

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* OURO PRETO  
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

Carlos Castilho Araújo Filho

**SERVIÇOS GEOSISTÊMICOS, ECOSISTÊMICOS E CULTURAIS DA ESTAÇÃO  
ECOLÓGICA ESTADUAL DE ARÊDES, MINAS GERAIS: Um bem necessário para  
Itabirito**

Ouro Preto  
2025

CARLOS CASTILHO ARAÚJO FILHO

**SERVIÇOS GEOSISTÊMICOS, ECOSSISTÊMICOS E CULTURAIS DA ESTAÇÃO  
ECOLÓGICA ESTADUAL DE ARÊDES, MINAS GERAIS: Um bem necessário para  
Itabirito**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Ouro Preto, como requisito para a obtenção de título de Licenciado em Geografia.

**Orientador:** Alex de Carvalho.

Ouro Preto

2025

---

A663s

Araújo Filho, Carlos Castilho.

Serviços geossistêmicos, ecossistêmicos e culturais da Estação Ecológica Estadual de Arêdes, Minas Gerais [manuscrito] : um bem necessário para Itabirito / Carlos Castilho Araújo Filho. – 2025.  
129 f. : il.

Orientador: Alex de Carvalho.

Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2025.

1. Estação Ecológica Estadual de Arêdes (Itabirito, MG). 2. Geodiversidade. 3. Geoconservação. I. Carvalho, Alex de. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. III. Título.

CDU: 911

---

Catálogo: Kelly Cristiane Santos Morais - CRB-6/3217



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS  
Campus Ouro Preto  
Diretoria de Ensino  
Docência de Área de Geografia  
Rua Pandiá Calogeras, 898 - Bairro Bauxita - CEP 35400-000 - Ouro Preto - MG  
- www.ifmg.edu.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**CARLOS CASTILHO ARAÚJO FILHO**

### SERVIÇOS GEOSISTÊMICOS, ECOSISTÊMICOS E CULTURAIS DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE ARÊDES, MINAS GERAIS: UM BEM NECESSÁRIO PARA ITABIRITO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de LICENCIATURA EM GEOGRAFIA, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto, como parte dos requisitos para a obtenção do título de LICENCIADO EM GEOGRAFIA.

Aprovado em 02 de setembro de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alex de Carvalho - IFMG *Campus* Ouro Preto - Orientador

Prof. Dr. Ramon Coelho Duarte - IFMG *Campus* Ouro Preto

Prof. Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo - IFMG *Campus* Ouro Preto

Ouro Preto, 08 de setembro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Alex de Carvalho, Professor**, em 08/09/2025, às 13:55, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Luiz Teixeira de Camargo, Professor EBTT**, em 08/09/2025, às 16:18, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ramon Coelho Duarte, Professor**, em 08/09/2025, às 16:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadoocs> informando o código verificador **2444233** e o código CRC **79E63B92**.

*Dedico este trabalho aos meus Pais:*

*À minha mãe, Sandra Maria.*

*E ao meu pai, Carlos Castilho (Em Memória).*

## AGRADECIMENTOS

No princípio, havia o espaço — o Divino. Dele veio a Terra, ventre onde a vida brotou, e dela o humano, que sonha, luta e traça mapas de si. Neste percurso, a Geografia me ensinou a costurar ciência e poesia, chão e céu, razão e afeto. Cada leitura, campo e conversa foi um ponto nesta carta topográfica de descobertas.

Gostaria de agradecer àqueles que, de diferentes formas, foram trilhas, abrigos e bússolas ao longo desta jornada. Cada gesto, palavra ou silêncio partilhado foi como relevo moldado pelo tempo: deixou marca. Neste caminho onde ciência e vida se entrelaçam, foi o afeto que sustentou os passos e deu sentido à travessia.

Obrigado à minha mãe, Sandra Maria, que sempre foi alicerce, ternura e resistência. Você sempre confiou em mim e me impulsionou a cada passo, e te dedico esta conquista com amor eterno. À Camila Santos, minha parceira de vida, que caminhou comigo nos dias bons e atravessou comigo as noites difíceis, com você dividi cada passo desta jornada, e junto de você desejo seguir, compartilhando muitas outras conquistas que ainda virão.

Ao meu pai, cuja ausência é também presença, deixo esta conquista em memória e afeto.

Agradeço aos mestres e mestras que iluminaram o meu caminho, compartilhando o conhecimento nas aulas, e se tornaram referência na minha trajetória. Ao professor Alex de Carvalho, que me orientou e foi a bússola que me ensinou a ler montanhas como memórias do tempo; à professora Caroline Delpupo, por mostrar que ciência é também cuidado; à professora Cecília Félix, pelas dicas e estudos das paisagens antropogênicas que revelam o diálogo entre natureza e cultura. À Denise Ziviani, por mostrar que educar é também denunciar e curar; à Layla Júlia, por conduzir e apresentar a didática como um compromisso ético e social; ao Jairo Rodrigues, que me guiou com precisão no mundo das geotecnologias e do meu primeiro artigo publicado. Agradeço também ao professor Ramon Coelho, que apresentou a Geografia Humanista, e à professora Elizene Veloso, por ensinar que pesquisa é responsabilidade com o mundo.

Aos amigos de infância, primos, tios, avós, raízes do meu ser, e aos colegas do IEF, guardiões de nossas paisagens, minha eterna gratidão. Ao Luís Fernando, Engenheiro Florestal com alma de generosidade rara, minha eterna gratidão. Foi ele, lá no início, quem estendeu a primeira mão e me apresentou ao universo da proteção ambiental, mundo onde hoje planto meu propósito e busco crescer e contribuir. À sua esposa e minha amiga, Beatriz Cristina, por me ensinar com sensibilidade e firmeza sobre gestão de áreas protegidas e educação ambiental, deixando marcas profundas de aprendizado.

Por fim, este caminho, que nasceu no Rio de Janeiro, floresceu em Tiradentes e teceu seu propósito em Itabirito, região emoldurada pelas serras sagradas do Quadrilátero Ferrífero Aquífero, foi mais que geográfico: foi existencial.

Que sigamos essa trilha geopoética, semeando futuro com fé, união, técnica, atitude e esperança!

*"Com grandes poderes, vêm grandes responsabilidades."*

*Marvel Amazing Fantasy 15 - Spider-man  
(Stan Lee, 1962).*

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso apresenta pesquisa voltada à valoração da geodiversidade da Estação Ecológica Estadual de Arêdes, Unidade de Conservação situada no município de Itabirito, no Quadrilátero Ferrífero Aquífero, região de Minas Gerais. O estudo buscou integrar informações geoespaciais, documentais e de campo para compreender a riqueza geológica e geomorfológica da área, contribuindo para a geoconservação dentro do contexto do mosaico de áreas protegidas das Reservas da Biosfera da Serra do Espinhaço e Mata Atlântica, reconhecidas pela UNESCO. A pesquisa utilizou métodos de análise qualitativas e quantitativas para mapear e caracterizar os elementos geológicos, além de documentar práticas de uso do solo e interações socioambientais com a Unidade de Conservação, inventariando os atributos da geodiversidade e analisando suas relações com os serviços ecossistêmicos do município de Itabirito. Após a análise, foram caracterizados 160 elementos geodiversos distribuídos em 22 setores, evidenciando a riqueza de formas, materiais e processos presentes no território da UC. Os resultados reforçam a importância da Estação Ecológica como espaço estratégico para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e como núcleo de conhecimento no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero.

**Palavras-chave:** Estação Ecológica Estadual de Arêdes; Bens e Serviços da Geodiversidade; Geoconservação.

## ABSTRACT

This course completion paper presents research focused on assessing the geodiversity of the Arêdes State Ecological Station, a Conservation Unit located in the municipality of Itabirito, in the Iron-Aquifer Quadrangle, Minas Gerais. The study sought to integrate geospatial, documentary, and field information to understand the area's geological and geomorphological richness, contributing to geoconservation within the context of the protected area mosaic of the Serra do Espinhaço and Atlantic Forest Biosphere Reserves, recognized by UNESCO. The research used qualitative and quantitative analysis methods to map and characterize the geological elements, in addition to documenting land use practices and socio-environmental interactions with the Conservation Unit, inventorying the attributes of geodiversity and analyzing its relationships with the ecosystem services of the municipality of Itabirito. After the analysis, 160 geodiverse elements distributed across twenty-two sectors were characterized, highlighting the richness of forms, materials, and processes present within the Conservation Unit. The results reinforce the importance of the Ecological Station as a strategic space for the maintenance of ecosystem services and as a knowledge center in the context of the Iron Aquifer Quadrangle.

**Keywords:** Arêdes State Ecological Station; Geodiversity Services; Geoconservation.

## **SIGLAS E ABREVIATURAS**

**EEEA** – Estação Ecológica Estadual de Arêdes  
**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**IEF** – Instituto Estadual de Florestas  
**IFMG** – Instituto Federal de Minas Gerais  
**IUGS** - International Union of Geological Sciences  
**MAB** – Programa Homem e Biosfera  
**PNT** - Parque Nacional da Tijuca  
**QFA** – Quadrilátero Ferrífero Aquífero  
**RBSE** – Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço  
**SEMAD** – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
**SGB** - Serviço Geológico do Brasil  
**UC** – Unidade de Conservação  
**UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais  
**UFOP** – Universidade Federal de Ouro Preto  
**UNESCO** - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Setor Geodiverso Geocientífico de Dinâmicas de Paisagem .....	87
Tabela 2 - Setor Geodiverso Nascentes do Paleoproterozóico .....	89
Tabela 3 - Setor Geodiverso Hidrogeomorfológico em Canga Ferruginosa e Depósitos Elúvio-Coluvionais.....	92
Tabela 4 - Setor Geodiverso de Patrimônio Geocultural-Arqueológico e Relevos Antropogênicos.....	94
Tabela 5 - Setor Geodiverso Afloramentos Quartzíticos e Vestígios do Ciclo do Ouro.....	96
Tabela 6 - Setor Geodiverso dos Depósitos Aluvionares Antigos e Patrimônio Arqueológico em Ambiente Florestal: .....	97
Tabela 7 - Setor Geodiverso dos Mananciais do Bação e Serviços Ecológicos de Itabirito .....	98
Tabela 8 - Setor Geodiverso dos Afloramentos Testemunhos e Mananciais Hídricos .....	99
Tabela 9 - Setor Geodiverso Tecnogênico do Ciclo do Ouro em Itabirito e Diversidade de Solos .....	100
Tabela 10 - Setor Geodiverso das Escarpas Testemunhais da formação Moeda .....	101
Tabela 11 - Setor Geodiverso das Lâminas Estratificadas da formação Moeda: .....	103
Tabela 12 - Setor Geodiverso dos Campos Ferruginos Panorâmicos da Serra do Pico de Itabirito: .....	104
Tabela 13 - Setor Geodiverso das Altitudes Ferruginas de Recarga do Cauê, Morro dos Aredez.....	105
Tabela 14 - Setor Geodiverso dos relevos ruiformes da formação Moeda .....	107
Tabela 15 - Setor Geodiverso dos Ambientes Ecótonos da formação Moeda .....	108
Tabela 16 - Setor Geodiverso dos Campos Rupestres Quartzíticos .....	109
Tabela 17 - Setor Geodiverso dos Canais Históricos do morro dos Aredez .....	110
Tabela 18 - Setor Geodiverso das Bordas Arqueo-ferruginas do Quadrilátero Ferrífero Aquífero.....	111
Tabela 19 - Setor Geodiverso dos Vales Hidroflorestais do Córrego do Bação .....	113
Tabela 20 - Setor Geodiverso dos Cursos d'água intermitentes Ferruginos do Fecho do Funil.....	115
Tabela 21 - Setor Geodiverso dos Vales Arqueo-Hídricos de Cabeceira da Unidade Catarina Mendes .....	116

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caracterização Geoespacial das UC's do QFA .....	16
Figura 2- Pintura histórica do Pico de Itabirito por F. J. Stephan. ....	27
Figura 3- Hidrografia e bacias hidrográficas da EEEA.....	37
Figura 4- Hidrografia da EEEA em relação ao município de Itabirito.....	37
Figura 5 - Bacia hidrográfica do Rio das Velhas no contexto da bacia do São Francisco e de Minas Gerais.....	38
Figura 6 – Estrutura revitalizada do Complexo Arqueológico de Arêdes.....	44
Figura 7-Classificação dos valores da geodiversidade segundo os serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray. ....	46
Figura 8 – Localização da EEEA, a área de estudo.....	48
Figura 9- Antropização no entorno da região da EEEA.....	49
Figura 10- Ações de registros e análise <i>In Situ</i> .Setor Geodiverso nascentes do Paleoproterozóico. ....	51
Figura 11 - Ações de registros e análise <i>In Situ</i> . Setor Geodiverso Escarpas do Cauê. ....	52
Figura 12 - Simbologia desenvolvida para a representação dos bens e serviços da geodiversidade.....	54
Figura 13-Tabelas de valoração da geodiversidade de acordo com Vieira (2014). ....	57
Figura 14 - Algumas características do SG Geocientífico de dinâmicas da paisagem.....	60
Figura 15 - Exemplos de estruturas de paisagismo para a região da barragem de rejeitos desativada, localiza no SG Geocientífico de dinâmicas da paisagem. ....	60
Figura 16 - Algumas características do SG Nascentes do Paleoproterozóico.....	61
Figura 17 - Algumas características do SG hidrogeomorfológico em canga ferruginosa e depósitos elvío-coluvionais .....	62
Figura 18 - Algumas características do SG hidrogeomorfológico em canga ferruginosa e depósitos elvío-coluvionais .....	63
Figura 19 - Algumas características do SG Afloramentos Quartzíticos e vestígios tecnogênicos do ciclo do ouro. ....	64
Figura 20 - Algumas características do SG Depósito aluvionares antigos e patrimônio arqueológico em ambiente florestal.....	65

Figura 21 - Algumas características do SG Mananciais do Bação e Serviços Ecosistêmicos de Itabirito .....	66
Figura 22 - Algumas características do SG dos Afloramentos Testemunhos e Mananciais Hídricos .....	68
Figura 23 - Algumas características do SG Tecnogênico do Ciclo do Ouro em Itabirito e Diversidade de Solos .....	69
Figura 24 - Algumas características do SG Escarpas Testemunhais da formação Moeda:.....	70
Figura 25 - Algumas características do SG Lâminas Estratificadas da formação Moeda: .....	71
Figura 26 - Algumas características do SG Campos Ferruginosos Panorâmicos da Serra do Pico de Itabirito. ....	73
Figura 27 - Algumas características do SG Altitudes Ferruginosas de Recarga do Cauê, Morro dos Aredez. ....	74
Figura 28 - Algumas características do SG Relevos ruiformes da formação Moeda.....	75
Figura 29 - Algumas características do SG Ambientes Ecótonos da Formação Moeda .....	77
Figura 30 - Algumas características do SG Campos Rupestres Quartzíticos.....	78
Figura 31 - Algumas características do SG Canais Históricos do Alto Gandarela. ....	79
Figura 32 - Algumas características do SG Bordas Arqueo-ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero Aquífero.....	80
Figura 33 - Algumas características do SG Vales Hidroflorestais do Córrego do Bação .....	82
Figura 34 - Algumas características do SG Cursos d'água intermitentes Ferruginosos do Fecho do Funil.....	83
Figura 35 - Algumas características do SG Vales Arqueo-Hídricos de Cabeceira da Unidade Catarina Mendes .....	84
Figura 36 - Algumas características do SG Ecótonos Ferruginosos. ....	85
Figura 37 - Mapa Temático: Diagnóstico da Geodiversidade na EEEA.....	85

