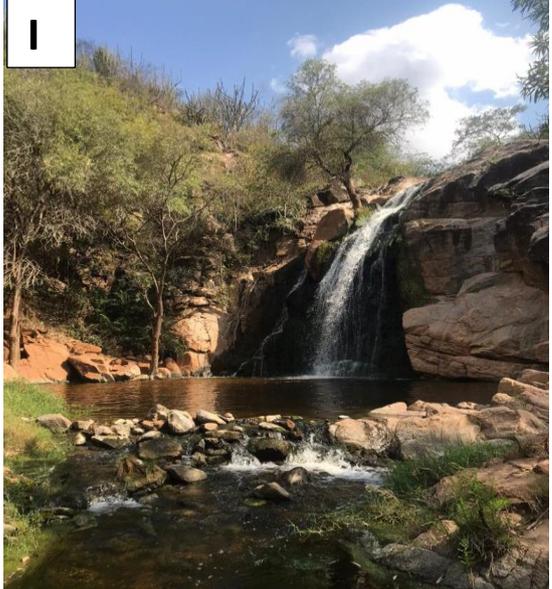
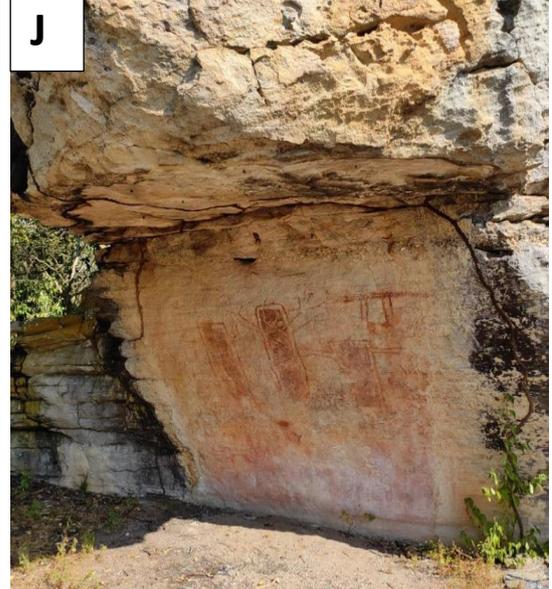
A depressão sertaneja é o domínio geomorfológico mais oriental de Sergipe, e se estende por outros estados nordestinos. Em razão das baixas precipitações pluviométricas, as rochas são pouco decompostas, as vezes aflorando como cabeços de rochas e lajedos, e o manto de alteração chega a apenas 3 metros de profundidade. Por conta dos processos denudacionais do fim do quaternário e início do terciário, a depressão sertaneja apresenta relevos residuais com inselbergs e serras inseridos em uma área predominantemente formada por colinas suaves. A vegetação é de caatinga e a drenagem é intermitente (AB'SÁBER, 2003).

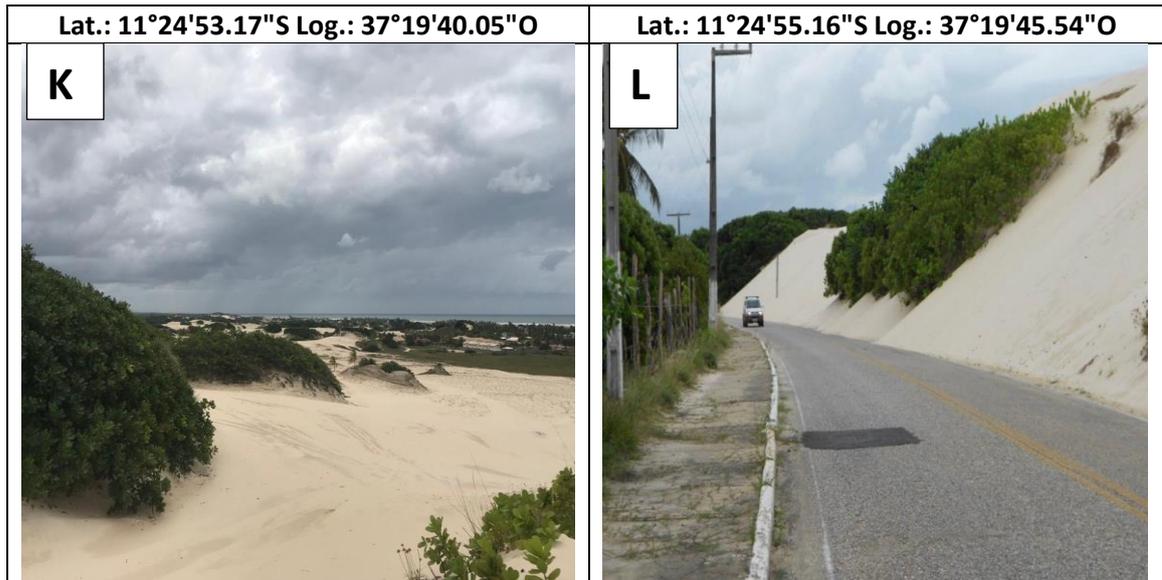
Uma outra informação de grande importância são as áreas cársticas do estado. Em Sergipe existem duas grandes divisões das áreas cársticas, o carste tradicional Bacia Sergipe, e o carste tradicional Olhos D'água/Frei Paulo, onde se encontra os municípios de Lagarto, Macambira e São Domingos. Ambos tiveram seus estágios iniciais de desenvolvimento sob o lençol freático, sendo que as primeiras canaletas se originaram no Neógeno no caso do carste Bacia de Sergipe, e no Pleistoceno no caso do carste Olhos D'água/Frei Paulo. O rebaixamento do lençol freático ao longo do quaternário fez com que o endocarste passasse à zona aerada (MACEDO, 2019).

Devido à grande diversidade dos elementos da geologia, geomorfologia, hidrologia e pedologia, o estado de Sergipe está localizado em uma área de uma alta geodiversidade, como é demonstrado no bloco fotográfico (figura 05). A relação desses elementos abióticos cria um ambiente de alta beleza cênica, e podendo através de estudos mais profundos e de caráter local, realizar uma inventariação com o intuito de investigar possíveis geossítios em diferentes locais do estado.

A partir das visitas de campo, foi possível observar alguns locais para a realização de uma inventariação. Alguns dos estudos de caráter qualitativo já foram realizados em alguns dos municípios, como no município Lagarto, em parte de Canindé de São Francisco, o Parque Nacional Serra de Itabaiana, além de ter proposta para a criação do Geoparque Cânion do São Francisco, proposta essa, inserida no Projeto Geoparques da CPRM. Esses estudos apontam como o estado tem um grande potencial de ter geossítios. Com a análise quantitativa proposta nesta pesquisa, ela foi capaz de mostrar outras áreas que ainda não foram inventariadas, ou nem mesmo estudadas dentro da academia.



<p>Lat.: 10°42'52.28"S Log.: 37°19'40.05"O</p>	<p>Lat.: 10°42'42.04"S Log.: 37°37'2.27"O</p>
<p><b>E</b></p> 	<p><b>F</b></p> 
<p>Lat.: 10°40'1.44"S Log.: 36°46'8.68"O</p>	<p>Lat.: 10°34'25.17"S Log.: 36°35'45.96"O</p>
<p><b>G</b></p> 	<p><b>H</b></p> 
<p>Lat.: 9°38'54.61"S Log.: 37°47'57.38"O</p>	<p>Lat.: 9°33'23.17"S Log.: 37°59'17.84"O</p>
<p><b>I</b></p> 	<p><b>J</b></p> 



**Figura 05.** Fotografias da geodiversidade o estado de Sergipe retiradas em campo no ano de 2022. fotografia (A) Cachoeira do Saboeiro em Lagarto; fotografia (B) Lagoa Azul em Lagarto; fotografia (C) poço 17, localizado na Serra da Miaba; fotografia (D) Serra da Miaba; fotografia (E) cânion do rio Vaza Barris no município de São Domingos; fotografia (F) Pedra da Arara no município de Macambira; (G) Lagoa Redonda no município de Pirambu; fotografia (H) Ponta do Mangue em Pacatuba; Fotografia (I) cachoeira no município de Canindé de São Francisco; fotografia (J) sítio arqueológico na fazenda Mundo Novo; fotografia (K) dunas no município de Estância; fotografia (L) dunas móveis na rodovia do município de Estância. Fonte: arquivo pessoal.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB, Sáber; AZIZ, Nacib. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagística**. Atelê Editorial, São Paulo, 2003. ISBN 978-85-7480-596-2.

ARAI, M. A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Revista do instituto de geociências - USP**, V.6, N.2, 2006.

ARAUJO, AM; PEREIRA, DI (2018) **A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil)**. *Geoheritage* 10 (4): 591-605

BACCI, D.L.C.; PIRANHA, J.M.; BOGGIANI, P.C.; DEL LANA, E.A. TEIXEIRA, W. Geoparque- estratégia de geoconservação e projetos educacionais. **Revista do Instituto de Geociências (USP)**. *Geol. USP, Publ. espec.*, São Paulo, v.05, p.7-15. 2009.

BÉTARD, François; PEULVAST, Jean-Pierre. 2019. **Geodiversity Hotspots: Concept, method and cartographic application for geoconservation purposes at a regional scale**. *Environmental Management*, 63:822–834 <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01168-5>

BUREK, C.; PROSSER, C. **The history of geoconservation: An introduction**. **Geological Society**, London, v. 300, p. 1-5, jan. 2008. DOI 10.1144/SP300.1. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/249551813\\_The\\_history\\_of\\_geoconservation\\_An\\_introduction](https://www.researchgate.net/publication/249551813_The_history_of_geoconservation_An_introduction). Acesso em: 17 fev. 2022.

BRASIL (1983) Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL: folha SC.24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, (Levantamento de Recursos Naturais), 851p.

BRILHA, J, 2005. **Património Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. Braga: Palimage Editores.

BRILHA, J.; DIAS, G.; PEREIRA, D. **A geoconservação e o ensino/aprendizagem da Geologia**. Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia, Simpósio sobre Enseñanza de la Geologia, XIV, Curso de Actualização de Professores de Geociências, XXVI, Universidade de Aveiro, 2006. Resumo... Universidade de Aveiro, p. 445-448. 2006.

Carcavilla, L; Durán, J. J. & López-Martinez, J. 2008. **Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico**. *Geo-Temas*, 10, In: CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 7, Las Palmas de Gran Canaria, p.1299-1303. Disponível em: [http://www.igme.es/internet/patrimonio/descargas/concepto\\_Geodiversidad.pdf](http://www.igme.es/internet/patrimonio/descargas/concepto_Geodiversidad.pdf). Consultado em: 26-04-2022

CARVALHO, Luiz Moacyr de; MARTINS, Violeta de Souza. 2017. **Geodiversidade do estado de Sergipe**. Salvador: CPRM, ISBN 978-85-7499-137-5

CATANA, M. M. D. dá S, 2008. **Valorizar e divulgar o patrimônio geológico do Geopark Naturtejo**. Estratégias para o Parque Icnológico de Penha Garcia. 2008, 301f. Mestrado em Património Geológico e Geoconservação. Escola de Ciências. Universidade do Minho. Portugal.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2006. Mapa **Geodiversidade Brasil: Escala 1:2.500.000**. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. Brasília/DF - Brasil. 68 p.

SILVA, C. R. da. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. 1.ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 268.

DIAS, M. C. S. S; DOMINGOS, J. O; COSTA S. S. S; NASCIMENTO, M. A. L; SILVA M. L. N., GRANJEIRO, L. P., MIRANDA, R. F. L. 2021. **Geodiversity index map of Rio Grande do Norte State, Northeast Brazil: cartography and quantitative assessment**. *Geoheritage*, 13:10, <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00532-4>

FERNÁNDEZ, A; FERNÁNDEZ, T; PEREIRA, D.I; NIETO, L.M. 2020. **Assessment of geodiversity in the southern part of the Central Iberian Zone (Jaén Province): usefulness for delimiting and managing natural protected areas**. *Geoheritage*, 12:20, <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00447-6>

F. F. M. de ALMEIDA. O cráton do São Francisco. **Revista brasileira de Geociências**, v.7, 1997.

FILHO, Ricardo de Faria Pinto. **O Índice de Geodiversidade do Estado de Goiás e Distrito Federal: uma avaliação sobre as Unidades de Conservação**. Tese de Doutorado em geografia, Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais (Iesa), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Goiânia, 2019, 140f.

**Geodiversidade do estado de Sergipe** / Organização Luiz Moacyr de Carvalho [e] Violeta de Souza Martins – Salvador: CPRM, 2017. ISBN 978-85-7499-137-5

GRAY, M, 2004. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Londres: John Wiley & Sons Ltd.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley & Sons: Londres/Inglaterra, 2004. apud NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, (2008).

