

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

WILSON ARAÚJO DE OLIVEIRA JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS NO *SOFTWARE* QGIS
PARA A AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA GEODIVERSIDADE**

MONTE CARMELO

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

WILSON ARAÚJO DE OLIVEIRA JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS NO *SOFTWARE* QGIS
PARA A AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA GEODIVERSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de graduação em Geologia da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Breno Souza Martins
Coorientador: Prof. Dr. Alan Silveira

MONTE CARMELO

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

WILSON ARAÚJO DE OLIVEIRA JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS NO *SOFTWARE* QGIS
PARA A AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA GEODIVERSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de graduação em Geologia da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Prof. Dr. Breno de Souza Martins – IG/UFU
Orientador

Prof. Me. Fabrício Rosa Amorim – CT/UFPI
Membro Externo

Profª. Me. Juliana Abreu Crosara Petronzio – IG/UFU
Membro Interno

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

O48 2023	<p>Oliveira Júnior, Wilson Araújo de, 1994- DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS NO SOFTWARE QGIS PARA A AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA GEODIVERSIDADE [recurso eletrônico] / Wilson Araújo de Oliveira Júnior. - 2023.</p> <p>Orientador: Breno Souza Martins. Coorientador: Alan Silveira. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Geologia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Geologia. I. Martins, Breno Souza, 1985-, (Orient.). II. Silveira, Alan, 1985-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Geologia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 551</p>
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais que desde muito cedo, me ensinaram o valor da educação para a contribuição de um mundo melhor e que me mostraram, com muita paciência e amor, que não há limites para a busca de um sonho;

À Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo, pelo ensino público e de extrema qualidade que me possibilitou a imersão no conhecimento, através de seus diversos programas socioeconômicos, como as mobilidades internacional e nacional. A Universidade do Minho através de uma realização acadêmica, onde pude adquirir maior entendimento à temática aqui apresentada neste trabalho;

Gratidão aos meus professores e técnicos pelo prazer do aprendizado, em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Breno de Souza Martins e ao coorientador Prof. Dr. Alan Silveira por partilhar dos mesmos ideais de uma gestão sustentável do território e atuar com geoética;

Ao Prof. Fabricio Rosa Amorim, docente da Universidade Federal do Piauí que não mediu esforços nesta jornada de busca do conhecimento e pela contribuição neste trabalho;

Agradeço a todos os amigos e colegas que participaram da minha trajetória, em especial aos amigos das geociências, por sempre incentivarem à trilhar minha carreira acadêmica, sem vocês a realização deste sonho não seria possível.

Muito Obrigado!

“É chegado o tempo de aprender a proteger o passado da Terra e, por meio dessa proteção, aprender a conhecê-la. Esta memória antecede a memória humana. É um novo patrimônio: o patrimônio geológico, um livro escrito muito antes de nosso aparecimento sobre o Planeta”.

Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra, 1991.

RESUMO

A geodiversidade ou o conjunto de elementos abióticos da natureza são constituídos pelos ambientes, fenômenos e processos geológicos que originam os diversos materiais que de forma sistêmica são o substrato para toda a vida terrestre. Tal como a biodiversidade, a geodiversidade carece de conservação, proteção e pode ser caracterizada e valorada. Logo, a geodiversidade pode ser analisada por meio de métodos quali e/ou quantitativos. Mais especificamente, o índice de geodiversidade é um método quantitativo para a identificação e gestão de áreas com patrimônios geológicos relevantes através do uso das geotecnologias, especialmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Nesse sentido, esse trabalho teve o objetivo de desenvolver duas ferramentas no *software* QGIS para o cálculo do índice de geodiversidade, neste caso o modelador gráfico e *plugin*, com o intuito de avaliar a aplicação das ferramentas, o mapa de índice de geodiversidade gerado foi sobreposto ao recente inventário de geossítios proposto pela SBG/CPRM (2022) para o Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes, onde nos últimos anos tem ganhado destaque nas descobertas fossilíferas e na gestão sustentável do território. A metodologia empregada se apoia no método desenvolvido por Pereira (2010), que calcula o índice de geodiversidade a partir da contagem individual de elementos disponíveis em mapas temáticos de litologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia, ocorrências fossilíferas e recursos minerais. A contagem dos elementos de geodiversidade é realizada com o auxílio de uma quadrícula de espaçamento regular e tamanho variável, de acordo com a extensão da área. As ferramentas propostas foram desenvolvidas com o auxílio do modelador gráfico do QGIS e está disponível para utilização dos usuários por meio de uma interface amigável, com acesso para *download*. Os mapas gerados pelas duas ferramentas apresentam resultados semelhantes e concordantes com o inventário, evidenciando o notável patrimônio geológico do geoparque, representado por diferentes elementos da geodiversidade. Portanto, por meio dos resultados alcançados vislumbra-se facilitar os cálculos do índice de geodiversidade e corroborar na eficiência do tempo de processamento, e assim, apoiar os futuros estudos desta temática que é relativamente nova no ramo das geociências.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Geodiversidade; Geoprocessamento; QGIS; Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes.

ABSTRACT

Geodiversity, or the set of abiotic elements of nature, consists of the geological environments, phenomena, and processes that give rise to the diverse materials that in a systemic way are the substrate for all life on Earth. Like biodiversity, geodiversity needs conservation, protection, and can be characterized and valued. Therefore, geodiversity can be analyzed using qualitative and/or quantitative methods. More specifically, the geodiversity index is a quantitative method for identifying and managing areas with relevant geological heritage through the use of geotechnologies, especially Geographic Information Systems (GIS). In this sense, this work aimed to develop two tools in QGIS software for the calculation of geodiversity index, in this case the graphic modeler and plugin, in order to evaluate the application of the tools, the geodiversity index map generated was overlaid on the recent geosites inventory proposed by SBG/CPRM (2022) for the Aspiring Geopark Uberaba: Land of Giants, where in recent years has gained prominence in fossil discoveries and sustainable management of the territory. The methodology employed relies on the method developed by Pereira (2010), which calculates the geodiversity index from the individual count of elements available in thematic maps of lithology, geomorphology, pedology, hydrography, fossiliferous occurrences and mineral resources. The counting of geodiversity elements is done with the help of a grid with regular spacing and variable size, according to the area extension. The proposed tools were developed with the help of the QGIS graphical modeler and are available for use by users through a friendly interface, with downloadable access. The maps generated by the two tools present similar and concordant results with the inventory, showing the remarkable geological heritage of the geopark, represented by different elements of geodiversity. Therefore, through the results achieved it is possible to facilitate the calculation of the geodiversity index and corroborate the efficiency of the processing time, and thus support future studies of this theme that is relatively new in the branch of geosciences.

KEYWORDS: Geodiversity Index; Geoprocessing; QGIS; Aspiring Geopark Uberaba: Land of Giants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arcabouço conceitual dos 5Gs tendo em vista o âmbito de integração em prol ao desenvolvimento sustentável.	6
Figura 2: Mapa do Índice de Geodiversidade empregando o método de grid e utilizando a interpolação final B-spline.....	10
Figura 3: Localização do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra dos Gigantes.....	11
Figura 4: Ocorrências fossilíferas no município de Uberaba/MG.	12
Figura 5: Exemplos de fósseis encontrados no Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes.....	14
Figura 6: Mapa litológico e coluna estratigráfica do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes.....	15
Figura 7: Esquematisação da geologia regional.....	18
Figura 8: Perfil geológico com as principais feições geomorfológicas que ocorrem no município de Uberaba.....	20
Figura 9: Mapa com a localização dos geossítios inventariados do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes.....	22
Figura 10: Fluxograma da metodologia	24
Figura 11: Representação do método de análise quantitativa da geodiversidade, proposta por Pereira et. al. 2013	25
Figura 12: Modelador gráfico do QGIS: a. Tela Inicial do Modelador Gráfico do QGIS; b. Exemplo de modelo	26
Figura 13: Processo de criação do <i>plugin</i>	28
Figura 14: Interface do Qt Designer onde é criado a interfaces gráficas do <i>plugin</i>	29
Figura 15: <i>Plugin</i> instalado no repositório de complemento no QGIS.....	29

Figura 16: Resultado final do fluxo de trabalho desenvolvido no modelador gráfico QGIS, para a criação semiautomática do índice de geodiversidade.	31
Figura 17: Interface do modelador gráfico para a geração do índice de geodiversidade.	31
Figura 18: Interface do <i>plugin</i> geodiversidade.	33
Figura 19: Interface do modelador gráfico dentro do QGIS	34
Figura 20: Interface do <i>plugin</i> geodiversidade dentro do QGIS.	34
Figura 21: Histograma da distribuição dos índices de geodiversidade elaborado pelo modelador gráfico QGIS.	35
Figura 22: Histograma da distribuição dos índices de geodiversidade elaborado pelo <i>plugin</i>	35
Figura 23: Comparação entre o mapa gerado a partir do modelador gráfico e do <i>plugin</i>	36
Figura 24: Mapa do índice de geodiversidade com os geossítios inventariados.	38
Figura 25: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 1.	39
Figura 26: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 2.	41
Figura 27: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 3.	42
Figura 28: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 4.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diversos métodos de avaliação quantitativa da geodiversidade.....	7
Tabela 2: Revisão bibliográfica de trabalhos que utilizaram a matriz de contagem como metodologia.	8
Tabela 3: <i>Shapefiles</i> utilizados para a geração do índice de geodiversidade	33

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo geral.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
1.2	Justificativa.....	4
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1	A geodiversidade e os 5G's.....	5
2.2	Avaliação quantitativa da geodiversidade.....	7
2.3	Aspirante Geoparque Uberaba: Terra dos Gigantes.....	10
2.3.1	Patrimônio Fossilíferos.....	11
2.3.2	Geologia.....	14
2.3.3	Aspectos Fisiográficos.....	19
2.3.4	Geossítios.....	21
3.	MATERIAIS E MÉTODO.....	23
3.1	Materiais.....	23
3.2	Método.....	23
3.2.1	Índice de Geodiversidade.....	24
3.2.2	Desenvolvimento de modeladores gráficos no QGIS.....	25
3.2.3	Desenvolvimento de <i>Plugin</i> no QGIS.....	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1	Modelador gráfico.....	30
4.2	<i>Plugin</i>.....	32
4.3	Validação dos Resultados.....	33
4.4	Índice de geodiversidade e posicionamento dos geossítios.....	37
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
	ANEXO I – ALGORITMO DO <i>PLUGIN</i>.....	54
	ANEXO II – MAPAS FINAIS.....	56

1. INTRODUÇÃO

O planeta Terra é um sistema composto por 118 elementos químicos ordenados em inúmeras combinações interagindo entre si. As interações entre estes elementos dão origem a base de toda a diversidade natural do planeta, incluindo a estrutura física e os ciclos que fornecem suporte à vida (MOREIRA, 2001). A diversidade natural inclui elementos bióticos - biodiversidade (seres vivos) e elementos abióticos – geodiversidade (rochas, minerais, relevo, solos, entre outros). O meio biótico e meio abiótico só existem em conjunto, pois são integrados de forma em que se tornam condicionais para a existência do outro, pois ambos são responsáveis pela evolução do planeta (NASCIMENTO *et al.*, 2008). De forma holística, Stanley (2000) diz que os elementos e processos da geodiversidade dão suporte à toda vida na Terra.

A biodiversidade e a geodiversidade são temas em destaque nos periódicos científicos e devem ser difundidas à toda sociedade. A comunidade geológica ingressou neste debate a partir da década de 80 com a necessidade de aproximar a geologia às demandas da sociedade, com a emergência dos estudos vinculados à geologia ambiental. O termo geodiversidade surgiu na década de 90 ao descrever a variedade do meio abiótico (GRAY, 2004). A partir desse momento, o conceito de paisagem passa a ser utilizado nas análises geológicas voltadas para estudos ambientais, incorporando conceitos fundamentais como os de exaustão dos recursos naturais, geoética e sustentabilidade ambiental (KELLER, 1996; CORDANI, 2000).

Assim como a biodiversidade, a geodiversidade também apresenta ameaças como erosões naturais, exploração de recursos geológicos, desmatamento, turismo de massa não sustentável, coleta ilegal de amostras, iliteracia cultural, especulação imobiliária, entre outros (GARCIA, 2021). Desta forma, se torna evidente a necessidade de novos estudos ambientais voltados para geoconservação do patrimônio geológico ou geopatrimônio.

Estudos vinculados à geodiversidade estavam pautados prioritariamente em seu desenvolvimento teórico, sendo que poucos estudos focavam no desenvolvimento metodológico de avaliações qualitativas (descrições, classificações, valorização e benefícios), quantitativas (índices e álgebras de mapas) e quanti-qualitativas (álgebras de mapas e hierarquizações analíticas) (FORTE *et al.*, 2018; LOPES *et al.*, 2021). Da mesma forma, o uso de ferramentas e avaliações cartográficas vem sendo destacadas pela literatura como recentes e pouco padronizadas (ZWOLÍŃSKI *et al.*, 2018; SIMON *et al.*, 2018).

Conforme destaca Lopes *et al.* (2021), a avaliação quantitativa da geodiversidade tem sido alvo de distintas propostas metodológicas e apresentam diferentes técnicas, escalas e áreas de aplicação, como exemplificam as propostas de Kozlowski (2004); Benito-Calvo *et al.* (2009); Hjort *et al.* (2010); Silva *et al.* (2013); Pereira *et al.* (2013a); Pereira *et al.* (2013b); Forte (2014); Santos *et al.* (2017); Araújo *et al.* (2018) e Gonçalves *et al.* (2020). Métodos quantitativos que se utilizam de técnicas cartográficas através de SIG permitem a compreensão da organização espacial da geodiversidade de um determinado território, tornando-se fundamental para a gestão territorial, reconhecendo a integralidade da natureza e seus elementos e “desmistificando a imagem de um ambiente pela metade, no qual apenas os elementos bióticos teriam valor [...]” (RODRIGUES *et al.* 2018).

O desenvolvimento e aplicação de ferramentas adequadas em prol da geodiversidade têm sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para aplicação das geotecnologias que incluem os SIG e se encontram num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos a custos relativamente baixos (LOPES *et al.*, 2021). O SIG tem papel relevante, por facilitar o gerenciamento de informações espaciais e permite a elaboração de diagnósticos e prognósticos, subsidiando a tomada de decisões (JACINTHO, 2003). Sua importância é enfatizada na Agenda 21 na construção do desenvolvimento sustentável (ONU, 1992).

Um exemplo de *software* de ambiente SIG é o QGIS, que é um aplicativo profissional GIS Livre e de Código Aberto, liberado segundo a Licença Pública Geral, referente aos programas gratuitos e livres. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), podendo ser executado em diversos sistemas operacionais e suporta inúmeros formatos de arquivos, como os vetores, *rasters*, bases de dados e funcionalidades (QGIS, 2022). É um projeto impulsionado por voluntários, que contribuem na forma de criação de códigos, correções de *bugs*, relatórios de *bugs*, documentação e apoio a outros usuários. Pode-se visualizar, gerir, editar, analisar dados e criar mapas para impressão (QGIS, 2022).

O desenvolvimento de *softwares* de código aberto se tornou importante ferramenta para a disseminação do conhecimento, pois proporciona uma liberdade aos usuários, como a função de executá-lo, estudá-lo, modificá-lo e redistribuir cópias com ou sem mudanças (ROCHA, 2022). Em ambiente SIG, isso possibilita a construção de novas metodologias de

processamento e seu compartilhamento com os demais usuários, permitindo aos mesmos alterarem e aperfeiçoem esses códigos (QGIS, 2022).

O QGIS possui um modelador de processamento, complemento denominado Modelador Gráfico, o qual possibilita ao usuário estabelecer fluxos de trabalho a serem executados em uma etapa única. Fundamentalmente, torna-se necessário definir os dados de entrada, os parâmetros da ferramenta de processamento e os dados de saída para cada produto a ser gerado (QGIS, 2022). Dessa maneira, torna-se possível realizar as tarefas de processamento de dados para produção de mapas, bem como compartilhar a rotina desenvolvida com outros usuários para que um mesmo padrão de processamento possa ser aplicado em diversos dados (AMORIM, 2021).

Outra opção de otimização são os *plugins*, onde o usuário pode desenvolver seu próprio, usando linguagem *python* para atender a necessidades específicas, que podem variar desde adicionar um botão simples até kits de ferramentas sofisticadas (MILEU *et al.*, 2018). Centenas de *plugins* estão disponíveis gratuitamente em repositórios oficiais e não oficiais para variadas finalidades, mas não é encontrado na literatura algum que se concentra no índice de geodiversidade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo principal

Desenvolver ferramentas (modelador gráfico de processamento e um *plugin*) no *software* QGIS para geração semiautomática de mapeamento do índice de geodiversidade.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Projetar e produzir mapas do índice de geodiversidade no *software* QGIS.
- Aplicar as ferramentas (modelador gráfico e *plugin*) para mapeamento do índice de geodiversidade no município de Uberaba (Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes);
- Avaliar mapeamento a partir do inventário dos geossítios realizados pela SBG/CPRM, 2022;

- Disponibilizar o modelador gráfico e *plugin* de forma pública com intuito de facilitar a geração destes mapas em futuros estudos da temática.

1.2 Justificativa

O surgimento do termo geodiversidade, que remonta à década de 1990 (SHARPLES, 1993), introduziu na comunidade científica ideias sobre a preservação de elementos abióticos. Porém, até o momento, apesar da discussão sobre esse tema ter crescido gradativamente, a exploração massiva pelos recursos naturais torna-se a pauta lenta e gradual, dificultando ações geoconservacionistas em prol do patrimônio geológico.

No que se refere à qualidade ambiental, sabe-se que a geologia tem ganhado novas áreas de atuação, sendo uma delas o reconhecimento de que o passado geológico está impresso em fósseis, minerais, rochas, relevo, além dos recursos econômicos. Um patrimônio que deve ser conservado e protegido, gerando um dos desafios mais significativos enfrentados pela comunidade geocientífica, que é o (re)conhecimento, a conservação e a promoção da geodiversidade.

A avaliação espacial da geodiversidade tem sido uma potente ferramenta para o reconhecimento das áreas que apresentam uma singularidade geológica, ou melhor, uma geodiversidade e contribuam para as políticas de gestão territorial. Desta forma, diversos métodos são apresentados pela comunidade científica, porém não existe um consenso sobre a metodologia mais eficaz. O método proposto por Pereira *et al.* (2013) vem sendo empregado em diversos trabalhos da temática.

Tendo em vista que o método utilizado é complexo e moroso na elaboração dos mapas coropléticos através do SIG, é importante que as novas tecnologias permitam a otimização do tempo de criação. Portanto, esse método permite novos mapeamentos de diversas partes do mundo, vislumbrando a perspectiva de estabelecer uma proposta de uso sustentável deste patrimônio geológico.

O Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes, situado no município de Uberaba é uma excelente representação da rica geodiversidade do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, que nos últimos anos vem ganhando destaque pela expressiva quantidade de ocorrências fossilíferas, se tornando um dos maiores sítios paleontológicos do Cretáceo continental brasileiro. Até o momento o referido geoparque não apresenta estudos de cunhos quantitativos da geodiversidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A geodiversidade e os 5G's

Na década de 40, o geógrafo Federico Alberto Daus se referia ao termo geodiversidade no contexto da geografia cultural para diferenciar áreas da Terra, sendo o mosaico de paisagens e diversidades culturais do espaço geográfico e complexidades territoriais em diferentes escalas, ou seja, “diversidade geográfica” (NASCIMENTO *et al.*, 2008). As diversas paisagens são reconhecidas pelo observador em qualquer porção do espaço geográfico que congregam um conjunto de elementos do meio geobiofísico (rochas, minerais, relevo, solos, biota) em dinâmica transformação por processos geológicos, hidrológicos e atmosféricos (DANTAS *et al.*, 2015).

Uma das primeiras definições de geodiversidade foi proposta por Sharples em 1993 (NASCIMENTO, 2015), sendo: “a diversidade de características, assembleias, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas da paisagem) e do solo”. Já Gray (2004) considerado o pai da geodiversidade, a definiu como “a variação natural (diversidade) de feições geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (paisagens, processos físicos) e de solos, incluindo suas associações, relações, propriedades, interpretações e sistemas”. Em 2013, Gray redefiniu a geodiversidade acrescentando estrutura, sistemas e contribuições à paisagem. Para Brilha (2005), “a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra”. Segundo o Serviço Geológico do Brasil (SILVA, 2008):

Geodiversidade é a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, solos, 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..

Os conceitos relacionados a geodiversidade são agrupados pela sigla “5Gs” (Figura 1), sendo: Geodiversidade, Geoconservação, Geopatrimônio, Geoturismo e Geoparques. Muito embora sejam distintos e possuam, cada qual, suas frentes de pesquisa e trabalho, são intrinsicamente conectados e trazem uma visão mais crítica quanto a relação humana com os recursos naturais (PARRA, 2021).

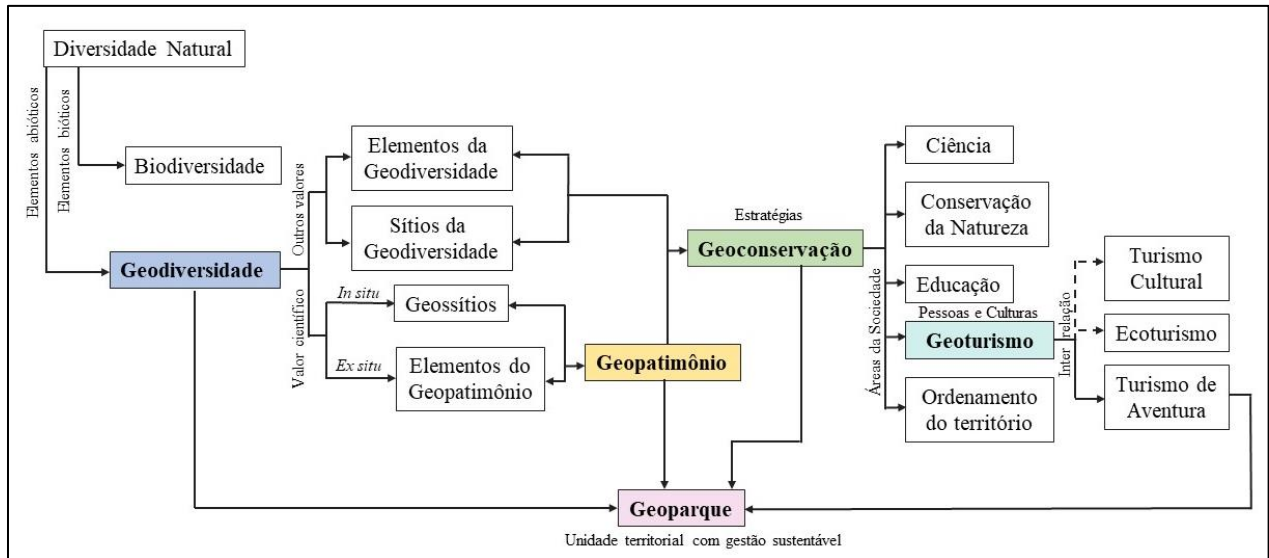


Figura 1: Arcabouço conceitual dos 5Gs tendo em vista o âmbito de integração em prol ao desenvolvimento sustentável. **Fonte:** Adaptado de BRILHA, 2009 e 2015; DOWLING; 2006; PEREIRA, 2010.