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. PAISAGEM, SOCIEDADE E TERRITÓRIO: PERSPECTIVAS E FUNDAMENTOS DA GEOCONSERVAÇÃO .....	18
2.1 O ser humano e a biosfera: entre dicotomias e cosmovisões.....	18
2.2 As áreas protegidas: territórios estratégicos para a proteção da paisagem natural .....	20
2.2.1 Unidades de Conservação e a gestão das Áreas Protegidas no Brasil .....	21
2.3 Valoração da Geodiversidade como ferramenta de Geoconservação.....	24
2.4 Quadrilátero Ferrífero Aquífero: Perspectivas e potencialidades .....	29
2.5 Estação Ecológica Estadual de Arêdes: Um testemunho relictual da geodiversidade universal.....	32
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	46
3.1 Área de Estudo .....	47
3.2 Caracterização <i>ex situ</i> .....	50
3.3 Diagnóstico <i>in loco</i> .....	51
3.4 Confecção do mapa temático e tabela/inventário .....	53
4. CARTOGRAFIAS DA GEODIVERSIDADE: SETORES, MAPA, E REFLEXÕES CRÍTICAS SOBRE A GEOCONSERVAÇÃO NA EEEA .....	58
4.1 Setores Geodiversos da EEEA.....	59
4.1.2 Tabelas de inventário da Geodiversidade na EEEA.....	86
4.2 Potencialidades e Desafios da Geoconservação em Itabirito.....	119
4.3 Arêdes e a função essencial das Unidades de Conservação no QFA .....	121
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	128

## 1. INTRODUÇÃO

A morfogênese da Terra, o conjunto de processos que moldaram e continuam a transformar a superfície do planeta, constitui um processo essencial para a origem e a sustentação da vida. Desde a formação inicial das rochas e oceanos, até os sistemas complexos de erosão e sedimentação, elementos abióticos desempenharam um papel central na criação dos ambientes onde a vida pôde emergir e evoluir.

O tempo geológico nos revela Éons de um planeta em constante transformação, moldado por processos que se estendem por bilhões de anos, enquanto o breve tempo histórico do ser humano reflete intervenções crescentes, e cada vez mais aceleradas sobre tal estrutura basilar para a sustentação da vida.

As marcas das relações do ser humano nos ambientes da Terra, as quais começaram como resultado de meras adaptações de sobrevivência à natureza, evoluíram para intervenções cada vez mais profundas e, atualmente, as civilizações ao redor do globo vêm deixando rastros que se desdobram em impactos ambientais e sociais, de diferentes escalas.

Frente ao atual contexto de pressões socioambientais oriundas das demandas de produção capitalista do espaço, a reorganização de territórios para criar condições de fluxo de capital muitas vezes ignora as necessidades sociais e ambientais locais, gerando a degradação de ecossistemas e o deslocamento de comunidades em favor de interesses econômicos efêmeros (HARVEY, p.49-55, 2001). Neste cenário, diferentes métodos da Geografia Física têm se despontado como ferramentas essenciais para a caracterização e conservação de testemunhos da Terra, pois permitem uma análise que possibilita um diálogo multifacetado com as possibilidades oferecidas no arcabouço das Geociências, favorecendo uma interpretação ampla de elementos naturais e suas inter-relações no espaço geográfico.

Nas últimas três décadas, práticas de Geoconservação tem ganhado notoriedade em estudos científicos e debates políticos, refletindo a crescente conscientização sobre a necessidade de conservação dos elementos abióticos que favorecem serviços ecológicos vitais. Tais elementos geológicos e geomorfológicos que compõem a Geodiversidade de determinado local proporcionam os substratos onde se desenvolve a biodiversidade. Essas relações se assinalam, por exemplo, ao compararmos dois países com clima e áreas semelhantes, sendo que, aquele com elevada Geodiversidade, tende a possuir também, maior biodiversidade (BRILHA, 2008, p. 213).

A partir da década de 2000, o conceito de Geoconservação emergiu, integrando a valoração da Geodiversidade com estratégias para a proteção e manejo sustentável de recursos

geológicos (CARVALHO *et al*, 2022). No Brasil, com a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, novas perspectivas de gestão de áreas protegidas passaram a se desenvolver pelo país.

A Geodiversidade, com sua riqueza de formas, funções, processos e estruturas, vem ganhando destaque nas pesquisas em Geografia Física no Brasil e globalmente, indicando um movimento crescente em direção ao reconhecimento do valor ecológico, científico e cultural associados aos elementos geológicos e geomorfológicos. Neste sentido, diferentes parâmetros de valoração qualitativa e quantitativa da geodiversidade estão presentes em diversos trabalhos acadêmicos e tal avanço evidencia a importância de proteger a base física que sustenta os ecossistemas e a biodiversidade, reafirmando as práticas de Geoconservação como essenciais para o equilíbrio ambiental.

Segundo Silva (2019), discussões sobre a aplicabilidade dos serviços ecossistêmicos em estudos de Geodiversidade vieram a se estabelecer ao decorrer da última década. Um exemplo relevante é a revista *Geodiversidade: envolvências e experiências*, organizada por Carneiro (2022), que aponta, através de diferentes abordagens, alguns indicadores para o estudo da conservação do patrimônio geológico e geomorfológico, dentre os quais se baseiam amplamente nos conceitos fundamentados por Gray (2013).

Em 2013, o geógrafo britânico Murray Gray, atualizou seu sistema metodológico de valoração da Geodiversidade, destacando as relações dos serviços ecossistêmicos com os elementos não vivos da natureza (SILVA, 2019). Tal método tem exercido uma influência significativa no campo da Geoconservação, oferecendo uma estrutura robusta para a avaliação e proteção de elementos geológicos e geomorfológicos de uma área, bem como compreendendo suas funções ligadas a determinados serviços ecossistêmicos.

No Brasil, país onde a Geodiversidade é marcada por uma vasta e complexa diversidade geológica e paisagística, iniciativas de pesquisa e conservação têm explorado as potencialidades e a necessidade de preservação dos patrimônios naturais, em alinhamento com as tendências globais.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO, das 738 Reservas da Biosfera espalhadas por 134 países, 7 estão localizadas em território brasileiro, sendo estas: Mata Atlântica, Cinturão Verde de São Paulo, Cerrado, Pantanal, Caatinga, Amazônia Central, e Serra do Espinhaço (ONU, 2024).

Nas 7 Reservas da Biosfera brasileiras, existem ambientes considerados estratégicos para conservação por resguardarem recursos naturais bióticos e abióticos, dentre os quais a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço - RBSE se destaca no que tange aos

aspectos geológicos que compõem a cordilheira brasileira que se estende entre os estados de Minas Gerais e Bahia (UNESCO, 2024), bem como a morfoestrutura denominada Quadrilátero Ferrífero Aquífero.

Com o reconhecimento da RBSE em junho de 2005, através do programa Homem e Biosfera – MAB, da UNESCO, articulações cooperativas que permeiam expressões culturais, debates acadêmicos, e ações governamentais (UNESCO, 2005) passaram a criar incentivos e novas perspectivas de desenvolvimento socioambiental.

O território da RBSE abarca uma área de 10.218.895 hectares, no Estado de Minas Gerais. Composta por unidades serranas do Espinhaço Meridional (ALVARENGA & ANDRADE, 2024) e a região do Quadrilátero Ferrífero Aquífero. A RBSE compreende aspectos intrínsecos da geodiversidade incentivando a geoconservação na região em que está inserida.

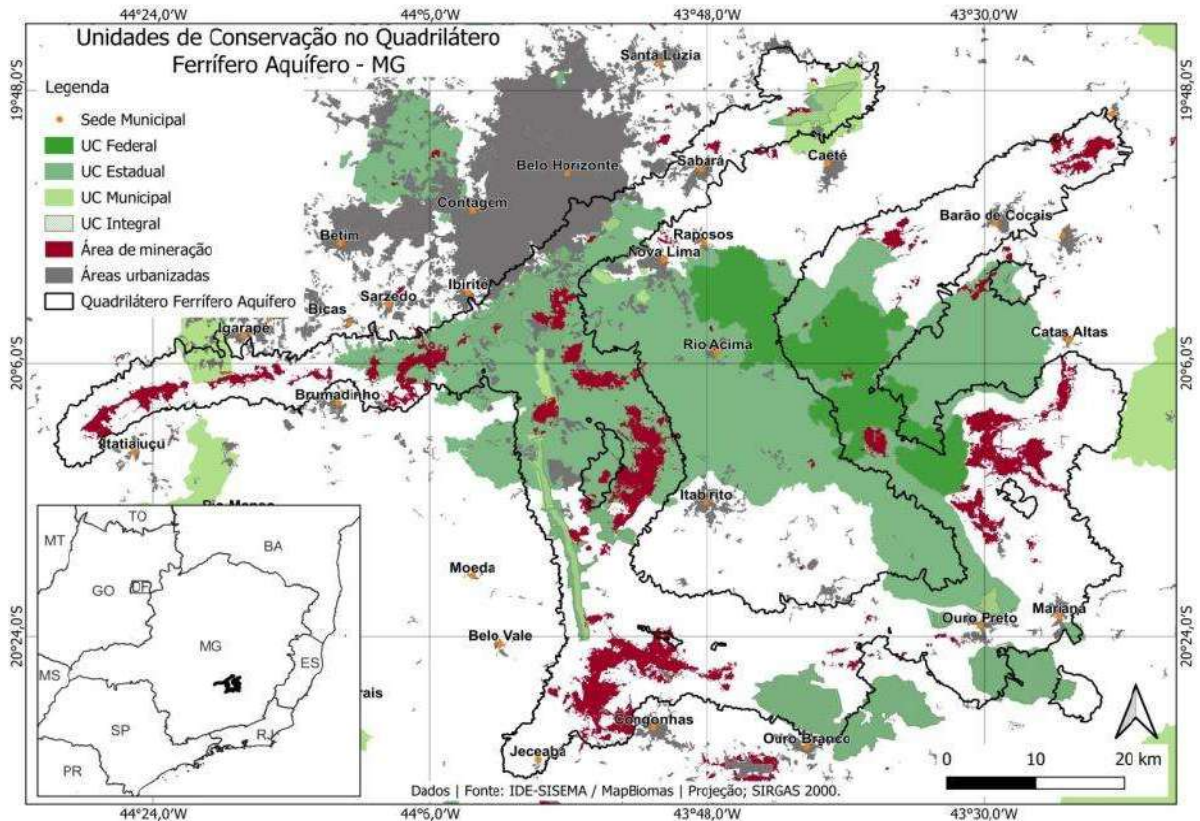
O Quadrilátero Ferrífero Aquífero - QFA, morfoestrutura de aproximadamente 700 mil hectares (RUCKHYS, 2009), corresponde à região sobre-elevada composta por serras que emolduram 33 municípios na porção centro-sul de Minas Gerais. É possível perceber que a configuração morfoclimática dos mares de morros, descrita pelo Geógrafo brasileiro Aziz Ab'Saber, cria um ambiente que condiciona uma riqueza natural e cultural que funcionam como elementos ativos na teia de relações que sustentam o equilíbrio ecológico e a diversidade dos modos de vida que se transformam pelo tempo e espaço.

Em 2022, a União Internacional dos Sítios Geológicos – IUGS, divulgou a lista dos 100 geossítios mais relevantes do mundo e, no Brasil, 4 destes geossítios integram a lista, sendo: o Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro, as Cataratas do Iguaçu, no Paraná, O Domo do Araguainha, em Goiás, e o Patrimônio Geológico do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. As *Banded Iron Formation* - BIF's, formações ferríferas bandadas encontradas no Pico de Itabirito, localizado no município de Itabirito, e no Pico da Serra da Piedade, em Caeté, foram sugeridos à comissão de seleção da IUGS no Brasil pela professora Úrsula Ruchkys de Azevedo, do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, e pelo professor Paulo de Tarso Amorim Castro, da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP (UFMG, 2022). Destaca-se que o geossítio paleozoico mineiro corresponde ao mais antigo dentre os quatro geossítios nacionais.

Ações voltadas à proteção ambiental e à valorização do patrimônio geológico no QFA evidenciam o potencial da região como um modelo de desenvolvimento socioambiental sustentável. A riqueza de sua geodiversidade, com atributos singulares que sustentam funções ecossistêmicas específicas, tem sido objeto de estudos científicos que aprofundam também o

entendimento sobre sua relevância ecológica e cultural. Tais esforços se mostram necessários frente aos fenômenos socioespaciais associadas às demandas capitalistas que transformam o espaço, sendo que, no caso do QFA, mesmo com uma quantidade considerável de unidades de conservação municipais, estaduais e federais, a expansão urbana e mineração a céu aberto em larga escala, seguem modificando a estrutura geológica da região. (Figura 1).

Figura 1 – Caracterização Geoespacial das UC's do QFA



Fonte: Caracterização Geoespacial do Quadrilátero Ferrífero Aquífero, MG. (FILHO *et al*, 2024).

Estudos de valorização e análise da geodiversidade apontam que o município de Itabirito apresenta altos índices de elementos da geodiversidade e a região onde se localiza a Estação Ecológica Estadual de Arêdes é considerada um dos *hotspots* da geodiversidade do município supracitado, sendo que a área destaca-se por abrigar um alto índice de geodiversidade (LEITE *et al*, 2024) e protege parte considerável de elementos abióticos únicos em uma região circundada por áreas de intensas atividades minerárias. É importante destacar que as unidades de conservação localizadas na região do QFA são compostas em maior parte por unidades da categoria uso sustentável, as quais permitem transformações em suas estruturas geológicas, o que denota a importância das UC's de proteção integral no que tange a salvaguarda à conservação de testemunhos da geodiversidade. Neste sentido,

considerando que a Estação Ecológica Estadual de Arêdes é uma Unidade de Conservação localizada em região estratégica no que tange aos serviços ecossistêmicos que se relacionam com o município de Itabirito, este trabalho tem como objetivo investigar a geodiversidade da Estação Ecológica Estadual de Arêdes - EEEA, a fim de contribuir com o entendimento das funções abióticas da área em relação ao município de Itabirito e subsidiar estratégias integradas de geoconservação na unidade de conservação. Para tanto, foi aplicado o método de valoração da geodiversidade no território da UC, com base na abordagem estabelecida por Gray em 2013, inventariando os elementos geodiversos mapeados na região da EEEA e da análise qualitativa de seus atributos geológicos e geomorfológicos. A valoração considerou critérios de relevância que refletem sua importância científica, educacional, cultural, estética e econômica, com vistas à promoção da conservação do patrimônio geológico da unidade.