HJORT, J; LUOTO M. **Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland**. *Geomorphology*, 115, p. 109-116, 2010.

ICMBIO, 2010. **Proposta de retificação e atualização dos limites da reserva biológica de santa isabel, no estado de Sergipe: relatório técnico**. Ministério do Meio Ambiente. Pirambu.

JAČKOVÁ, K; ROMPORTL, D. The relationship between geodiversity and habitat richness in Sumava National Park and Křivoklátsko Pla (Czech Republic): a quantitative analysis approach. **Journal of Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, p. 23-38, 2008.

MACEDO, H. S. **Ambientes cársticos em Sergipe: vulnerabilidade e instrumentos para sua gestão**. Tese de Doutorado em geografia, Universidade Federal de Sergipe, Cristóvão, SE, 2019, 403f.

NASCIMENTO, M. A. L; RUCHKYS, U. A; MANTESSO-NETO, V. 2008. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a**

**conservação do patrimônio geológico.** [S. I.]: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008.

NIETO, L. M. **Geodiversidad: propuesta de una definición integradora.** Boletín Geológico y minero, vol. 112, nº. 2, p. 3-12, 2011.

PEREIRA, D.; BRILHA, J.; PEREIRA, P. **Geodiversidade valores e usos.** Universidade do MINHO, Braga, 16p. 2008.

PEREIRA D. I; PEREIRA P; BRILHA J; SANTOS L. 2013. **Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach.** Environmental Management, 52:541–552, DOI 10.1007/s00267-013-0100-2

PEREIRA, R.G.F. de A. 2010. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil).** Tese de Doutorado em Ciências - Geologia. Universidade do Minho. Portugal, 317f.

PEREIRA, R. G. F. de A; RIOS, D. C; GARCIA, P. M. P. **Geodiversidade e patrimônio geológico: ferramentas para a divulgação e ensino das geociências.** Terra e Didática, Campinas, SP, v. 12, n. 3, p. 196–208, 2016. DOI: 10.20396/td.v12i3.8647897. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8647897>. Acesso em: 18 jan. 2022.

RODRIGUES, M.L.; FONSECA, A. **A valorização do geopatrimônio no desenvolvimento sustentável de áreas rurais.** In: VII CIER – Colóquio Ibérico de Estudos Rurais, Coimbra, Portugal. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa – GEOPAGE, Lisboa. 15p. 2008.

RUBAN, D. **Quantification of geodiversity and its loss.** Proceedings of the Geologists' Association, v. 121, p. 326-333, 2010.

SANTOS, A. F; ANDRADE, J. A. **Delimitação e regionalização do Brasil Semi-árido - Sergipe.** Aracaju. UFS, 1992.

SANTOS, D. S; MANSUR, K. L; GONÇALVES, J. B; ARRUDA, E. R. Jr; MANOSSO, F. C. 2017. **Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil.** Applied Geography 85:184–195. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>

SERRANO, E; RUIZ-FLAÑO, P. **Geodiversity - a theoretical and applied concept.** Geographica Helvetica Jg. 62 2007/Helft3, p. 140 – 147, 2007.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation.** Published electronically on the Tasmanin Parks & Wildlife Service web site. 3. ed. Set, 2002.

SILVA, Juliana de Paula. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia - aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu.** 2012. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. doi:10.11606/T.8.2012.tde-22022013- 104907. Acesso em: 07-03-2022.

STANLEY, M. **Geodiversity: linking people, landscapes and their culture.** Natural and Cultural Landscapes - the Geological Foundation. 45-52, 2004.

UNESCO. **Earth Sciences and UNESCO Global Geoparks in Brazil**. Disponível em: <<https://www.unesco.org/en/fieldoffice/brasil/expertise/natural-sciences-earth-sciences-global-geoparks>> Acesso em: 20 nov. 2022.

VENTURI, L. A. B. **A Técnica e a Observação na Pesquisa**. In **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Sarandi. p.528, 2011.

ZWOLIŃSKI, Z. **The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts**. Landf Anal 11:77–85, 2009.

**CAPÍTULO II:**  
**UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA DO ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DO**  
**ESTADO DE SERGIPE**

# Uma abordagem quantitativa do índice de geodiversidade do estado de Sergipe

Paloma Santos Amorim<sup>1</sup>, Tais Kalil Rodrigues<sup>2</sup>, Adriano Luís Heck Simon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias (PGAB), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, Galpão das Geociências, CEP 49.100-000, São Cristóvão, Sergipe, (palomasantossamorim@gmail.com)

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias (PGAB), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, Galpão das Geociências, CEP 49.100-000, São Cristóvão, Sergipe, (tkalilr@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima nº 1000 - Prédio 17 - 1º andar - Sala 1132. Bairro Camobi, Santa Maria - RS CEP: 97105900, (adrianosimon@gmail.com)

**Resumo:** O trabalho procurou identificar e caracterizar os elementos da geodiversidade do estado de Sergipe, a partir da análise espacial dos elementos que compõem o índice de geodiversidade, a fim de criar um banco de dados de possíveis geossítios. As etapas de trabalho consistem em campos em diferentes municípios e o mapeamento dos índices de geodiversidade. Nessa última etapa ocorreu a produção de um mapa da geodiversidade de Sergipe, que resultou da determinação da diversidade dos elementos em cada quadrícula de mapas cartográficos, que foram escolhidos a partir da área de estudo. O método é baseado na sobreposição de uma grade de 5 x 5 km sobre diferentes mapas, e o Índice de Geodiversidade final é a soma de quatro índices parciais. Com os resultados da quantificação da geodiversidade do estado de Sergipe, observou-se em sua maioria os altos índices estão no agreste do estado, próximos às áreas muito altas, como no Parque Nacional Serra de Itabaiana e Serra da Miaba. Os resultados desse estudo poderão ser utilizados para a gestão do território, no geoturismo e pela comunidade acadêmica, além de ajudar a subsidiar estudos posteriores de caráter local (inventariação e caracterização do geopatrimônio).

**Palavras-chave:** Geodiversidade, Elementos abióticos, Análise quantitativa

## *A quantitative approach of the geodiversity index of the state of Sergipe*

**Abstract:** The work sought to identify and characterize the elements of geodiversity in the state of Sergipe, based on the spatial analysis of the elements that make up the geodiversity index, in order to create a database of possible geosites. The work stages consist of fields in different municipalities and the mapping of geodiversity indices. In this last stage, a map of Sergipe's geodiversity was produced, which resulted from the determination of the diversity of elements in each grid of cartographic maps, which were chosen from the study area. The method is based on superimposing a 5 x 5 km grid over different maps, and the final Geodiversity Index is the sum of four partial indices. With the results of the quantification of the geodiversity of the state of Sergipe, it was observed that most of the high indexes are in the agreste of the state, close to the very high areas, as in the National Park Serra de Itabaiana and Serra da Miaba. The results of this study can be used for the management of the territory, in geotourism and by the academic community, in addition to helping to support further studies of a local nature (inventory and characterization of geoheritage).

**Keywords:** Geodiversity, Abiotic elements, Quantitative analysis

---

## 1. Introdução

As discussões a respeito da conservação da natureza, deixaram de ser apenas levantadas com relação aos aspectos da biodiversidade, e passaram a ser levantadas também, sobre os elementos da geodiversidade. No Brasil, o estado da arte dos estudos sobre a geodiversidade já se situa em patamar de consolidação, mas ainda são poucos em comparação às riquezas geológicas e geomorfológicas do país.

A geodiversidade é definida por Serrano e Ruiz-Flaño (2007), como sendo a variação geográfica dos elementos da natureza não viva, como elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos e topográficos. Estes elementos estão associados aos processos físicos, terrestres ou aquáticos.

De acordo com Sharples (2002), a geodiversidade é um conjunto de características geológicas (rochas, minerais e fósseis), feições geomorfológicas (formas da paisagem) e pedológicas. Que segundo Gray (2004), essa diversidade de elementos abióticos irá possuir valores: intrínsecos, culturais, econômicos, funcionais, científicos, educacionais.

A geodiversidade pode ser estudada de forma qualitativa e/ou quantitativa. Para Pereira (2013), os mapas geológicos e/ou geomorfológicos comuns desempenham um papel importante na avaliação qualitativa, mas não na quantitativa, da geodiversidade. Pois, os estudos qualitativos se baseiam na descrição da geodiversidade, já as abordagens quantitativas, têm sido desenvolvidas com uso de técnicas de geoprocessamento, com aplicação de algoritmos e de uso de índices que envolvem diferentes metodologias.

O conjunto de elementos da geodiversidade é que vai dar valor para a geoconservação. As Práticas de conservação desses elementos abióticos da natureza vêm sendo aplicadas há muito tempo, entretanto há um certo desequilíbrio de conservação entre os elementos abióticos em relação aos bióticos.

Segundo Bétard e Peulvast (2019), para atingir o objetivo de geoconservação, vários métodos quantitativos, para avaliação da geodiversidade, foram propostos nos últimos dez anos. Atualmente os mapeamentos de índice de geodiversidade, são vistos como potencialmente úteis para a gestão territorial, em especial, de áreas protegidas.

Para Gray (2004), a conservação a partir do conceito da geodiversidade têm preceitos que fundamentam sua utilização, a partir de seus valores. A importância de tais preceitos, de acordo Sharples (2002), é de que as áreas que têm uma geodiversidade são suscetíveis a degradação, se forem expostas a atividades antrópicas de maneira desordenada e sem conscientização.

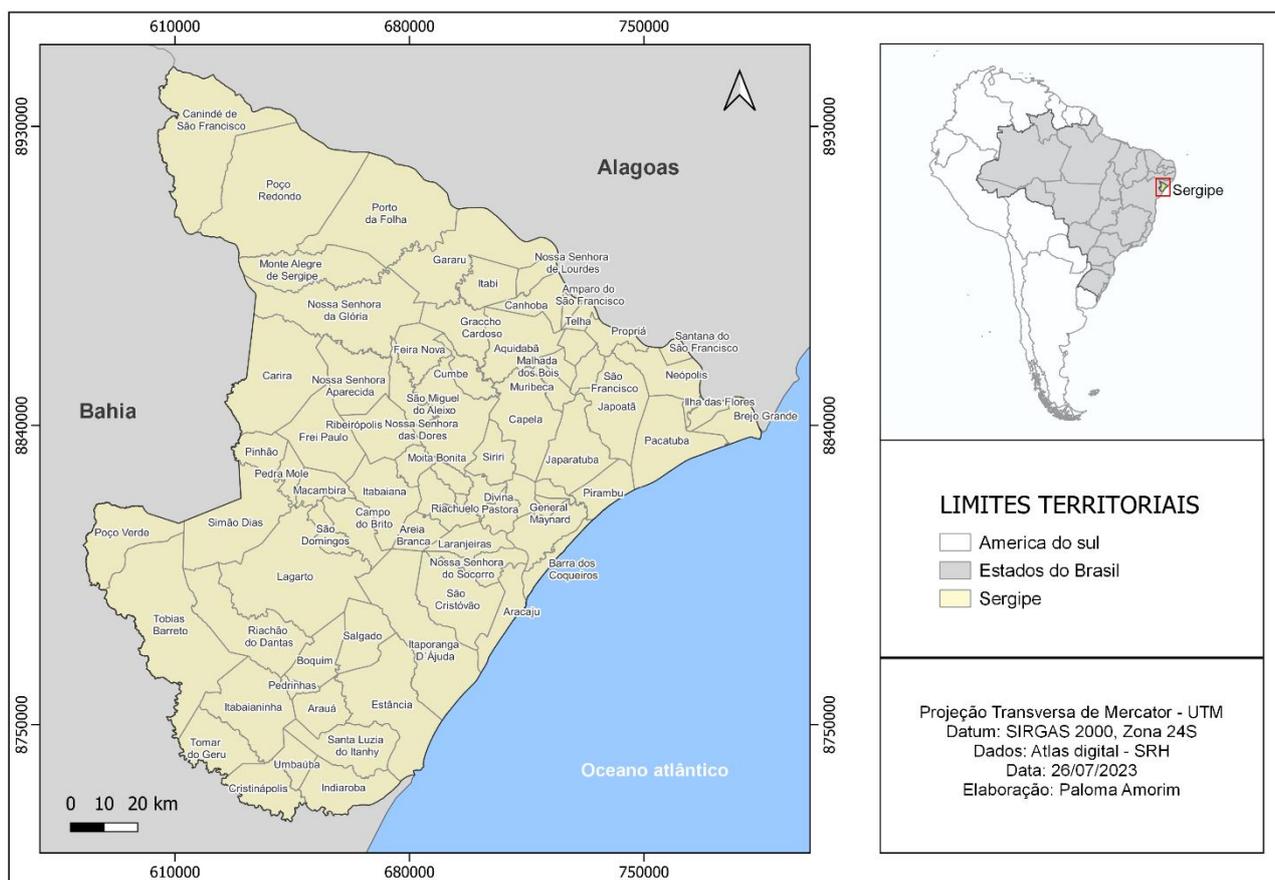
“Para que ocorra a geoconservação, é de extrema importância, que as metodologias adotadas nos trabalhos se concentrem na conservação do geopatrimônio” (CATANA, 2008). O modelo de estratégias a serem implantadas para a conservação desses elementos, ainda é discutível, principalmente em relação de se tornar mais objetivas possíveis, tendo em vista a aplicabilidade na conservação destes componentes.