O geopatrimônio ou patrimônio geológico representa o conjunto de geossítios (locais de interesse geológico – *in situ*) inventariados e caracterizados de uma dada região, onde ocorrem um ou mais elementos da geodiversidade com singular valor, seja científico, cultural, pedagógico ou turístico (BRILHA, 2005). A geoconservação segue como um conjunto de ferramentas que visa à proteção de áreas relevantes do ponto de vista geológico. Assim, o conceito avança no sentido da proposição de um modelo de gestão do meio natural que privilegia áreas onde existem elementos da geodiversidade (BRILHA, 2015; NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Com a geodiversidade sendo a espinha dorsal do geopatrimônio (GRAY, 2018), deve apoiar as atividades humanas sustentáveis nessas áreas, especialmente em iniciativas de geoturismo, com benefícios ambientais, sociais e econômicos, como ocorrem nos geoparques, onde o território e sua população se desenvolvem de forma sustentável (FORTE *et al.*, 2012; BRILHA *et al.*, 2018).

Os Geoparques são áreas geográficas únicas e unificadas, onde os locais e as paisagens de significado internacional são gerenciados com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Um Geoparque Global da Unesco (Unesco Global Geopark) usa sua herança geológica, em conexão com todos os outros aspectos do patrimônio natural e cultural da área, para aumentar a conscientização e compreensão dos principais problemas enfrentados pela sociedade, tais como usar os

recursos da Terra de forma sustentável, mitigar os efeitos da mudança climática e reduzir riscos relacionados a desastres naturais (CPRM, 2022). Atualmente existem 177 *geoparks* UNESCO espalhados pelo mundo, sendo três localizados em terras brasileiras, o Geoparque Araripe situado no estado do Ceará, Geoparque Seridó localizado no estado do Rio Grande do Norte e Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul na divisa entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul (UNESCO, 2022).

2.2 Avaliação quantitativa da geodiversidade

A avaliação da distribuição espacial e quantitativa da geodiversidade, requer uma interpretação integrada dos elementos abióticos classificados. E mesmo sabendo que a sociedade e os organismos interagem de maneira muito direta com a natureza biótica, a geodiversidade deve ser avaliada quantitativamente apenas a partir de elementos naturais abióticos para não resultar em demais sobreposições e problemas teóricos (MANOSSO; ONDICOL, 2012).

Com o crescimento do interesse na temática, houve um aumento de modelos propostos para quantificar a geodiversidade. Estes modelos ainda encontram-se em fase de avaliação e testes, entretanto têm mostrado importantes resultados no âmbito de subsidiar a interpretação da natureza de maneira holística, não apenas prezando pela variação e quantificação exclusiva de elementos biológicos contidos na paisagem. Abaixo podemos observar algumas destas metodologias e os elementos da geodiversidade utilizados em cada uma delas.

Tabela 1: Diversos métodos de avaliação quantitativa da geodiversidade.

Autores	Metodologia
Kozlowski (2004)	Enfatizou a dissecação do relevo.
Serrano and Ruiz-Flaño (2007)	Considerou o número de elementos físicos (geomorfologia, hidrologia e solos), coeficiente de rugosidade e a superfície de cada unidade.
Benito-Calvo <i>et al.</i> (2009)	Utilizou mapas morfométricos, morfoclimáticos.
Zwoliński (2010)	Energia do relevo, fragmentação do relevo e preservação do relevo.
Hjort and Luoto (2010)	Número de elementos, gênese, tempo de formação e índice proposto por Serrano e RuizFlaño, 2007.
Forte (2018)	Utilizou a densidade do <i>kernel</i> , com dados de geologia, geomorfologia, hidrografia e elementos do solo.

Fonte: Adaptado de Silva, 2015.

Uma das dificuldades na aplicação de métodos cartográficos de avaliação da geodiversidade consiste na escolha da escala adequada, as dimensões da área de estudo, disponibilidade de dados cartográficos e dos tratamentos estatísticos que serão aplicados (LOPES, 2021). Desta forma, a fixação em uma metodologia simples e objetiva é considerada essencial no estudo quantitativo da geodiversidade.

A metodologia proposta por Pereira *et al.* (2013) tem sido a principal referência utilizada em diversos estudos em prol da geoconservação. Porém, um dos grandes desafios da aplicabilidade dessa metodologia está na definição do tamanho da quadrícula de análise, que se alia a um paradigma geográfico e cartográfico já conhecido: a questão da escala. Diferentes tamanhos das superfícies implicam em diferenças quantitativas e qualitativas dos fenômenos (CASTRO, 2009 *apud* LOPES *et al.* 2021). Durante a revisão literária é possível observar que até o momento, não existe um consenso entre a comunidade científica no que se refere aos critérios utilizados para a dimensão das quadrículas de contagem. Além disso, não existe um padrão metodológico com relação à escala da área de trabalho e a escala dos dados temáticos de entrada (LOPES *et al.* 2021).

Abaixo são apresentados alguns trabalhos que utilizaram o método de Pereira *et al.* 2013, onde podemos observar que ainda não há o consenso entre a escala e a dimensão das quadrículas de contagem (Tabela 2).

Tabela 2: Revisão bibliográfica de trabalhos que utilizaram a matriz de contagem como metodologia.

Autoria	Ano	Área de aplicação		Grid de contagem	Escala dados de entrada	
		Local	Dimensão	Tam. Célula	Mínima	Máxima
Pereira <i>et al.</i>	2013	Estado do Paraná	199.570 km ²	29 x 29 km	1:500.000	1:650.000
Silva <i>et al.</i>	2013	Bacia do Rio Xingu	511.000 km ²	13,8 x 13,8 km	1:250.000	1:2.500.000
Santos	2014	Parque Estadual Pedra Branca	125 km ²	300 x 300 m	1:10.000	1:100.000
Silva e Barreto	2014	Amazônia Legal Maranhense	-	-	1:250.000	1:750.000
Arruda e Barreto	2015	Araripina/PE	2.037 km ²	5 x 5 km	1:100.000	1:500.000
Santos <i>et al.</i>	2017	Armação de Búzios/RJ	70.977 km ²	500 x 500 m	1:10.000	1:50.000
Araújo e Pereira	2018	Estado do Ceará	148.886 km ²	12 x 12 km	1:250.000	1:600.000

Silva e Nakashima	2018	Parque Estadual do Alto Ribeira	357,78 km ²	1 x 1 km	1:100.000	1:100.000
Botelho <i>et al.</i>	2018	Brasil	8.516.000 km ²	-	1:250.000	1:250.000
Betard e Peulvast	2019	Estado do Ceará	148.886 km ²	10 x 10 km	1:500.000	1:5.000.000
Carvalho Neta <i>et al.</i>	2019	Geoparque do Araripe	3.796 km ²	2,5 x 2,5 km	1:200.000	1:600.000
Pinto Filho	2019	Estado Goiás e Distrito Federal	5.761 km ²	14,5 x 14,5 km	1:250.000	1:1.000.000
Silva <i>et al.</i>	2020	Geoparque Serindó	2.802 km ²	2 x 2 km	1:250.000	1:500.000
Porto	2020	Aglomeraco Urbana Sul/RS	7.489,24 km ²	3 x 3 km	1:25.000	1:750.000
Gonçalves <i>et al.</i>	2021	Miguel Pereira/RJ	289,183 km ²	1 x 1 km	1:100.000	1:25.000
Dias <i>et al.</i>	2021	Estado do Rio Grande do Norte	52.810 km ²	5,5 x 5,5 km	1:250.000	1:500.000
Lopes e Simon	2021	Bioma Pampa	193.915 km ²	15 x 15 km ²	1:250.000	1:250.000
Oliveira Junior	2022	Distritos diamantíferos Alto Paranaíba/MG	5.886 km ²	2 x 2 km ²	1:100.000	1:250.000
Gonçalves <i>et al.</i>	2022	Miguel Pereira/RJ	287.933 km ²	1x1 km ²	1:100.000	1:500.000

Fonte: Adaptado de LOPES *et al.* 2021

O produto cartográfico final obtido é um mapa coroplético (aqueles que permitem conhecer todo tipo de dado de um território a partir de diferentes cores ou tonalidades), cujas unidades representam, em suas áreas, índices de geodiversidade diferentes, refletindo uma concentrao maior ou menor de elementos da natureza abiótica. Quanto maior o número de elementos numa área, maior a densidade de ocorrência dos elementos, portanto, maior o ndice de riqueza da rea. Um deste exemplo da aplicabilidade da metodologia proposta por Pereira (2013.a) e seu produto final, Oliveira Junior (2022), propôs investigar o ndice de geodiversidade nos distritos diamantíferos do Alto Paranaíba (MG), onde utilizou *grids* de 2x2 km em uma área de 5.886 km², gerando um resultado cartográfico enfatizando a riqueza e demonstrando a necessidade de ações conservacionistas neste território (Figura 2).

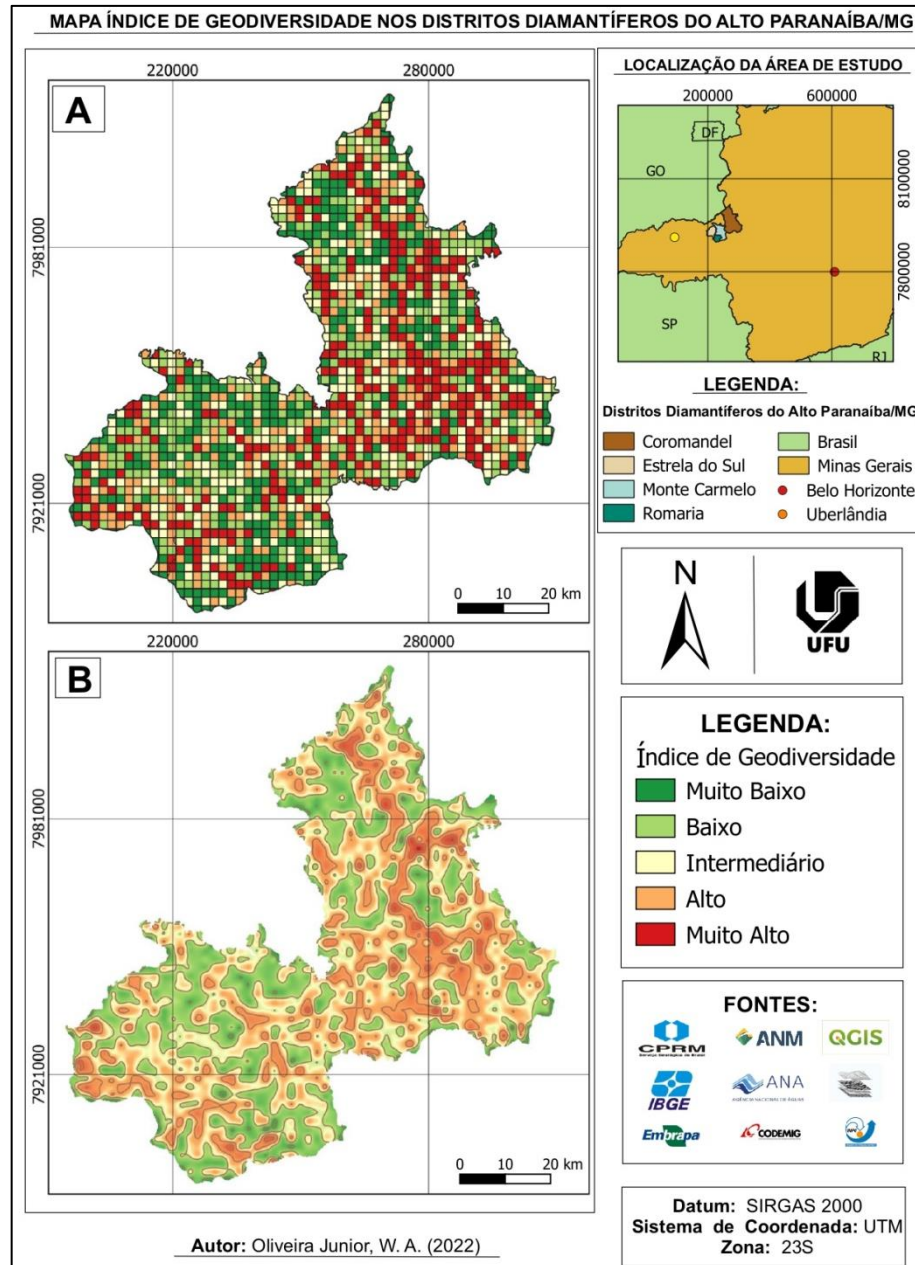


Figura 2: Mapa do Índice de Geodiversidade empregando o método de grid e utilizando a interpolação final B-spline. **Fonte:** OLIVEIRA JUNIOR, 2022.

2.3 Aspirante Geoparque Uberaba: Terra dos Gigantes

O Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes se localiza no município de Uberaba e apresenta uma extensão de 4.540,51 km², situado na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais (Figura 3). Este geoparque está inserido nas propostas de geoparque no Brasil, elaborado pela CPRM (2010), onde primeiramente era mencionada como Geoparque Uberaba-Terra dos Dinossauros do Brasil. Em 2022 foi submetido à proposta para Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em se tornar

um geoparque reconhecido internacionalmente, ganhando o título de Geoparque Aspirante (PASQUINI, 2022).

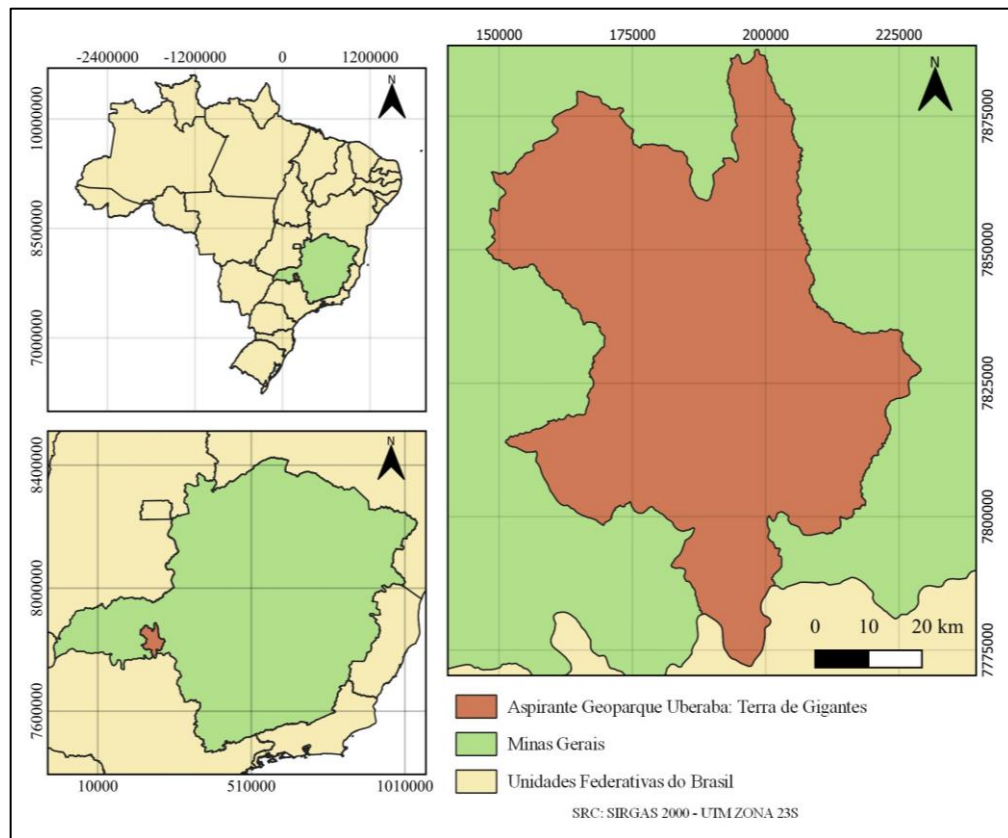


Figura 3: Localização do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra dos Gigantes. **Fonte:** O autor, 2023.

2.3.1 Patrimônio Fossilíferos

Desde o século passado, o município de Uberaba tem sido alvo de intensas investigações paleontológicas, se tornando um dos maiores sítios paleontológicos do Cretáceo continental brasileiro, com registros fósseis datados de 80 a 65 milhões de anos de idade (RIBEIRO *et al.*, 2012). Nos últimos 70 anos, foram encontradas mais de trinta e uma ocorrências fossilíferas (Figura 4) associadas às Formações Uberaba e Marília, onde, mais de milhares de fósseis já foram escavados e depositados em instituições de referência nas cidades do Rio de Janeiro e Peirópolis/Uberaba (RIBEIRO *et al.* 2010).

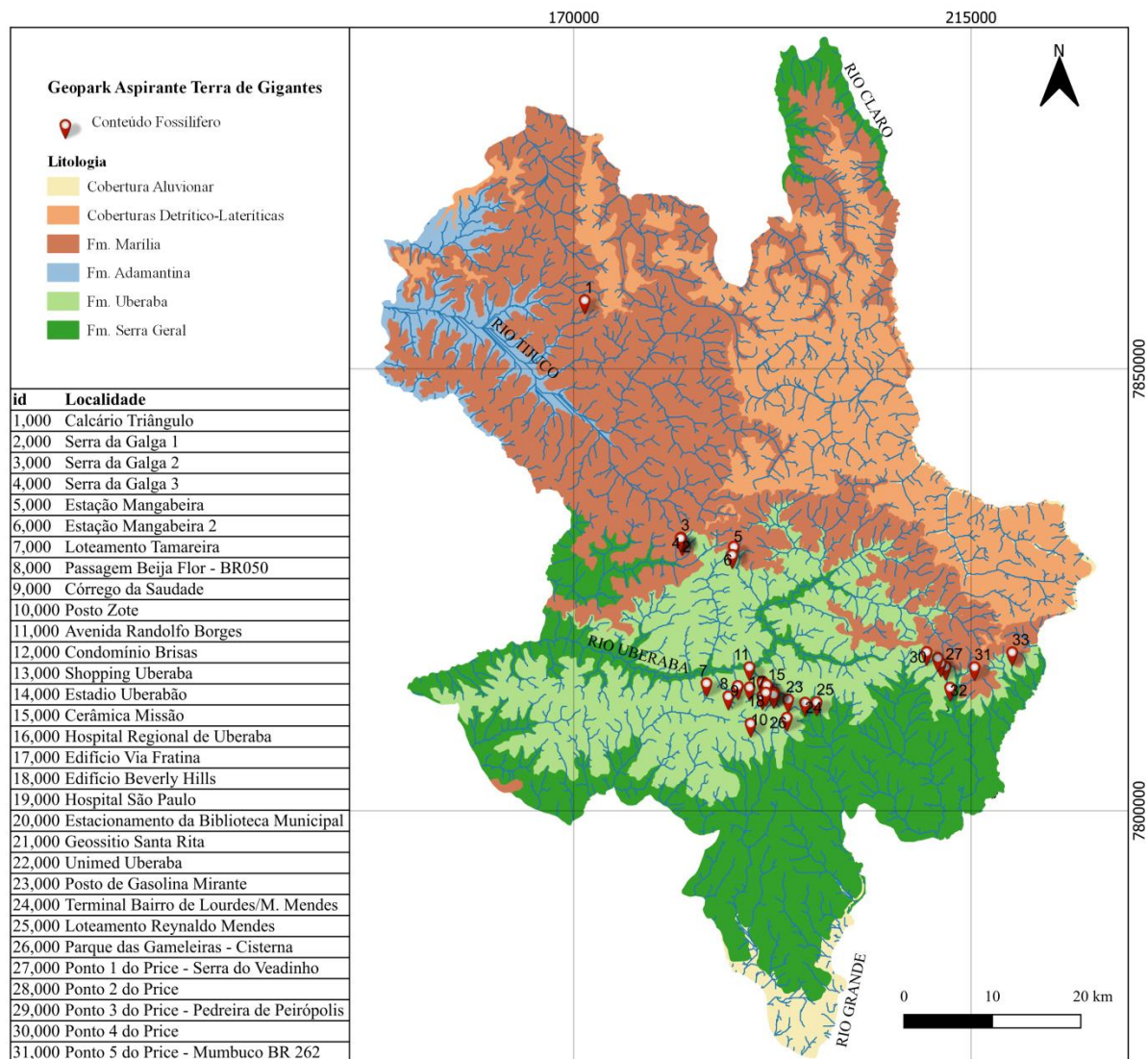


Figura 4: Ocorrências fossilíferas e mapa litológico do município de Uberaba/MG. **FONTE:** Adaptado de CORRADINI et. al. 2022.

As ocorrências fossilíferas são encontradas em diversas localidades dentro do geoparque, inclusive na área urbana, onde devido às escavações para obras como alicerces de prédios, hospitais, abertura de ruas e avenidas, escavação de poços superficiais para captação d'água, adutoras, shoppings e até estádios de futebol, a riqueza paleontológica é descoberta (GODOY *et al.* 2013).

Desta forma, tornou-se necessário implementar rígidas políticas públicas municipais em prol da preservação deste patrimônio paleontológico encontrado nestas obras. Um exemplo é a Portaria Conjunta SEMAM/SESURB/SEPLAN/SEOB nº 003/2015, política pública municipal de geoconservação, onde essa Lei prevê que toda e qualquer área dentro do território do Projeto Geoparque Uberaba, que houver potencialidade paleontológica, o

empreendedor deve se atentar no sentido de contratar especialista para se fazer um diagnóstico das potencialidades paleontológicas das rochas que deverão ser interferidas por suas obras. Se esse estudo apontar que há uma possibilidade de se encontrarem fósseis, o empreendedor é obrigado a contratar uma empresa ou fazer uma associação com uma universidade, para que se estabeleça um programa ambiental para preservar os eventuais fósseis que possam aparecer (UFMT, 2021). Outra lei de cunho geoconservacionista é a Lei nº 13.480/21 que corrobora a continuidade do projeto Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes, onde tem como objetivo apoiar atividades que propiciem experiências de viagem, resgatando memórias por meio da preservação do patrimônio histórico, cultural e no aumento de atrativo turísticos do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA, 2021).