## **2. PAISAGEM, SOCIEDADE E TERRITÓRIO: PERSPECTIVAS E FUNDAMENTOS DA GEOCONSERVAÇÃO**

### **2.1 O ser humano e a biosfera: entre dicotomias e cosmovisões**

Partindo da premissa de que a separação entre o ser humano e natureza, fomentada pelo paradigma mecanicista da modernidade, gerou um distanciamento que repercute tanto na degradação ambiental quanto na propagação de desigualdades sociais, percebe-se que a relação entre ser humano e natureza pode ser uma questão trabalhada pela geoconservação, transcendendo o âmbito técnico de catalogação de geossítios e alcançando dimensões filosóficas, utilizando como aporte os conhecimentos e métodos científicos de análise das funções da geodiversidade. Historicamente, a humanidade, especialmente sob a influência do pensamento ocidental moderno, construiu uma narrativa de separação em relação à natureza, percebendo-a como um recurso a ser dominado e explorado. Tal visão tem fomentado o distanciamento entre o ser humano e o mundo natural, propiciando crises ambientais em torno de todo o planeta Terra.

Indo de encontro com as ideias do Filósofo indígena e Imortal da Academia Brasileira de Letras Ailton Krenak, que desafia tal narrativa ao propor uma reconexão com o que ele chama de “tecido da vida”, que inclui todos os seres vivos e os elementos da Terra, os seres humanos não são superiores ou exteriores à natureza, mas fazem parte intrínseca dela. Tal cosmovisão ancestral oferece uma perspectiva palpável quando repensamos a geoconservação, pois sugere que a preservação não deve ser apenas uma questão técnica, mas uma prática ética que reconhece a Terra como estrutura basilar para a sustentação da vida.

Desta forma, conceitos como antropoceno e antropogênese têm adquirido destaque crescente nos estudos e debates das Geociências devido à tal necessidade de compreender as intensas transformações causadas pelas atividades humanas na dinâmica planetária. O antropoceno, proposto por Crutzen e Stoermer (2000), caracteriza uma nova época geológica marcada pela influência significativa do ser humano nos sistemas terrestres, incluindo alterações no clima, na biodiversidade e nos ciclos biogeoquímicos.

A prática conservacionista implica a adoção de um entendimento sinérgico no qual as geociências podem possibilitar o reconhecimento das relações entre aspectos geológicos, biológicos e culturais do planeta. Nesse sentido, a geoconservação torna-se um instrumento que favorece o pertencimento. Tal entendimento encontra ressonância no conceito de biosfera, introduzida pelo mineralogista russo Vladimir Vernadsky em 1926, e

ampliada pela ecologia moderna. A noção de que a vida e os processos geológicos são indissociáveis reforça a percepção de que a humanidade é parte integrante de um sistema complexo e interdependente.

A Ciência Geográfica, por sua vez, se transformou de paradigmas positivistas que priorizavam descrições quantitativas do espaço até abordagens mais críticas e integrativas, as quais valorizam o papel cultural e simbólico na ocupação do solo e construção dos territórios. Na perspectiva do geógrafo brasileiro Milton Santos, o ser humano é compreendido como um agente indissociável do espaço geográfico, cuja construção reflete interações entre sociedade e natureza (SANTOS, 1996).

Segundo Santos (1996), o espaço é um sistema de objetos e ações, onde a natureza não é apenas um recurso passivo, mas um elemento ativo e transformado pela ação humana. Aplicada a geoconservação, tal abordagem crítica permite enfatizar que a proteção de geossítios deve considerar também dinâmicas sociais, culturais e econômicas que os envolvam. Desta forma, ao reconhecer o ser humano como parte integrante e cocriadora do espaço, a Geografia Crítica somada à Geografia Física podem ampliar o entendimento da geoconservação como uma prática que articula o cuidado com os elementos abióticos da natureza e o compromisso com o equilíbrio socioambiental, promovendo uma visão mais holística e ética do território.

Tal abordagem, que reconhece o espaço como um híbrido de processos naturais e antrópicos, oferece uma base epistemológica profícua para repensar a relação entre humanidade e meio ambiente no contexto da geoconservação. Segundo a professora emérita especialista em Geografia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dirce Maria Antunes Suertegaray, a atividade humana pode constituir processos geomorfológicos (SUERTEGARAY, 2023). De acordo com Suertegaray:

Os impactos, disputas e conflitos ambientais revelam a natureza do território construído a partir da modernização de representações que deram suporte ao entendimento da natureza como separada do homem (sociedade), cuja base tem-se na construção cartesiana de Natureza. A apropriação capitalista e privada da terra separa a natureza para dela se apropriar como sendo outra, aquela que lhe confere recursos além dos valores de uso. Essa apropriação gera conflitos, disputas de diferentes magnitudes. Trata-se de uma ruptura metabólica que constituía desconstrução de comunidades. (SUERTEGARAY, 2023)

Dessa forma, a Geoconservação se mostra uma prática de resistência ao uso estritamente mercadológico do espaço natural, necessária para a valoração de territórios estratégicos para a conservação, atingindo aspectos éticos e filosóficos, integrando valores

ecológicos e culturais e reconhecendo a interdependência de todos os elementos do planeta Terra.

## **2.2 As áreas protegidas: territórios estratégicos para a proteção da paisagem natural**

A trajetória histórica das áreas protegidas reflete mudanças significativas na forma como a sociedade compreende e valoriza a relação entre o ser humano e a natureza. Segundo Medeiros (2006), a criação de áreas protegidas é uma estratégia de controle territorial que estabelece limites e dinâmicas de uso e ocupação contemplando critérios de uso normalmente voltados a valorização de recursos naturais ou resguardar biomas, ecossistemas e espécies raras ou ameaçadas. As áreas protegidas surgiram a partir do século XIX, impulsionadas pela necessidade de preservação de ecossistemas e belezas naturais frente à expansão das fronteiras econômicas e demográficas globais, como no caso icônico do Parque Nacional Yellowstone, nos Estados Unidos, estabelecido em 1872, sendo este o primeiro parque nacional a ser criado no mundo (SANTOS & AMORIM, 2022).

O caso do Parque Nacional de Yellowstone marcou o início de um modelo inovador de conservação em outros países do globo, motivado tanto pela valorização estética quanto pela preocupação com os recursos naturais. Localizado em uma região de grande riqueza geológica e ecológica, incluindo gêiseres, fonte termais, florestas e fauna diversificada, Yellowstone chamou a atenção de pesquisadores, cientistas e ativistas do século XIX, que destacaram seu valor único para a ciência e sociedade (EUA, 2024). Destaca-se assim, como a influência de cientistas, artistas, ativistas e políticos desempenharam papéis essenciais com contribuições fundamentais para estabelecer a base do conceito de parque nacional e preservação do patrimônio natural, o que culminou na aprovação da Lei do Parque Nacional de Yellowstone pelo congresso Norte-Americano, e tal fato elucidada como a gênese da criação de territórios de preservação ambiental está associada a participação de diferentes nichos da sociedade, os quais se relacionam de diferentes formas com os aspectos da natureza.

Após a criação do Parque Nacional Yellowstone, outros parques passaram a ser criados pelo mundo e, no caso do Brasil, o Parque Nacional de Itatiaia, localizado na Serra da Mantiqueira, entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, foi a primeira área protegida nacional, criada em 14 de junho de 1937 (NATASHA, 2022), quase cinco décadas após a criação de Yellowstone. A ideia de criar o Parque Nacional do Itatiaia surgiu no contexto de um Brasil em modernização, em face a preocupação emergente com a preservação de áreas

naturais frente à degradação ambiental descontrolada e exploração de recursos naturais em larga escala.

A criação do Instituto Estadual de Florestas (IEF), por meio da Lei nº 2.606, representou um marco na institucionalização da gestão ambiental em Minas Gerais, estabelecendo as bases para a implementação de unidades de conservação no estado. Apesar de não contar com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) na época, o IEF iniciou a criação de Parques Estaduais, como o Parque Estadual do Rio Doce, em 1944, evidenciando o compromisso com a proteção da biodiversidade local (IEF, 2008).

Esse movimento estadual se alinhou com a crescente conscientização ambiental no cenário nacional, impulsionada pela criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) em 1973, vinculada ao Ministério do Interior. A SEMA desempenhou um papel crucial na articulação de políticas públicas ambientais, culminando na criação do Ministério do Meio Ambiente em 1992, conforme a Lei nº 8.490, que consolidou a gestão ambiental federal (BRASIL, 2025).

As áreas protegidas no Brasil passaram a se consolidar como Unidades de Conservação – UC's com diferentes categorias após a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, em 2000 (MEDEIROS, 2006), o que trouxe novas possibilidades mais articuladas no que tange a gestão de territórios de proteção ambiental. Destaca-se que o formato de tal sistema de gestão de áreas protegidas foi claramente influenciado pelas diretrizes da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN, que classifica as áreas protegidas por categorias com base no grau de intervenção humana e objetivos de conservação. Tais categorias inspiraram diretamente a organização das unidades de conservação do SNUC, que são divididas em dois grandes grupos, sendo uso sustentável e proteção integral. Cada grupo possui diferentes categorias e objetivos, sendo que as UC's de proteção integral buscam preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, enquanto as UC's de uso sustentável visam à compatibilização entre conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais (SNUC, 2000), permitindo transformações antrópicas na paisagem.

### ***2.2.1 Unidades de Conservação e a gestão das Áreas Protegidas no Brasil***

Enquanto as primeiras áreas protegidas eram criadas em outras partes do mundo no século XIX, no Brasil, iniciativas voltadas à proteção e gestão de ambientes e recursos naturais por parte da coroa portuguesa e governo imperial já se mostravam presentes

(MEDEIROS, 2006). Tais mecanismos de proteção ambiental no período colonial visavam o controle dos recursos naturais, considerando os impactos associados ao extrativismo e monocultura, como é o caso da Floresta da Tijuca e Paineiras, no Rio de Janeiro, declaradas como Florestas Protetoras por Dom Pedro II em 1861, o qual deu início a um audacioso projeto de recuperação florestal na região dos morros corcovados emblemáticos da cidade. Assim, após a desapropriação de chácaras e fazendas de café que haviam dizimado a cobertura vegetal de Mata Atlântica, ocorreu o reflorestamento e a regeneração natural da vegetação que recobria as formações montanhosas da região central da cidade (PNT, 2020). Em treze anos, mais de 100.000 espécies nativas foram plantadas e associadas ao processo de regeneração natural e, tal ação, que antecede até mesmo a criação nos EUA do primeiro Parque Nacional Yellowstone, compõe, atualmente, a grande formação florestal no Maciço da Tijuca, que faz parte do Parque Nacional da Tijuca Brasil desde 1967, abarcando uma área protegida num território de 3.953 hectares (ICMbio, 2024).

Assim, antes do SNUC se estabelecer, áreas protegidas já vinham sendo reconhecidas através de outros instrumentos legais de proteção no país. A propagação de tais mecanismos de proteção de recursos naturais reflete parcialmente o aumento na percepção por parte da sociedade sobre a necessidade de proteger elementos específicos da natureza (MEDEIROS, 2006). Em 1934, as Florestas Protetoras foram estabelecidas pelo código florestal (MEDEIROS 2003 em MEDEIROS 2006), mas com a vulnerabilidade das instituições da recém-formada República, não houve a criação de um sistema de áreas protegidas articulado o suficiente para se estabelecer (MEDEIROS, 2006).

Medeiros (2006) traz uma ampla abordagem que analisa a evolução de instrumentos e tipologias das áreas protegidas brasileiras, onde sintetiza a trajetória das unidades de conservação e alguns instrumentos de reconhecimento e classificação das configurações de áreas protegidas adotadas no país. Em tal diagnóstico, é possível compreender que as categorias de áreas protegidas foram sendo refinadas de acordo com a evolução do aporte geopolítico e científico de parcela da sociedade, somado ao emergente interesse de grupos e atores sociais que influenciaram as tomadas de decisão por parte do Estado.

Com a Constituição Federal de 1988, o Poder Público passou a ser incumbido de definir espaços territoriais a serem especialmente protegidos e, a partir do ano de 2000, muitas destas áreas foram incorporadas às Unidades de Conservação do SNUC (FONSECA, *et al.* 2019). O reconhecimento de patrimônios naturais no país passou a ter maior destaque com a constituição de 1988, onde a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o

Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira brasileira foram nominalmente reconhecidos como patrimônio nacional (BRASIL, 1988), em atenção na preservação dos recursos naturais. Atualmente, a Constituição Federal, além de definir que todas as Unidades da Federação criem diferentes mecanismos para a proteção de espaços territoriais, delineando elementos naturais da paisagem, existem também instrumentos de proteção de bens culturais de natureza material e imaterial, sendo que os geossítios, a depender de sua gênese, podem se enquadrar tanto como patrimônio cultural, como patrimônio natural. De acordo com o Art. 216 da Constituição Federal:

Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: I - as formas de expressão; II - os modos de criar, fazer e viver; III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico (IPHAN,2024).

Com base no dispositivo legal destacado acima, nota-se que o poder político reconhece que elementos naturais podem ser considerados como patrimônio cultural. Neste sentido, certifica-se que os geossítios, além de ilustrarem eventos geológicos que contam a história da Terra, podem ainda estabelecer diálogo com elementos associados a campos do conhecimento voltados a aspectos culturais e antropogênicos. Tais formações geomorfológicas, então, destacam-se, por serem elementos que fundamentam as paisagens matrizes nas cadeias de relações socioespaciais, exercendo influência sobre as sociedades que se modificam, ao mesmo tempo em que transformam o espaço.

No Brasil, além das unidades de conservação, que tem a finalidade de proteger aspectos naturais, e as estruturas tombadas para proteção patrimonial, que tem o objetivo de conservar o patrimônio cultural, as terras indígenas também representam um importante mecanismo de salvaguardar paisagens associadas às populações remanescentes de povos originários que desempenham papel fundamental na preservação de territórios ancestrais e manejo da biodiversidade, desta forma, se configurando como espaços de importância socioambiental (ISA, 2024).