Em Sergipe existem poucas pesquisas e projetos que tenham a temática geodiversidade como objeto de estudo, e poucos planos de geoconservação. Sendo assim, a presente pesquisa tem como principal objetivo caracterizar e identificar a diversidade abiótica do estado, a partir do cálculo de índices parciais. Com os resultados do banco de dados finais, ele será capaz de sugerir ações adequadas à realidade local para futuras propostas de planejamento e gestão ambiental, buscando conciliar o uso sustentável do ambiente. O presente estudo tem como objetivo principal identificar e caracterizar os elementos da geodiversidade do estado de Sergipe, a partir da análise espacial dos elementos que compõem o índice de geodiversidade, a fim de criar um banco de dados de possíveis geossítios.

## **2. Área de Estudo**

A área a que se refere este trabalho abrange todo estado de Sergipe num total de 21 .994 km, compreendendo 75 municípios. O Estado é limitado ao norte com o Estado de Alagoas, separado pelo rio São Francisco, a leste pelo oceano Atlântico e ao sul e a oeste com o Estado da Bahia (figura 1).

Essa compartimentação pode ser facilmente observada em campo devido a importantes variações no quadro geológico-geomorfológico, e uma acentuada redução da pluviosidade em direção ao sertão do estado, o que confere paisagens fitoclimáticas marcadamente diferenciadas e bastante visíveis (CPRM, 2017).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo. Elaboração: Paloma Amorim.

A geologia de Sergipe está associada a uma diversidade de eventos geológicos, tais como: colisão entre continentes, vulcanismo fissural, orogêneses, erosão, arcos de ilha e formação de bacias sedimentares (CARVALHO, 2017). Ela está localizada na região limítrofe de três províncias estruturais definidas por Almeida et al. (1977): a Província São Francisco, a Província Borborema e a Província Costeira e Margem Continental, constituídas por rochas pertencentes a diversas eras que demarcam a escala do tempo geológico da Terra.

O embasamento do Cráton do São Francisco foi consolidado no final do Ciclo Transamazônico. O cráton está coberto por dois complexos principais. O mais antigo complexo é uma faixa de dobramentos da primeira metade do Pré-Cambriano superior. Já o complexo mais recente são dobramentos do Ciclo Brasileiro, que reveste quase a metade do Cráton do São Francisco. (ALMEIDA et al, 1977).

A província da Borborema, com sua área de 380.000 Km<sup>2</sup>, possui limites com a província do São Francisco, com a província Parnaíba, com as bacias costeiras e com a margem continental. A origem da província da Borborema remonta ao Ciclo Brasileiro. Geograficamente, esta província está localizada na mesma área da Região de Dobramentos Nordeste. Devido ao intemperismo e a erosão em um local de clima predominantemente

semiárido e geologicamente estável, houve o desenvolvimento de pedimentos com o relevo raramente ultrapassando os 1.000 metros de altitude (ALMEIDA et al, 1977).

A Província Costeira e Margem Continental foi originada pela fragmentação do Gondwana Ocidental e a consequente separação da África e da América do Sul com a abertura do oceano Atlântico Sul. Esse processo de rifteamento formou margens passivas nas costas atlânticas de ambos os continentes, o que possibilitou a formação de bacias sedimentares costeiras e depósitos sedimentares cenozoicos (IBGE, 2019).

Os sedimentos inconsolidados são do Período Quaternário e são representados pelos: depósitos marinhos e continentais costeiros, formados por areia, argila, e sedimentos eólicos; depósitos litorâneos, formados por areia e argila; e depósitos flúvio-lagunares, formados por areia e pelito. Uma parte considerável das rochas sedimentares das formações superficiais estão no Grupo Barreiras. O Grupo Barreiras se estende pela costa brasileira desde o Amapá até o Rio de Janeiro. A parte mais antiga, denominada de Barreiras Inferior, tem a sua origem associada à deposição de sedimentos durante a transgressão marinha ocorrida entre o Aquitaniano e o Serravaliano (ARAI, 2006).

No estado de Sergipe o Grupo Barreiras é composto por arenitos, arenitos conglomeráticos e argilitos arenosos. Essas rochas sedimentares são de origem clástica e são do Período Paleogeno. Elas também podem ser encontradas em bacias sedimentares. No estado de Sergipe existem duas, a Bacia de Sergipe e a Bacia do Tucano (CPRM, 2017).

Geograficamente, a Bacia de Sergipe se estende pelo litoral do estado de Sergipe e avança sobre a plataforma continental. As origens da bacia de Sergipe remontam a tempos anteriores a fragmentação do supercontinente Gondwana e abertura do oceano Atlântico Sul. Na fragmentação de Gondwana, na Era Mesozoica, houve a formação de riftes, que posteriormente foram preenchidos com sedimentos que deram origem às rochas da Bacia Sedimentar Sergipe (CARVALHO, 2017).

De acordo com a CPRM (2017) existem três unidades geoambientais contrastantes no estado de Sergipe, entre o interior e a costa do estado. A primeira é a zona litorânea, que tem como predomínio os depósitos marinhos e fluviomarinhos da planície costeira. Os solos que predominam nesta área são: Argissolos, espodossolos, gleissolos, neossolos e vertissolos. O segundo é o agreste com superfícies tabulares, posicionadas em cotas modestas, com predominância de solos planossolos, cambissolos latossolos, neossolos e luvisolos. Uma das principais características da área é o domo de Itabaiana. A terceira é o sertão que em sua maioria a superfície aplainadas, posicionadas também em cotas modestas e por serras e planaltos residuais, como o domínio de solos planossolos, luvisolos e neossolos.

A Planície Costeira de Sergipe possui 163 Km de extensão, desde o rio Piauí/Real, ao sul na divisa com a Bahia, até o rio São Francisco, ao norte na divisa com Alagoas. Além desses, os rios Sergipe, Japarutuba e Vaza-barris também desembocam na área da Planície Costeira. Associado às zonas estuarinas das desembocaduras dos rios Real, Vaza-barris e Sergipe,

ocorrem as planícies fluviomarinhas, com vegetação de mangue, na foz dos outros rios há planícies fluviais (CARVALHO, 2017). É importante salientar que a mais duas bacias hidrográficas em Sergipe, a Bacia Costeira 1 e a Bacia Costeira 2, elas são de pequena extensão em comparação as outras bacias dentro do território sergipano (tabela 1).

**Tabela 1.** Extensão dos rios principais do estado de Sergipe. Fonte: Secretaria de recursos hídricos (SRH).

NOME	EXTENSÃO (km)	CLASSIFICAÇÃO
Rio São Francisco	241,034 km	Nacional
Rio Sapucaia (Bacia Costeira 1)	21,14133 km	Estadual
Rio Japarutuba	141,33251 km	Estadual
Rio Sergipe	244,77935 km	Nacional
Rio Vaza Barris	163,3215 km	Nacional
Riacho do Brejo (Bacia Costeira 2)	34,36368 km	Estadual
Rio Piauí	178,68516 km	Nacional
Rio Real	300,5892 km	Nacional

Os movimentos eustáticos depositaram sedimentos arenosos marinhos na Planície Costeira sergipana em dois momentos distintos de transgressão do oceano durante o quaternário. O mais antigo ocorreu durante o pleistoceno e originou terraços de 8 e 10 metros de altitude. Já o mais recente ocorreu no holoceno e formou depósitos mais modestos, com a altitude variando de centímetros até 4 metros. As variações do nível do mar também produziram cordões litorâneos em forma de feixe, lineares, e paralelos entre si. A distância de um cordão para o outro é de aproximadamente 100 metros e a variação de altura entre a crista e a cava é de 1 a 4 metros. Em épocas de chuvas podem se formar brejos nas áreas rebaixadas entre os cordões (ARAUJO, 2018).

A depressão sertaneja é o domínio geomorfológico mais oriental de Sergipe, e se estende por outros estados nordestinos. Em razão das baixas precipitações pluviométricas, as rochas são pouco decompostas, as vezes aflorando como cabeços de rochas e lajedos, e o manto de alteração chega a apenas 3 metros de profundidade. Por conta dos processos denudacionais do fim do quaternário e início do terciário, a depressão sertaneja apresenta relevos residuais com inselbergs e serras inseridos em uma área predominantemente formada por colinas suaves. A vegetação é de caatinga e a drenagem é intermitente (AB'SÁBER, 2003).

Uma outra informação de grande importância são as áreas cársticas do estado. Em Sergipe existem duas grandes divisões das áreas cársticas, o carste tradicional Bacia Sergipe, e o carste tradicional Olhos D'água/Frei Paulo, onde se encontra os municípios de Lagarto, Macambira e São Domingos. Ambos tiveram seus estágios iniciais de desenvolvimento sob o lençol freático, sendo que as primeiras canaletas se originaram no Neógeno no caso do

carste Bacia de Sergipe, e no Pleistoceno no caso do carste Olhos D'água/Frei Paulo. O rebaixamento do lençol freático ao longo do quaternário fez com que o endocarste passasse à zona aerada (MACEDO, 2019).

Devido à grande diversidade dos elementos da geologia, geomorfologia, hidrologia e pedologia. O estado de Sergipe está localizado em uma área de uma alta geodiversidade, como é demonstrado no bloco fotográfico. A relação desses elementos abióticos cria um ambiente de alta beleza cênica, e podendo através de estudos mais profundos e de caráter local, realizar uma inventariação com o intuito de investigar possíveis geossítios em diferentes locais do estado.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Quantificação do índice de geodiversidade

Para o cálculo do Índice de Geodiversidade do presente trabalho são utilizados os elementos que compõem a geologia, geomorfologia, solos e hidrografia. O método aqui utilizado foi desenvolvido por Pereira et al. (2013), que posteriormente foi atualizado por Bétard e Peulvast (2019).

O método desenvolvido nesta dissertação considera os métodos de quantificação da geodiversidade já existentes, padronizando os dados vetoriais em escalas compatíveis, tipologia (linhas e polígonos) e organizando as variáveis de maneira sistemática, divididas por temas: litologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia.

Para a elaboração do mapa do Índice da Geodiversidade foram selecionados dados vetoriais em formato shapefile. Os dados matriciais e vetoriais dos elementos da geodiversidade compreenderam em escalas variadas do estado de Sergipe, além de selecionar duas tipologias (linhas e polígonos).