A maioria dos fósseis de animais vertebrados ocorre na Formação Marília, principalmente da região de Peirópolis onde foi identificada uma fauna diversificada, composta por peixes, anfíbios, répteis (lagartos, tartarugas, crocodiliformes e dinossauros) e também algas carófitas, esporocarpos de pteridófitas (*Marsileaceae*), ostracodes, gastrópodes, bivalvíos, icnofósseis de invertebrados e vertebrados (KELLNER, et. al. 2012). Os estudos das assembleias fósseis e de seus contextos geológicos têm permitido uma compreensão acerca dos ambientes deposicionais desta região, onde é evidenciada pela preservação dos fósseis bem como da diversidade biológica (SCHOBENHAUS, 2012).

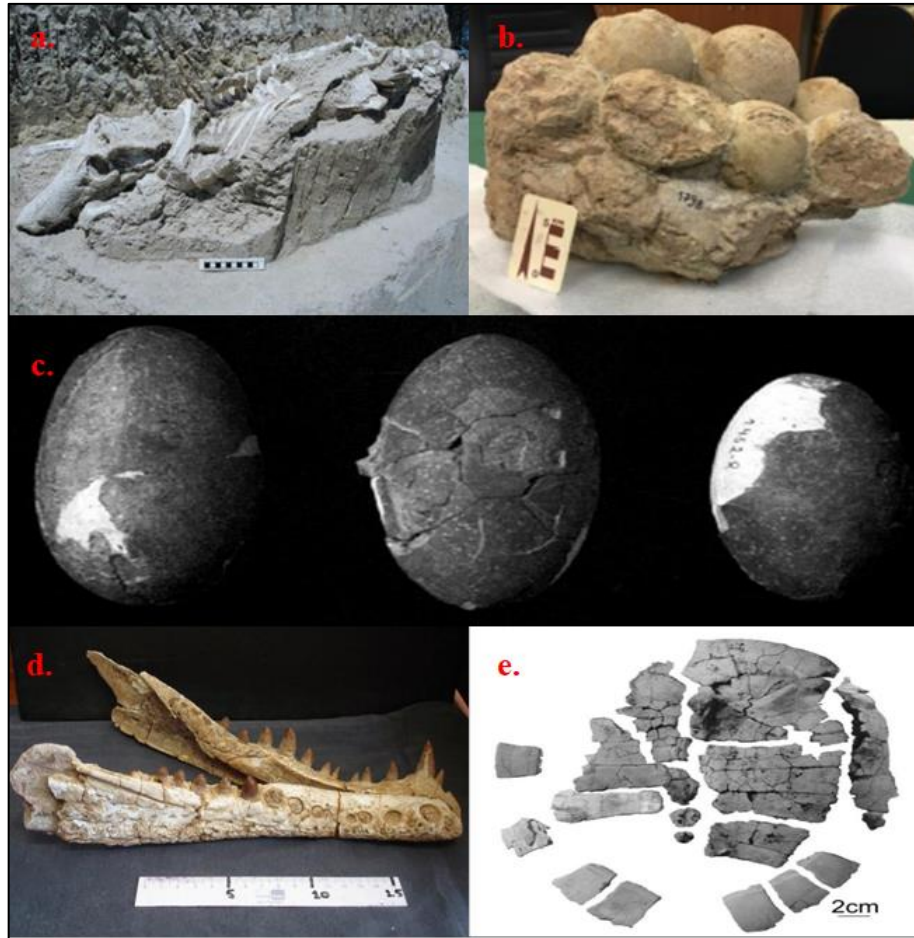


Figura 5: Exemplos de fósseis encontrados no Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes: a. Fóssil do *Uberabasuchus terrificus* exposto durante as escavações realizadas em setembro de 2000; b. Ninhada de ovos que foi encontrada no geossítio Ponte Alta; c. ovos de dinossauro; d. *Itasuchus jesuinoi* sp.; e. Carapaça parcial de *Cambaremys langertoni* n. gen., n. sp., vista visceral. **Fonte:** Ribeiro, 2014 *apud* SGB, CPRM, 2022.

2.3.2 Geologia

No ponto de vista geológico regional, o município se insere no contexto da Bacia Bauru, onde teve sua gênese associada à reativação Sul-Atlântica, iniciada a partir do Cretáceo Inferior com os derrames da Formação Serra Geral, a ruptura do megacontinente Gondwana e a posterior evolução da Plataforma Sul-Americana (FERNANDES, 2000). A região interiorana continental sofreu intensas manifestações tectônicas resultando no modelamento do embasamento pré-Bauru com forte controle estrutural do tipo *rift* como resposta à lenta subsidência termo-mecânica do substrato, configurando uma depressão do tipo continental interior (FERNANDES *et al.*, 1996). A estratigrafia da área é representada pelo Grupo São Bento, representado pela formação Serra Geral e o Grupo Bauru, com as

formações Uberaba, Adamantina e Marília (membros Ponte Alta e Serra da Galga) e as coberturas terciárias como a Formação Nova Ponte e coberturas aluvionares e detritico-lateríticas (Figura 6).

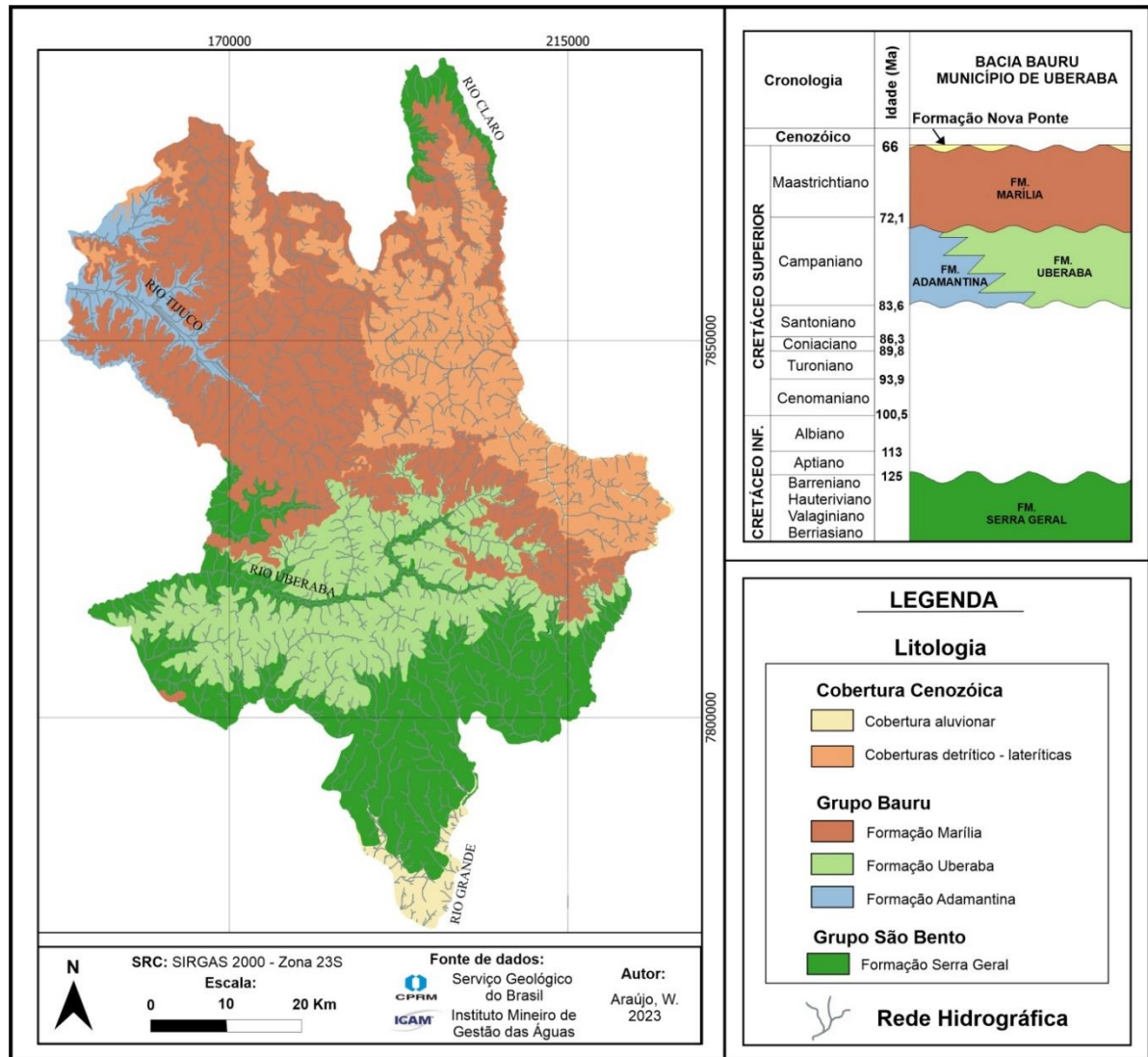


Figura 6: Mapa litológico e coluna estratigráfica do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes. **Fonte:** Adaptado de Santos et al. 2019.

O Grupo São Bento surge na área com a Formação Serra Geral que constitui o embasamento regional da Bacia Bauru, os litotipos dominantes são basaltos negros a cinza escuros, maciços, com textura fanerítica fina à afanítica, relacionados com a ruptura do paleocontinente Gondwana causador de um vulcanismo, que em alguns locais atinge 2000m de espessura (MILANI, 1997 *apud* SBG, CPRM, 2022). Os basaltos apresentam um fraturamento horizontal e uma concentração de vesículas na região basal, colunas bem desenvolvidas na porção central e novo enriquecimento de vesículas no topo, que pode conter geodos com dimensões decimétricas (SEER & MORAES, 2017).

O Grupo Bauru, formou-se no Cretáceo Superior a partir de processos tectônicos que ocorreram na Bacia do Paraná, em decorrência da separação de Gondwana, com a abertura do Oceano Atlântico e que possivelmente teve influência do orógeno andino. As rochas da bacia representam um sistema deposicional continental que se instalou no interior da Placa Sul-Americana e que teve como nível de base um ambiente lacustre colmatado gradualmente por sistemas aluviais que resultaram do soerguimento acentuado de suas bordas (BATEZELLI, 2003).

A Formação Uberaba foi definida por Hasui (1969), é constituída por bancos de arenitos métricos com matriz argilo-siltosa, intercalados ocorrem siltitos, argilitos, arenitos conglomeráticos a conglomerados arenosos. O ambiente deposicional da Formação Uberaba ainda é muito debatido, tendo como principal hipótese, um ambiente fluvial entrelaçado (BATEZELLI, 2003). De acordo com Marinho *et al.* (2022) essa formação é de idade Campaniana (83,6 Ma – 72,1 Ma) (SOARES *et al.* 2020).

A porção basal da Formação Uberaba está em contato erosivo com os basaltos da Formação Serra Geral, que é marcado pela presença de conglomerados polimíticos contendo clastos de basalto, arenito e argilito. Já, o contato superior, raramente pode ser visto, é considerado por alguns autores como contato abrupto, marcado por um nível de silexito e conglomerado rico em seixos de quartzo, cimentado por carbonato de cálcio (QUINTÃO *et al.* 2017 *apud* SBG, CPRM, 2022). O conteúdo paleontológico da Formação Uberaba compõe-se, essencialmente, de uma assembléia associada notadamente a dinossauros, onde estão registrados ovos e elementos ósseos variados, encontrados comumente durante escavações de empreendimentos que ocorrem na malha urbana de Uberaba.

A Formação Adamantina ocorre a noroeste do município, próximo a Bacia do Rio Tijuco, é composta por camadas de arenitos intercaladas com siltitos e lamitos arenosos. Os arenitos são muito finos a finos, na cor marrom claro, rosado e alaranjado, possui aspecto maciço e, localmente, exibe estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte. São depósitos eólicos acumulados em extensas áreas planas, na forma de lençóis de areia e campos de dunas baixas (FERNANDES, 2004).

A Formação Marília foi citada primeiramente Almeida & Barbosa (1953) para designar as rochas sedimentares da porção superior da Bacia Bauru, caracterizada pela presença de nódulos e cimento carbonáticos (SIGRIST, 2018). Na região de Uberaba afloram os membros Serra da Galga e Ponte Alta, onde o Membro Ponte Alta é associado a fácies

carbonática e o Serra da Galga a fácies clásticas. Para estas duas fácies propõe um modelo deposicional de leques aluviais dominados por canais fluviais entrelaçados (*braided*), submetido a um clima semi-árido em planícies extensas, com presença de pequenos lagos e lagoas, com amplas áreas susceptíveis à formação de paleossolo e crostas carbonáticas (CAPILLA, 1995).

Uma nova interpretação sobre a estratigrafia na região de Uberaba foi apresentada por Soares *et al.* (2020) que considerou a existência de única unidade estratigráfica composta por arenitos com intercalações de camadas de rochas calcárias denominada a Formação Serra da Galga (Figura 7). Conforme Soares *et al.* (2020), a Formação é limitada na base por uma descontinuidade erosiva com a Formação Uberaba e, ao topo por solo laterítico de idade cenozóica, com espessura média de aproximadamente 100 metros. A constituição da Formação é predominantemente por subarcóseos líticos e, em menor medida, litoarenitos, sublitoarenitos e litoarenitos feldspáticos, depositados em ambiente semiáridos na forma de leques aluviais e lagos efêmeros, entre 86 e 74 Ma. (RIBEIRO, 2001). O conteúdo fossilífero expressa à presença de titanossauros saurópodes, terópodes abelisaurídeos, crocodiloformas peirosaurídeos, tartarugas podocnemidóides e peixes amídeos (NOVAS *et al.*, 2008; *apud* SOARES, 2020).

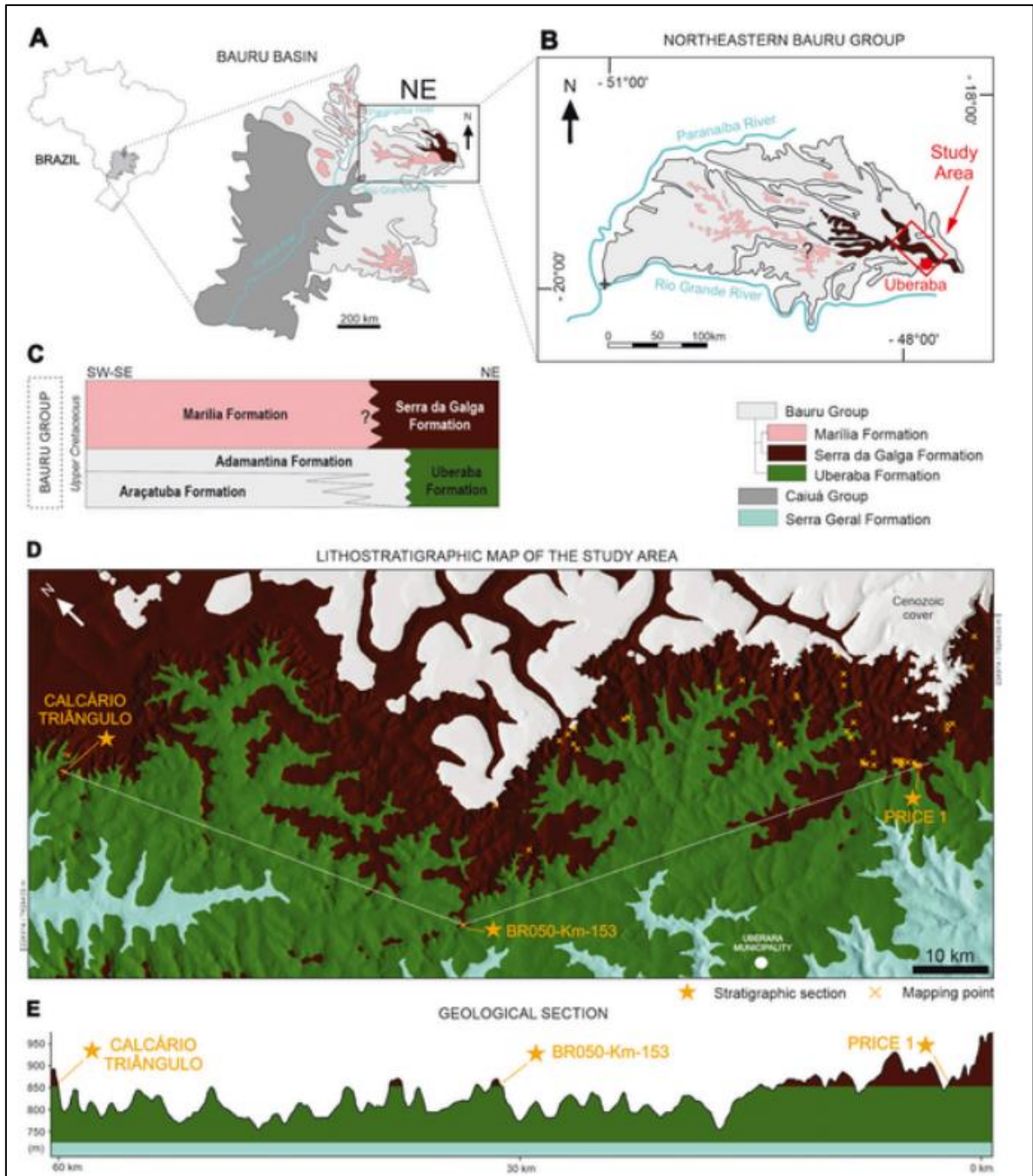


Figura 7: Esquematização da geologia regional: a. Mapa de localização da Bacia Bauru no Brasil; b. Distribuição da Formação Serra da Galga na margem nordeste da Bacia Bauru; c. Estratigrafia do Grupo Bauru; d. Mapa litoestratigráfico do estudo com a localização dos afloramentos estudados e seções estratigráficas; e. Seção geológica do transecto downdip entre as seções estratigráficas Price 1, BR050-Km-153 e Calcário Triângulo. **Fonte:** Soares *et al.* (2020).

A Formação Nova Ponte foi definida durante o mapeamento geológico da área do reservatório da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte. É composta por extensas cascalheiras com níveis arenosos que pode atingir até 50m de espessura. O acamamento foi a única estrutura

sedimentar identificada. As cascalheiras são compostas por seixos arredondados com alta esfericidade e dimensões de até 15 cm de diâmetro. Os seixos são de arenito da Formação Botucatu, arenitos finos, tufitos e rochas alcalinas do Grupo Bauru, mica-xisto e quartzito do Grupo Araxá, quartzo de veio e basalto da Formação Serra Geral. A Formação Nova Ponte é capeada pela cobertura detrito-laterítica que cobre as extensas chapadas do Triângulo Mineiro (SBG/CPRM, 2022).

No Quaternário, os depósitos sedimentares aluviais se formaram ao longo dos leitos e das margens dos rios. São compostos por cascalhos, areia, silte e argila com restos orgânicos associados. Já os depósitos coluviais e eluviais constituem solos de diferentes origens e características, como por exemplo, os solos argilosos vermelhos e as lateritas (cangas ferruginosas) formadas a partir do intemperismo dos basaltos da Formação Serra Geral, e as coberturas areno-argilosas de coloração creme e amarela, formados a partir da decomposição das rochas do Grupo Bauru (SEER; MORAES, 2017 *apud* SBG/CPRM, 2022).

2.3.3 Aspectos Fisiográficos

A hidrografia do geoparque é marcada por duas grandes bacias, Rio Grande e do Rio Paranaíba, pertencente à Bacia do Paraná. Os principais cursos d'água são os Rios Tijuco e Claro (que desaguam no Rio Paranaíba) e o Rio Uberaba que desagua no Rio Grande e o próprio Rio Grande.

O Rio Uberaba é o principal rio e manancial do município, nasce numa região de planalto em uma altitude de 1.012m, próximo ao trevo de Ponte Alta, na BR-262, corta a área urbana da sede municipal, percorrendo 140 km até sua foz no rio Grande (SEMAM, 2002). O rio Uberaba cortou todo o pacote de arenitos da formação Uberaba e hoje tem o seu leito sobre os basaltos da Formação Serra Geral, sendo controlado por sistemas de fraturas e por isso possui muitas cachoeiras ao longo do seu percurso. A captação de água além de utilizar os mananciais do Rio Uberaba, utiliza-se poços profundos do aquífero Guarani e do aquífero fraturado da Formação Serra Geral (RODRIGUES, 2007).

Do ponto de vista geomorfológico, o Geoparque Uberaba está inserido em um clima tropical semiúmido, com extensos altiplanos capeados pelo cerrado, sendo caracterizado por Ab'Saber (2003) como domínio dos chapadões. Segundo os critérios propostos por King (1956), as feições geomorfológicas podem ser subdivididas em duas superfícies regionais de aplainamento: a Superfície Sul-Americana e a Superfície Velha (SBG/CPRM, 2022). Nas

duas destacam-se largos degraus escarpados de borda de planalto com desníveis da ordem de 80 a 100 metros (Figura 8).

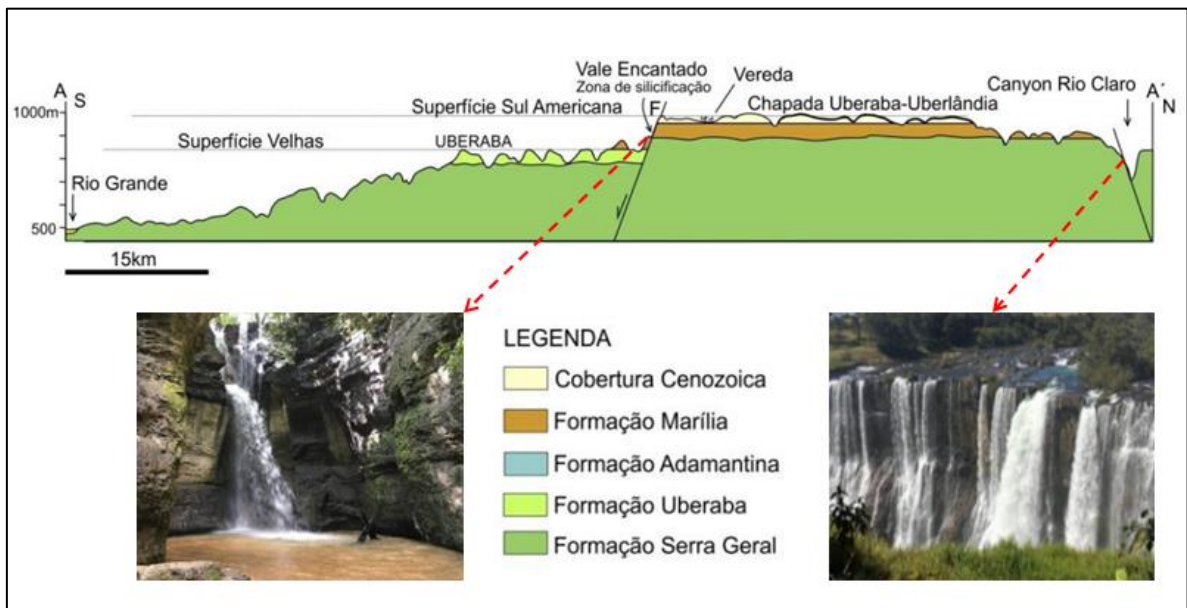


Figura 8: Perfil geológico com as principais feições geomorfológicas que ocorrem no município de Uberaba. **Fonte:** Adaptado de Cavalcanti, *et al.* 2022.