De acordo com Tiago Moreira dos Santos, Antropólogo do Programa de Monitoramento de Áreas Protegidas do Instituto Socioambiental – ISA, pesquisas recentes têm mostrado que os povos indígenas tiveram um papel crucial na formação da biodiversidade

da América do Sul. A relação de tais povos e a biodiversidade corresponde importante papel na formação de diversas paisagens e ecossistemas dos biomas brasileiros (ISA, 2024).

Assim, as UC's, as estruturas naturais e culturais tombadas para proteção patrimonial e as Terras Indígenas - TI's, que protegem aspectos da cultura e do ambiente, representam diferentes abordagens para a conservação de territórios, paisagens e lugares, sendo que a geodiversidade existente no espaço fundamenta suas características paisagísticas e culturais, as quais podem ser alvo de tais mecanismos legais de proteção territorial. Enquanto as UC's são áreas designadas principalmente para proteger a biodiversidade e serviços ecossistêmicos, com manejo orientado por diretrizes direcionadas aos aspectos naturais, as estruturas tombadas visam salvaguardar valores históricos e culturais. Por sua vez, as terras e reservas indígenas incorporam uma dimensão socioambiental única ao integrarem práticas tradicionais de manejo ambiental e valores culturais, pois integram tais valores dos povos indígenas à conservação de ecossistemas e geossistemas.

Desta forma, nota-se que as áreas protegidas nacionais se estruturaram majoritariamente sobre normas técnicas e jurídicas, sendo que as TI's se destacam por possuir, naturalmente, uma abordagem que reforça a conexão entre dimensões bióticas, abióticas e culturais. Além das relações diretas dos povos originários com os territórios indígenas demarcados, a cultura ancestral dos povos originários do Brasil está profundamente enraizada na toponímia de áreas protegidas, geossítios e monumentos naturais, refletindo uma conexão histórica e simbólica com o território. No Quadrilátero Ferrífero Aquífero, em Minas Gerais, nomes como Pico de Itabirito, Pico do Itacolomi, Serra do Itatiaia, Serra do Caraça e a Estação Ecológica Estadual de Arêdes carregam significados que remontam à cosmovisão indígena, frequentemente associados a elementos da paisagem e sua sacralidade. Essa herança cultural não apenas preserva a memória dos povos originários, mas também ressalta a importância de integrar valores culturais à conservação ambiental e à valorização do patrimônio geológico da região.

### **2.3 Valoração da Geodiversidade como ferramenta de Geoconservação**

A geodiversidade pode ser considerada a principal causa para a variedade de ambientes onde a vida surgiu e evoluiu (BRILHA, 2016). A singularidade associada às diversas formas de vida existentes no globo depende dos processos geológicos e geomorfológicos ativos que dão origem a água de ambientes lóticos e lênticos, rochas e

minerais, proporcionando a sustentação e existência de tais formas biológicas, dentre as quais, os seres humanos são parte.

A preocupação do ser humano em conservar a geodiversidade remonta aos primórdios da história, evidenciando uma relação de interdependência entre sociedade e meio ambiente. Neste sentido, tais relações dos seres humanos com o espaço natural passaram a deixar marcas e transformar as dinâmicas da natureza. Segundo o geógrafo Jean Tricart (1977), a degradação ambiental não é um fenômeno exclusivamente contemporâneo, mas sim um reflexo de uma interação desequilibrada entre as atividades humanas e os limites naturais dos ecossistemas. Tricart ressalta que a Geografia, como ciência integradora, deve promover a compreensão das dinâmicas ambientais e sociais para embasar estratégias de conservação que respeitem a capacidade de resiliência dos sistemas naturais. Essa visão reafirma que a valorização da geodiversidade não é apenas uma demanda técnica ou científica, mas um compromisso ético e histórico da humanidade com a manutenção das condições necessárias para sua sobrevivência e bem-estar.

A atenção da humanidade à conservação dos elementos da natureza tem raízes históricas profundas, manifestando-se muito antes de os debates sobre geoconservação e geodiversidade ganharem espaço nas Geociências. Ao longo do tempo, diferentes nichos culturais e civilizações expressaram sua preocupação em preservar paisagens naturais, reconhecendo-as como patrimônio intrínseco à identidade e ao equilíbrio ecológico. Essas manifestações, sejam por meio de práticas espirituais, legislações ancestrais ou delimitação de territórios sagrados, demonstram uma consciência prévia da importância de proteger os elementos naturais, integrando valores culturais e ecossistêmicos que hoje fundamentam os avanços no campo da geoconservação.

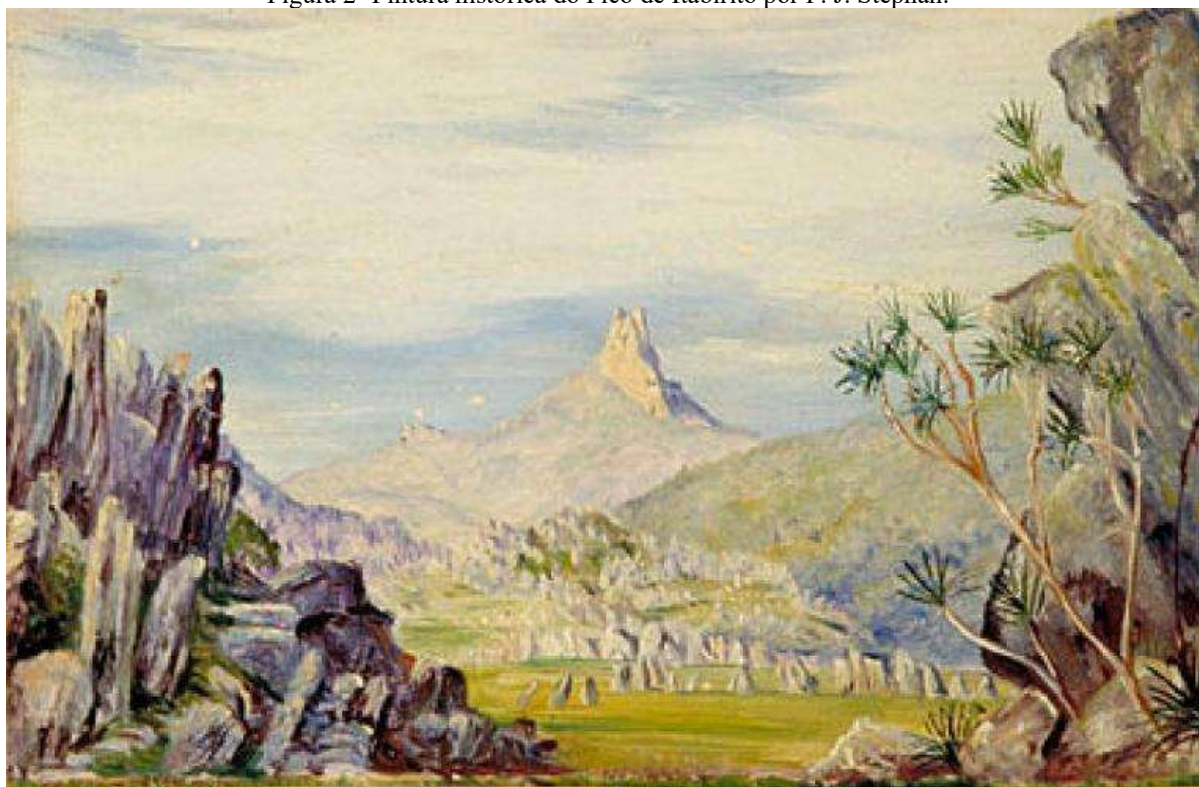
Os debates sobre geoconservação e antropoceno expandiram-se significativamente nas últimas décadas, impulsionados pela urgência em compreender e mitigar os impactos das ações humanas sobre o planeta. O conceito de antropoceno, ao destacar a influência dominante da humanidade nos processos geológicos e ambientais, busca redefinir a relação entre sociedade e natureza, conferindo às questões de conservação um caráter não apenas ecológico, mas também ético e político. Paralelamente, a geoconservação emerge como uma abordagem integradora, focada na proteção de patrimônios geológicos e geomorfológicos, essenciais para o entendimento da história da Terra e para o desenvolvimento sustentável. Essa ampliação dos debates sobre o tema reflete uma convergência de saberes, reforçando a necessidade de ações coordenadas que conciliem conservação, ciência e responsabilidade global.

No Brasil, os debates sobre geoconservação têm ganhado crescente relevância nos âmbitos científico e político, impulsionados pela rica diversidade geológica e pela necessidade de proteger esse patrimônio como parte do desenvolvimento sustentável. A integração da geoconservação às políticas públicas e à gestão de áreas protegidas reflete um reconhecimento de sua importância para a preservação dos geossítios, tanto em termos científicos quanto culturais e turísticos. Tal evolução resulta de esforços acadêmicos, sobretudo em disciplinas ligadas às Geociências, que destacam o papel estratégico da geodiversidade na manutenção dos serviços ecossistêmicos e na promoção de uma relação equilibrada entre sociedade e natureza.

No estado de Minas Gerais, as relações dos seres humanos com a natureza se expressam desde figurações rupestres, passando pela arquitetura do período colonial que expressa quando as primeiras formas urbanísticas de habitação floresceram, até as atuais transformações antrópicas em larga escala oriundas da expansão urbana e atividade minerária contemporâneas.

Destaca-se que antes dos debates sobre geoconservação se intensificarem no Brasil, expressões artísticas e registros históricos, como a pintura do Pico de Itabirito por F.J. Stephan (Figura 2) e as descrições de naturalistas como o cientista Johann Baptist Spix e o geógrafo Wilhelm Ludwig von Eschwege, já revelavam a atenção de diferentes atores sociais à geodiversidade e à paisagem natural, desde séculos anteriores. Essas obras transcendem o campo científico contemporâneo, evidenciando um olhar sensível e contemplativo sobre a interação entre o homem e os elementos geológicos. Ao documentarem a singularidade de formações rochosas e a monumentalidade das paisagens do QFA e Espinhaço, esses registros tornam-se testemunhos culturais que valorizam o patrimônio geológico, reforçando sua relevância histórica, estética e ambiental.

Figura 2- Pintura histórica do Pico de Itabirito por F. J. Stephan.



Fonte: Instituto Prístino, 2020.

Tanto a região da Serra do Espinhaço Meridional como a região do Quadrilátero Ferrífero Aquífero foram marcadas pela ocupação humana em busca das riquezas minerais (MUCIDA *et al*, 2019) associadas à geodiversidade local. Naturalistas estrangeiros que percorreram a região no século XIX passaram a registrar processos de degradação ambiental que denotam as preocupações de cientistas e pensadores, que começaram a estudar e compreender o valor dos elementos abióticos da região. Mucida *et al*. (2019) apresentam uma ampla abordagem analítica de narrativas documentais históricas no território da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, que nos permite resgatar através da história, expressões de atenção científica e cultural para com o patrimônio geológico.

Nos últimos anos, a conservação no QFA e no Espinhaço Meridional, estruturas naturais que compõem a RBSA em Minas Gerais, tem sido amplamente discutida em artigos científicos que destacam a importância dessas regiões como *hotspots* de biodiversidade e geodiversidade. Pesquisas recentes de autores como Ruchkys (2012), Clímaco (2017), Carmo (2020), Castro (2022), Leite (2024), entre outros, utilizam de diferentes abordagens científicas para enfatizar o papel estratégico de elementos da geodiversidade na manutenção de serviços ecossistêmicos, como a regulação hídrica e a conservação do solo, além de ressaltar sua relevância cultural e histórica. Assim, sejam estudos em conservação botânica, avaliação de

processos geomorfológicos ou preservação de ambientes naturais estratégicos, mesmo que com objetos de estudos diferentes, têm se destacado cada vez mais a importância dos atributos abióticos na manutenção das funções ecossistêmicas na área de estudo.

Assim, é notável que a compreensão dos processos ecológicos no QFA está intrinsecamente ligada ao estudo de seus aspectos abióticos, especialmente no que tange à dinâmica geomorfológica e sedimentar de suas bacias hidrográficas. O trabalho de Clímaco (2017) evidencia a complexidade dos processos ecológicos nos campos rupestres ferruginosos do QFA, destacando a influência da química do solo na germinação e no desenvolvimento de espécies vegetais ameaçadas e de distribuição restrita, no caso a cactácea *Arthrocerus Glaziovi*. Carmo (2012) indica que as cangas ferruginosas do QFA são ambientes estratégicos para a conservação de uma parcela significativa da biodiversidade brasileira, pois além de abrigarem espécies endêmicas e adaptadas a condições específicas, tais ambientes desempenham um papel essencial na manutenção dos processos ecológicos e na estabilidade dos ecossistemas associados. Castro *et al.* (2023) analisam as BIFs paleoproterozoicas do QFA, destacando sua importância geológica e econômica. Com seu valor científico, as BIFs da região possuem relevância significativa para a ciência, dado seu papel agora em destaque como um dos cem primeiros sítios do patrimônio geológico da IUGS (Castro & Ruchkys, 2023). O estudo *Geodiversity Hotspots in Itabirito*, conduzido por Leite, Castro e Silva (2023), estabelece o Índice de Geodiversidade (IGD) para o município de Itabirito, visando identificar áreas prioritárias para conservação. Entre os resultados, verifica-se que a área da UC foi classificada como um dos *hotspots* de geodiversidade do município, caracterizada por uma notável diversidade de elementos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos.

Assim, ao avaliar os trabalhos recentes citados acima, é notável que pesquisas em diferentes vertentes das ciências naturais e das geociências têm destacado, sob múltiplas perspectivas e abordagens, a urgência de conservar ambientes naturais com características únicas associadas à geodiversidade de tais ambientes, os quais a região da UC de Arêdes abriga e protege em seu território. Esses estudos revelam a interdependência entre elementos abióticos, como formações rochosas, solos e minerais, e os processos ecológicos que sustentam a biodiversidade. Além disso, evidenciam o papel desses atributos geológicos na manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a fertilidade do solo, bem como seu valor cultural, estético e científico. Essa visão integrada reforça a necessidade de estratégias de conservação que reconheçam a singularidade e a complexidade desses ambientes, garantindo sua preservação para as gerações futuras.

A valorização da geodiversidade e da geoconservação no QFA revela-se fundamental para a sociedade, sobretudo em razão de sua complexa estrutura geológica, que guarda registros excepcionais da história da Terra, como formações ferríferas bandadas e depósitos minerais raros. Mais do que seu valor geológico, a região abriga ambientes relictuais e componentes bióticos que exercem funções ecológicas essenciais, como a regulação dos recursos hídricos e a preservação da qualidade do solo. A interação entre esses elementos naturais e os modos de vida locais reforça o papel do QFA como eixo estruturante da identidade regional, vinculando o patrimônio geológico a práticas culturais, atividades turísticas e possibilidades de desenvolvimento sustentável. Diante dessa riqueza multifacetada, torna-se imprescindível adotar estratégias de conservação integradas, capazes de articular os aspectos ecológicos, históricos e socioculturais em prol da proteção e valorização do território.