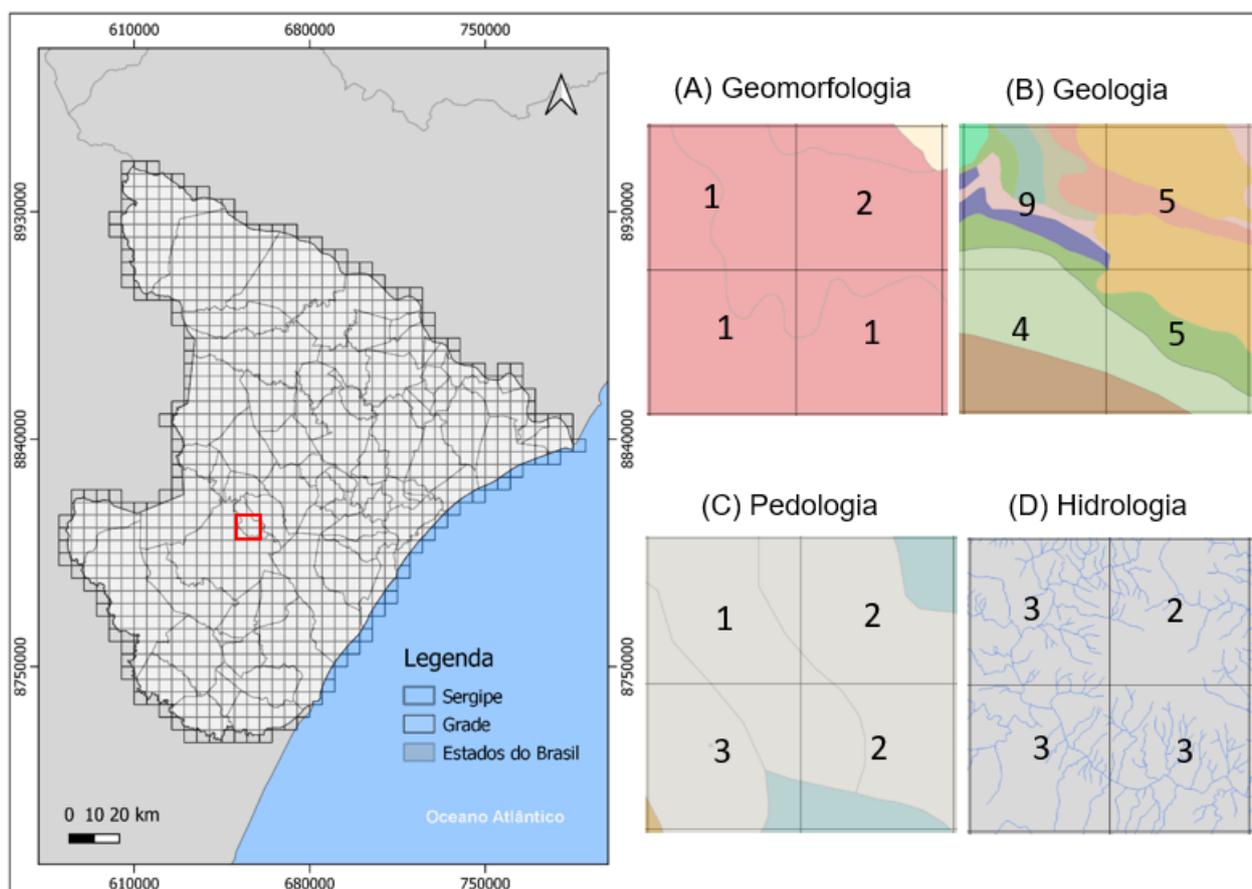
Todos os processos de quantificação foram realizados no *software* ArcGIS Pro 3.1. utilizando os seguintes mapas digitais:

- Mapa geológico (CPRM 2001), para a contagem litológica.
- Mapa geomorfológico (Semarh/SRH 2000), para a contagem das unidades geomorfológicas.
- Mapa hidrológico (Semarh/SRH (2010), para contagem da Hierarquia dos rios.
- Mapa pedológico (EMBRAPA 2001), para a contagem de elementos do solo.

O estado de Sergipe não tem a padronização das escalas de dados, a situação ideal seria todos os mapas com a mesma escala, no entanto, isso raramente é viável. Mas apesar das escalas serem diferenciadas, não compromete os resultados apresentados pelo trabalho. Por isso foi escolhido a escala de 1:500.000, de acordo com o mapa menos detalhado (Mapa de geomorfologia), para definir o tamanho das quadrículas e diminuir possíveis erros.

Na metodologia escolhida, a grade será sobreposta em diferentes mapas temáticos, a fim de obter um Índice de geodiversidade. No presente estudo, várias grades foram testadas seguindo a consideração das literaturas realizadas sobre a execução da metodologia, o tamanho da grade regular escolhida foi de 5 X 5 km, pois ele permite uma diferenciação mais precisa dos resultados alcançados.

Quando houver a sobreposição da grade sobre as bases temáticas (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia) são calculados os índices parciais, somando-se, em cada quadrícula, o número diferente de elementos (ex. número de unidades geológicas), para cada tipo de unidade identificada em cada célula, o valor atribuído é 1 e, assim por diante, quantas litologias diferentes sejam identificadas por quadrícula. No caso de ausência, atribui-se o valor zero. Se for identificada a ocorrência de uma mesma unidade mais de uma vez na mesma quadrícula, apenas uma ocorrência é computada. O cálculo ocorre de forma automática, e está vinculado diretamente à qualidade das informações disponíveis nas bases cartográficas (figura 2).



**Figura 2.** Exemplo de aplicação da metodologia de quantificação do índice de geodiversidade aplicado ao estado de Sergipe. Elaboração: Paloma Amorim.

Para que ocorra o cálculo final, a fim de obter o índice de geodiversidade, deve haver uma soma de todos os índices propostos anteriormente. Na sequência, os valores de cada índice de diversidade foram normalizados em até cinco classes (nos dados aqui

apresentados utilizou-se o classificador “intervalos iguais” ou *Equal interval*). A escala de valores diversificou-se de: 0 = nulo; 1 = muito baixo; 2 = baixo; 3 = médio; 4 = alto; 5 = muito alto.

Portanto, a avaliação quantitativa da geodiversidade deve considerar uma clara definição dos elementos que representam a diversidade da natureza abiótica. Esta definição deve ser coerente com a escala e os dados, utilizados no método de cálculo da geodiversidade, que deve ser balanceado, sem dar extrema importância a um ou mais elementos em detrimento dos demais. Deve também proporcionar um resultado com uma distribuição clara da riqueza de elementos em toda a área de estudo (SANTOS, 2017).

### 3.2 Observações de campo

A pesquisa de campo, utilizando a técnica da observação sistemática de campo, focada em alvos determinados pelo objetivo da investigação, dependendo da abordagem da ciência que está conduzindo o estudo, poderá utilizar de instrumentos diversos para sua operacionalização e registro (VENTURI, 2011). Nesta etapa de coleta de dados em campo requer especial atenção, pois forneceu as informações para a caracterização. A ausência de algumas informações sobre a área em estudo, torna essa etapa da pesquisa fundamental. As coordenadas de cada ponto foram obtidas através de um GPS da marca Garmin Etrex (Datum SIRGAS 2000).

Alguns dos dados coletados foram: sondagem de dados geológico e geomorfológico da área, levantamento dos elementos da geodiversidade de Sergipe. Para tanto, a pesquisa de campo foi fundamental para um levantamento detalhado de todos os locais em que as geoformas ou processos se destacaram na paisagem das unidades geomorfológicas e geológicas identificadas na base cartográfica.

Nos meses de abril e maio de 2022, foram realizados cinco trabalhos de campo, em lugares diferentes dentro do estado de Sergipe. Com o intuito de fazer sondagem e verificar se haveria a necessidade de utilizar outros equipamentos de tecnologias, para obter os dados da caracterização e validação final dos resultados. Também tinha como finalidade, a validação da grade escolhida durante os testes metodológicos de dimensão espacial das quadrículas, pois era necessário saber se as dimensões das quadrículas apresentavam a dinâmica dos elementos mostrados em testes. Os locais foram escolhidos levando-se em conta uma alta geodiversidade, apresentada no mapeamento teste dos índices de geodiversidade. Tendo destaque os municípios de: São Domingos, Macambira, Lagarto, Pacatuba, Pirambu e Estância. No mês de outubro de 2022, foi realizada a outra parte do campo no município de Canindé de São de Francisco, onde foram realizadas trilhas em diferentes pontos do município onde foi observado uma baixa geodiversidade (tabela 2).

**Tabela 2.** Locais onde ocorreram os campos de pesquisa.

LOCAL (MUNICÍPIO)	DATA
Lagarto	Maio de 2022
Estância	Maio de 2022
São Domingos	Abril de 2022
Macambira	Abril de 2022
Pirambu	Abril de 2022
Pacatuba	Abril de 2022
Canindé de São Francisco	Outubro de 2022

#### 4. Resultados e discussão

Para desenvolvimento do Índice de Geodiversidade elaborou-se em ambiente Sistema de Informação Geográfica – SIG uma grade matriarcal para sistematizar a contagem dos elementos da geodiversidade. Essa grade possui 981 células de contagem com aproximadamente 5x5 km, compatível com a escala de mapeamento pré-existente. O tamanho das quadriculas foi escolhida considerando permitir a diferenciação mais precisa dos resultados, que está relacionada ao alcance máximo entre os maiores e menores valores do Índice de Geodiversidade. Para obter o tamanho das células de contagem, o método desenvolvido analisou aos métodos propostos por Pereira et al. (2013), Bétard e Peulvast (2019), e adaptou os mesmos através de testes empíricos considerando o tamanho da área de estudo e escala dos dados selecionados.

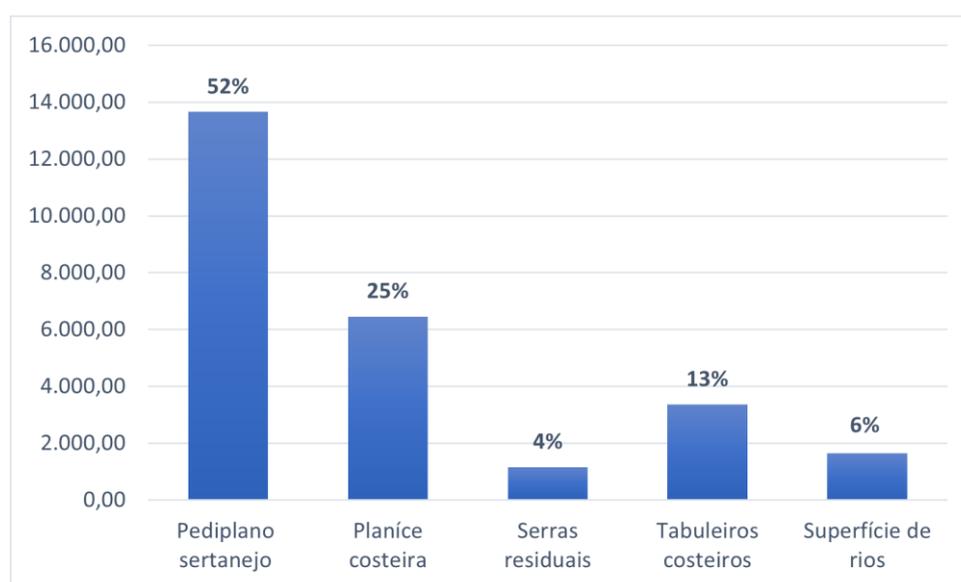
Nas figuras a seguir são apresentados os mapas dos quatro índices (geomorfologia, litologia, pedologia e hidrografia) e os índice de geodiversidade do estado de Sergipe. Os resultados foram analisados a partir da distribuição das 5 classes (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) do território sergipano para cada índice e posteriormente para o índice de geodiversidade.

##### 4.1 Índice geomorfológico

O índice geomorfológico (Figura 4 A) varia de 1 a 4, percebe-se que os maiores valores (3 e 4) estão concentrados na zona litoral do estado. Duas zonas com alta diversidade geomorfológica são evidentes no mapa. O primeiro está nos municípios de Itaporanga d'Ajuda e Areia Branca, coincidindo em grande parte com o domo de Itabaiana, classificada

como relevo residual e atingindo o valor máximo de (4). A segunda área de maior geodiversidade fica localizada nos municípios de Itaporanga d'Ajuda, Estância, Propriá, Santo Amaro das Brotas e Cedro de São João. Onde estão os tabuleiros costeiros, as planícies costeiras e os terraços fluviomarinhos do rio são Francisco no município de Propriá. Os menores índices ficaram principalmente nas zonas da depressão sertaneja no agreste e sertão do estado.

Dentro das classes geomorfológicas de Sergipe o pediplano sertanejo é a área com maior extensão dentro do estado, ocupando 52% do território. Esse tipo de relevo está localizada principalmente no agreste e sertão sergipano, dentro dessas zonas também é que se encontra a menor porcentagem da classe que são as serras residuais tendo somente 4% da área (figura3).



**Figura 3.** Porcentual das classes geomorfológicas do estado de Sergipe. Elaboração: Paloma Amorim

- Serras residuais são afloramentos rochosos com maior resistência que sua volta, fazendo com que a sua região se preserve, enquanto o seu entorno é erodido ao longo de milhões de anos. (TWIDALE, 2012).

- Pediplanos sertanejos é uma superfície aplainada esculpida em ambientes de clima árido ou semiárido, elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão sem, no entanto, perder suas características, ou seja, é uma superfície deprimida ao longo do limite ocidental da região.