A chapada Uberaba-Uberlândia possui extensão próxima do eixo leste-oeste, sendo limitado em suas extremidades pelos Rios Uberaba, Tijuco e certos tributários do Rio Grande. No topo aplainado do chapadão, o escoamento compõe o Rio Claro, pertencente à bacia do Rio Araguari. De modo geral, o chapadão varia entre 950 e 1.100 metros de altitude nos pontos mais altos, já os degraus escarpados que o margeiam possui altitudes próximas de 900 metros. Estes degraus escarpados marcam a transição para a superfície de aplainamento velha, por meio de vertentes íngremes e pouco extensas (Carvalho *et al.*, 2017 *apud* SBG/CPRM, 2022). A área urbana do município de Uberaba encontra-se nesta superfície, sendo caracterizados por relevo de colinas suaves e longas, com declividade diminuta e drenagens espaçadas, em cotas entre 600 e 800 metros (SBG/CPRM, 2022).

Nestes terrenos planos, desenvolvem-se solos muito profundos, maduros, lixiviados e de baixa fertilidade natural (Latosolos Vermelho-Amarelos Distróficos). Contudo, nas suaves depressões abaciadas e ao longo dos fundos de vales abertos, predominam solos hidromórficos (Gleissolos Háplicos e Organossolos), com nível freático aflorante durante o período úmido (CARVALHO *et al.*, 2017). O geoparque é composto por quatro compartimentos do relevo que representam: superfícies de relevo ondulado suave a dissecado, superfícies convexas de média dissecção no vale do rio Grande; superfícies com topo

suavemente plano e superfícies de topos convexos alto do Rio Tijuco (FERREIRA *et al.* 2022).

2.3.4 Geossítios

Nos últimos anos, o Centro de Pesquisas Paleontológicas L.I. Price e Museu dos Dinossauros, em parceria com a Universidade Federal do Triangulo Mineiro (UFTM), vem fazendo diversas ações nos âmbitos da pesquisa, ensino, proteção do patrimônio geológico e popularização da ciência dos fósseis. Tais atividades transformaram a realidade local através do geoturismo e os fósseis ganharam nova aplicação, não apenas se limitando ao conhecimento científico, mas simbolizando ferramentas de desenvolvimento socioeconômico e cultural, possibilitando desenvolvimento regional sustentável consolidando a região como Terra dos Gigantes (RIBEIRO, 2011).

Em 2022, foi realizado um levantamento sistemático da área (SGB-CPRM, 2022) com o objetivo foi identificar locais de relevância científica, educativa e/ou geoturística dentro do território que contam a história geológica e processos geológicos da região, desta forma, foram descritos trinta e um geossítios, dos quais cinco possuem relevância internacional, seis relevância nacional e vinte de relevância regional/local. Estes geossítios (Figura 9) se relacionam com os processos da dinâmica interna do planeta (tectônica e vulcanismo), dinâmica externa (sedimentação, erosão e intemperismo) e a dinâmica antropogênico (mineração e obras civis). As principais classes temáticas abordadas foram às caieiras, estratigrafia, geomorfologia, hidrogeologia, mineração de calcário, paleontologia, sedimentologia e o vulcanismo.

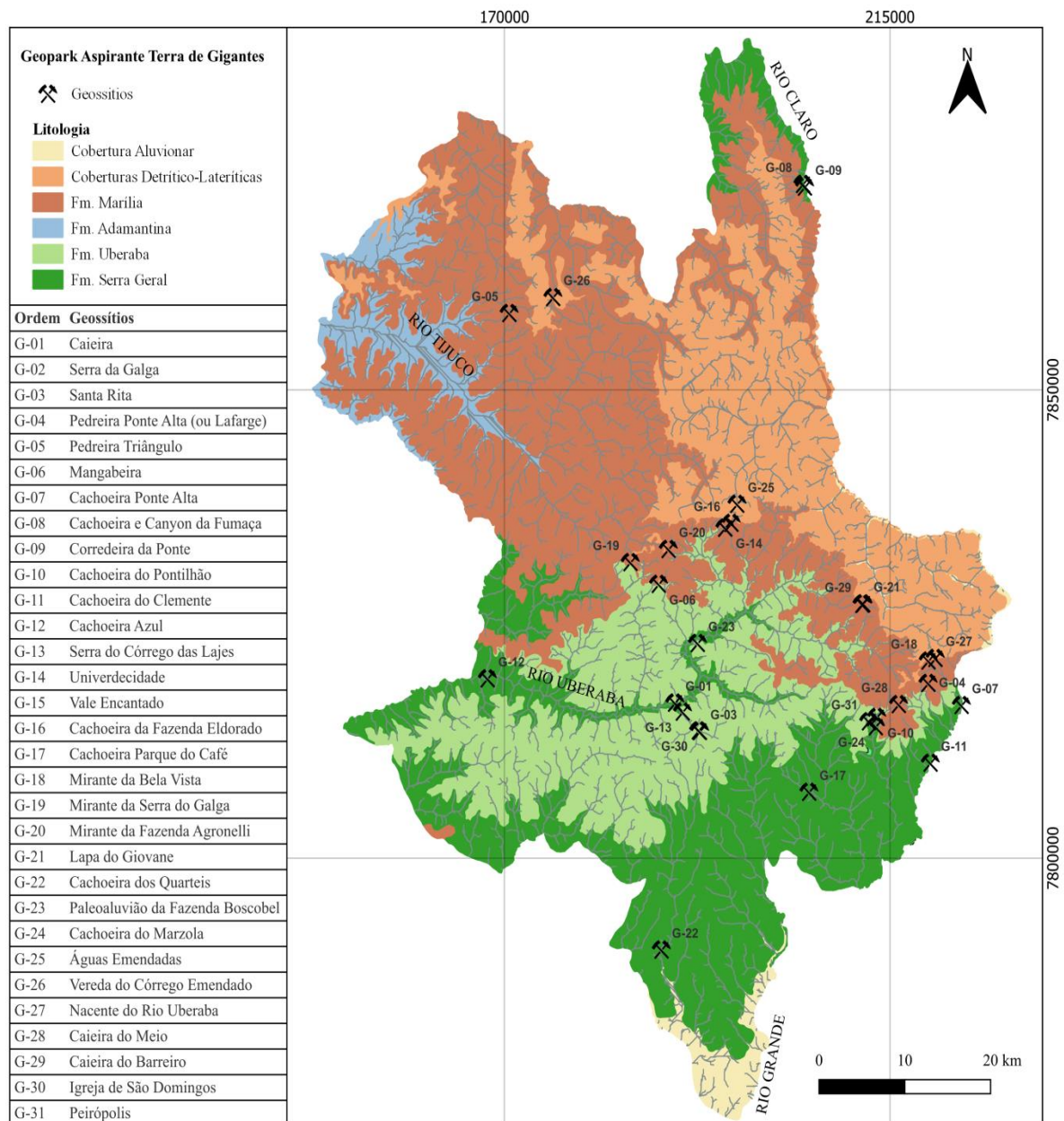


Figura 9: Mapa com a localização dos geossítios inventariados e a litologia do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes. **Fonte:** Adaptado de SGB-CPRM, 2022 e Corradini *et. al.* 2022.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Materiais

Os materiais utilizados nessa pesquisa foram:

- *Software* QGIS Desktop 3.22 com a ferramenta GRASS 7.8.5, GDAL e SAGA.
- Ferramentas para geração do modelador gráfico: Designer de Modelos QGIS, inclusas no QGIS para manipulação e geoprocessamento dos dados.
- Ferramentas para geração do *plugin*: *Plugin* Builder; *software* Atom para implementação de algoritmos; *software* QtDesigner para o projeto da interface; *Plugin* Reloader para atualização dos arquivos base. A linguagem de programação adotada foi o *python*, utilizando o histórico do QGIS para empregar as funções de geoprocessamento.
- Base de Dados: Limites geográficos (IBGE, 2022); Litologia (CODEMIG, 2017); Geomorfologia (IBGE, 2019); Pedologia (EMBRAPA, 2019); Hidrografia (IGAN, 2022); Recursos minerais (CODEMIG, 2017); e conteúdo fossilífero (CORDANNI, 2022).

3.2 Método

O processo metodológico executado é uma fase importante para compreensão do projeto proposto. Para uma melhor esquematização das etapas, foi realizado o fluxograma da metodologia como demonstrado na Figura 10, com a finalidade de demonstrar de maneira objetiva o processo de desenvolvimento desta pesquisa. As etapas foram divididas em 3 seções de trabalho, sendo elas: aquisição de dados, processamento e resultados.

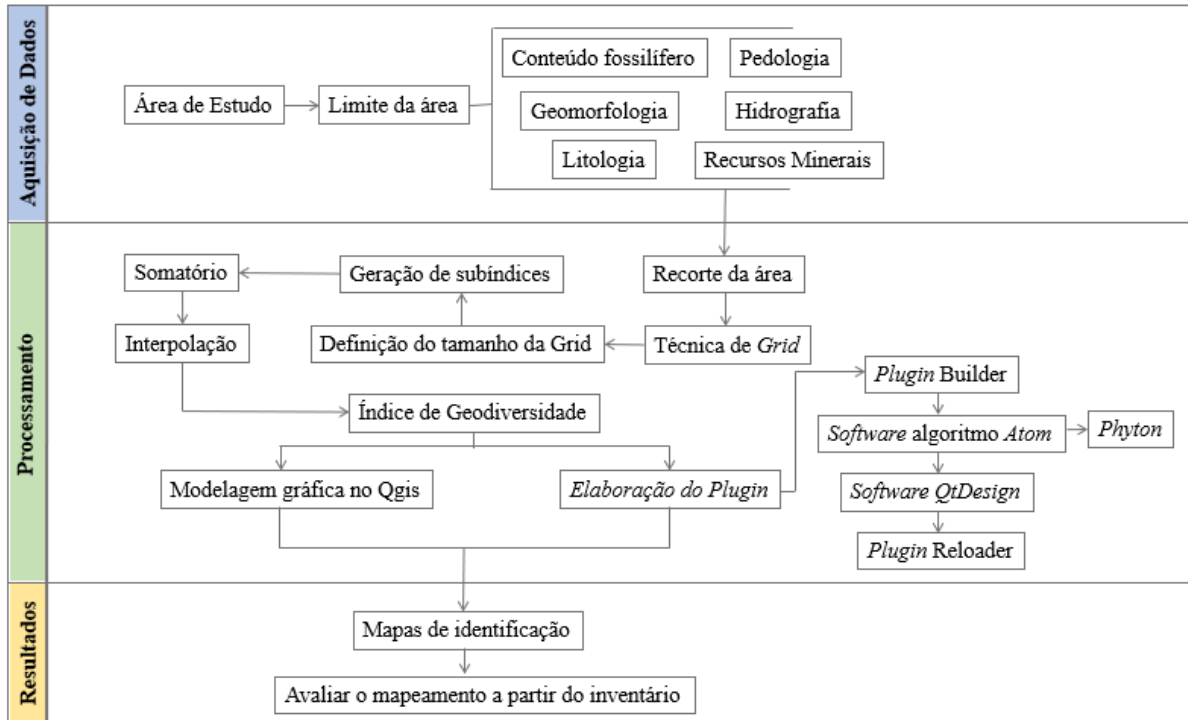


Figura 10: Fluxograma da metodologia. **Fonte:** O autor, 2023.

3.2.1 Índice de Geodiversidade

Neste tópico, será demonstrada a metodologia aplicada para a geração do Índice de Geodiversidade, para posteriormente ser unificado em duas ferramentas do QGIS, denominada modelador gráfico e desenvolvimento de um *plugin*.

A metodologia empregada é baseada em Pereira *et al.* (2013). A primeira etapa da metodologia propõe a sobreposição de quadrículas ou grades (*grids*) sob os planos de informações, onde cada *grid* terá agregado a si um valor que numericamente corresponde à quantidade de tipologias existentes em sua área. Após, utiliza-se um somatório das tipologias, onde se define os subíndices de cada dado (geologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia, recursos minerais entre outros). A somatória de todos os subíndices fornece o índice total de geodiversidade para determinada região, representando as ocorrências de elementos abióticos de cada *grid* e de toda área (SILVA *et al.*, 2021). A interpolação é utilizada para melhorar o aspecto visual do produto final. A Figura 11 é uma representação simplificada e esquemática da metodologia.

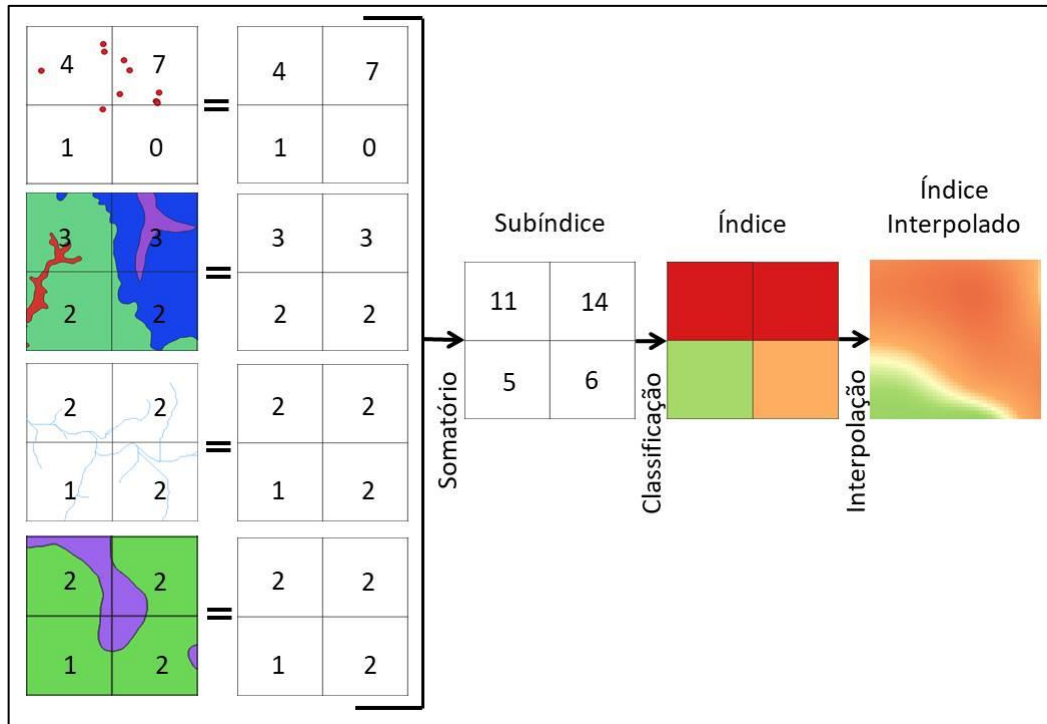


Figura 11: Representação do método de análise quantitativa da geodiversidade, proposta por Pereira et. al. 2013. **Fonte:** Adaptado de SILVA et al., 2021.

3.2.2 Desenvolvimento de modeladores gráficos no QGIS

O QGIS possui um modelador de processamento denominado Modelador gráfico, o qual permite ao usuário definir os fluxos de trabalho a serem executados como uma etapa única. (QGIS, 2021). Fundamentalmente, torna-se necessário definir os dados de entrada, os parâmetros da ferramenta de processamento e os dados de saída para cada produto a ser gerado (AMORIM, 2021). Para os dados de entrada, é possível definir os formatos de arquivos: *raster*; *vetor*; *string*; *tabela*; *número*; *booleano* (Figura 12a). Os formatos dos arquivos de saída estarão em conformidade com os parâmetros de processamento pré-estabelecidos. O modelador gráfico do QGIS inclui algoritmos com parâmetros de processamento, tais como: GDAL, GRASS, SAGA, entre outros (Figura 12b).

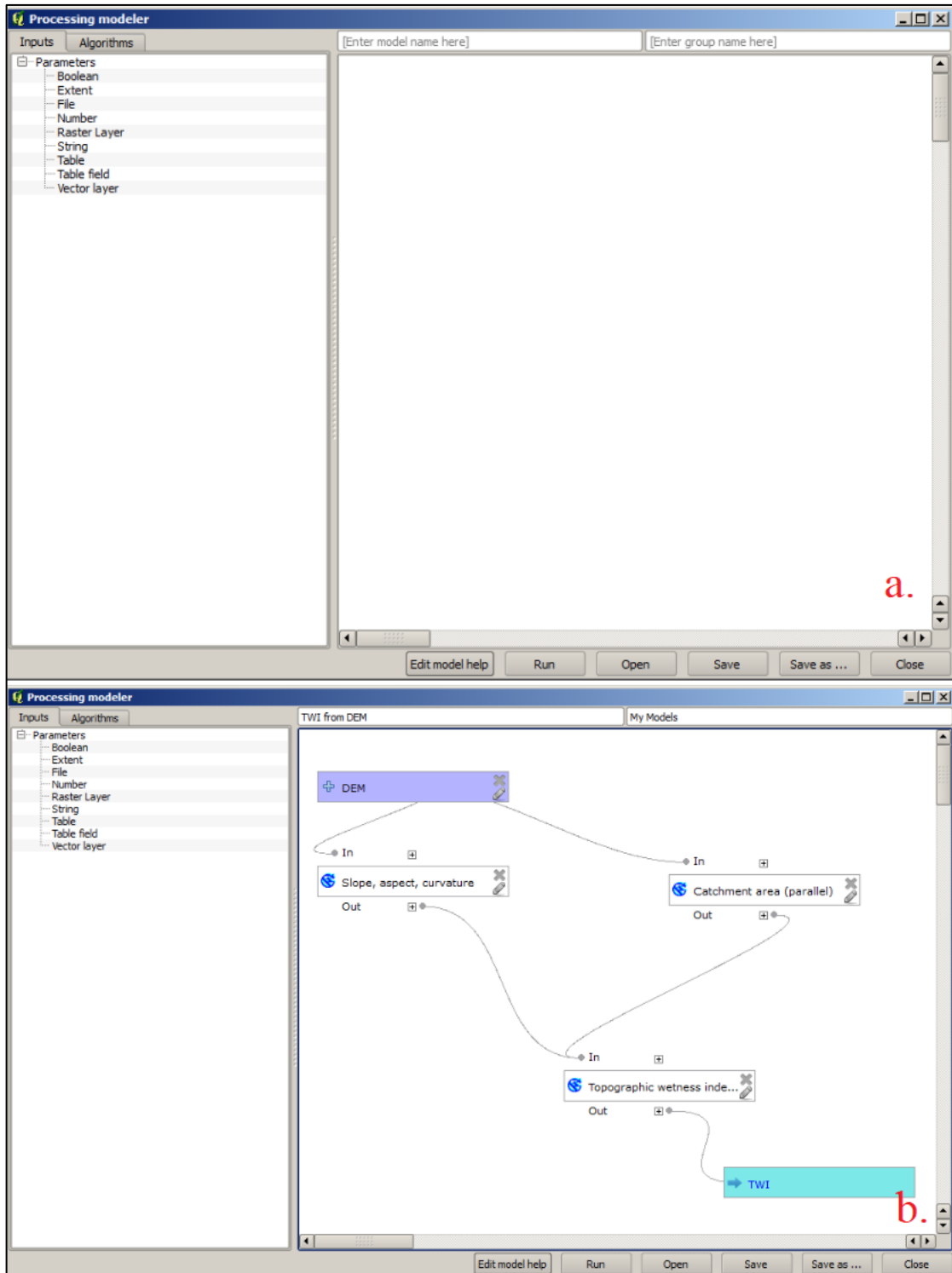


Figura 12: Modelador gráfico do QGIS: a. Tela Inicial do Modelador Gráfico do QGIS; b. Exemplo de modelo. **Fonte:** QGIS (2022).

O resultado da rotina de processamento construída no modelador gráfico é uma interface disponível na tela principal do QGIS. Dessa forma, torna-se possível realizar as tarefas de processamento de dados para produção de mapas como uma tarefa única, bem

como compartilhar a rotina desenvolvida com outros usuários para que um mesmo padrão de processamento possa ser aplicado em variados dados.

3.2.3 Desenvolvimento de *Plugin* no QGIS

Para geração do *plugin* Índice de Geodiversidade, é necessário à utilização do *Plugin Builder* para gerar os arquivos necessários. Posteriormente, o modelador gráfico que será gerado é utilizado para definição das operações a serem executadas por meio das ferramentas disponíveis no QGIS. Em decorrência da definição das ferramentas de processamento especificadas no modelador gráfico e após testar as operações com o auxílio da interface produzida no QGIS, exporta-se a rotina como um arquivo *python* para posterior implementação das linhas de comando (AMORIM *et al.*, 2021).

O *python* é desenvolvido sob uma licença de código aberto aprovado pela *Open System Interconnection* (OSI). Este tipo de código suporta múltiplos padrões de programação, podendo ser usado para programas simples e rápidos, mas com estruturas de dados complexas. Combinado com ferramentas de geoprocessamento, como o QGIS, possibilita a criação de ferramentas para diversas funcionalidades, incluindo a análise quantitativa da geodiversidade.

Atualmente, *scripts* em *python* vêm sendo amplamente utilizados para a personalização de SIG e desenvolvimento de aplicativos com mapas (HUNTER, 2013), por contarem com vantagens que vão muito além da gratuidade da linguagem de programação de código aberto inclusive em *softwares* comerciais como o ArcGIS. De acordo com Lutz e Ascher (2007), esta linguagem foi projetada para ser fácil de manter, usar e aprender e possui suporte por meio de uma grande comunidade online que responde as consultas dos usuários com a mesma velocidade de fornecedores comerciais para as mais variadas bibliotecas com módulos específicos de desenvolvimento de sistemas. Uma biblioteca *python* é uma coleção de módulos *python* organizados como um pacote. No geral, isso significa que todos os módulos vivem dentro do mesmo diretório e que esse diretório está armazenado em um dos caminhos de busca que o *python* realiza para carregá-lo (AMORIM *et al.*, 2021).