#### **2.4 Quadrilátero Ferrífero Aquífero: Perspectivas e potencialidades**

Antes da presença humana acontecer no QFA, tal região geodiversa localizada no sudeste do Brasil passou por processos naturais profundos. Considerada como uma das mais importantes províncias minerais do mundo, o QFA é um conjunto geomorfológico caracterizado por um complexo arranjo geológico, formado ao longo de bilhões de anos. Sua história geológica remonta ao período Arqueano e Neoproterozoico, quando processos tectônicos e metamórficos deram origem às BIFs, precursoras dos depósitos de minério de ferro (LOBATO, *et al.* 2001).

Localizada na borda sudeste do Cráton São Francisco (ALMEIDA *et al.* 1997), tal província metalogênica apresenta aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos únicos. Essas particularidades contribuíram para a formação de um ambiente natural favorável à ocupação humana.

No que tange à história da presença humana no Quadrilátero Ferrífero Aquífero, tais aspectos remontam aos tempos pré-coloniais, quando a região foi habitada por povos indígenas que desenvolviam relações culturais com o território, baseado no uso sustentável dos recursos naturais existentes e na adaptação às paisagens geológicas. Povos tribais nômades de diversas tribos originárias, como os Botocudos e os Arêdes, entre outros, ocupavam as serras e vales da região, extraindo da terra alimentos e outros recursos, cujas práticas de manejo refletiam um conhecimento intuitivo e respeitoso dos processos naturais,

adaptando-se às geoformas sem realizar grandes transformações na estrutura natural da paisagem.

No contexto da geoconservação, é imprescindível considerar esse legado histórico e cultural, já que a paisagem geológica no QFA foi transformada por ações que envolveram tanto o uso humano quanto o conflito espacial. Tal herança cultural evidencia que preservar o patrimônio dessa área, portanto, não deve se restringir aos seus aspectos naturais, mas também abarcar a memória e os traços culturais das populações que interagiram com o território e contribuíram para sua configuração paisagística atual.

Assim, o QFA, reconhecido por suas formações geológicas, também guarda vestígios das primeiras ocupações humanas em território brasileiro, destacando-se como um espaço de relevância não apenas geológica, mas também arqueológica e histórica. As condições inóspitas e o relevo acidentado da Serra do Espinhaço, que circunscrevem a região, não impediram que grupos indígenas nômades a ocupassem a milhares de anos. Esses primeiros habitantes demonstraram capacidade de adaptação ao ambiente, utilizando os recursos naturais locais e estabelecendo rotas que possibilitaram a conexão entre diferentes áreas do território.

Segundo Prous (1992), os sítios arqueológicos localizados em áreas de montanha como o QFA revelam que, embora o ambiente apresentasse limitações, os antigos habitantes adaptaram suas estratégias de subsistência à variabilidade do meio (PROUS, 1992, p. 85). Esses registros são fundamentais para a compreensão das interações históricas entre o homem e o espaço natural, reforçando a necessidade de políticas de geoconservação que reconheçam a integridade do patrimônio natural e cultural da região. A preservação desses testemunhos arqueológicos, associados às formações ferruginosas, é essencial não apenas para a valorização científica, mas também para o fortalecimento de uma narrativa que integre os saberes geológicos, históricos e culturais no atual debate sobre conservação territorial no Espinhaço e QFA.

A geodiversidade da área, com suas formações rochosas e solos férteis, foi fundamental para a manutenção desses povos e suas culturas, que estavam intimamente conectadas aos ciclos da Terra. A chegada dos colonizadores e a exploração mineral do ouro, a partir do século XVII, alteraram significativamente o equilíbrio da região. A herança cultural dos povos indígenas quase se perdeu, mas possui fragmentos que permanecem como parte fundamental da identidade histórica dos povos que habitam o QFA.

Sob a perspectiva crítica e abordagens da Geografia Física, é essencial considerar o espaço geográfico como resultado de um sistema de ações e objetos, no qual a interação

entre sociedade e natureza modela permanentemente o território (SANTOS, 1996). Nesse contexto, as formações ferríferas e os aquíferos subterrâneos, frutos de processos geológicos que se estendem por bilhões de anos, são elementos constitutivos de uma realidade social e ambiental que exige gestão integrada e ética. Assim, a abordagem da geoconservação demanda não apenas a valorização das formas naturais, mas a compreensão de suas interações no espaço geográfico, promovendo um equilíbrio entre uso sustentável e preservação ambiental.

A intensa atividade mineradora no QFA tem gerado impactos significativos nos elementos geológicos e geomorfológicos relictuais que compõem esse território. A exploração mineral, embora essencial para a economia regional e nacional, frequentemente resulta na degradação de feições geológicas únicas, comprometendo não apenas a biodiversidade, mas também o patrimônio geológico, que registra processos fundamentais da história da Terra. Exemplos emblemáticos desse impacto são os rompimentos das barragens de Fundão, em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), que resultaram em desastres socioambientais de proporções devastadoras. Esses eventos demonstraram como os impactos da mineração podem extrapolar os limites das áreas mineradas, atingindo vastos territórios e comprometendo ecossistemas inteiros. O rompimento da barragem de Fundão, por exemplo, liberou milhões de metros cúbicos de rejeitos que percorreram centenas de quilômetros até alcançar o Oceano Atlântico, afetando bacias hidrográficas, comunidades humanas e a biodiversidade marinha.

Essas tragédias revelam a urgência de fortalecer os atuais mecanismos de conservação ambiental como Unidades de Conservação e iniciativas de geoconservação, que são essenciais para proteger territórios estratégicos. Tais medidas garantem a preservação de valores ecológicos e culturais associados, e a integridade de elementos geológicos que servem como testemunhos da evolução planetária. Além disso, essas estratégias são indispensáveis para mitigar os riscos de desastres e promover uma exploração mais sustentável e responsável, com impactos reduzidos em escala local e global.

Neste sentido, as áreas protegidas e os ambientes naturais do QFA desempenham um papel estratégico na promoção do ecoturismo, turismo cultural e desenvolvimento de pesquisas, consolidando-se como potenciais vetores econômicos sustentáveis para a região. Com a mineração apresentando limitações devido à finitude dos depósitos de minério de ferro e metais, torna-se essencial explorar alternativas que valorizem o patrimônio geológico, ambiental e cultural. Nesse contexto, as universidades e institutos de pesquisa da região, como a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade Federal de Ouro Preto

(UFOP), o Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, o Instituto Prístino, entre outros, desempenham um papel fundamental ao impulsionar iniciativas de pesquisa, educação e extensão relacionadas à geodiversidade e à conservação ambiental.

Esses centros acadêmicos atraem pesquisadores, estudantes e profissionais de diversas partes do mundo, e fortalecem a capacidade de geração de conhecimento e inovação voltada para o desenvolvimento do geoturismo e ecoturismo. As feições geológicas, a biodiversidade e o rico acervo histórico-cultural do QFA oferecem oportunidades únicas para atividades turísticas, enquanto as áreas protegidas asseguram a preservação desse patrimônio, possibilitando a promoção de uma economia diversificada e resiliente. Dessa forma, a valorização de práticas turísticas sustentáveis, como o turismo de aventura, o ecoturismo, o geoturismo, o turismo cultural e o turismo voltado à educação ambiental e à pesquisa científica, configura-se como uma alternativa viável e estratégica à atividade minerária. Tais modalidades têm o potencial de impulsionar o desenvolvimento econômico e social da região, ao promover a geração de renda, o fortalecimento de identidades culturais e a conservação dos patrimônios naturais e geocientíficos. A diversidade de experiências oferecidas pode atrair públicos distintos, favorecendo uma dinâmica de uso público compatível com os princípios da conservação, e garantindo benefícios duradouros às comunidades locais e ao meio ambiente. No QFA, persiste um geossistema ferruginoso ativo, onde processos geomorfológicos e biogeoquímicos dinâmicos continuam a esculpir a paisagem e a sustentar uma biodiversidade única, profundamente adaptada a essas condições excepcionais (INSTITUTO PRÍSTINO, 2015). Nesse cenário, o sistema integrado de conservação, composto por um mosaico de áreas protegidas estaduais, municipais e federais, em convergência com a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, reconhecida pela UNESCO, tem se destacado como uma abordagem potencial para promover um equilíbrio socioambiental sustentável.

## **2.5 Estação Ecológica Estadual de Arêdes: Um testemunho relictual da geodiversidade universal**

O termo "*Arey Des*", de origem tupi-guarani, mencionado por Nelson de Sena (1928) em sua *Resenha Etnográfica Brasileira*, remete aos povos originários que habitaram a Cadeia do Espinhaço, incluindo o território que hoje compreende o QFA. Esses grupos ancestrais interagiram com a riqueza geológica e ambiental da região, legando um conhecimento que transcende o tempo. Nesse contexto, a criação da Estação Ecológica Estadual de Arêdes – EEEA, em 2010, representa um marco contemporâneo na valorização e

conservação desse patrimônio natural e cultural. Localizada em uma área de singular importância ecológica e geológica, a EEEA foi estabelecida com o objetivo de proteger os processos ecológicos e os elementos geológicos relictuais que narram a história da Terra e da ocupação humana na região.

Além de preservar um dos raros redutos de biodiversidade associada aos geossistemas ferruginosos da Serra das Serrinhas e Sinclinal Moeda, a EEEA integra-se a um esforço maior de gestão ambiental sustentável no QFA, reforçando o papel das áreas protegidas na conservação do patrimônio natural e na promoção do equilíbrio socioambiental. Criada em 14 de julho de 2010 pelo Decreto Estadual nº45.397, a EEEA foi estabelecida com o intuito de proteção do patrimônio histórico-arqueológico, preservação de ambientes naturais de transição entre Mata Atlântica e Cerrado e manutenção da qualidade da água de abastecimento público do município de Itabirito (IEF, 2017).

Existem várias versões sobre a origem do nome "Aredes", cada uma relacionada a diferentes aspectos históricos e culturais da região. Uma delas remete ao grupo indígena que habitava a área e se denominava Aredez. Outra versão sugere que o nome tenha origem no sobrenome de uma família de colonizadores portugueses estabelecida na região. Uma terceira hipótese atribui o termo ao nome de uma fazenda que existia no local durante o período colonial. É importante destacar, conforme indicado no Plano de Manejo da Estação Ecológica de Arêdes, elaborado pela empresa Detzel, que existem variações na grafia do termo: "Aredes" ou "Aredez" referem-se a aspectos históricos, enquanto "Arêdes", com acento, é a forma oficial adotada para a Unidade de Conservação, refletindo sua identidade formal no contexto da geoconservação e preservação ambiental (DETZEL, 2017).

Essa unidade de conservação localiza-se estrategicamente na borda leste do Sinclinal Moeda, em um território de singular relevância no QFA. Inserida no município de Itabirito, na Serra das Serrinhas, a mesma cadeia montanhosa onde se ergue o Geosítio Pico de Itabirito, a EEEA protege remanescentes expressivos de cangas ferruginosas, campos rupestres e matas de galeria, ambientes intimamente associados aos processos geológicos dessa região. A Serra das Serrinhas, com sua geomorfologia marcante e sua contribuição para a recarga hídrica de Itabirito e região, reforça a importância estratégica da unidade de conservação no contexto da preservação de aquíferos. Essa localização privilegiada ainda se encontra em conexão com o mosaico de áreas protegidas da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, assegurando a manutenção de corredores ecológicos e promovendo a conservação integrada de elementos de grande valor geológico, hídrico e biológico, ao mesmo tempo em

que contribui para mitigar impactos de atividades mineradoras sobre os sistemas naturais da região.

Desde sua criação, a EEEA tem se destacado como um centro de educação ambiental, promovendo atividades que visam sensibilizar a comunidade local sobre a importância da conservação dos ecossistemas e do patrimônio natural e cultural. A unidade oferece visitas guiadas, estudos ecológicos e arqueológicos, proporcionando aos visitantes uma compreensão aprofundada da geodiversidade, biodiversidade e da história da região (MINAS GERAIS, 2023).

A proteção do patrimônio cultural e natural no município de Itabirito e região tem sido reforçada pelas ações da EEEA, que, apesar de enfrentar desafios como propostas de desafetação para atividades minerárias, mantém seu compromisso com a conservação ambiental e cultural. A unidade segue desempenhando um papel crucial na preservação dos recursos naturais e na promoção do desenvolvimento sustentável na região (MANUELZÃO, 2023).

Conforme o Artigo 27 do SNUC é obrigatório o desenvolvimento de um plano de manejo para cada UC, o qual é definido como um documento técnico que estabeleça o zoneamento e as normas que orientam o uso da área e o manejo dos recursos naturais, incluindo a implantação das estruturas físicas de precisão à gestão da unidade (BRASIL, 2000). No caso da EEEA o plano de manejo foi feito quatro anos após sua criação, a qual ocorreu pelo Decreto nº 45.397, de 14 de junho de 2010 (MINAS GERAIS, 2010). Além de um vasto registro e catalogação de aspectos bióticos e abióticos do território da UC, este documento aponta a região como um refúgio essencial para a fauna local, registrando a presença de diversas espécies, incluindo a onça-parda (*Puma concolor*) e o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), espécies que exigem amplas áreas para sua sobrevivência (IEF, 2022). A identificação dessas espécies ressalta a importância da EEEA na conservação da biodiversidade regional e na manutenção de processos ecológicos fundamentais.

De acordo com informações fornecidas no plano de manejo da UC, a EEEA desempenha um papel fundamental na conservação da mastofauna devido à sua localização em uma área de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, ambos reconhecidos por sua elevada biodiversidade. O plano de manejo da unidade prevê a presença de 30 espécies de mamíferos terrestres de pequeno, médio e grande porte, excluindo os voadores. No entanto, ao considerar registros complementares na literatura, esse número se amplia para 71 espécies, incluindo os quirópteros (morcegos), reforçando a relevância da EEEA para a preservação da fauna regional. Destaca-se que mais de 50% das espécies identificadas pertencem às ordens

Rodentia (roedores) e carnívora (carnívoros), evidenciando a diversidade funcional da mastofauna presente na unidade (IEF, 2014). Esse cenário ressalta a importância da EEEA como um refúgio ecológico para espécies-chave na manutenção dos processos ecológicos locais e na estabilidade dos ecossistemas associados.