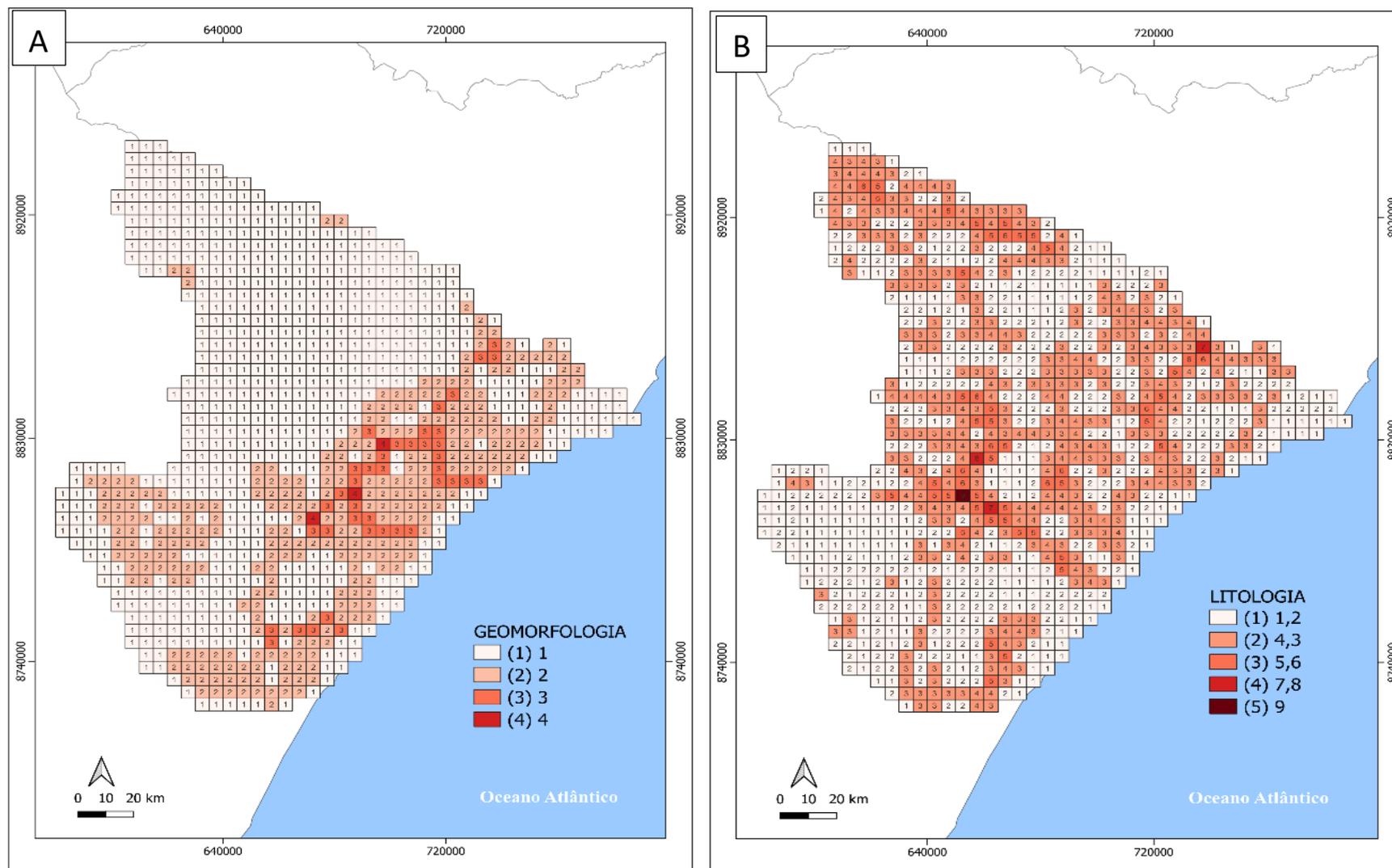
-Tabuleiros costeiros são ambientes formados por rochas sedimentares, com remanescentes formando morros testemunhos e planalto dissecado de topo convexo, com fortes desníveis altimétricos e entalhes profundos (COSTA JÚNIOR, 2008).

-Planícies costeiras, ou litorâneas, são planícies formadas por sedimentos terciários ou quaternários, depositados na zona costeira.

-Terraços fluviomarinheiros são formados pela atuação das duas dinâmicas do rio e mar, onde a incisão do canal fluvial e a deposição de argila e silte; movimentação eustática e deposição de areia ocorre em momentos distintos e são dependentes da relação de potencial energético fluvial e marinho.

#### 4.2 *Índice geológico*

O índice geológico, possui quadriculas com valores que variam de 1 a 9 obtidos contando as ocorrências litológicas (Figura 4 B). Esta foi a maior variação alcançada entre todos os índices. O maior valor (9) foi alcançado por apenas uma célula, localizada no agreste entre os municípios de Lagarto e São Domingos, com características litológicas de calcário, metacalcário, metarenito, metaconglomerado, metagranito, anfíbolito. A quadricula com o valor oito também só foi alcançada em apenas um lugar, no município de Macambira, onde suas características litológicas são muito semelhantes a anterior, isso devesse ao fato dos municípios serem próximos. Esses altos valores coincidindo em grande parte com a localização da Serra da Miaba. Duas quadriculas com valores sete foram encontradas em dois municípios, uma delas em São Domingos, com as mesmas características já descritas, e a outra no município de Propriá, com sua litologia dividindo-se em sua maioria em granito, calcário, arenito, metarenito, folhelho e arcóse.



**Figura 4.** (A) Índice de geomorfologia para a área de estudo; (B) Índice geológico. Elaboração: Paloma Amorim e Lucas Marccone.

### 4.3 Índice pedológico

O índice de diversidade pedológica variou de 1 a 5 (Figura 5 A), Como a distribuição do solo está relacionada às configurações geológicas e geomorfológicas, uma faixa de índice semelhante seria esperada, o que, entretanto, não ocorre no caso da geologia. Uma razão para isso pode ser a diferença entre as escalas dos mapas utilizados na avaliação. Entretanto no que se refere as quadriculas de altas diversidade elas seguem um pouco o índice geomorfológico. Os maiores valores encontram-se entre os municípios do agreste que são Campo do Brito, Itabaiana, e os do litoral de Itaporanga d'Ajuda, Riachuelo, Maruim e Laranjeiras. Todas essas áreas têm solos em sua maioria do tipo neossolos, luvisolos, argissolos, chernossolos. Como essa variação de solos no local está ligada ao tipo de relevo e a geologia, a presença de recursos hídricos na área pode ser um outro fator, nesse caso os relevos residuais e a bacia hidrográfica do Vaza Barris ajudaram na formação desses tipos de solos, além das características geológicas diversas.

Argissolos - Constituídos por material mineral com argila de atividade baixa, ou atividade alta, desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico (EMBRAPA, 2018).

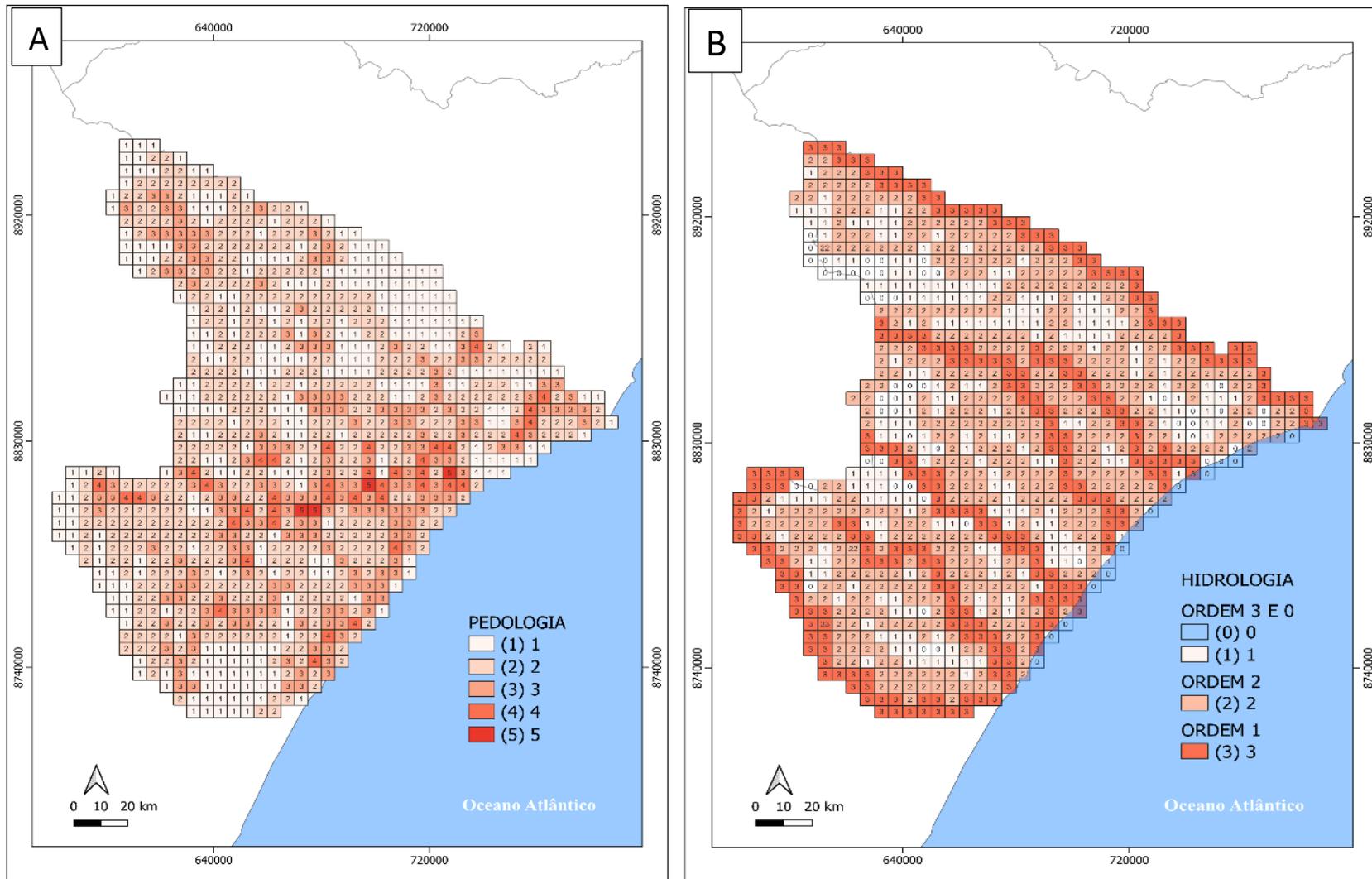
Chernossolos - Solos constituídos por material mineral e que apresentam alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural ou B incipiente, ambos com argila de atividade alta ou sobrejacente a horizonte C carbonático (EMBRAPA, 2018).

Luvisolos - São solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta, que variam de bem à imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (EMBRAPA, 2018).

Neossolos - São solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (EMBRAPA, 2018).

### 4.4 Índice hidrográfico

Finalmente, o índice hidrográfico variou de 0 a 3 (Figura 5 B), o estado de Sergipe tem oito bacias hidrográficas, portanto neste índice os valores mais altos estão representados pelos rios principais, nessas quadriculas o valor são três, rios secundários tem o valor dois, rios menores com valor um e tiveram quadriculas que teve o valor nulo, pois nelas não tiveram nenhuma ocorrência da ordem de rios mencionados. Observasse que as quadriculas de maiores valores (3) cortam o estado todo na vertical, esses altos valores representam os rios principais das bacias hidrográficas do São Francisco, Bacia Costeira 1, Japarutuba, Sergipe, Vaza Barris, Bacia Costeira 2, Piauí e Real.



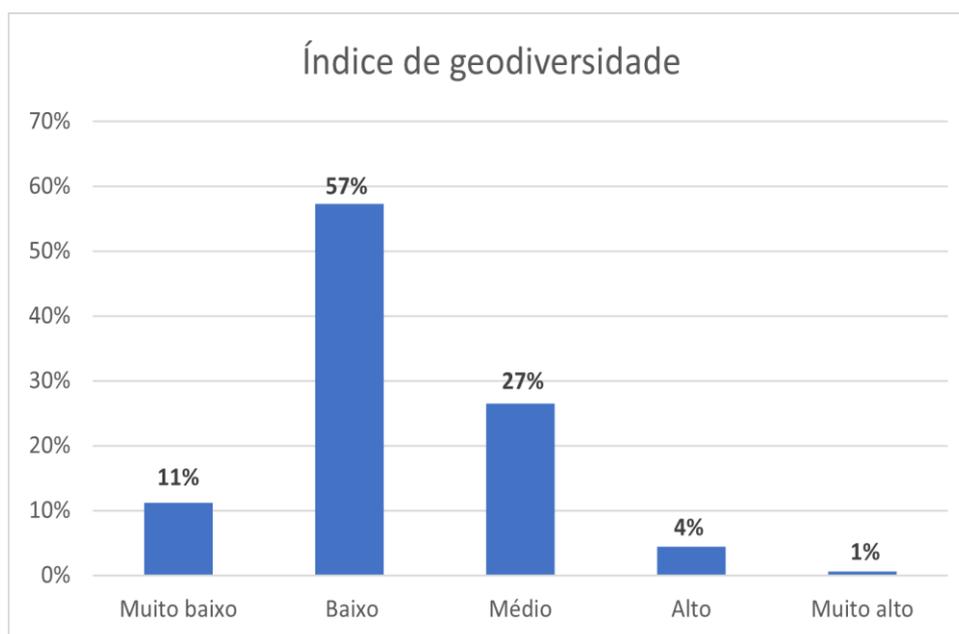
**Figura 5.** (A) Índice pedológico para a área de estudo; (B) Índice hidrológico. Elaboração: Paloma Amorim e Lucas Marcone.