O *Plugin Builder* auxilia na estruturação dos *plugins* por meio da construção de um código fonte básico que segue os moldes exigidos pelo repositório oficial QGIS. Este código serve de base para a elaboração do *plugin* a ser criado. Durante a criação dos arquivos base do *plugin*, o *Plugin Builder* utiliza formulários para personalizar o mesmo, sendo possível definir

(Figura 13a): descrição de como os usuários encontrarão o *plugin* no menu QGIS; opções de quais tipos de arquivos a serem gerados; onde será publicado o *plugin* (página web para o repositório) e salvo (memória interna do computador) (Figura 13b). Ainda, é possível definir o *plugin* gerado como estando em fase experimental, assim, os usuários podem entender que o sistema ainda carece de testes e aprimoramentos. A utilização do *Plugin Reloader* permite atualizar o código do *plugin* e tê-lo refletido no QGIS sem ter que reiniciar o QGIS todas as vezes.

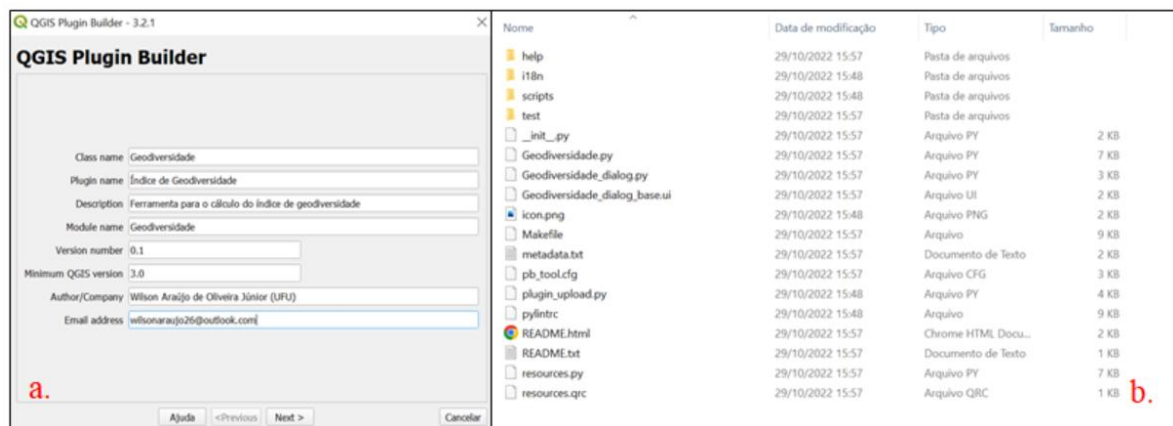


Figura 13: Processo de criação do *plugin*: a. Caixa de diálogo *QGIS Plugin Builder* onde é respondido o formulário com detalhes relacionados ao *plugin*; b. Base de dados do *plugin* recém-criado.

Para o desenvolvimento da interface do sistema, utiliza-se o *software* Qt Designer, o qual está disponível em conjunto com o *software* QGIS e objetiva projetar e criar interfaces gráficas de usuário *Graphical User Interface* (GUI) com Qt Widgets. No Qt Designer, torna-se possível compor, personalizar e testar interfaces (Figura 14). Os *widgets* e formulários criados com o Qt Designer se integram ao código programado. Dessa maneira, as propriedades definidas no Qt Designer podem ser alteradas dinamicamente dentro do código desenvolvido previamente. Esse *software* apresenta uma interface simples de arrastar e soltar elementos gráficos para dispor os componentes dos sistemas, tais como os botões, campos de texto, caixas de combinação e muito mais. Qt Designer produz arquivos no formato *.ui*, este é um formato especial baseado em XML que armazena seus *widgets* como uma árvore.

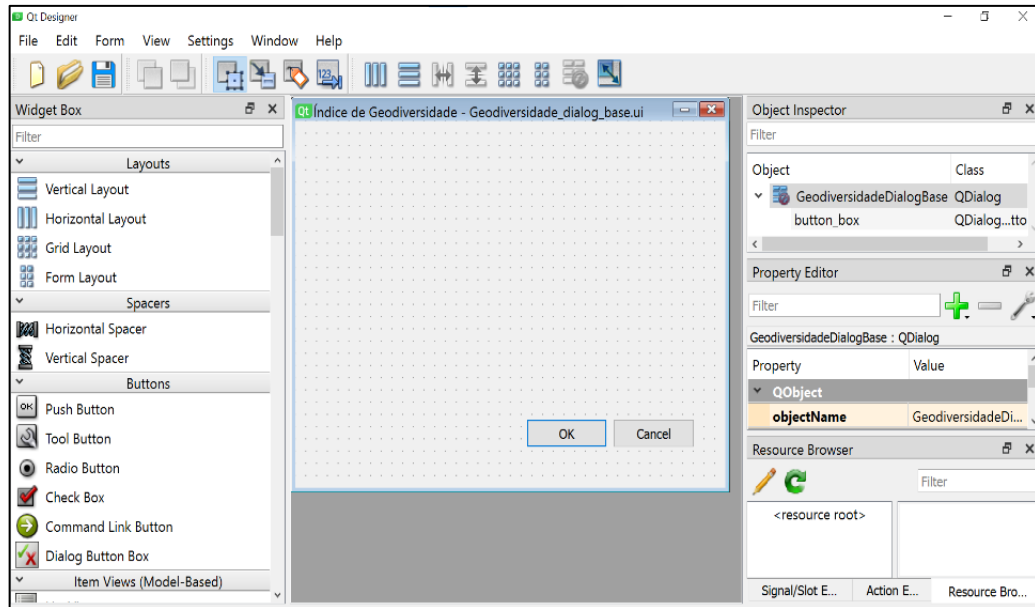


Figura 14: Interface do Qt Designer onde é criada a interfaces gráficas do *plugin*.

Após as etapas de desenvolvimento dos arquivos base com a utilização do *Plugin Builder* e projeto da interface com o *software QtDesigner*, o *plugin* pode ser acessado (localmente) na tela de complementos do QGIS (Figura 15). Nesse momento, é possível encontrar as informações utilizadas durante a criação do *Plugin*, tais como: autor; data; *tags*; e texto explicativo sobre a funcionalidade do sistema.



Figura 15: *Plugin* instalado no repositório de complemento no QGIS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Modelador gráfico

A primeira etapa para o projeto do modelador gráfico foi à definição dos arquivos de entrada. Para tanto, foram definidos nessa etapa: (a) os arquivos para delimitação da área de estudo (Polígono); (b) a escolha do sistema de referência das coordenadas; (c) o tamanho da quadrícula para individualizar os espaços da área de estudo (podendo definir tamanho de comprimento e largura); (c) especificação dos arquivos base para realizar o cálculo do índice de geodiversidade, sendo a litologia (polígono), a geomorfologia (polígono), a hidrografia (linha), a pedologia (polígono), as ocorrências fossilíferas (ponto) e recursos minerais (ponto).

Após a definição dos arquivos de entrada, especificou-se quais os algoritmos utilizados para realizar as etapas de pré-processamento, sendo a reprojeção dos arquivos de entrada para compatibilização do sistema de coordenadas e recorte pela delimitação da área. A etapa de processamento consistiu na definição dos algoritmos para correção das geometrias que apresentassem espaços vazios ou buracos, criação da grade para cobrir toda a área de estudo em conformidade com o tamanho das quadrículas, contagem de pontos, estruturas lineares e polígonos dentro de cada quadrícula, por fim, união de todos os arquivos para a mesma tabela de atributos. A última etapa é responsável pela geração dos arquivos de saída, sendo eles a grade contendo todos os subíndices e índice de geodiversidade, além de um centroide para cada quadrícula contendo os mesmos valores na tabela de atributos. Ainda, o modelador gráfico possui em seu fluxo de trabalho a interpolação multilevel *B-spline* gerando-se um *raster* que permite a melhor visualização do produto final. Ressalta-se que a interpolação é um processo que utiliza pontos vetoriais com valores conhecidos para estimar valores locais desconhecidos cobrindo a superfície de toda uma área.

O resultado após a definição do fluxo de trabalho é uma estrutura organizada que permite entender como o programa foi projetado (Figura 16). Em decorrência dessa arquitetura implementada, o modelador gráfico possibilitou a projeção da interface do sistema, a qual pode ser acessada diretamente pela tela inicial do QGIS (Figura 17).

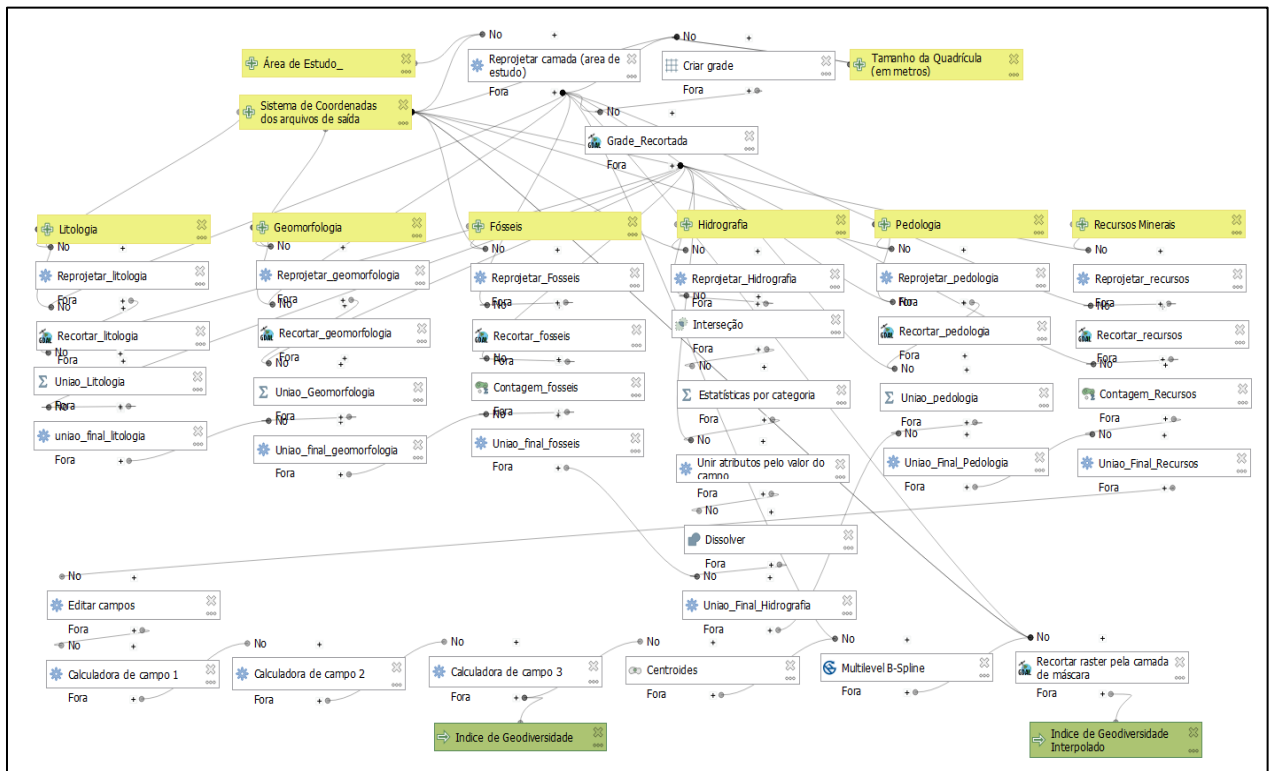


Figura 16: Resultado final do fluxo de trabalho desenvolvido no modelador gráfico QGIS, para a criação semiautomática do índice de geodiversidade.

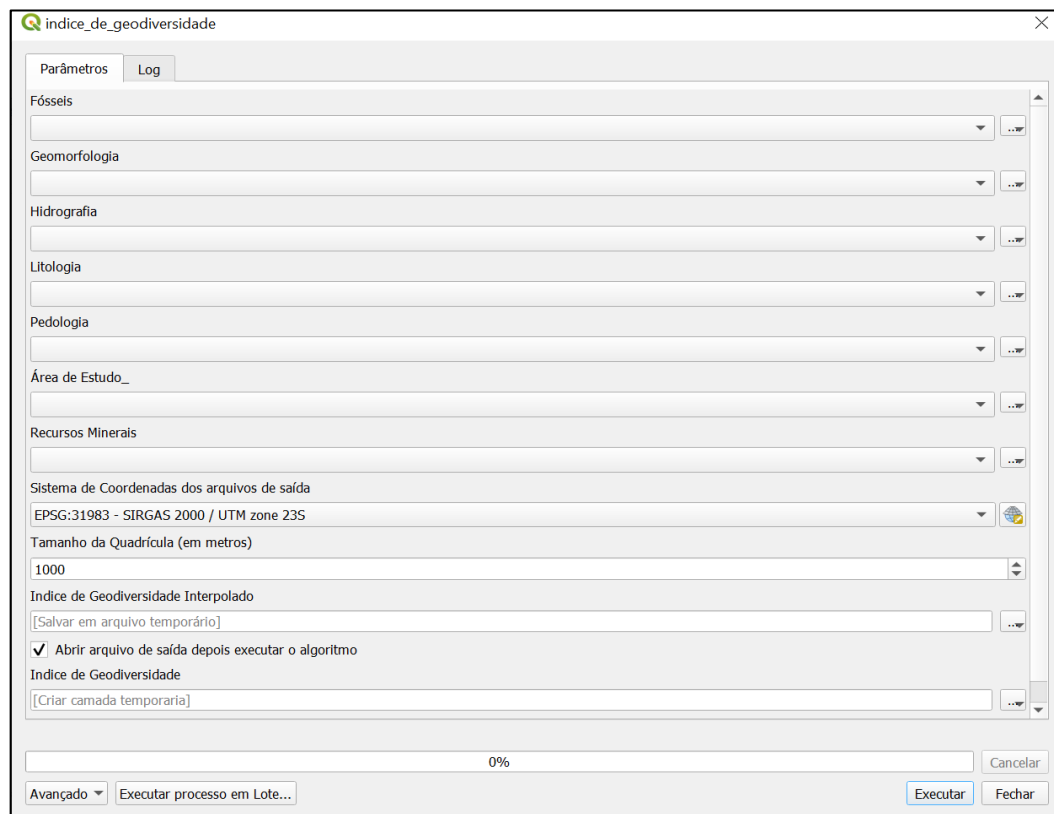


Figura 17: Interface do modelador gráfico para a geração do índice de geodiversidade.

4.2 *Plugin*

O projeto do *plugin* foi facilitado após a definição das etapas de processamento pelo modelador gráfico. Dessa maneira, os algoritmos para realizar cada etapa já estavam definidos. Os códigos para implementação do algoritmo em linguagem *python* foram aproveitados do *script python* gerado pelo modelador gráfico e do histórico do QGIS. Logo, o *software* Aton foi utilizado para realizar algumas edições no código afim de mantê-lo organizado e funcional para com o objetivo do trabalho.

O projeto da interface do *plugin* consistiu na divisão de espaços dentro da tela de modo a facilitar o entendimento dos usuários quanto à funcionalidade do sistema (Figura 18). No topo da interface estão as opções para inserção do arquivo de delimitação da área, definição do sistema de referência das coordenadas e tamanho da grade. No centro da interface estão as opções de inserção dos arquivos para realizar o cálculo do índice de geodiversidade, sendo seis arquivos possíveis para extração de dados, geomorfologia, litologia, pedologia, hidrografia, recursos minerais e fósseis. Dentre essas opções de arquivos de entrada, apenas o *shapefile* de hidrografia é obrigatório, os demais são opcionais. Ressalta-se que quanto mais informações inseridas, mais correto será o cálculo do índice de geodiversidade pela ferramenta desenvolvida.

A parte inferior da interface apresenta as opções para salvar os arquivos de saída do *plugin*, as quadrículas e os centroides contendo os subíndices e índices calculados. Durante a programação do *plugin*, optou-se por não adicionar a interpolação multilevel *B-spline* nos resultados, pois o QGIS apresenta diversas atualizações e muitos usuários questionam os *bugs* referentes à extensão SAGA. Para isso, o usuário que utilizar o *plugin* deve realizar de forma manual a interpolação ao utilizar o arquivo de centroides.

A parte ou seção direita da interface apresenta um texto explicativo sobre a funcionalidade do sistema e a referência bibliográfica utilizada para embasar a metodologia desenvolvida. Após a definição de todas as opções de processamento no *plugin*, o usuário precisa confirmar a ação ao clicar no botão “OK”, ou pressionar o botão “CANCELAR” para reverter à ação.

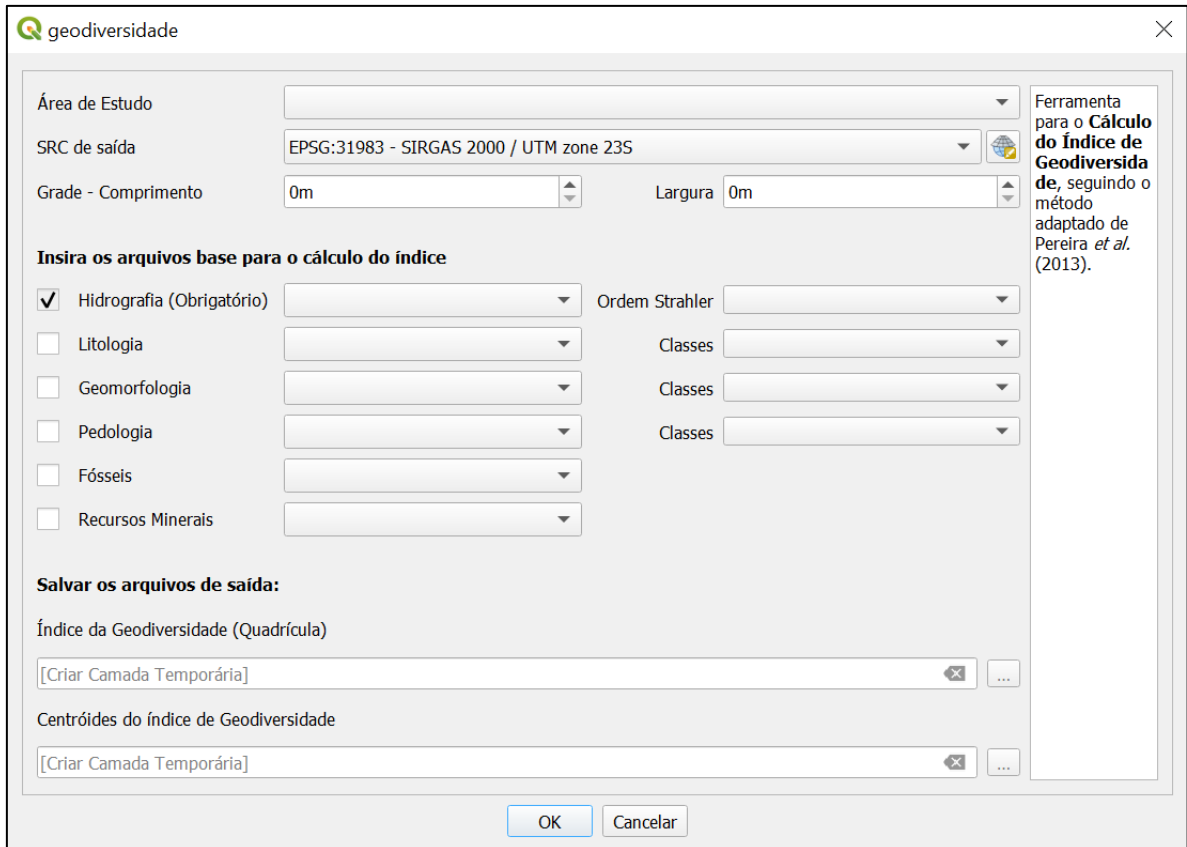


Figura 18: Interface do *plugin* geodiversidade.

4.3 Validação dos Resultados

A grade (*grid*) utilizada no modelador gráfico e no *plugin* foram de 2000 metros de comprimento e 2000 metros de largura, que totalizou 1266 quadriculas, no município que apresenta 4.540,51 km². O tamanho da quadricula foi definida após uma avaliação de trabalhos que já utilizaram a metodologia de Pereira *et. al.* 2013 (Tabela 2). Os *shapefiles* utilizados para a geração do mapa utilizaram as seguintes escalas e referências:

Tabela 3: *Shapefiles* utilizados para a geração do índice de geodiversidade

Elemento da Geodiversidade	Escala	Fonte
Conteúdo fossilífero	1:100.000	CORDANI, 2022.
Geomorfologia	1:250.000	IBGE, 2019
Litologia	1:100.000	CODEMIG, 2017
Hidrografia	1:100.000	IGAM, 2022
Pedologia	1:500.000	EMBRAPA, 2019
Recursos Minerais	1:100.000	CODEMIG, 2017

O sistema de referência das coordenadas utilizado foi SIRGAS 2000, UTM *zone* 23S, porém os usuários de ambas podem optar por aquele que melhor represente sua área. A interface do modelador gráfico não apresentou uma sequência intuitiva, pois o desenvolvimento do mesmo não permite escolher a sequências dos dados de entrada. Desta forma, foram inseridas inicialmente as *shapefiles* de fósseis, geomorfologia, hidrografia, litologia, pedologia, área de estudo, recursos minerais, o sistema de coordenadas escolhidos, tamanho da quadricula e por fim salvar o arquivo de saída da interpolação e o índice de geodiversidade em quadriculas (Figura 19). Já o *plugin* apresenta uma sequência de entrada de dados facilitada, e foram adicionadas as *shapefiles* de entrada (Figura 20).