Mesmo com a definição efetiva e o devido planejamento do território oficial da UC, o qual se encontra em sinergia com o mosaico de UC's da RBSE, ao longo dos anos, a EEEA tem enfrentado tentativas de desafetação de sua área, especialmente em relação a um único processo ativo pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM atual Agência Nacional da Mineração - ANM, associado à empresa MINAR. Esse tipo de proposta, que visa reduzir área estratégica do perímetro da unidade de conservação para viabilizar atividade mineradora, representa um risco considerável para a gestão ambiental da EEEA, uma vez que compromete a integridade do território protegido, vital para a preservação dos ecossistemas e processos geológicos da região. Tais ações têm sido reiteradamente desaconselhadas pelo Ministério Público de Minas Gerais - MPMG, que aponta as inconsistências nas justificativas técnicas e legais apresentadas pelos proponentes. Estudos especializados evidenciam falhas na proposta de desafetação, sugerindo que esta não atende aos requisitos necessários para a manutenção da eficácia da unidade de conservação (MPMG, 2024).

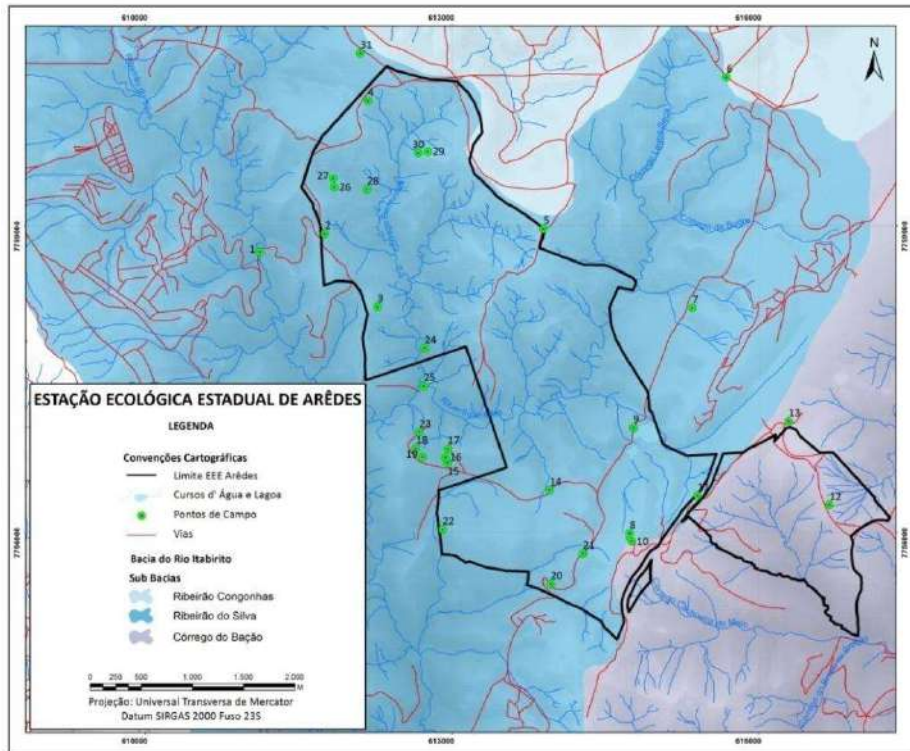
A promulgação da Lei nº 24.631, de 28 de dezembro de 2023, que altera os limites da EEEA, suscita preocupações quanto à efetividade da conservação ambiental na região. A referida lei exclui uma área de 28 hectares caracterizada por campos rupestres ferruginosos, ecossistemas singulares associados a zonas de recargas hídricas essenciais para o abastecimento do município de Itabirito. Em contrapartida, incorpora 61 hectares de terrenos quartzíticos, predominantemente ocupados por pastagens com capins exóticos, que, embora possuam atributos ecológicos relevantes, não substituem as funções ecológicas da área subtraída (MPMG, 2024). Adicionalmente, a nova área incorporada é de propriedade privada, o que implica em processos de desapropriação e potenciais conflitos fundiários. Importante ressaltar que, conforme o § 7º do artigo 22 da Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a desafetação ou redução dos limites de uma unidade de conservação somente pode ser realizada mediante lei específica. No entanto, a Lei nº 24.631/2023 trata da ampliação da EEEA, sem mencionar explicitamente a desafetação da área excluída, o que levanta questionamentos sobre a legalidade do procedimento adotado.

A UC serve como um espaço de fomento e realização de pesquisas científicas interdisciplinares, abrangendo práticas em áreas como ecologia, arqueologia e restauração ambiental. Essas iniciativas têm contribuído para o avanço do conhecimento científico e para a implementação de práticas de conservação eficazes. A propagação do conhecimento cultural é outra vertente importante de atuação da EEEA, que se empenha na valorização e preservação das estruturas do Complexo Arqueológico das Ruínas de Arêdes e Fazenda Águas Quentes, remanescentes do século XVIII. Esses sítios arqueológicos oferecem uma janela para o passado, permitindo o resgate e a disseminação da história local (MANUELZÃO, 2023).

Destaca-se que a EEEA está localizada em uma área de recarga hídrica de grande importância, associada ao Aquífero Cauê, um dos principais reservatórios subterrâneos de água potável do QFA. Além do Aquífero Cauê, os aquíferos Gandarela, Batatal e Moeda também compõem o arcabouço hidroestrutural na área de estudo, e tal aspecto é fundamental para o abastecimento de água da região, servindo como fonte de recursos hídricos para comunidades locais, atividades econômicas e manutenção de ambientes naturais.

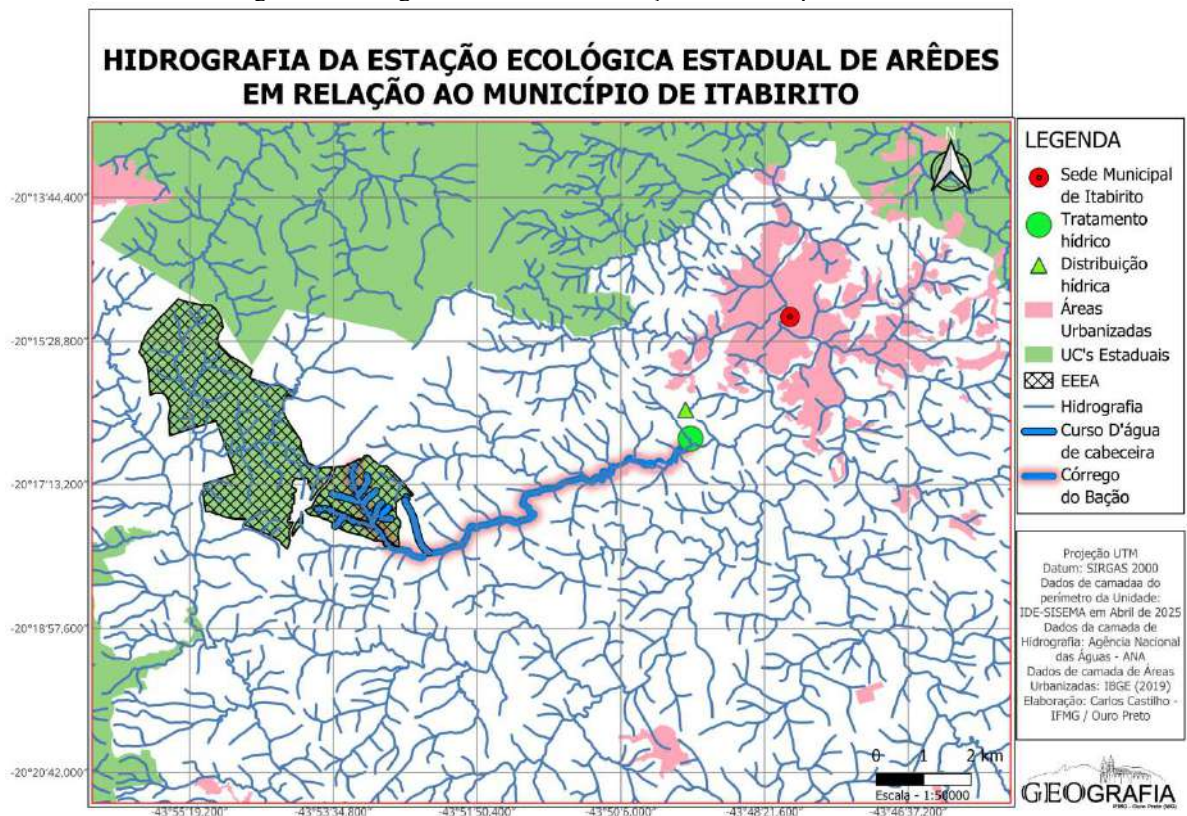
A EEEA, ao se situar sobre esse complexo de áreas de recarga, desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade da água subterrânea, uma vez que a conservação do solo e da vegetação na unidade contribui diretamente para a preservação da dinâmica hídrica (MAGALHÃES, 2023). Esse aspecto geoespacial da unidade reforça sua relevância não apenas para a proteção da biodiversidade, e atributos culturais, mas também para o equilíbrio dos recursos hídricos da região, tornando-a uma área estratégica para a gestão ambiental e a conservação dos sistemas hídricos do Município de Itabirito (Figura 3 e 4).

Figura 3- Hidrografia e bacias hidrográficas da EEEA.



Fonte: Detzel Consulting, 2014. Adaptado do plano de Manejo da EEEA. Os pontos de campo indicados correspondem ao levantamento realizado pela equipe da empresa de consultoria responsável pelo plano de manejo da UC.

Figura 4- Hidrografia da EEEA em relação ao município de Itabirito.

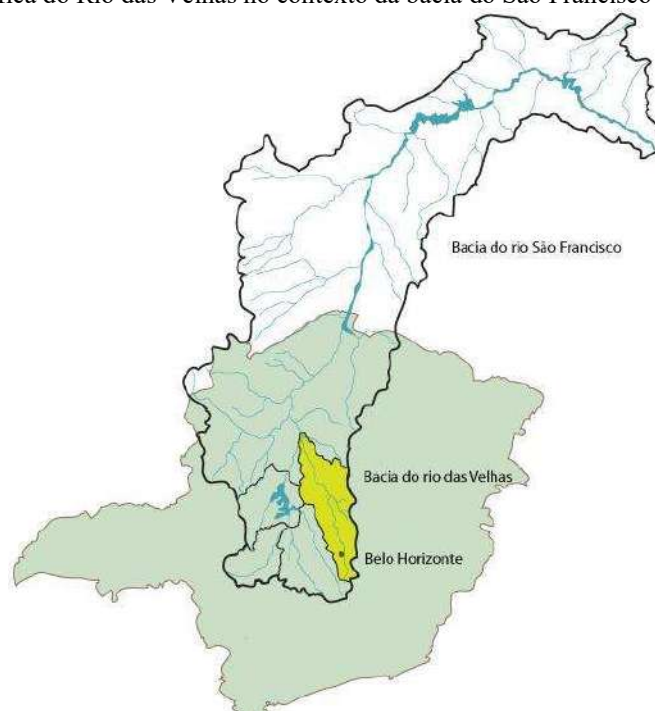


Fonte: O Autor, 2025.

Magalhães (2023) destaca que o rebaixamento do nível d'água nos aquíferos do Quadrilátero Ferrífero Aquífero associadas à área de estudo pode comprometer significativamente a sustentabilidade hídrica da região. Esse cenário evidencia a necessidade de estratégias eficazes de geoconservação e manejo hídrico, visto que a perda contínua de vazão compromete a resiliência ecológica da bacia do Rio das Velhas, manancial essencial para o abastecimento não só de Itabirito, mas também da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Ainda de acordo com Magalhães (2023), simulações realizadas indicam que, projeções para o período de 2019 a 2039 apontam uma redução de 7,6% no fluxo de base dos cursos hídricos, acumulando um impacto significativo quando somados aos 13,6% já registrados nas duas décadas anteriores. Essa redução implica maior vulnerabilidade hídrica, com a possibilidade de alguns cursos d'água deixarem de ser perenes, dependendo do rebaixamento da carga hídrica nas áreas circundantes.

Destaca-se que a EEEA se encontra inserida em tal contexto de proteção e conservação de mananciais estratégicos associados a sub-bacias que contribuem com a bacia do São Francisco. De acordo com o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, com uma área de drenagem de 29.173 km<sup>2</sup>, forma alongada na direção norte-sul e 801 km de extensão, o Rio das Velhas constitui o maior afluente em extensão da Bacia do São Francisco (DETZEL CONSULTING, 2015) (Figura 5).

Figura 5 - Bacia hidrográfica do Rio das Velhas no contexto da bacia do São Francisco e de Minas Gerais.



Fonte: Adaptado Comitê de Bacias Hidrográficas Velhas. (DETZEL, 2015).

A EEEA e as demais UCs do mosaico do Sinclinal Moeda têm papel estratégico na proteção e monitoramento dos mananciais que abastecem populações e atividades econômicas da região. Essas áreas favorecem a recarga e preservação da qualidade hídrica, reduzindo impactos do uso intensivo do solo, como mineração e extração industrial de água, exemplificada pela atuação da Coca-Cola FEMSA. A conservação da geodiversidade e da vegetação nativa, contribui para a regulação hídrica e a sustentabilidade dos sistemas aquíferos e superficiais do QFA.

Além dos aspectos hidrogeológicos supracitados, vinculados aos elementos abióticos que caracterizam a região da EEEA, a geodiversidade dessa unidade de conservação se sobressai pela expressiva variedade de tipologias geomorfológicas. Essa complexidade morfológica reflete a dinâmica geológica da área, influenciada por processos tectônicos, erosivos e deposicionais ao longo do tempo geológico. A presença de feições como cristas quartzíticas, coberturas facilitadoras de recarga hídrica como as cangas ferruginosas, encostas abruptas, vales encaixados e planícies aluviais, enriquece a paisagem e desempenham papel crucial na regulação hídrica e na conservação dos ecossistemas associados. Assim, a proteção dessa diversidade geomorfológica não se limita à manutenção do patrimônio geológico, mas se estende à preservação dos serviços ecossistêmicos fundamentais para a estabilidade ambiental da região.

Por estar situada na borda Leste do Sinclinal Moeda, inserida na Serra da Serrinhas, nas proximidades do Pico de Itabirito, a região da UC apresenta uma geomorfologia marcada por feições estruturais e esculturais que refletem a complexa evolução geológica da região. O relevo é caracterizado por cristas quartzíticas alinhadas, com encostas abruptas esculpidas por processos associados à tectônica regional. A presença de vertentes íngremes e vales encaixados evidencia a dinâmica morfogenética atuante, resultando na formação de topos residuais e colinas estruturais que influenciam diretamente a drenagem local. A ação combinada da erosão diferencial sobre os distintos litotipos contribui para a diversidade geológica e geomorfológica da Unidade de Conservação, reforçando sua relevância para estudos de geoconservação e monitoramento ambiental no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero.