#### 4.5 Índice de geodiversidade

Ao somar todos os índices seguindo a metodologia de Bétard e Peulvast (2019), foi alcançado o índice de geodiversidade total à escala da paisagem, que foi usado para criar o mapa de índice de geodiversidade de Sergipe (Figura 7). O índice variou de 3 a 17, para realizar a classificação dos índices, foi utilizado a ferramenta do programa ArcGIS que classifica em intervalos igualitário o resultado, onde obteve a classificação muito baixo (3 – 5,8), baixo (5,8 – 8,6), médio (8,8 – 11,4), alto (11,4 – 14,2) e muito alto (14,2 – 17).

No geral, o índice mostra uma distribuição heterogênea de quadriculas baixas e médias, com pontos quentes espalhados por diferentes setores da parte central da área de estudo. Em sua maioria os altos índices estão no agreste do estado, próximos às áreas muito altas, como no Parque Nacional Serra de Itabaiana e Serra da Miaba. O índice médio está distribuído principalmente na parte do litoral de Sergipe ocupando os tabuleiros costeiros, e os índices baixos e muito baixo ocupam o sertão onde está localizado a depressão sertaneja e em algumas áreas do litoral ocupados pelas planícies costeiras e os tabuleiros costeiros.

Verificou-se que a maior parte do estado está em áreas baixas com cerca de 57% e médias com 27%, totalizado um total de 84% do território sergipano, e pouco são as áreas com a classificação muito alta tendo apenas 1% da área, e concentram-se em porções específicas do estado de Sergipe (figura 6).



**Figura 6.** Porcentagem de cada classe do índice de geodiversidade. Elaboração: Paloma Amorim.

A análise do mapa de índices de geodiversidade permitiu a visualização dessas áreas com altos índices de geodiversidade em três regiões distintas, duas são nos complexos das

maiores serras do estado, a primeira localizada no município de Itabaiana, outra no município de São Domingos e a outra área está localizada no município de Propriá.

Subtende que a maior área de alcance do alto índice de geodiversidade está nos municípios de São Domingos, Itabaiana e Macambira, devido a diversidade geológica da área e aos tipos de relevos encontrados, como o domo de Itabaiana, o vale encaixado do Vaza Barris, e Serra da Miaba, que interfere é claro além do clima a diversidade de solos no local.

É importante notar no mapa de geodiversidade, que o município de Canindé de São Francisco está classificado como baixa e média geodiversidade. Provavelmente esse baixo valor devesse pela geomorfologia do local, já que o município não tem grande diversidade geomorfológica. Nesse município em específico há uma proposta de geoparque Cânion do São Francisco, localizado em parte no alto sertão sergipano. Essa é a primeira, e até o presente momento, a única proposta do Serviço Geológico do Brasil, para implantação de um geoparque no estado de Sergipe.

Vale lembra, que de acordo com Brilha (2005), um geoparque é uma área destinada à conservação do patrimônio geológico e ao desenvolvimento socioeconômico da população, residente no geoparque, ou em seu entorno, por meio de atividades econômicas sustentáveis, como as relacionadas ao geoturismo. Então não necessariamente um geoparque precisa ter uma alta geodiversidade. porque ele agrega outros elementos tais como educação e proteção.

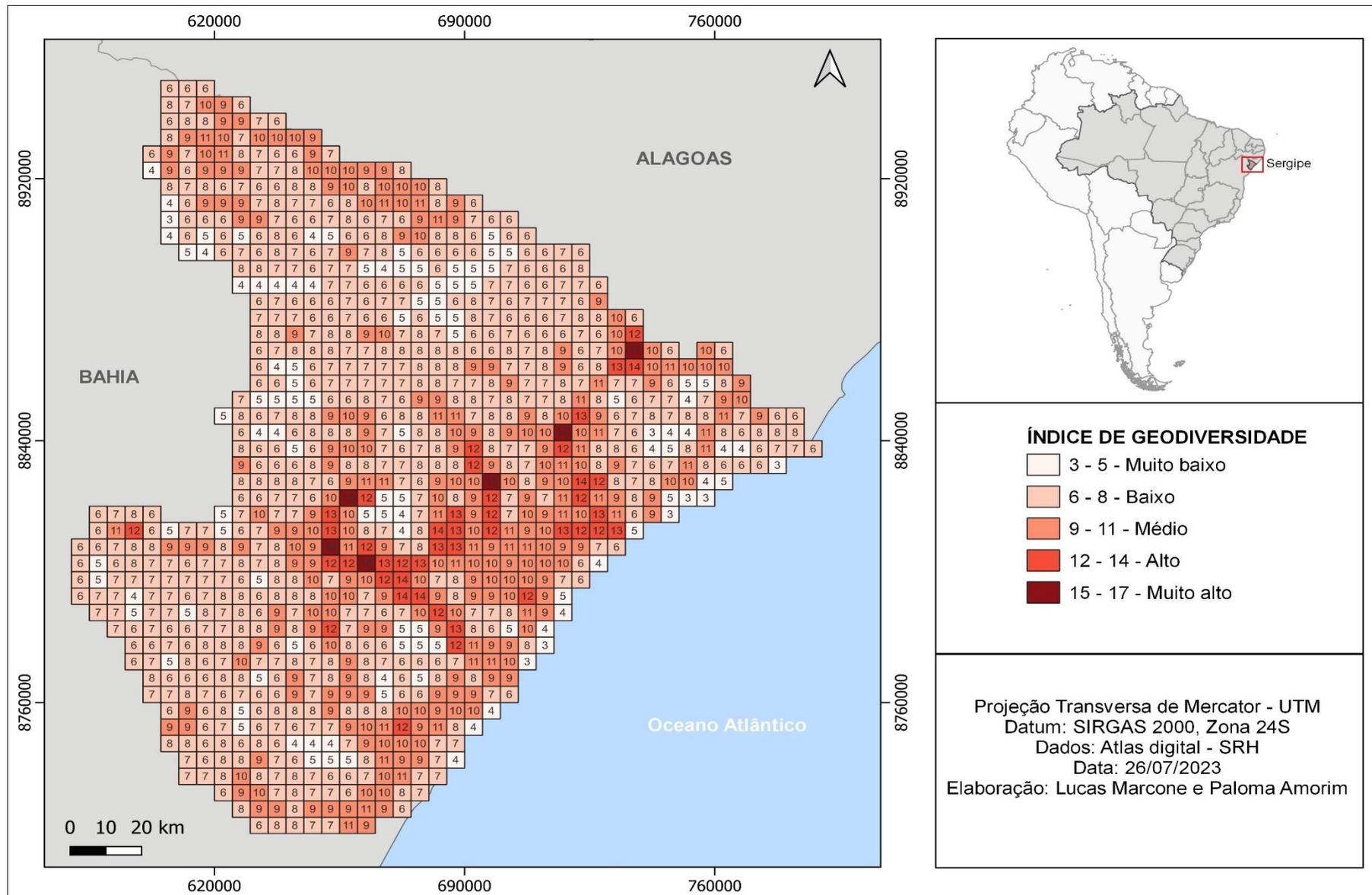


Figura 7. Mapa do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe com uma grade de 5 km x 5 km. Elaboração: Lucas Marcone e Paloma Amorim.

No estado de Sergipe, já há estudos sobre a geodiversidade do estado, em sua maioria trata-se de observações qualitativas, com o intuito de descrever lugares específicos, utilizando muita das vezes a metodologia de Brilha (2005). A CPRM no ano de 2011, realizou um levantamento da geodiversidade do estado, levando em consideração apenas a geologia e a geomorfologia. No material levantado indicava especializações dos elementos, mais não demonstrava quais os locais teriam a maior diversidade dentro da área. Ele compartimentou os domínios geológicos-ambientais em 14 unidade geológicas, posteriormente ele faz um documento intitulado de “Geodiversidade do estado de Sergipe” com a descrição das áreas.

Esse trabalho é muito diferente do realizado aqui, além de utilizar mais dois elementos, além da geologia e da geomorfologia. Essa pesquisa utilizou uma metodologia que dá um mesmo valor para todos os índices, e no final indica quais são os locais que tem a maior diversidade no estado.

Com as visitas de campo, foi possível observar alguns locais que apresentaram um potencial para a realização de roteiros geoturísticos, esses locais necessitam de uma inventariação com maior detalhe (figura 8). Alguns dos estudos de caráter qualitativo já foram realizados em alguns dos municípios, como no município Lagarto, em parte de Canindé de São Francisco, o Parque Nacional Serra de Itabaiana, além de ter proposta para a criação do Geoparque Cânion do São Francisco, proposta essa, inserida no Projeto Geoparques da CPRM. Esses estudos apontam como o estado tem um grande potencial de ter geossítios. Com a análise quantitativa desta pesquisa, ela será capaz de mostrar outras áreas que ainda não foram inventariadas, ou nem mesmo estudadas dentro da academia.

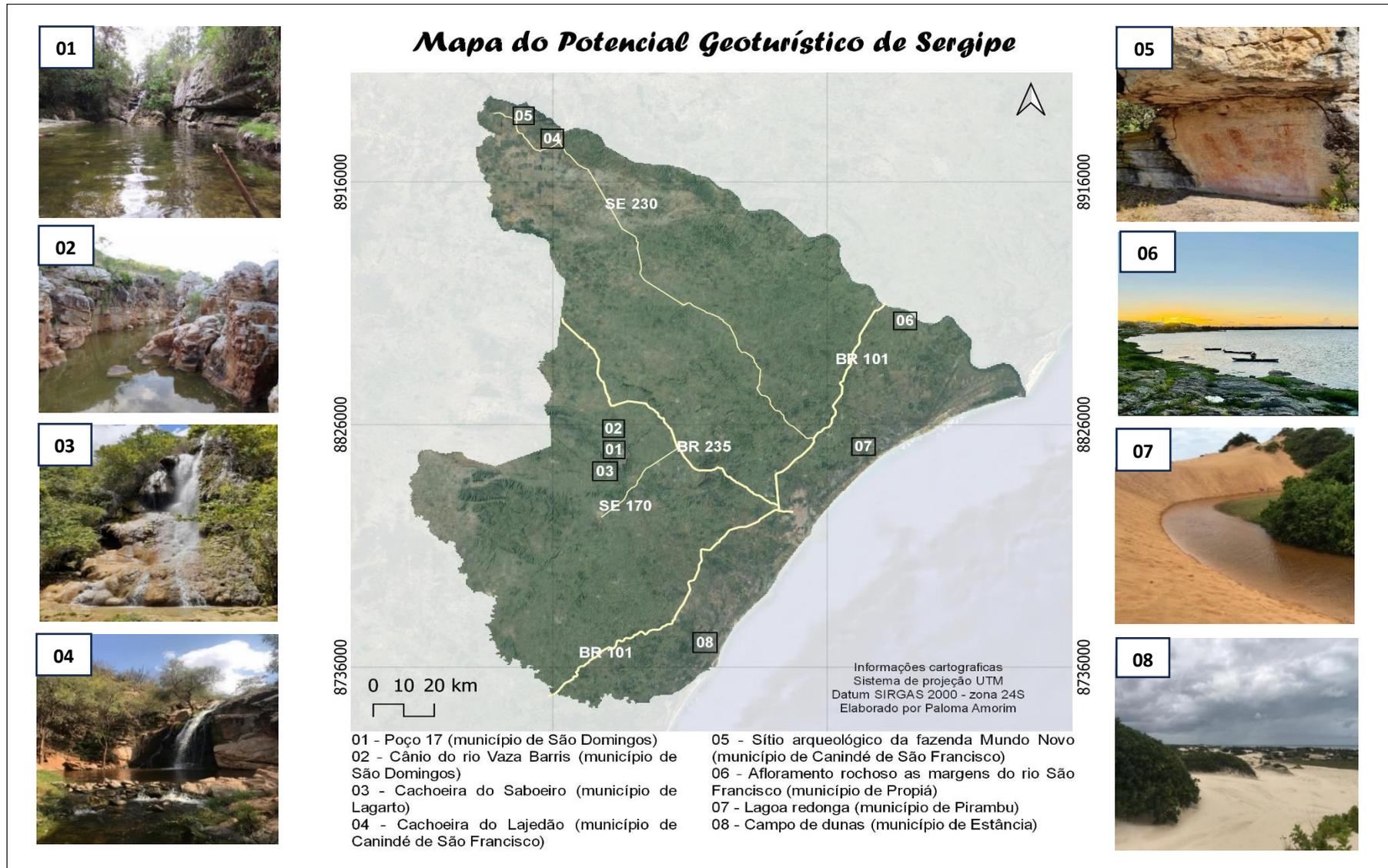
Além dos índices destacados no mapa, a diversidade dos elementos abióticos especializados em todo território sergipano, são variáveis fundamentais para a diversidade paisagística da área, compreendendo formações de resquícios da mata atlântica passando pela caatinga; serras e vales fluviais de grandes drenagens, com quedas d’águas, entre outros.