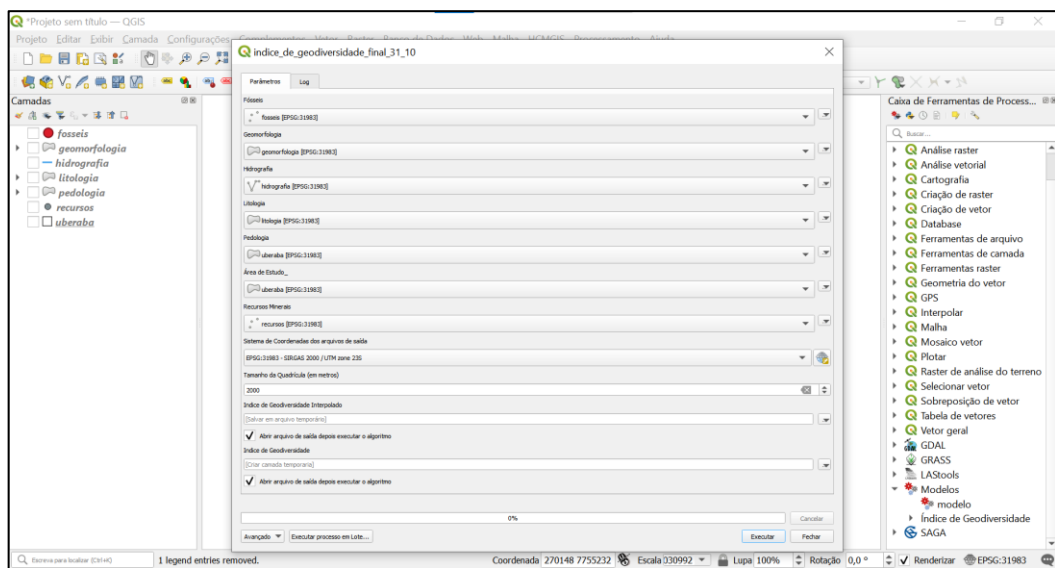


Figura 19: Interface do modelador gráfico dentro do QGIS

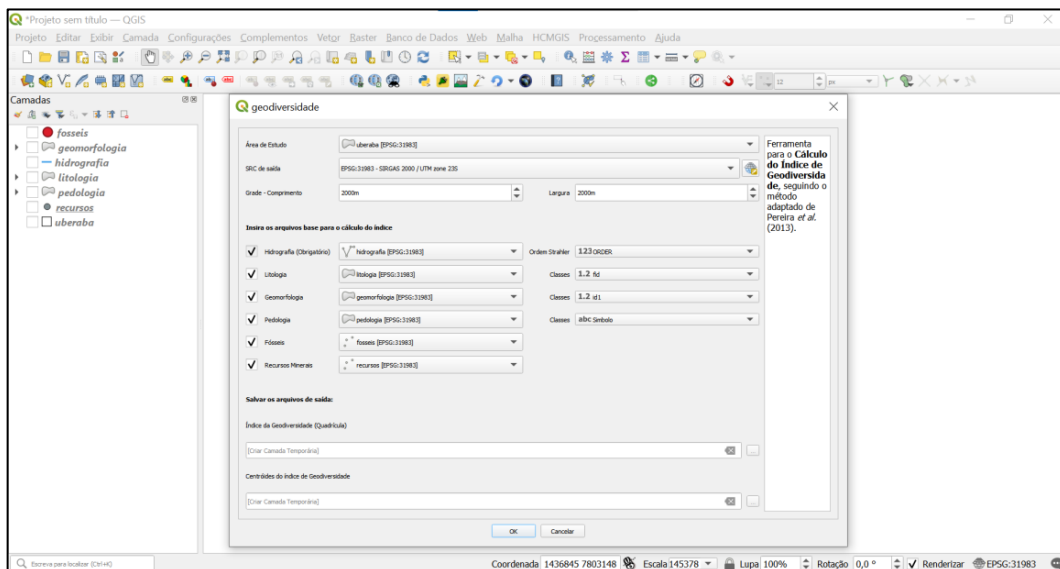


Figura 20: Interface do *plugin* geodiversidade dentro do QGIS.

A utilização do método de Pereira *et. al.* 2013, o elemento hidrografia, deve se utilizar a ordem de *strahler*, sendo assim, antes de utilizar ambas as ferramentas, o usuário deve classifica-lo, permitindo que não haja uma dispersão dos resultados e consequentemente gerando um índice mais coeso.

As ferramentas geraram um mapa, que através do método quartil, permitiu a geração de 5 classes, sendo o índice de geodiversidade categorizada como muito baixo (3-5), baixo (5-6), intermediário (6-8), alto (8-10) e muito alto (10-17). Estes números representam o número de contagens dos elementos dentro de cada quadricula. Através do histograma (FIGURA 21 e 22), pode-se observar que há maior quantidade de elementos classificados como intermediário e alto. Por apresentar menor quantidade de quadriculas com geodiversidade muito alta, o método quartil distribuiu de forma harmônica os dados, desta forma, apresenta maior intervalo entre a contagem dos elementos (10 a 17). A Figura 23 apresenta a comparação dos mapas produzidos por ambas as ferramentas.

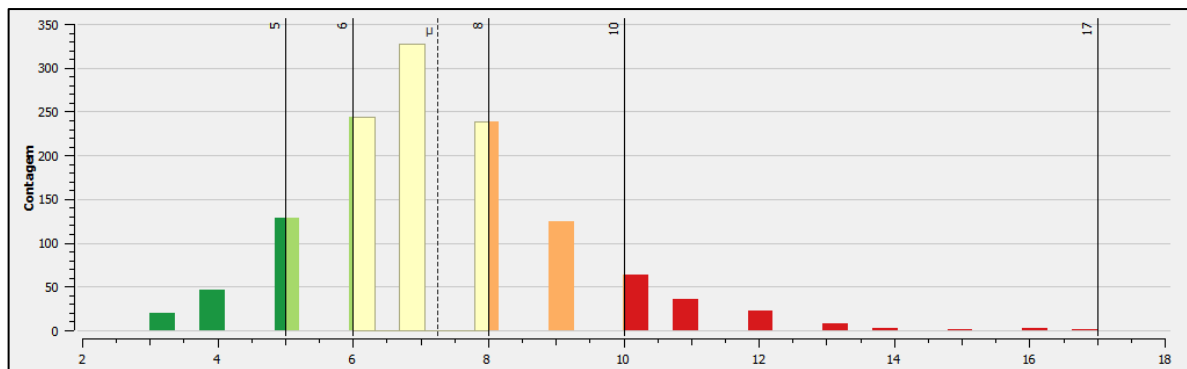


Figura 21: Histograma da distribuição dos índices de geodiversidade elaborado pelo modelador gráfico QGIS.

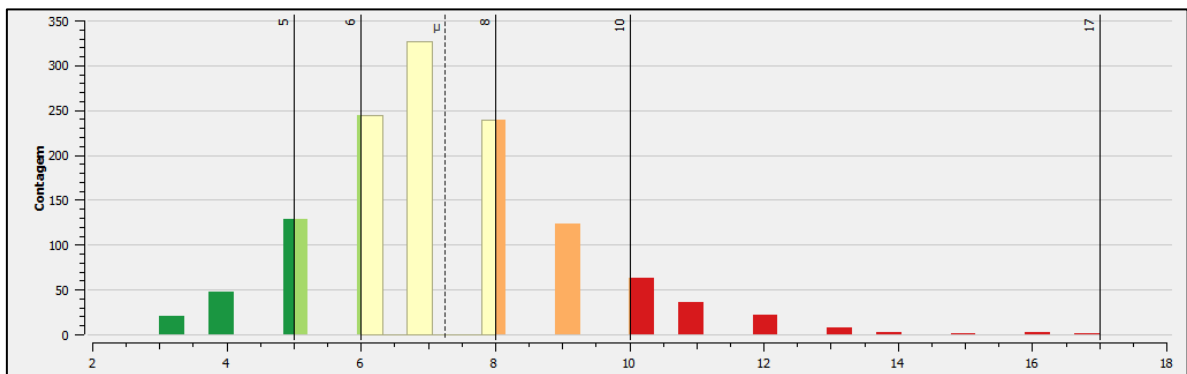


Figura 22: Histograma da distribuição dos índices de geodiversidade elaborado pelo *plugin*.

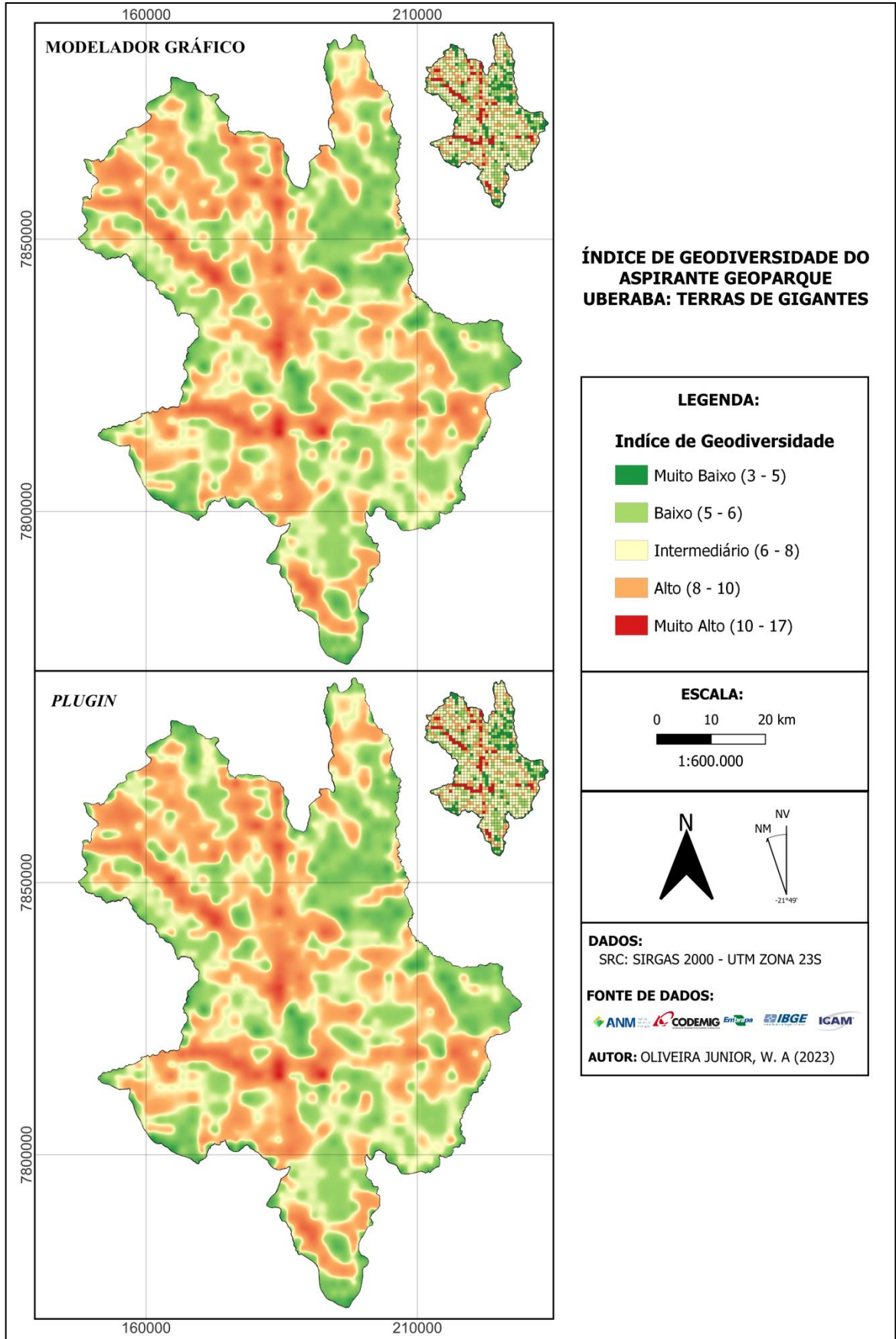


Figura 23: Comparação entre o mapa gerado a partir do modelador gráfico e do *plugin*.

4.4 Índice de geodiversidade e posicionamento dos geossítios

O inventário realizado pela SBG/CPRM (2022), do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes pontuou 31 geossítios com diversos níveis de relevância científica e educativa. Desta forma, foram utilizados estes geossítios e suas descrições para validar os mapas gerados pelas ferramentas. Como ambas as ferramentas apresentaram resultados muito semelhantes, de forma satisfatória, o mapa utilizado foi aquele gerado pelo *plugin*.

O posicionamento dos geossítios apresentam em maioria os locais que apresentam índice de geodiversidade intermediário, alto e muito alto, com exceção de 3 geossítios (G-07, G11, e G-26) como apresentado na Figura 24. Portanto, torna se evidente que o mapeamento do índice de geodiversidade está de concordância com os geossítios apresentados pelo inventário e que estes mesmos, são excelentes representantes da diversidade abiótica do Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes, o que justifica, cientificamente, a necessidade de conservação destes locais. Para melhor visualização, optou-se dividir o mapa em quatro quadrantes onde facilita a compreensão do posicionamento dos geossítios sob o índice gerado.

O Mapa do quadrante 1 (Figura 25), representando a área noroeste do aspirante geoparque, esta inserido 5 geossítios. O geossítio Pedreira Triângulo e Partezan (G-05) é classificado com relevância internacional e interesse paleontológico, pois foram encontrados grandes número de fósseis nos últimos anos durante as operações de lavra do calcário. O geossítio Vereda do Córrego Emendado (G-26) possui o interesse hidrogeológico, é uma área que esta inserida sobre a Chapada Uberaba-Uberlândia e contribuem com aporte de água para o Córrego Emendado (afluente do Rio Tijuco) e Ribeirão Beija-Flor (afluente do Rio Uberabinha) e sendo uma área de grande importância como recarga de aquífero. Através dos geossítios Mirante da Serra da Galga (G-19) e Mirante Fazenda Agronelli (G-20), podem ser observados os domínios geomorfológicos da região, como o degrau escarpado, relevo suave colinoso e vales incisos com matas-galeria. O geossítio Mangabeira (G-06) possui relevância nacional e é o local onde foram encontrados os primeiros fósseis no município de Uberaba, na década de 40. Neste quadrante pode ainda se destacar a bacia do Rio Tijuco, onde apresenta um alto índice de geodiversidade e até o momento não há um geossítio que retrate este ambiente.

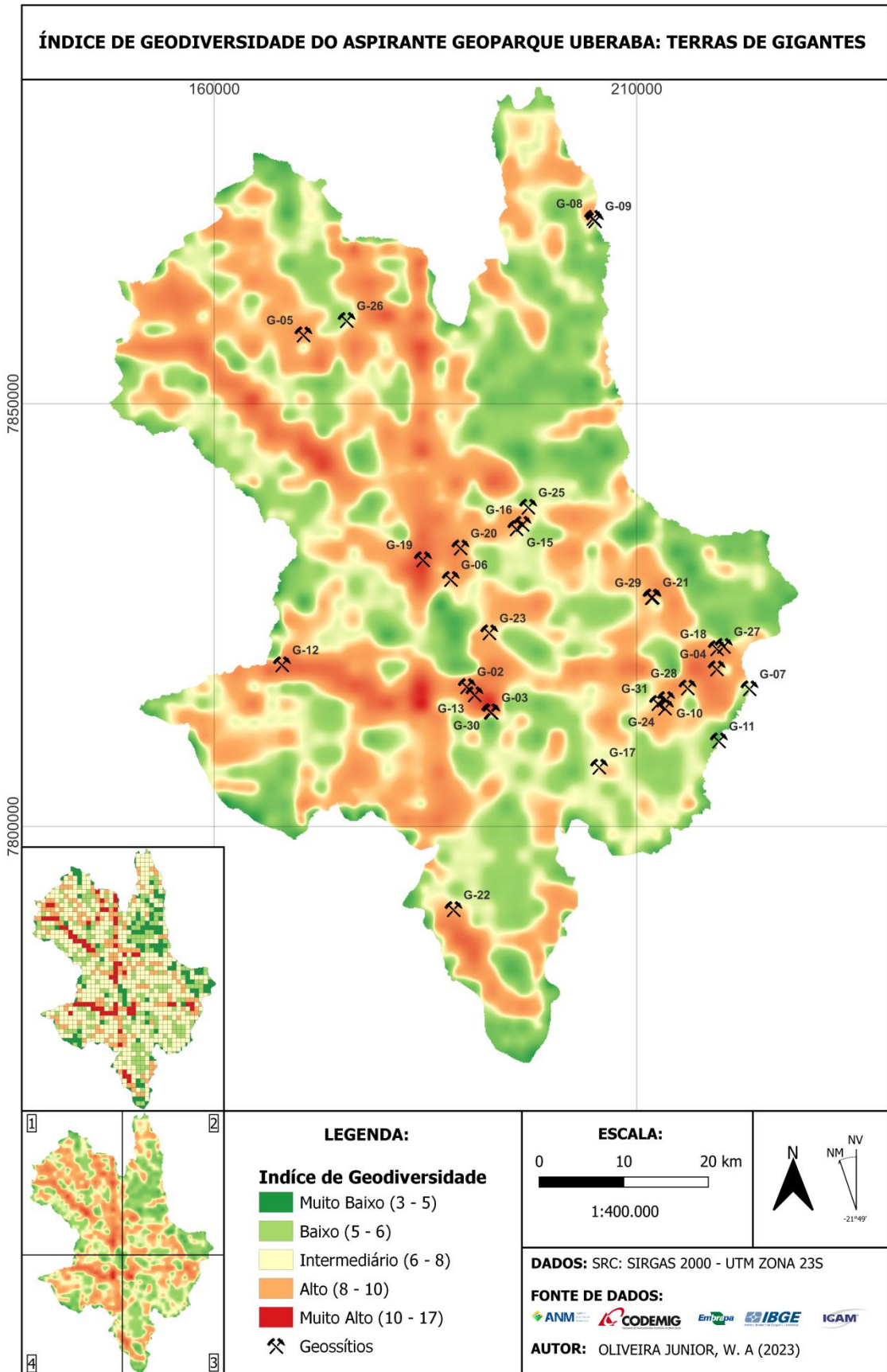


Figura 24: Mapa do índice de geodiversidade com os geossítios inventariados.

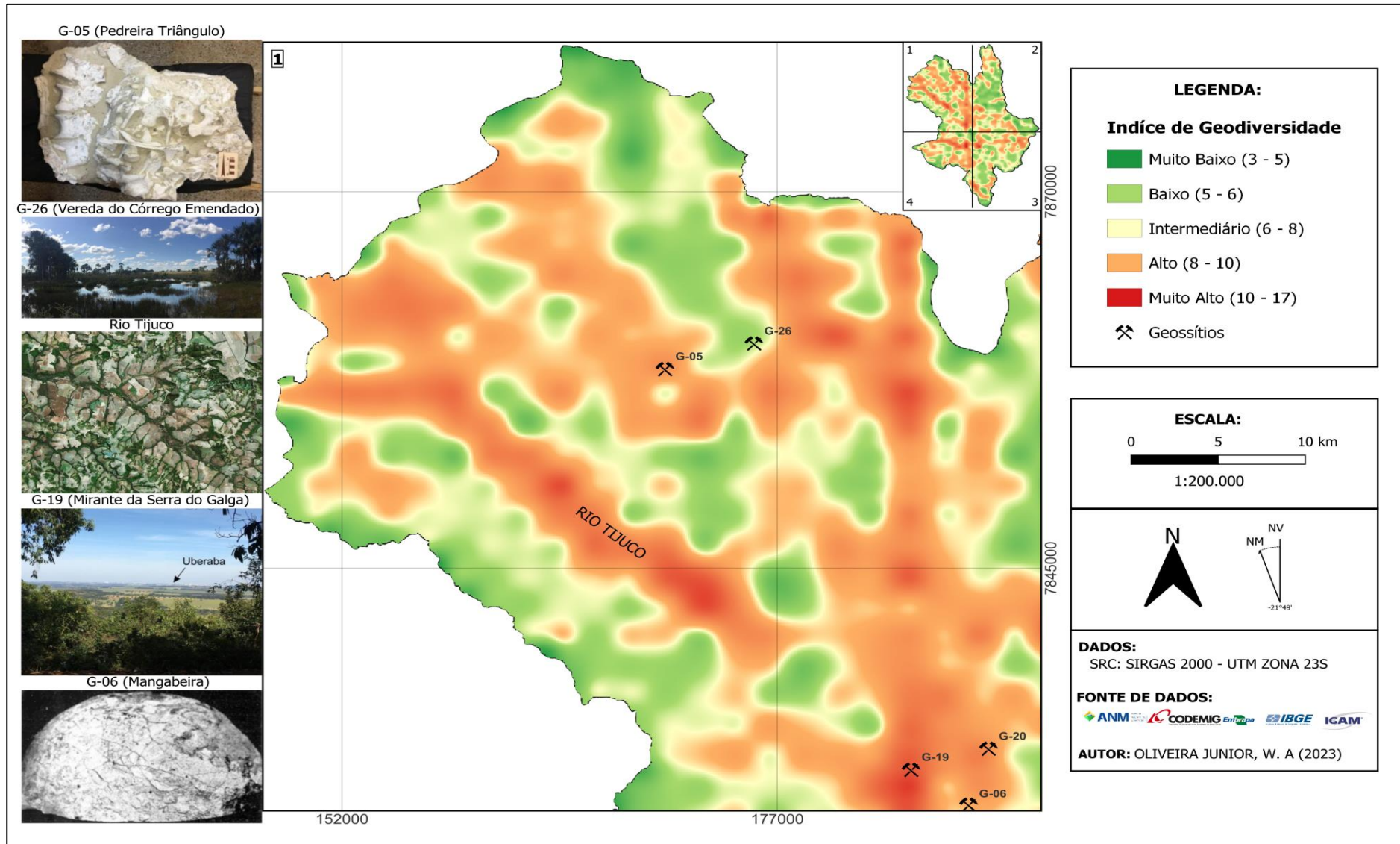


Figura 25: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 1.

O mapa do quadrante 2, representa a área nordeste (Figura 26), esta inserido 6 geossítios. Os geossítios Cachoeira e Canyon da Fumaça (G-08) e Corredeira da Ponte (G-09) estão relacionados ao vulcanismo do Serra Geral, no decorrer do Rio Claro, afluente do Rio Araguari, sendo uma das maiores quedas d'água do Triângulo Mineiro com aproximadamente 60 metros e uma beleza cênica extraordinária. O Vale Encantado (G-15) e a Cachoeira Eldorado (G-16), representam a zona das escarpas que separa a chapada Uberaba-Uberlândia das áreas rebaixadas onde predominam colinas e rochas da Formação Marília, além de apresentar uma diversidade abiótica, a diversidade biótica ganha destaque com uma mata de grande porte. O geossítio Caieira do Barreiro (G-29) é representante do patrimônio geomineiro, onde pode ser encontrada uma caieira que foi construída com blocos de calcário do Membro Ponte Alta e duas pequenas frentes de lavra abandonadas.