Segundo Gray (2013), a valoração da geodiversidade pode ser realizada com base nos seguintes critérios principais: valor intrínseco, serviço cultural, valor estético, valor econômico, valor funcional, valor científico e valor educacional. A partir dessa abordagem, é possível compreender a importância da geodiversidade da EEEA dentro de uma perspectiva mais ampla de conservação ambiental e patrimonial.

O valor intrínseco da geodiversidade da EEEA reside na sua diversidade litológica e tectônica. O QFA abriga formações geológicas do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi, compostas predominantemente por metassedimentos, quartzitos e formações ferríferas bandadas (ALMEIDA&, BARBOSA, 2012). Essas unidades são de grande importância para o estudo da evolução geológica do Brasil e possuem elevado valor científico, pois registram processos geológicos que remontam ao Paleoproterozoico (DARDENNE, 2000). Assim, só a existência do testemunho Paleoproterozoico em questão justifica sua conservação, pois possibilita a realização de estudos sobre suas funções.

O valor cultural da geodiversidade da EEEA está relacionado ao patrimônio geológico e à ocupação histórica da região. A exploração mineral e o uso do solo ao longo dos séculos refletem a relação entre as comunidades locais e os recursos naturais disponíveis, evidenciando a importância da geodiversidade na construção da identidade regional (RIBEIRO & MOTA, 2015). Existe um rico acervo arqueológico na região da UC, o qual foi construído com técnicas arquitetônicas vernaculares, preservados como patrimônios.

O valor estético da geodiversidade da EEEA se manifesta na paisagem cênica composta por cristas quartzíticas e afloramentos ferruginosos, que conferem uma beleza singular à UC. A interação entre feições geológicas e geomorfológicas cria um cenário natural que atrai pesquisadores e visitantes interessados na apreciação do patrimônio geológico. Essa configuração confere à unidade uma expressiva identidade visual, cuja relevância extrapola os limites regionais e alcança visibilidade nacional e internacional. Exemplo disso é a veiculação de reportagem pelo programa *Terra de Minas*, da emissora Rede Globo, que destacou as ações de gestão e preservação desenvolvidas na EEEA, evidenciando a importância do patrimônio natural e cultural da área (REDE GLOBO, 2023). O conteúdo da reportagem permanece disponível na plataforma Globoplay, contribuindo para a difusão pública da importância da unidade de conservação.

Paralelamente, a notoriedade paisagística da EEEA também se expressa no campo científico, por meio de parcerias institucionais de alcance internacional. Destaca-se, nesse sentido, o projeto *Experiencingthe Post-Mining Wonder*, desenvolvido em 2017 pelo arquiteto italiano Carlo Leonardi, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que propôs uma abordagem inovadora para a requalificação de paisagens mineradas no QFA, tendo como território de estudo a EEEA. O projeto, apresentado na Archiprix, uma das mais prestigiadas premiações internacionais de arquitetura para trabalhos acadêmicos, articula os conceitos de memória, identidade e regeneração ecológica para propor novos usos e sentidos às paisagens pós-mineração. A iniciativa reconhece o valor geocultural e ecológico da EEEA

como uma peça-chave para experimentar estratégias integradas de recuperação ambiental, educação patrimonial e reinserção das comunidades no processo de ressignificação do território.

O valor econômico da geodiversidade da região pode ser observado pelo potencial para o geoturismo e a educação ambiental e patrimonial, além da sua importância histórica para o turismo e articulações culturais cooperativas. Considerando que a UC representa um dos poucos redutos de proteção ambiental e patrimonial da Serra do Pico de Itabirito, a existência de um patrimônio geológico relevante pode fomentar atividades sustentáveis que aliam proteção ambiental e desenvolvimento local (MENDES & LANA, 2019). Além disso, as ações da UC servem de vetor para atividades econômicas voltadas a conservação ambiental como empresas de consultoria ambiental que já atuam na área e serviços ligados ao turismo cultural, educacional, ambiental e de aventura.

A implementação de UC's contribui para a conservação ambiental e gera benefícios econômicos para os municípios, por meio do aumento na arrecadação de verbas destinadas a investimentos em projetos locais. O ICMS Ecológico é um mecanismo tributário que incentiva os municípios a adotarem práticas de preservação ambiental, como a criação e manutenção de Unidades de Conservação, permitindo-lhes acesso a parcelas maiores dos recursos arrecadados pelo Estado através do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS (SEMAD, 2024). Assim, quanto mais ações em prol da conservação da EEEA, como estruturação e promoção de ações de educação ambiental, conservação e restauração de ecossistemas e desenvolvimento de pesquisas científicas, com ações integradas de gestão, mais recursos do ICMS são arrecadados e destinados para o município, que no caso da UC corresponde 100 % à Itabirito.

Diversos municípios brasileiros vêm demonstrando que a valorização do patrimônio natural e cultural, especialmente por meio da conservação de áreas protegidas, pode se traduzir em ganhos concretos para o desenvolvimento econômico local.

Exemplos exitosos de geração de renda a partir da valorização do patrimônio natural e cultural podem ser observados em diversas regiões de Minas Gerais, reforçando a viabilidade econômica associada à boa gestão de UCs. No município de Tiradentes, por exemplo, a proteção e valorização da Serra de São José, inserida na Unidade de Conservação estadual Refúgio de Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José, administrada pelo IEF, contribuem significativamente para a arrecadação de ICMS Cultural. Essa arrecadação é impulsionada pela articulação entre conservação ambiental, turismo cultural e ecoturismo,

além da forte mobilização da sociedade civil organizada, resultando em reconhecimento e investimentos contínuos no território.

Outro caso de destaque é o Parque Estadual da Serra do Rola-Moça, localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, também no QFA. A UC, além de preservar um dos últimos remanescentes de campos rupestres ferruginosos e mananciais estratégicos para o abastecimento público, fomenta parcerias com universidades, organizações não governamentais e escolas, promovendo ações de educação ambiental, pesquisa científica e visitação controlada. Esse conjunto de atividades fortalece a presença do parque como provedor de serviços ecossistêmicos e como gerador de ICMS Ecológico para os municípios de Nova Lima, Ibirité e Belo Horizonte, que compartilham seu território.

Para além de Minas Gerais, um exemplo notável da eficácia de políticas públicas voltadas à valorização ambiental é o município de São Jorge do Patrocínio, no Paraná, que obteve expressivos resultados econômicos por meio da adoção de estratégias eficazes de conservação ambiental e da gestão qualificada de suas Unidades de Conservação, com destaque para o Parque Nacional da Ilha Grande, o qual possui território de 78,875 hectares e sua gestão é realizada pelo ICMBIO (ICMBIO, 2025). Em 2024, o município recebeu R\$ 6,23 milhões em repasses, sendo um dos que mais receberam pelo ICMS Ecológico no ano. A implementação de ações integradas de proteção e valorização do patrimônio natural possibilitou ao município o acesso a repasses significativos do ICMS Ecológico, os quais passaram a representar uma parcela relevante de sua receita tributária. Esse caso evidencia como a preservação dos recursos naturais, aliada ao planejamento territorial e à articulação institucional, pode transformar áreas tradicionalmente periféricas em territórios dinâmicos, com geração de renda, fortalecimento da gestão pública local e incentivo à economia verde. Assim, experiências como essa demonstram que a valorização do patrimônio natural e cultural, especialmente em áreas de relevante geodiversidade e biodiversidade, constitui uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável para o desenvolvimento local, oferecendo caminhos concretos para a conciliação entre conservação e bem-estar das populações do entorno.

Conforme supracitado, UCs bem estruturadas e reconhecidas institucionalmente podem se consolidar como vetores de desenvolvimento sustentável, aliando a conservação do patrimônio natural e cultural à dinamização econômica local. No caso da EEEA, a presença de um relevante complexo arqueológico aliado à geodiversidade de alto valor estético e científico representa uma oportunidade concreta de inserção em políticas públicas de incentivo fiscal e valorização territorial. A articulação entre poder público, instituições de

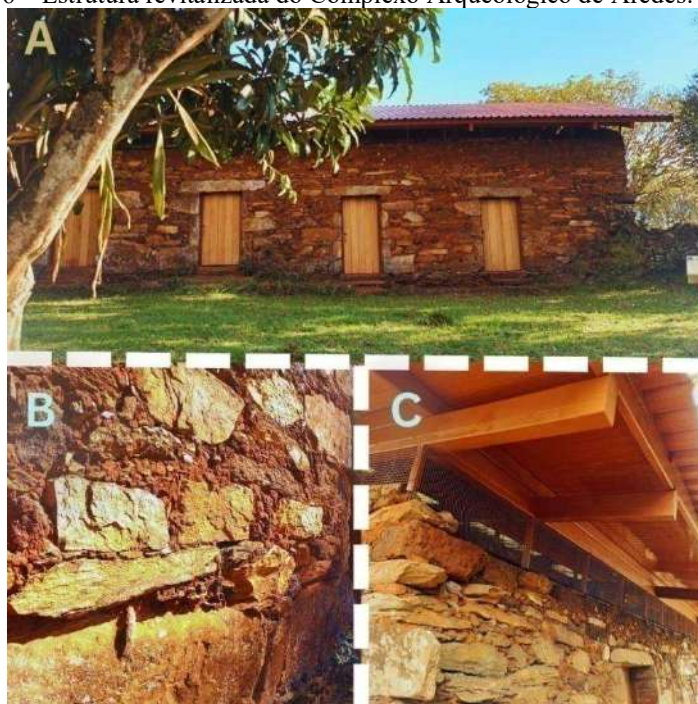
pesquisa, sociedade civil e setor privado pode consolidar a EEEA como referência em estratégias de conservação integradas ao desenvolvimento econômico regional.

No que se refere ao valor funcional da geodiversidade da EEEA, este, se destaca, por estar relacionado aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas formações geológicas da região. A presença de aquíferos em rochas quartzíticas e ferríferas contribui para a manutenção dos recursos hídricos, fundamentais para a biodiversidade local e para o abastecimento hídrico regional (MENDES; LANA, 2019). De acordo com informações do plano de manejo da UC, os recursos hídricos da região da UC destacam-se por apresentar contribuintes de sub-bacias locais importantes (Ribeirão do Silva e córrego Bação) e da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, contribuinte da bacia do rio São Francisco. A UC conta com 40 nascentes perenes no seu interior e 21 em seu entorno, incluindo importantes mananciais de abastecimento da cidade de Itabirito.

O valor científico da geodiversidade da EEEA se manifesta na sua importância para estudos acadêmicos em Geociências. A variedade de formações geológicas permite pesquisas em estratigrafia, geomorfologia, hidrogeologia e conservação ambiental, contribuindo para a ampliação do conhecimento sobre o patrimônio geológico nacional (DARDENNE, 2000). Desde antes da criação da UC, pesquisas científicas voltadas a conservação do patrimônio cultural e natural da região evidenciam a vocação da EEEA como um polo de estudos científicos e acadêmicos.

É fundamental destacar o potencial do território da EEEA para o desenvolvimento de diversas frentes científicas e culturais, que vão além da conservação ambiental e ecológica. Iniciativas como a do arquiteto Carlo Leonardi (2017), por meio do projeto *Experiencing the Post-Mining Wonder*, evidenciam como a paisagem pós-mineração da região pode ser ressignificada com base em conceitos de regeneração ecológica, memória e identidade. No conjunto 1 do Complexo Arqueológico de Arêdes, por exemplo, a reconversão territorial proposta aliada a recuperação ambiental e ações de revitalização patrimonial de uma das estruturas arqueológicas da UC (Figura 6), vem promovendo a valorização do sítio arqueológico existente. Essa abordagem integrada revela a capacidade do território de fomentar investigações e ações interdisciplinares envolvendo áreas como arqueologia, história, geografia, artes e ciências sociais, fortalecendo a articulação entre conhecimento científico, saberes tradicionais e práticas de educação patrimonial. Assim, a EEEA torna-se espaço estratégico para o fomento de políticas públicas que aliem preservação e inovação, à luz de um planejamento territorial consciente e participativo (LEONARDI, 2017).

Figura 6 – Estrutura revitalizada do Complexo Arqueológico de Arêdes.



(A) Vista frontal da fachada da estrutura revitalizada, representando a entrada principal da edificação em seu contexto atual. (B) Detalhe da composição construtiva da parede lateral, evidenciando o uso vernacular de pedras de quartzo e canjicado de canga ferruginosa, técnica representativa da arquitetura colonial luso-brasileira adaptada aos materiais geológicos locais. (C) Detalhe da instalação da grade protetora entre a nova cobertura e a estrutura original, projetada de modo a não interferir na integridade do patrimônio edificado. A solução visa prevenir acidentes de voo da avifauna local, integrando preocupações de ordem ecológica e patrimonial, conforme diretrizes de manejo da EEEA. Fonte: Acervo do autor (2025).

O valor educacional da geodiversidade da EEEA se expressa no seu potencial para a formação de estudantes e profissionais das ciências da terra. A existência de trilhas geológicas e pontos de interesse didático proporciona oportunidades de ensino prático e conscientização sobre a necessidade de conservação da geodiversidade (RIBEIRO & MOTA, 2015). Desde a criação da Unidade de conservação, escolas da região e grupos do município e comunidades adjacentes têm frequentado a UC, criando entendimento sobre aspectos culturais e naturais que compõem a região.

Além disso, a importância educacional da região abrange um campo profícuo para a difusão de práticas de educação ambiental e cultural em todos os níveis de ensino, desde o ensino primário até a pós-graduação, incluindo formações técnicas e especializações voltadas para as áreas socioambientais. A diversidade de ambientes naturais e elementos do patrimônio cultural presentes na EEEA possibilita uma abordagem interdisciplinar, fundamental para o fortalecimento da educação científica, acadêmica e cidadã. As atividades desenvolvidas no território da UC permitem integrar saberes teóricos e práticos, promovendo o envolvimento ativo de estudantes, docentes e pesquisadores em ações voltadas à sustentabilidade, ao

reconhecimento da geodiversidade e à valorização das identidades locais. Dessa forma, a Estação Ecológica de Arêdes consolida-se como um polo regional de formação e difusão do conhecimento, alinhado às diretrizes da Política Nacional de Educação Ambiental e aos princípios do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000).

A complexidade geológica, os remanescentes arqueológicos e as formações paisagísticas que compõem a área de estudo expressam não apenas a diversidade do substrato físico, mas também os vínculos históricos e simbólicos que diferentes comunidades estabeleceram com este território ao longo do tempo.