Pereira et al. (2013) citam que em alguns estudos brasileiros esse tipo de metodologia para avaliar quantitativamente a geodiversidade mostrou que as áreas de maior geodiversidade estão fora dos limites territoriais das unidades de conservação. Os autores explicam ainda que essa realidade pode ser considerada uma comprovação de que os atuais estudos realizados para a concepção de áreas protegidas no Brasil não estão incluindo a geodiversidade e, portanto, estão falhando em seu propósito (PEREIRA et al., 2013).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi criada pela lei n 9.985, em 18 de julho de 2000, ela define como sendo “um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (BRASIL, 2000). Essa área ela pode ser um espaço de Unidade de Proteção Integral ou Unidade de Uso Sustentável.

Conforme a portaria Nº75/2020 de 04 de setembro de 2020, emitida pela SERHMA, o estado de Sergipe há várias unidades de conservação como a Mata do Junco, em Capela, Monumento Natural Grotas do Angico, em Poço Redondo/Canindé do São Francisco; Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Mata do Junco, em Capela; área de relevante interesse ecológico (ARIE) Mata do Cipó, em Siriri, que juntas protegem cerca de 3.057,66 hectares de florestas nativas no Estado; e duas Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Litoral Sul, que abrange Itaporanga, Estância, Santa Luzia do Itanhê e Indiaroba; a APA Morro do Urubu, em Aracaju, último fragmento de mata atlântica da capital e Parque Estadual Marituba, situada na área de planície costeira dos municípios de Barra dos Coqueiros e Santo Amaro das Brotas. Além dessas áreas, temos o Parque Nacional Serra de Itabaiana e Reserva Biológica Santa Isabel.

Ao analisar as Unidades de Conservação, fica evidente que elas foram escolhidas levando-se em conta os elementos bióticos e nenhuma das unidades presente dedique exclusivamente para a proteção e preservação dos elementos da geodiversidade, ou seja, dos elementos abióticos. O Monumento Natural Grotas do Angico, em Poço Redondo/Canindé do São Francisco pode ser o único a entrar na categoria de proteção de elementos abióticos, pois os monumentos naturais têm objetivo básico de preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.



**Figura 8.** Mapa do potencial geoturístico do estado de Sergipe. Elaboração: Paloma Santos Amorim. Fotos: 01, 02, 03, 04, 05, 07, 08 são do arquivo pessoal, a fotografia 06 foi disponibilizada pela prefeitura do município.

## 5. Conclusões

Em todo o planeta, a geodiversidade vem sendo trabalhada, mas o termo é bastante recente e ainda causa contradições dentro da comunidade científica. Diversos autores conceituam “geodiversidade” a sua maneira, e estudá-la é fundamental para a caracterização do geopatrimônio abordado. Essa individualidade sobre o tema pode ser observada, através da definição do termo por alguns autores.

Sergipe, apesar de ser o menor estado do país, tem um potencial geológico, geomorfológico e ecossistêmico variado. Contando com áreas de atratividade com uma grande diversidade de características físicas-ambientais como quedas d’águas, vales fluviais, cânions, campo de dunas, serras, entre outros.

No entanto, observa-se a escassez de trabalhos sobre essa temática no estado, assim como as análises de aspectos físicos são ainda restritas. Entre os trabalhos disponíveis, em sua grande maioria, trata-se de trabalhos qualitativos da geodiversidade, mas não há pesquisas quantitativas, principalmente direcionadas a metodologia do cálculo do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe, ou para seus municípios.

Este trabalho teve como objetivo aplicar uma metodologia de mapeamento quantitativo da geodiversidade à escala da paisagem. Para criar um mapa de índice de geodiversidade, algumas das principais propostas foram revistas e utilizadas para dar as bases teóricas deste trabalho; assim, a metodologia aqui utilizada, e o método aqui utilizado foram desenvolvidos por Pereira et al. (2013), que posteriormente foi atualizado por Bétard e Peulvast (2019).

O método desenvolvido nesta dissertação, considerou os métodos de quantificação da geodiversidade já existentes, padronizando os dados vetoriais em escalas compatíveis, tipologia (linhas e polígonos) e organizando as variáveis de maneira sistemática, divididas por temas: litologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia. Todos os processos de quantificação foram realizados no *software* ArcGIS Pro 3.1.

Para desenvolvimento do Índice de Geodiversidade se elaborou em ambiente Sistema de Informação Geográfica – SIG uma grade matriarcal para sistematizar a contagem dos elementos da geodiversidade. Essa grade possui 981 células de contagem com aproximadamente 5x5 km, compatível com a escala de mapeamento pré-existente.

O índice variou de 3 a 17, e foi classificado em muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. No geral, o índice mostrou uma distribuição heterogênea de quadrículas baixas e médias, com pontos quentes espalhados por diferentes setores da parte central da área de estudo. Em sua maioria, os altos índices estão no agreste do estado, próximos às áreas muito altas, como no Parque Nacional Serra de Itabaiana e Serra da Miaba. O índice médio está distribuído principalmente na parte do litoral de Sergipe ocupando os tabuleiros costeiros,

e os índices baixo e muito baixo, ocupam o sertão, onde está localizado a depressão sertaneja e em algumas áreas do litoral ocupados pelas planícies costeiras e os tabuleiros costeiros.

Os resultados obtidos foram interessantes por mostrar que, neste caso, uma área em específico que não estava planejada, tem uma alta geodiversidade que foi o caso do município de Propriá, que apresentou em todos os índices alta diversidade.

O trabalho conclui que o índice de geodiversidade ao ser analisado de maneira isolada não indica áreas prioritárias para a proteção, porém ao ser analisado juntamente com outros dados de características físicas e bióticas ele serve de informação base para a indicação de áreas para estudos qualitativo de caráter local, indicando possíveis geossítios com alta geodiversidade em determinada região.

Essa metodologia pode ser utilizada também em outras formas de avaliação, como o nível de ameaça em uma área geodiversa, uma outra utilização seria usando outros dados de entrada como de unidade de conservação, para realizar uma comparação entre os locais com uma diversidade abiótica e os limites de uma Unidade de Conservação.

Esse trabalho além de ser o primeiro em análise quantitativa no estado de Sergipe, ele é de grande importância para orientação de áreas para a geoconservação, trazendo estímulos de atividades ligadas a geoeducação e ao geoturismo, orientadas com finalidade de preservação, trazer conhecimento a população ou de visitantes, assim como contribuição de renda para os locais. Essa pesquisa com sua análise quantitativa, serve de orientação para que novas pesquisas se aprofundem em áreas que já apontaram esse elevado nível de geodiversidade.

## 6. Referências

1. AB, Sáber; AZIZ, Nacib. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagística**. Atelê Editorial, São Paulo, 2003. ISBN 978-85-7480-596-2.
2. ARAI, M. A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Revista do instituto de geociências - USP**, V.6, N.2, 2006
3. ARAUJO, AM; PEREIRA, DI (2018) **A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil)**. *Geoheritage* 10 (4): 591-605
4. BÉTARD, François; PEULVAST, Jean-Pierre. 2019. **Geodiversity Hotspots: Concept, method and cartographic application for geoconservation purposes at a regional scale**. *Environmental Management*, 63:822–834 <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01168-5>
5. BRILHA, J, 2005. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. Braga: Palimage Editores.
6. CARVALHO, Luiz Moacyr de; MARTINS, Violeta de Souza. 2017. **Geodiversidade do estado de Sergipe**. Salvador: CPRM, ISBN 978-85-7499-137-5
7. CATANA, M. M. D. dá S, 2008. **Valorizar e divulgar o patrimônio geológico do Geopark Naturtejo**. Estratégias para o Parque Icnológico de Penha Garcia. 2008, 301f. Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação. Escola de Ciências. Universidade do Minho. Portugal.
8. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2006. Mapa **Geodiversidade Brasil: Escala 1:2.500.000**. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. Brasília/DF - Brasil. 68 p.

9. **Geodiversidade do estado de Sergipe** / Organização Luiz Moacyr de Carvalho [e] Violeta de Souza Martins – Salvador: CPRM, 2017. 153 p. ; il., color.; 30 cm
10. COSTA JÚNIOR, M.P. **Interações morfo-pedogenéticas nos sedimentos do Grupo Barreiras e nos leques aluviais pleistocênicos no Litoral Norte da Bahia** – município de Conde. 2008. (Tese de Doutorado).
11. F. F. M. de ALMEIDA. O cráton do São Francisco. **Revista brasileira de Geociências**, v.7, 1997.
12. GRAY, M, 2004. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Londres: John Wiley & Sons Ltd.
13. \_\_\_\_\_, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em: 29 junho.2023
14. MACEDO, H. S. **Ambientes cársticos em Sergipe: vulnerabilidade e instrumentos para sua gestão**. Tese de Doutorado em geografia, Universidade Federal de Sergipe, Cristóvão, SE, 2019, 403f.
15. PEREIRA D. I; PEREIRA P; BRILHA J; SANTOS L. 2013. **Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach**. Environmental Management, 52:541–552, DOI 10.1007/s00267-013-0100-2
16. SANTOS, D. S; MANSUR, K. L; GONÇALVES, J. B; ARRUDA, E. R. Jr; MANOSSO, F. C. 2017. **Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil**. Applied Geography 85:184–195. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>
17. SERRANO, E; RUIZ-FLAÑO, P. **Geodiversity - a theoretical and applied concept**. Geographica Helvetica Jg. 62 2007/Helft3, p. 140 – 147, 2007.
18. SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Published electronically on the Tasmanin Parks & Wildlife Service web site. 3. ed. Set, 2002.
19. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos et al. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 356 p. : il. color. ; 16 cm x 23 cm. 2018.
20. TWIDALE CR. 2012. Granite landforms. **Elsevier**.
21. VENTURI, L. A. B. **A Técnica e a Observação na Pesquisa**. In **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Sarandi. p.528, 201

**CAPÍTULO III:  
CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## 1. CONCLUSÃO

Sergipe apesar de ser o menor estado do país tem um potencial geológico, geomorfológico e ecossistêmico variado. Contando com áreas de atratividades com uma grande diversidade de características físicas-ambientais como quedas d'águas, vales fluviais, cânions, campo de dunas, serras, entre outros.

No entanto observa-se a escassez de trabalhos sobre essa temática no estado, assim como as análises de aspectos físicos são ainda restritas. Entre os trabalhos disponíveis, em sua grande maioria, trata-se da geodiversidade, mas não sendo pesquisas direcionadas a metodologia do cálculo do índice de geodiversidade para o estado de Sergipe, ou para seus municípios.

O estado precisa de uma cartografia mais detalhada, além de uma padronização de escala no mapeamento, o que tem hoje de maior detalhe é apenas o mapeamento da geologia, os outros ainda não acompanharam esse nível de detalhe, o que dificulta muitas das vezes a realização de pesquisas.

Em escala nacional, muitos estados já apresentam um mapeamento muito mais detalhado, com a presença de outros tipos de mapeamento, como o paleontológico, o que não ocorre no cenário sergipano. Muitas das vezes, devesse a falta de investimento nessa área.

No que se refere aos resultados desse trabalho, de modo geral, o índice mostrou uma distribuição heterogênea de quadrículas baixas e médias, com pontos quentes espalhados por diferentes setores da parte central da área de estudo. Com isso, a um destaque maior para as áreas do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Serra da Miaba e o município de Propriá.

O trabalho conclui, que o índice de geodiversidade, ao ser analisado de maneira isolada, não indica áreas prioritárias para a proteção, porém, ao ser analisado juntamente com outros dados de características físicas e bióticas ele serve de informação base para a indicação de áreas para estudos qualitativos de caráter local, indicando possíveis geossítios com alta geodiversidade em determinada região.

Essa metodologia pode ser utilizada também em outras formas de avaliação, como o nível de ameaça em uma área geodiversa, uma outra utilização seria usando outros dados de entrada como de unidade de conservação, para realizar uma

comparação entre os locais com uma diversidade abiótica e os limites de uma Unidade de Conservação.

É necessário deixar claro que devido a sua dinamicidade e interferência de escalas em função da finalidade do mapeamento necessita, portanto, a continuidade e atualização frequente do índice de geodiversidade de qualquer região. É importante salientar também que para ter resultados mais incisivos teria que utilizar todos os índices em uma única escala de análise, pois o resultado seria mais preciso.