Com maior número de geossítios (14 geossítios), o mapa do quadrante 3 (Figura 27), representa o setor sudeste, e nesta esta inserida o distrito de Peirópolis, palco de diversos estudos paleontológicos brasileiros. Sede do geoparque, o geossítio Peirópolis (G-31), apresenta um patrimônio ex-situ, ou seja, local que abriga exposições do patrimônio paleontológico, através do Complexo Cultural e Científico de Peirópolis (CCCP), onde loca o Museu de Peirópolis e o Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewellyn Ivor Price (CPPP). O acervo guarda holótipo de icnofóssil, 6 holótipos vertebrados, ovos de dinossauros, fósseis de peixes, terópodes e titanossauros. Além deste relevante geossítio, podemos destacar o geossítio Caieira (G-01), que possui relevância internacional, pois onde foi encontrada a maior quantidade de fósseis de animais vertebrados do período Cretáceo Superior no Brasil.

À zona urbana do município de Uberaba, apresenta um índice de geodiversidade muito alto, devido a grande quantidade de fósseis, representados dentro da quadricula, que foram encontrados durante as escavações das construções civis com o decorrer do crescimento urbano. Os geossítios Santa Rita (G-03), Seção Córrego das Lajes (G-13), Univerdecidade (G-14), Igreja de São Domingos (G-30) estão inseridos na malha urbana. A bacia do Rio Uberaba apresenta um índice de geodiversidade alto á muito alto, porém só é mapeado um geossítio, a Cachoeira Azul (G-12) onde se encontra uma queda d'água com aproximadamente 50 metros de largura sobre o basalto do vulcanismo Serra Geral. Destaca-se ainda no sul do município o geossítio Cachoeira dos Quarteis (G-22) no Córrego Moreira, onde foi abrigo para os expedicionários que atuaram na Guerra do Paraguai (Figura 28).

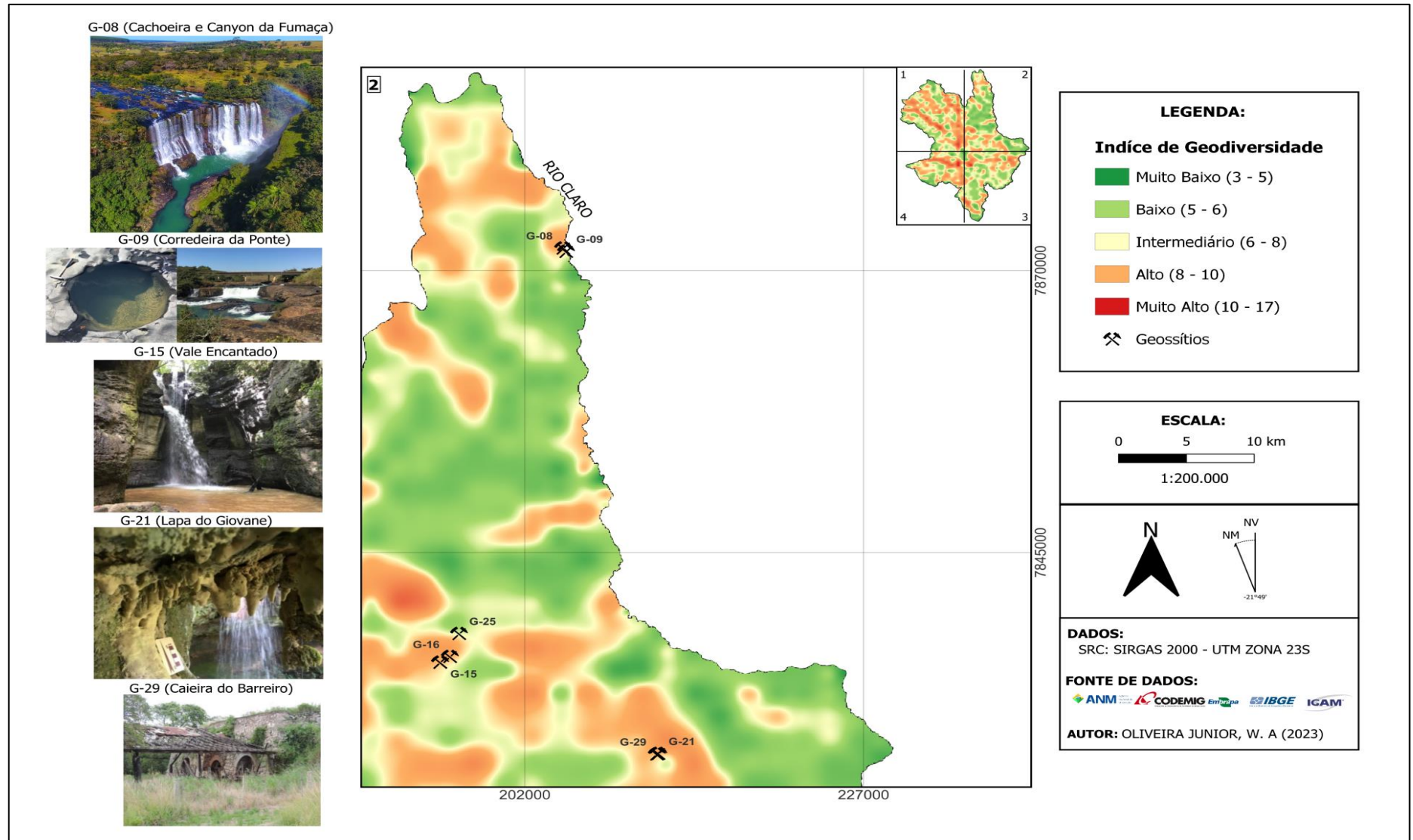


Figura 26: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 2.

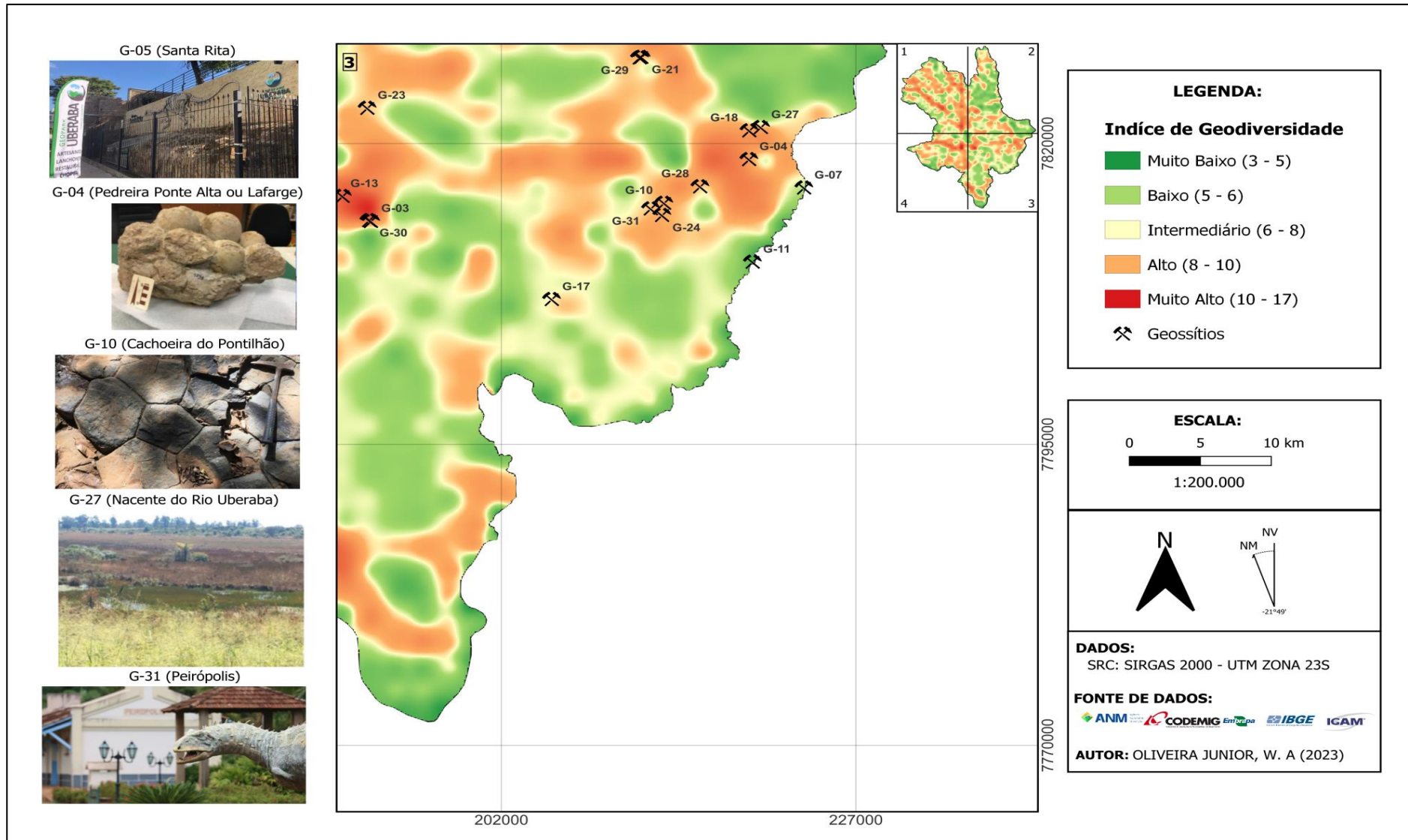


Figura 27: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 3.

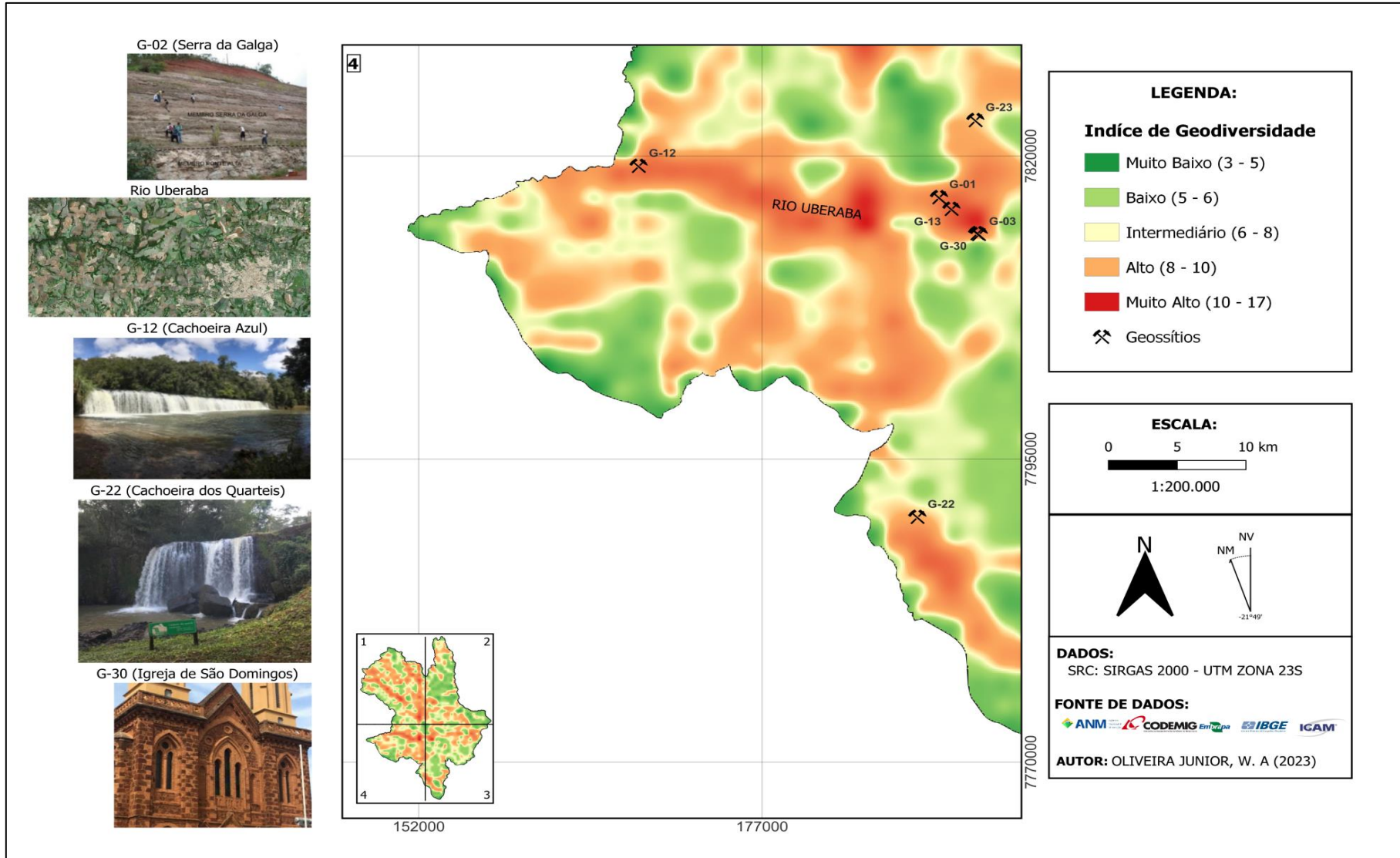


Figura 28: Mapa do índice de geodiversidade, com imagens dos geossítios (SBG/CPRM, 2022) - Quadrante 4.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geodiversidade como uma área recente da geociência, ainda carece de estudos multidisciplinares em prol da geoconservação, através de estratégias de gestão sustentável da terra. As representações cartográficas através do geoprocessamento veem se tornando uma aliada para avaliação quantitativa da geodiversidade.

O método proposto por Pereira *et. al.* (2013), tem sido o mais utilizado na quantificação, porém o problema escalar ainda tem desfavorecido a metodologia, pois há uma grande dificuldade de encontrar bases cartográficas desta temática em escalas aproximadas. Os dados de entrada (*shapefiles*), utilizados neste trabalho, variam de 1:100.000 até 1:500.000, desta forma, alguns dos elementos (geomorfologia, fósseis, hidrografia, litologia, recursos minerais e recursos minerais) podem apresentar desproporcionalidade nos resultados, Sugere-se que o usuário ao utilizar as ferramentas aqui propostas, utilizem dados com escalas mais próximas possíveis, tentando assim uma aproximação de padronização.

Com a intenção de otimizar o tempo da produção dos mapas de índice de geodiversidade em ambiente SIG, os objetivos deste trabalho foram alcançados com a criação do modelador gráfico e do *plugin* geodiversidade. A metodologia proposta de construção para *plugin* mostrou-se eficiente e pode ser utilizada para diversos outros métodos de avaliação quantitativa da geodiversidade, assim como a construção de outras ferramentas customizadas de código aberto e livre distribuição.

Os mapas gerados pelas duas ferramentas apresentam resultados semelhantes, demonstrando que ambas as ferramentas e seus respectivos resultados seguem a mesma metodologia e atuam de forma satisfatória, otimizando o tempo do usuário. Em termos de duração de processamento, o *plugin* demonstrou tempo ágil na geração do resultado, apresentando em média 12 segundos enquanto o modelador gráfico apresenta uma média de 37 segundos.

A validação das ferramentas apresentou um resultado concordante com o inventário realizado pela SGB/CPRM (2022), pois grande parte dos geossítios estão situados sobre os locais que apresentam maior índice de geodiversidade, evidenciando que o Aspirante Geoparque Uberaba: Terra de Gigantes exibe um notável patrimônio geológico, representado por diferentes elementos da geodiversidade e necessitam de preservação. Os mapas obtidos podem apoiar futuras atualizações do inventário e de trabalhos temáticos na região, tendo em

vista que alguns locais com maiores índices não apresentam geossítios ou estratégias de geoconservação até o momento.

Espera-se que as ferramentas desenvolvidas neste trabalho contribuam para a geração de novos mapas de índice da geodiversidade, com intuito de cooperar com ações geoconservacionistas e promover a gestão territorial do patrimônio geológico. O *plugin* geodiversidade pode ser baixado por qualquer usuário, diretamente do site GitHub pelo *link*: <https://github.com/wilsongeologia/geodiversidade.git>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, F. R., SCHMIDT, M. A., PHILLIPI CAMBOIM, S., SODRÉ DE ARAÚJO, N., & STAMATO DELAZARI, L. (2021). Desenvolvimento de complemento QGIS para processamento de mapas morfométricos. **Revista Caminhos De Geografia**, 22 (81), 30–41. <https://doi.org/10.14393/RCG228155683>
- AMORIM, F., SCHMIDT, M. (2021). WebMapa: Desenvolvimento de Mapas Web por um Complemento QGIS. **Revista Brasileira de Cartografia**. 73. 842. 10.14393/rbcv73n3-57625.
- ARAÚJO, A. M; PEREIRA, D. I. A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil). **Geoheritage**. n. 2004, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-017-0250-3>
- AČKOVA, K. & ROMPORTL, D. The Relationship Between Geodiversity and Habitat Richness in Sumava National Park and Krivoklatsko Pla (Czech Republic): a Quantitative Analysis Approach. **Journal of Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, p. 23-38, 2008.
- BATEZELLI, A. 2015. Continental systems tracts of the Brazilian Cretaceous Bauru Basin and their relationship with the tectonic and climatic evolution of South America. **Basin Research**, 1-15. doi: 10.1111/br.12128
- BENITO-CALVO, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; MAGRI, O.; MEZA, P. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surf Process Landforms**. v. 34, n. 10, p. 1433–1445, 2009.
- BÉTARD, F. Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. De la connaissance à la conservation et à la valorisation. **Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches**, Université Paris-Diderot: Paris, 2017. 2 volumes, 270 p. e 316p.
- BÉTARD, F.; PEULVAST, J. P. Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. **Environmental Management**, v. 63, n. 6, p. 822–834, 2019.
- BRILHA, J. **Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga, Portugal: Palimage, 2005. 190p.
- BRILHA, J. B. R. A importância dos Geoparques no ensino e divulgação das geociências. **Geologia USP. Publicação Especial**, [s. l.], v. 5, p. 27–33, 2009.
- BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, Heidelberg, Alemanha, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.
- CAMPOS, D. A; BERTINI, R. J. Ovos de dinossauro da formação Uberaba, Cretáceo Superior do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9., 1985, Fortaleza. **Resumo das comunicações**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1985. p.19.

- CAPILLA, R. Caracterização faciológica e estratigráfica dos sedimentos da Formação Marília na região de Peirópolis/MG. 1995. 123 f. **Dissertação (Pós-Graduação em Geologia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 1995.
- CARVALHO, D. T. L., BUENO, G. T., DE JESUS, G. N., ROSOLEN, V. S. 2017. Compartimentação e evolução do relevo da chapada Uberaba-Uberlândia-MG. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, 1: 5967-5978.
- CASTRO, I.E. O problema da escala. In: CASTRO, Iná. E; GOMES, Paulo C; CORREA, Roberto L. **Geografia: conceitos e temas**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.117- 140.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.
- CODEMIG. **Mapeamento Geológico**. 2017. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- CORDANI U. 2002. **The role of the Earth Sciences in a sustainable world**. Episodes, 23(3):155-162.
- CORRADINI, F.; RIBEIRO, L; MORAIS, S; DA SILVA, J; MARINHO, T; LACERDA, L; PEREIRA, G; SILVA, A; GOMES, L; CUSINATO, P; MENDES, M; BASÍLIO, M; SILVA, G. (2022). **Application Dossie - Uberaba Geopark**.
- CPRM – **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais**. Mapa Geodiversidade do Brasil. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2006. p. 68.
- DANTAS M.E., ARMESTO R.C.G., SILVA C.R., SHINZATO E. 2015. GEODIVERSIDADE E ANÁLISE DA PAISAGEM: UMA ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA. **TERRÆ DIDÁTICA**, 11(1):04-13.
- DIAS CAVALCANTI, J; DANTAS, M; BAPTISTA, M; SCHOBENHAUS, C; TREVISOL, A; SEER, H; MORAES, L; RIBEIRO, L; SILVA, J. (2022). Inventory of geosites and geodiversity sites of the Uberaba Geopark Project area: Land of Giants", Minas Gerais, Brazil.
- DOWLING, R. & NEWSOME, D. **Geotourism: Sustainability, impacts and management**. **Elsilver**, 2006
- EMBRAPA. **Mapa de reconhecimento dos solos do Triângulo Mineiro**. 2019. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asoles_triangulo_mineiro_atributos. Acesso em: 12 ago. 2021.
- FERNANDES, L. A; COIMBRA, A. M. A bacia Bauru (Cretáceo superior, Brasil). **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 195-205, 1996

FERRARI, P. G. Formação Nova Ponte, uma entidade terciária. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5.; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NÚCLEO BRASÍLIA, 1., 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1989. p. 105-109.

FERREIRA, R.V. et al. Mapas ambientais em uma plataforma WebGis: aporte para o Geoparque Uberaba, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v.9, p.109-119, 2022. [João Pessoa-PB]. DOI: 10.21438/rbgas(2022)092107.

FONTOURA, J. R. *et al.* Geoferramenta para Aquisição Automática de Dados Pluviométricos a partir do QGIS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 6., 2016, Cuiabá. **Anais [...]**. Cuiabá: -, 2016. p. 493-500.

FORTE, J. P. et al. Kernel density applied to the quantitative assessment of geodiversity. **Geoheritage**, p. 1-13, 2018.

GARCIA, M.G. Geodiversidade. São Paulo: **Slides**, 2021. 71 slides, color.

GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. New York: John Wiley and Sons, 2004.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2.ed. Chichester: John Wiley and Sons, 2013. 495p.

GODOY, L. H; SARDINHA, D. S; BERTINI, R. J; CONCEIÇÃO, F. T; ROVERI, C; MOREIRA, C. A. Potencial geoparque de Uberaba (MG): geodiversidade e geoconservação. **Sociedade & Natureza**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 395-410, ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132013000200014>.

GONÇALVES, J. et al. A Discussion on the Quantification and Classification of Geodiversity Indices Based on GIS Methodological Tests. **Geoheritage**, v. 12, n. 2, p. 1-20, 2020.

GONÇALVES, J.; MANSUR, K.; SANTOS, D.; HENRIQUES, R.; PEREIRA, P. Vale a Pena Avaliar a Geodiversidade Numericamente? Uma Análise Comparativa entre as Abordagens Quantitativa e Qualitativa no Município de Miguel Pereira, Rio de Janeiro, Brasil. **Geosciences 2022**, 12, 347.

IBGE. **Geomorfologia**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 15 ago. 2021.

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

HJORT, J. GORDON, J.E. GRAY, M. MALCOLM, L. HUNTER, Jr. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. **Conservation Biology**, v.29, p. 630–639, 2015.

IGAN (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUA) – ANA (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS). **Hidrografia**. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 16 ago. 2021.

JACINTHO, L. R. C. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de Unidades de Conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP. 2003. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

KELLER E.A. 1996. **Environmental Geology**. New Jersey: Prentice-Hall. 562p.

KELLNER, A; FIGUEIREDO, R; AZEVEDO, S; CAMPOS, D. (2012). A new Cretaceous notosuchian (Mesoeucrocodylia) with bizarre dentition from Brazil. **Zoological Journal of the Linnean Society**. 163. S109 - S115. 10.1111/j.1096-3642.2011.00711.x.

KOZŁOWSKI, S. Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. **Przegląd Geologiczny**, v. 52, n. 8, p. 833-837, 2004.

LOPES, Â. L. O; SIMON, A. L. H. Índice de geodiversidade para o bioma pampa brasileiro: avaliação metodológica. In: XIV encontro nacional de pós graduação e pesquisa em geografia, 14., 2021, Online. **Anais [...]**. Online: Realize, 2021. P. 1-16. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA123_ID140612112021155109.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

LUTZ, M.; ASCHER, D. **Aprendendo Python**, 2. Bookman, 2007.

MARINHO, T. S.; MARTINELLI, A. G. ; BASILICI, G. ; SOARES, M. V. T. ; MARCONATO, A. ; RIBEIRO, L. C.B. ; IORI, F. V. (2022). First Upper Cretaceous notosuchians (Crocodyliformes) from the Uberaba Formation (Bauru Group), southeastern Brazil: enhancing crocodyliform diversity. **Cretaceous Research**. v. 2021.

MILEU, N; QUEIRÓS, M; (2018) "**Development of a QGIS Plugin to Dasymmetric Mapping**," *Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) Conference Proceedings*: Vol. 18 , Article 9. DOI: <https://doi.org/10.7275/3628-0a51>.

MANOSSO, F; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: Considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, p. 90-100, jan. 2012.

MILANI, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozoica do Gondwana Sul-Occidental. **Tese de Doutorado em Geociências**, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 225p.

MOREIRA, Ruy. As categorias espaciais da construção geográfica das sociedades. **GEOgraphia**, v. 3, n. 5, p. 15-32, 2001.

NASCIMENTO, M. A. L; AZEVEDO, U; MANTESSO-NETO, V. (2008). **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a proteção patrimônio geológico.**

NASCIMENTO, M. A. L; MANSUR, K. L; MOREIRA, J. C. Bases conceituais para entender geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo. **Equador**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 1-22, jul. 2015.

NOVAS, F.E.; CARVALHO, I.S.; RIBEIRO, L.C.B.; MÉNDEZ, A.H. 2008. First abelisaurid bone remains from the Maastrichtian Marília Formation, Bauru Group, Brazil. **Cretaceous Research**, Elsevier, 29(4): 625-635

OLIVEIRA, EMERSON C.; SANTOS, ADRIANO R.; CANDEIRO, CARLOS ROBERTO A. LOCALIDADES FOSSILÍFERAS DO CRETÁCEO SUPERIOR DA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO (ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL). **Sociedade & Natureza**, vol. 18, núm. 35, diciembre, 2006, pp. 151-167

OLIVEIRA JUNIOR, W. A. O Índice de Geodiversidade nos distritos diamantíferos do Alto Paranaíba/MG. In: IV SIMPOSIO BRASILEIRO DE PATRIMONIO GEOLOGIO, 4., 2022, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Sbpge, 2022. p. 1-2.

PARRA, R. O Jardim Geológico da UNESP como ferramenta de educação em geociências no contexto do Projeto Geoparque Corumbataí. **TCC Geologia**. Unesp. Rio Claro, 2021

PASQUINI, P. Uberaba poderá ter o primeiro geoparque mundial da Unesco em Minas Gerais. 2022. **FOLHA**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2022/06/uberaba-podera-ter-o-primeiro-geoparque-mundial-da-unesco-em-minas-gerais.shtml>. Acesso em: 21 jul. 2022.

PELLITERO R, GONZÁLEZ-AMUCHASTEGUI MJ, RUIZ-FLAÑO P, SERRANO E (2011) Geodiversity and geomorphosite assessment applied to a natural protected area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). **Geoheritage** 3(3):163–174

PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J.; SANTOS, L. Geodiversity assessment of Parana State(Brazil): an innovative approach. **Environmental Management**, v.52, p.541-522, 2013a.

PEREIRA, E. O.; AZEVEDO, U. R.; ONDICOL, R. P. Modelagem da geodiversidade na área de proteção ambiental sul da região metropolitana de Belo Horizonte – MG. **Geonomos**. v. 21, n. 2, p.97- 101, 2013b.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. **Lei nº 13480, de 2021**. Uberaba, 2021.

QGIS. **QGIS - A liderança do SIG de código aberto**. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acesso em: 20 julho 2022.

QGIS. **O modelador gráfico**. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.18/pt_BR/docs/user_manual/processing/modeler.html. Acesso em: 20 julho 2022.

QUINTÃO, D.A.; CAXITO, F.A.; KARFUNKEL, J.; VIEIRA, F.R.; SEER, H.J.; MORAES, L.C.; RIBEIRO, L.C.B.; PEDROSA-SOARES, A.C. 2017. Geochemistry and sedimentar provenance of the Upper Cretaceous Uberaba Formation (Southeastern Triângulo Mineiro, MG, Brazil). **Brazilian Journal of Geology**, 47(2): 159-182.

RIBEIRO, L. C.; CARVALHO, I. Sítio Peirópolis e Serra da Galga, Uberaba, MG. En: **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Volume II, pp. 1-13. Brasília Wallprint. 2009.

RIBEIRO, L.; CARVALHO, I.; SCHOBENHAUS, C.; ANTUNES TEIXEIRA, V.; TREVISOL, A.; MARTINS, L.; NETO, F.; FERRAZ, M. Geoparque Uberaba-Terra dos Dinossauros do Brasil. En: **Actas del I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile**, pp. 26-29. Malipeuco. 2011.

RIBEIRO L. C; PÉREZ W. C; MARTINELLI, A; NETO, M. F. Y; ANTUNES, P, T, V. O Patrimônio paleontológico como elemento de desenvolvimento social, econômico e cultural: Centro Paleontológico Price e Museu dos Dinossauros, Peirópolis, Uberaba (MG). En: **Paleontologia Cenários da Vida** 3, pp. 765-774. 2011.

RIBEIRO, L; TREVISOL, A; CARVALHO, I; NETO, F; MARTINS, L.A; TEIXEIRA, V. (2012). Geoparque Uberaba - terra dos dinossauros do Brasil (MG). **Geoparques do Brasil - propostas**. 1. 583-616.

ROCHA, V.M. Desenvolvimento de uma ferramenta no Qgis para delimitação em APP em topos de morros em acordo com o código florestal brasileiro. 2022. 44 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.

RODRIGUES, S.C. BENTO, L.C.M. Cartografia da Geodiversidade: Teorias e Métodos. In: GUERRA, A.J.T. & JORGE, M.C.O. (Orgs) **Geoturismo, Geodiversidade, Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 137-162, 2018

RUBAN. D. (2010) **Quantification of geodiversity and its loss**. Proc Geol Assoc 121:326–333

SGB/CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL/COMPANHIA PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. **Inventário dos geossítios e sítios da geodiversidade do município de Uberaba-MG: uma contribuição à proposta Geoparque Uberaba - Terra de Gigantes**. Belo Horizonte, MG: SUREG-BH.2022. No prelo.

SANTOS, D. S. *et al.* Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**, v. 85, p. 184–195, 2017.

SANTOS, D. S. **Avaliação da Geodiversidade do Parque Estadual da Pedra Branca, Rio De Janeiro- RJ**. 2014. [s. l.], 2014.

SCHOBENHAUS, C; SILVA, C. R (Org.). **Geoparques do Brasil: propostas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. v.1. 745 p

- SEER, H.J.; MORAES, L.C. 2017. Geologia Regional do Triângulo Mineiro. Projeto Triângulo Mineiro. Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais. **CODEMIG**, Belo Horizonte, 123p.
- SEMAM/SESURB/SEPLAN/SEOB. **Portaria Conjunta nº 003, de 2015.** : Prefeitura Municipal de Uberaba. Uberaba, 2015.
- SERRANO E.; RUIZ-FLAÑO, P. (2007) **Geodiversity. A theoretical and applied concept.** Geogr Helv 62:140–147.
- SIGRIST, J.R. 2018, Caracterização petrofísica dos arenitos fluviais da Formação Marília (Cretáceo Superior – Bacia Bauru) como modelo análogo de reservatórios. **Dissertação de Mestrado.** Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências da Unicamp. 59p.
- 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. 264 p.
- SILVA, J.; BARRETO, H. Mapeamento dos Índices de Geodiversidade da Amazônia Legal Maranhense. **Revista Geonorte**, v. 10, n. 1, p. 55–60, 2014.
- SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. **Geoheritage**. v. 7, p. 337 – 350, 2015.
- SILVA, J.P.; NAKASHIMA, N. R. Mapeamento e Análise dos Índices de Geodiversidade do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). **Anais [S. l.]**, 2018. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/5-131-486.html>. Acesso em: 19 jun. 2021.
- SILVA, M. L. N.; NASCIMENTO, M. A. L.; MANSUR, K .L. Geoprocessing Applied to the quantitative evaluation of geodiversity in the area of Serido Aspiring Geopark/RN. **Geociencias**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 727–737, 2020.
- SIMON, A. L. H.; TRENTIN, G. **A representação espacial da geodiversidade e do geopatrimônio: instrumentos para a geoconservação.** In: VIEIRA, A. et al. (Org.) **GEOPATRIMÔNIO. Geoconhecimento, Geoconservação e Geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina.** Guimarães, UNMINHO, 2018, p. 147-160.
- SOARES, M. V. T.; BASILICI, G.; LORENZONI, P.; COLOMBERA, L.; MOUNTNEY, N. P.; MARTINELLI, A. G.; MESQUITA, Á. F.; MARINHO, T. S.; GARCIA, R. V.; MARCONATO, A.. Landscape and depositional controls on palaeosols of a distributive fluvial system (Upper Cretaceous, Brazil). **Sedimentary geology**, v. 2020, p. 105- 774, 2020.
- SOARES, M. V. T.; BASILICI, G.; MARINHO, T. S.; MARTINELLI, A. G.; MARCONATO, A.; MOUNTNEY, N. P.; COLOMBERA, L.; MESQUITA, Á. F.; VASQUES, J. T.; JUNIOR, F. R. A.; RIBEIRO, L. C. B..Sedimentology of a distributive fluvial system: The Serra da Galga Formation, a new lithostratigraphic unit (Upper Cretaceous, Bauru Basin, Brazil). **Geological Journal**, v. 2020, p. 1-25, 2020
- STANLEY, M. Geodiversity, **Earth Heritage**, nº 14 p. 15-18, 2000.

UFMT. **Mais fósseis de dinossauros são encontrados e chegam ao Museu dos Dinossauros de Peirópolis.** 2021. Disponível em: <https://www.uftm.edu.br/ultimas-noticias/3243-mais-fosseis-de-dinossauro-sao-encontrados-e-chegam-ao-museu-dos-dinossauros-de-peiropolis>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ZWOLINSKI Z, NAJWER A, GIARDINO M (2018) Methods for assessing geodiversity. In: Reynard E, Brilha J (eds) **Geoheritage: assessment. Protection and Management.** Elsevier, Amsterdam, pp 27–52.

ANEXO I – ALGORITMO DO *PLUGIN*

#ARQUIVOS / DADOS DE ENTRADA E DE SAÍDA

```

areaEstudo = self.dlg.areaEstudo.currentLayer()

comprimento = self.dlg.comprimento.value()

largura = self.dlg.largura.value()

geodiversidadequadrícula = self.dlg.indicegeodiversidadequadrícula.filePath()

centroides = self.dlg.centroides.filePath()

sistemadecoordenadas = self.dlg.sistemadecoordenadas.crs()

```

Reprojeter ARQUIVOS

```

areaEstudo_reprojetado = processing.run("native:reprojectlayer", {'INPUT':
areaEstudo,'TARGET_CRS':sistemadecoordenadas,'OUTPUT':TEMPORARY_OUTPUT'})

```

#CORRIGIR GEOMETRIAS

```

areaEstudo_corrigido = processing.run("native:fixgeometries",
{'INPUT':areaEstudo_reprojetado['OUTPUT'],'METHOD':1,'OUTPUT':TEMPORARY_OU
TPUT'})

```

CRIAR GRADE

```

grade = processing.run("native:creategrid", {'TYPE':2,'EXTENT':
areaEstudo_corrigido['OUTPUT'],'HSPACING':
comprimento,'VSPACING':largura,'HOVERLAY':0,'VOVERLAY':0,'CRS':sistemadecoorden
adas,'OUTPUT': TEMPORARY_OUTPUT' })

```

#RECORTAR ARQUIVOS REPROJETADOS

```

gradeRecortada = processing.run("native:clip",
{'INPUT':grade['OUTPUT'],'OVERLAY':areaEstudo_corrigido['OUTPUT'],'OUTPUT':TEM
PORARY_OUTPUT'})

```

#CONTAGEM DE PONTOS

```

fosseis_contagem = processing.run("native:countpointsinpolygon",
{'POLYGONS':gradeRecortada['OUTPUT'],'POINTS':
fosseis_recortado['OUTPUT'],'WEIGHT':",'CLASSFIELD':",'FIELD':'Fosseis','OUTPUT':
TEMPORARY_OUTPUT'})

```

#UNIÃO PELA LOCALIZAÇÃO

```
lito_uniloc = processing.run("qgis:joinbylocationsummary",  
{'INPUT':recursosminerais_contagem['OUTPUT'],'PREDICATE':[4,5],'JOIN':  
litologia_recortado['OUTPUT'],'JOIN_FIELDS':[classelitologia],'SUMMARIES':[0],'DISCARD_NONMATCHING':False,'OUTPUT': 'TEMPORARY_OUTPUT'})
```

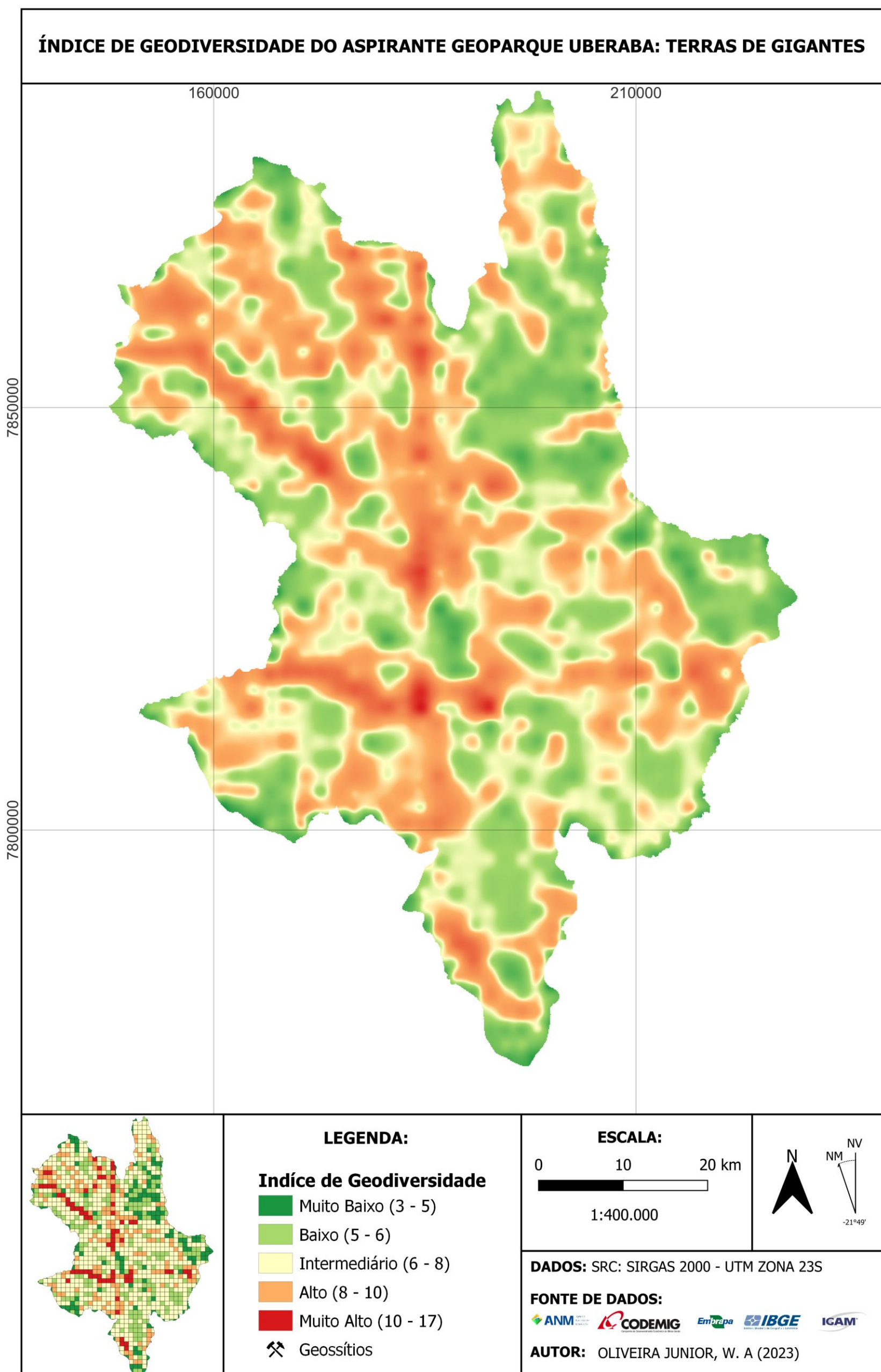
#INDICE DE geodiversidade Quadricula

```
indgeodiversidadeQuadricula = processing.run("native:fieldcalculator",  
{'INPUT':subindices_organizados['OUTPUT'],'FIELD_NAME':'IndGeodiv','FIELD_TYPE':1,  
'FIELD_LENGTH':0,'FIELD_PRECISION':0,'FORMULA':"Fosseis" + "Rec_Minera" +  
"Litologia" + "Geomorfo" + "Pedologia" + "Hidrologia",'OUTPUT': geodiversidadequadricula})
```

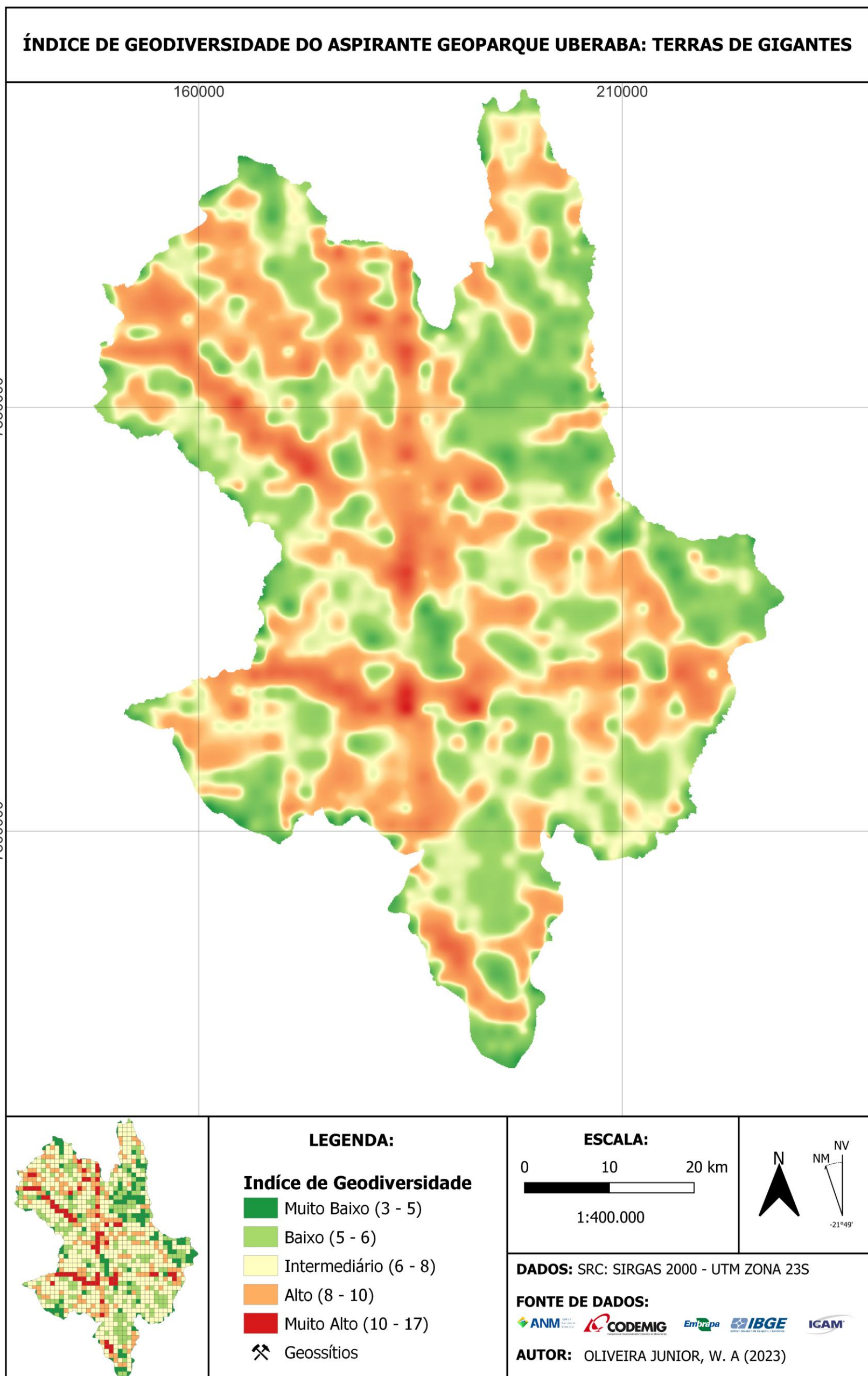
#CENTROIDES

```
centroides_saida = processing.run("native:centroids",  
{'INPUT':indgeodiversidadeQuadricula['OUTPUT'],'ALL_PARTS':True,'OUTPUT':  
centroides})
```

ANEXO II – MAPAS FINAIS



Mapa do índice de geodiversidade gerado pelo modelador gráfico.



Mapa do índice de geodiversidade gerado pelo *plugin geodiversidade*.