## ANEXO I: Normas para submissão do artigo

Peer-reviewed journal

e-ISSN: 2236-5664

# REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA

Desde 2000  
Since 2000

Sobre ▾
Atual
Arquivos
Notícias
Submissões
Contato

[Início](#) / [Submissões](#)

### Submissões

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso. [Acesso](#) em uma conta existente ou [Registrar](#) uma nova conta.

### Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

✓	A contribuição deve ser original e inédita, e que não esteja em processo de avaliação por outra revista.
✓	A língua oficial da revista é o português, aceitando-se artigos em espanhol e inglês.
✓	Os autores deverão encaminhar o artigo sem qualquer possibilidade de identificação pelos revisores para que seja garantida a avaliação às cegas.
✓	O resumo e o abstract não deverão ultrapassar o máximo de 200 palavras. O resumo deverá ser escrito em português e em inglês. O texto do artigo não deverá exceder 8000 palavras.
✓	O autor correspondente tem que cadastrar todos os autores do artigo (no sistema da revista) com seus respectivos vínculos institucionais e o número ORCID no processo de submissão do artigo.
✓	É de inteira responsabilidade do(s) autor(es) o conteúdo do manuscrito submetido.
✓	Os autores precisam declarar não haver qualquer potencial conflito de interesse, incluindo interesses políticos e/ou financeiros associados a patentes ou propriedade, provisão de materiais e/ou insumos e equipamentos utilizados no estudo pelos fabricantes.

✓ Os autores precisam declarar todas as fontes de financiamento ou suporte, institucional ou privado, para a realização do estudo.

✓ No caso de estudos realizados sem recursos financeiros institucionais e/ou privados, os autores devem declarar que a pesquisa não recebeu financiamento para a sua realização.

✓ É obrigatório o envio de uma carta de apresentação (cover letter), inserido como arquivo complementar em formato .pdf (modelo da carta de apresentação para download).

O texto deve seguir os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos no documento modelo de [template](#) da revista. As referências bibliográficas precisam ser apresentadas ao final do trabalho, em ordem alfabética do último sobrenome do autor, seguindo os exemplos do padrão abaixo:

Para artigo científico:

ARATTANO, M.; FRANZI, L. On the evaluation of debris flows dynamics by means of mathematical models. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 3, n. 6, p. 539–544, 2003. DOI: 10.5194/nhess-3-539-2003

Para livro:

HUGGET, R. J. **Fundamentals of Geomorphology**. 2ª Ed. Londres: Taylor and Francis, 2007. 458p.

Para capítulo de livro:

CASTRO, S. S. Micromorfologia de Solos Aplicada ao Diagnóstico de Erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (Ed.). **Erosão e Conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 127-163.

Para trabalhos em anais de eventos:

NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; FREITAS, R. M.; MELACK, J.; SHIMABUKURO, Y. E.; PEREIRA FILHO, W. Distribuição sazonal de fitoplâncton no Lago Grande de Curuai em resposta ao pulso de inundação do Rio Amazonas a partir da análise de imagens MODIS. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE. 2005. p. 3175-3182. ISBN 85-17-00018-8.

Para dissertações e/ou teses:

MONTANHER, O. C. **Padrões espaço-temporais do transporte de sedimentos suspensos dos rios amazônicos de águas brancas: relações com o clima e mudanças na cobertura do solo**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2016. 253p.

Para relatório técnico, manual:

IPT. **Ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991. 216p. Publicação IPT n. 1831.

Para documento cartográfico:

IBGE. **Estado de Roraima - Geologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Escala 1:250.000.

Para programas de computador (software):

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System (versão 3.10)**. 2021. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>.

Esri Inc. **ArcMap (versão 10.5.1)**. Redlands, Estados Unidos, 2016.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Áustria, 2020. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

## Diretrizes para Autores

Os manuscritos enviados à Revista Brasileira de Geomorfologia deverão estar formatados segundo o documento modelo (template) disponível em: <https://github.com/revbrgeomorfologia/template/raw/main/rbg-template.docx>. As submissões devem ser feitas em formato .docx (Microsoft Word). Manuscritos que não estiverem formatados de acordo com este modelo serão rejeitados na triagem editorial. As figuras e tabelas deverão estar inseridas ao longo do texto e não ao final do documento na forma de anexos.

É obrigatório o envio de uma carta de apresentação (*cover letter*), inserido como arquivo complementar em formato .pdf ([modelo da carta de apresentação para download](#)).

A Revista Brasileira de Geomorfologia aceita manuscritos dentro das seguintes opções: **Artigos de Pesquisa, Artigos de Revisão, Notas Técnicas e Errata**.

## Artigos

##section.default.policy##

### SINAGEO

Esta seção é restrita a submissão de artigos pré-selecionados no XIII Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO).

Os autores devem submeter os artigos seguindo as normas da RBG, e anexar a carta de apresentação do artigo destacando que o mesmo foi pré-selecionado no XII SINAGEO.

### Declaração de Direito Autoral

Autor(es) conservam os direitos de autor e concedem à revista o direito de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) que permite a partilha do trabalho com reconhecimento da autoria e publicação inicial nesta revista.

### Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

## **ANEXO II: Justificativa de coautoria**

Em acordo à resolução 01/2023 do colegiado do programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias (PGAB), segue a justificativa da participação do coautor no artigo aqui proposto.

O outro autor do artigo é o coorientador o Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon (UFPEL), que juntamente aos autores principais ajudou na aplicação da metodologia utilizada na pesquisa.

## ANEXO III: Comprovante de Submissão

[RBGeomorfologia] Agradecimento pela submissão Caixa de entrada x



**Leonardo José Cordeiro Santos via Revista Brasileira de Geomorfologia** <pen-bounces@emnuvens.com.br>  
para mim ▾

13:24 (há 1 hora) ☆ 😊 ↶ ⋮

Paloma Santos Amorim,

Agradecemos a submissão do trabalho "Uma abordagem quantitativa do índice de geodiversidade do estado de Sergipe" para a Revista Brasileira de Geomorfologia. Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/authorDashboard/submission/2542>  
Login: 28amorimpaloma

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Editores da Revista Brasileira de Geomorfologia

---

Revista Brasileira de Geomorfologia  
<https://rbgeomorfologia.org.br/>

↶ Responder

↷ Encaminhar



**APÊNDICE I: Informações que não puderam ser incluídas no artigo**

ID	GEOMORFOLOGIA	LITOLOGIA	PEDOLOGIA	HIDROLOGIA	SOMA
1	1	1	1	3	6
2	1	1	1	3	6
3	1	1	1	3	6
4	1	1	1	3	6
5	1	2	1	3	7
6	1	2	1	3	7
7	1	1	1	2	5
8	1	1	1	2	5
9	1	1	1	3	6
10	1	1	1	3	6
11	1	1	1	3	6
12	1	1	2	3	7
13	1	1	2	3	7
14	1	2	2	2	7
15	1	2	2	2	7
16	1	2	2	1	6
17	1	2	2	2	7
18	2	4	2	3	11
19	1	2	1	3	7
20	1	1	1	3	6
21	1	1	1	3	6
22	1	1	1	3	6
23	1	1	1	2	5
24	1	1	1	1	4
25	2	1	2	2	7
26	2	1	3	2	8
27	2	2	3	1	8
28	2	3	4	3	12
29	1	2	2	3	8
30	1	2	1	3	7
31	1	3	1	3	8
32	1	2	1	3	7
33	1	1	1	3	6
34	2	1	2	2	7
35	2	1	2	2	7
36	2	1	2	2	7
37	2	1	2	2	7
38	2	1	2	2	7
39	2	2	3	1	8
40	2	1	3	0	6
41	1	1	1	3	6
42	1	1	1	1	4
43	1	2	1	2	6
44	1	2	2	3	8
45	1	3	2	3	9
46	1	1	1	3	6
47	1	2	1	3	7
48	1	2	1	2	6

ESCALA	CLASSE	SUBCLASSE	ÁREA_km²
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Superfície Pediplanada	3761,828
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Superfície Pediplanada	8,612
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,146
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	74,278
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,004
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	88,216
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	123,232
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	57,075
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,028
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	144,072
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,431
1:500 000	Planície Costeira	Planície Fluviomarina	1,264
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,159
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	75,246
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,123
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,155
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,318
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,103
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	407,384
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,051
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,017
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,13
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,027
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,01
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,137
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,009
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,013
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	45,985
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	1071,307
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,08
1:500 000	Serras Residuais	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	12,653
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,018
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	107,88
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,029
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,02
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,027
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,008
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	234,446
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,01
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,036
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,024
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	35,117
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,141
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,047
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,162
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	884,769
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,076
1:500 000	Pediaplano Sertanejo	Relevos Dissecados em Colinas e Interflúvios Tabulares	0,807

ESCALA	PROVÍNCIA	ERA	LITOLOGIA	ÁREA_km²
1:2 500 000	Borborema	Paleozóico	Arenito, Conglomerado	36,87
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	63,29
1:2 500 000	Borborema	Paleozóico	Arenito, Conglomerado	0,02
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	11,57
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	0,08
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	0,4
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	1,69
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	0,82
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Anortosito, Gabro, Norito, Troctolito	30,8
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	3,53
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	41,66
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	16,91
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	1,09
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	4,63
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	1,74
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	1,82
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	162,55
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	6,97
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	0,34
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	7,3
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	45,22
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	7,56
1:2 500 000	Borborema	Paleozóico	Arenito, Calcário, Diamictito, Folhelho	35,77
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Monzdiorito, Monzonito, Sienito, S	94,38
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Anortosito, Gabro, Norito, Troctolito	140,99
1:2 500 000	Borborema	Paleozóico	Arenito, Conglomerado	28,73
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzon	7,06
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzon	11,38
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzon	0,01
1:2 500 000	Borborema	Paleozóico	Arenito, Carbonato Cristalino, Folhelho, Sile	1,78
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito	210,55
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranodiorito, Metatonalito, Migmatito, Pa	417,8
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	5,48
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Migmatito	17,28
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzon	37,24
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Anortosito, Gabro, Norito, Troctolito	0,03
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	15,32
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Monzdiorito, Monzonito, Sienito, S	7,64
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	4,4
1:2 500 000	Borborema	Mesoproterozóico	Flito carbonoso, MetaCalcário, Metarritmito,	3,37
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	39,54
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Monzdiorito, Monzonito, Sienito, S	18,73
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Granito, Granodiorito, Monzogranito	1,09
1:2 500 000	Borborema	Cenozóico	Sedimento Aluvionar, Sedimento Detrito-Late	2,9
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzon	65,87
1:2 500 000	Borborema	Neoproterozóico	Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzon	2,52
1:2 500 000	Borborema	Cenozóico	Sedimento Aluvionar, Sedimento Detrito-Late	0,01
1:2 500 000	Borborema	Cenozóico	Sedimento Aluvionar, Sedimento Detrito-Late	17,01

ESCALA	ÁREA_km²	SOLO
1:400 000	395,16	Luvissolos
1:400 000	622,13	Luvissolos
1:400 000	22,38	Neossolos
1:400 000	123,19	Neossolos
1:400 000	87,32	Neossolos
1:400 000	149,48	Planossolos
1:400 000	0,03	Neossolos
1:400 000	123,94	Neossolos
1:400 000	491,36	Planossolos
1:400 000	0,01	Neossolos
1:400 000	1,66	Neossolos
1:400 000	1,19	Neossolos
1:400 000	1073,04	Neossolos
1:400 000	0,13	Neossolos
1:400 000	0,16	Neossolos
1:400 000	0,04	Neossolos
1:400 000	0,12	Neossolos
1:400 000	0,22	Neossolos
1:400 000	0,16	Neossolos
1:400 000	0,06	Neossolos
1:400 000	0,32	Neossolos
1:400 000	0,01	Neossolos
1:400 000	0,1	Neossolos
1:400 000	594,27	Neossolos
1:400 000	0,05	Neossolos
1:400 000	0,02	Neossolos
1:400 000	0,17	Neossolos
1:400 000	0,05	Neossolos
1:400 000	0,13	Neossolos
1:400 000	0,03	Neossolos
1:400 000	0,03	Neossolos
1:400 000	0,01	Neossolos
1:400 000	0,14	Neossolos
1:400 000	0,01	Neossolos
1:400 000	0,01	Neossolos
1:400 000	1129,52	Neossolos
1:400 000	0,08	Neossolos
1:400 000	14,72	Neossolos
1:400 000	0,02	Neossolos
1:400 000	0,03	Neossolos
1:400 000	0,03	Neossolos
1:400 000	0,01	Neossolos
1:400 000	0,02	Neossolos
1:400 000	0,14	Neossolos
1:400 000	0,05	Neossolos
1:400 000	0,16	Neossolos
1:400 000	324,85	Luvissolos
1:400 000	65,18	Neossolos