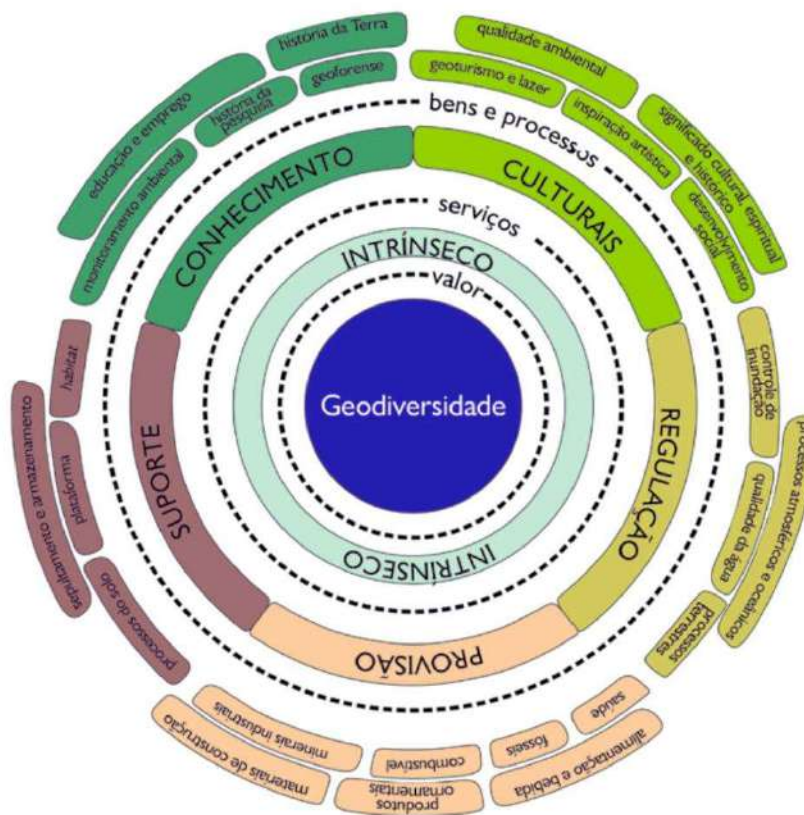
Além desses elementos culturais, os ambientes naturais da UC revelam a presença de bens e serviços ecossistêmicos associados ao valor intrínseco da geodiversidade, cuja identificação e reconhecimento tornam-se essenciais para fundamentar ações de conservação e valorização do espaço.

Neste sentido, a aplicação da metodologia de Gray (2013) permite uma compreensão mais ampla da geodiversidade da EEEA, ressaltando sua relevância sob múltiplas perspectivas. A valorização desses aspectos pode assim potencializar estratégias de geoconservação voltadas à proteção desse patrimônio natural, garantindo sua função na cadeia ecossistêmica e na preservação de tais testemunhos para futuras gerações.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados diferentes materiais e métodos de coleta e processamento das informações. A pesquisa documental envolveu a revisão de literatura científica e a análise de mapas geológicos e geomorfológicos disponíveis. O mapeamento da geodiversidade foi realizado por meio de investigação webgis e aplicação de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, permitindo a confecção de mapa temático e a espacialização dos geossítios, estruturas culturais e elementos abióticos da paisagem. Além disso, foram conduzidas coletas de dados *in loco*, incluindo registros fotográficos, obtenção de coordenadas geográficas e descrições detalhadas das feições geológicas e geomorfológicas. Essas informações foram analisadas segundo os critérios de valoração de Gray (2013) (Figura 7), abrangendo os valores intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional, a fim de fornecer uma visão abrangente sobre a importância geoambiental da área de estudo.

Figura 7-Classificação dos valores da geodiversidade segundo os serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray.



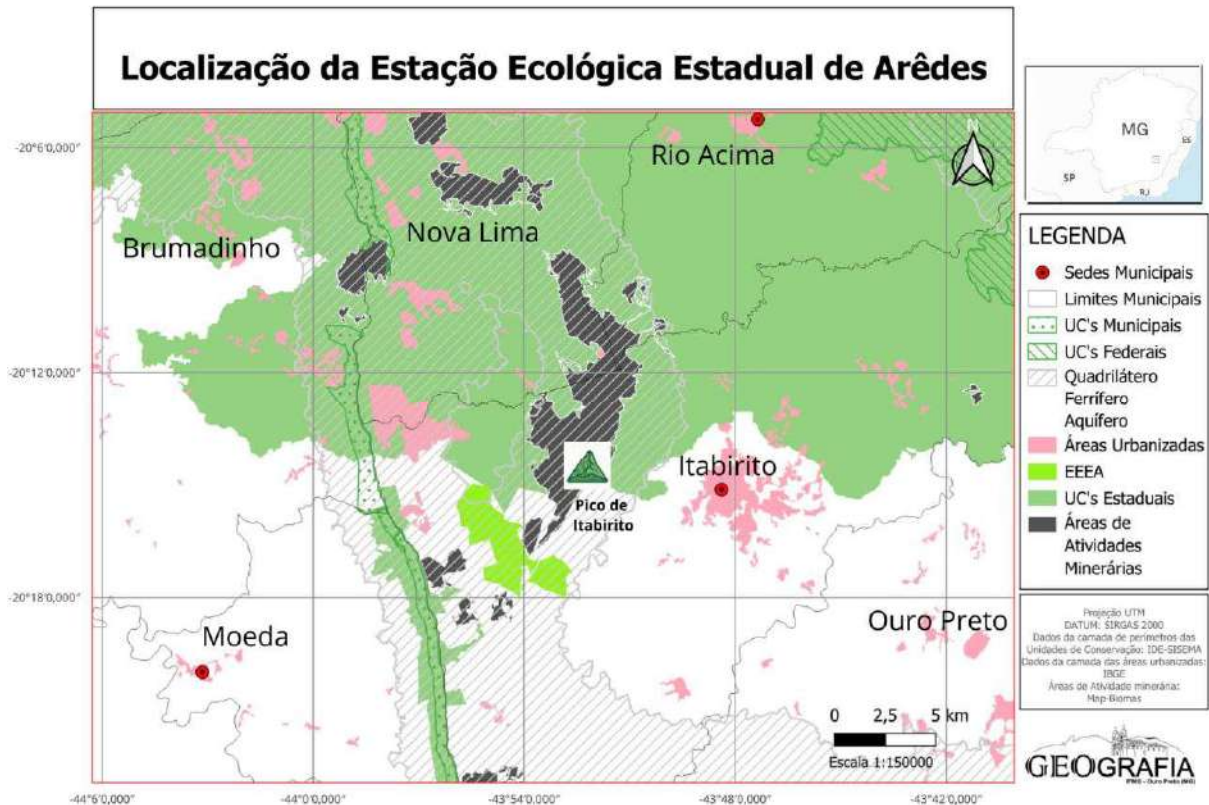
Fonte: Silva (2016).

A investigação webgis foi conduzida utilizando a plataforma IDE-SISEMA, permitindo a identificação preliminar de áreas de interesse para a geoconservação. As coletas em campo foram realizadas com o auxílio dos aplicativos Avenza Maps e Google Earth, que possibilitou o georreferenciamento das feições geológicas e elementos antrópicos da paisagem. Paralelamente, registros fotográficos detalhados foram obtidos para complementar a documentação das características da paisagem da UC. Os dados geoespaciais, incluindo os dados vetoriais da geologia e hidrologia, foram acessados nas plataformas Atlas Geoambiental, do Instituto Prístino, e IDE-SISEMA, assegurando a integração de informações atualizadas e de alta precisão. A compilação e análise dos dados ocorreram no software QGIS, onde foram realizados o processamento cartográfico, a sobreposição de camadas temáticas e a geração do mapa interpretativo, fundamental para a avaliação do potencial das áreas geodiversas estudadas.

### **3.1 Área de Estudo**

A Estação Ecológica de Arêdes está localizada no município de Itabirito, Minas Gerais, inserida no contexto geoespacial do Quadrilátero Ferrífero Aquífero, uma região de expressiva relevância geológica e ambiental. Situada entre as coordenadas aproximadas de 20°15' a 20°17' S de latitude e 43°31' a 43°33' 0 de longitude (Figura 8), a unidade ocupa uma área de relevo acidentado, caracterizado por cristas estruturais e platôs ferruginosos associados às formações ferríferas bandadas do Supergrupo Minas. A cobertura vegetal é composta por mosaicos de Mata Atlântica, Cerrado *sensu stricto* e campos rupestres sobre canga e quartzito, compondo um gradiente ecológico de alta heterogeneidade.

Figura 8 – Localização da EEEA, a área de estudo.

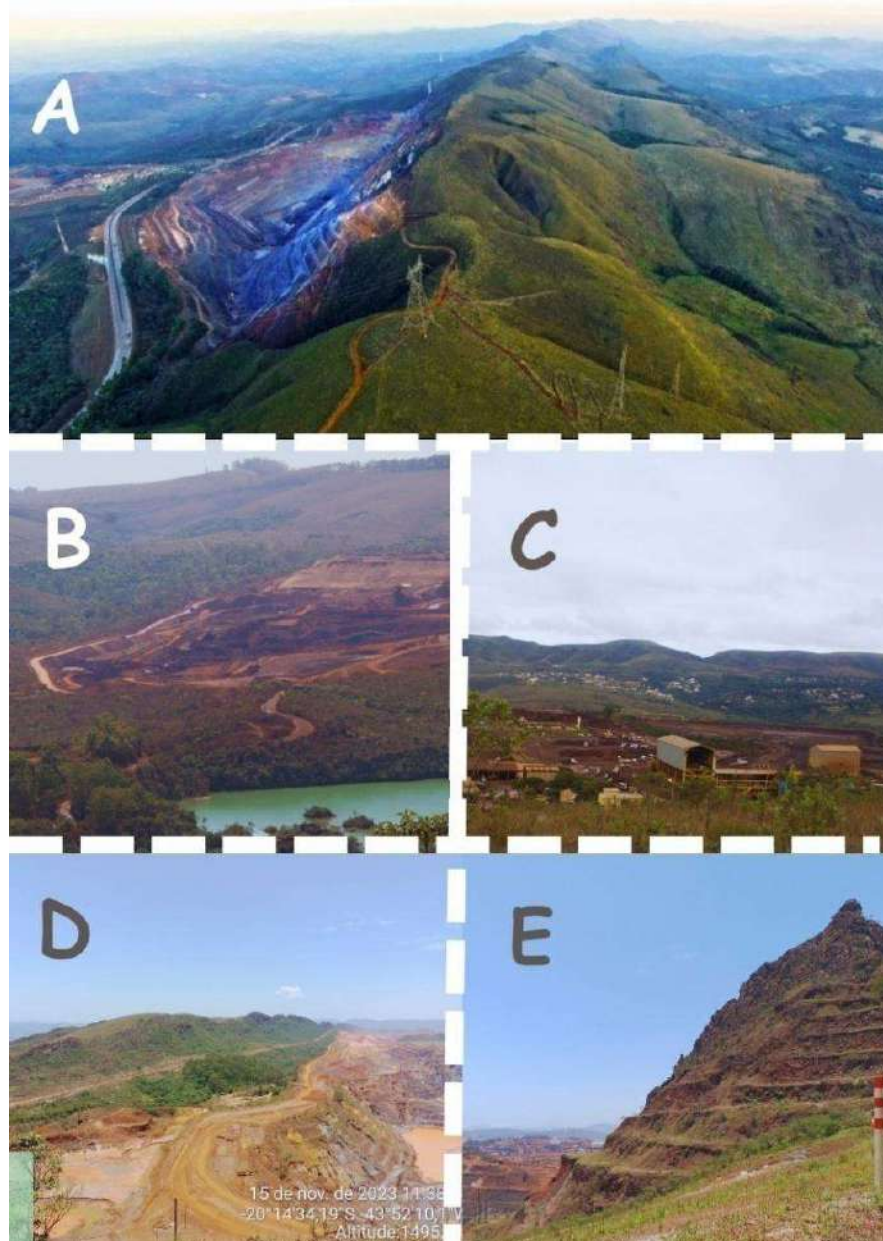


Fonte: O autor, 2025.

O entorno imediato da EEEA apresenta forte antropização, com a presença de empreendimentos minerários, áreas urbanizadas e infraestruturas viárias, com destaque para a rodovia de grande porte BR-040, resultando em pressões antrópicas significativas, como fragmentação de habitats e alteração dos fluxos hídricos (Figura 9).

Nota-se que as pressões antrópicas, ocorrem principalmente em função da presença de empreendimentos minerários, áreas urbanizadas e importantes infraestruturas viárias, como a BR-040. Nesse contexto, destaca-se o município de Moeda, cuja legislação ambiental proíbe a atividade minerária em seu território, configurando-se como um exemplo de resistência institucional à expansão da exploração mineral no Quadrilátero Ferrífero Aquífero (BRASIL DE FATO, 2023; ALMG, 2023). Ainda assim, a empresa Gerdau, com operações na Mina Várzea do Lopes, localizada em Itabirito, avançou com suas frentes de lavra até os limites de Moeda, na porção interfluvial da Serra da Moeda, gerando impactos ambientais transfronteiriços, mesmo sem atuação direta em solo moedense (PORTAL INDEPENDENTE, 2023).

Figura 9- Antropização no entorno da região da EEEA.



(A) Mina da Gerdau na Serra da Moeda (Fonte: Folha de Brumadinho). (B) Mina da SAFM, limítrofe da EEEA. (C) Mina de beneficiamento da HERCULANO, limítrofe da EEEA. (D) Mina do Pico da VALE. (E) Perfil do Pico de Itabirito com marcas antrópicas da mineração atual. (Fonte: Acervo do autor).

A Serra da Moeda, reconhecida como Monumento Natural Estadual e integrante do mosaico de unidades de conservação da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, tem sido alvo de tentativas legislativas para flexibilizar sua proteção, enfrentando forte oposição de movimentos sociais e pesquisadores. Em resposta à crescente mobilização, a Agência Nacional de Mineração revogou títulos minerários incidentes em áreas protegidas da serra, evidenciando a necessidade de mecanismos mais eficazes de controle territorial e conservação dos ecossistemas, sobretudo em zonas de recarga hídrica e cabeceiras, essenciais à

manutenção da funcionalidade ecológica da região (MANUELZÃO, 2023; PORTAL DA CIDADE, 2024).

### 3.2 Caracterização *ex situ*

A caracterização *ex situ* da área de estudo foi conduzida por meio da análise de bases cartográficas disponíveis em plataformas webGIS institucionais, como o IDE-SISEMA, mantido pelo governo estadual, e o Atlas Geoambiental do Instituto Prístino. Essas ferramentas possibilitam o acesso a dados geoespaciais atualizados, incluindo informações sobre geologia, geomorfologia, hidrografia e uso do solo, permitindo uma compreensão preliminar da paisagem e subsidiando a definição dos pontos de coleta *in loco*. A partir da interpretação dessas bases, foram selecionadas áreas representativas da geodiversidade local, priorizando feições geológicas singulares, geossítios potenciais e elementos antrópicos relevantes. O mapeamento prévio possibilitou a otimização do trabalho de campo, garantindo a amostragem de locais estratégicos para a valoração da geodiversidade segundo os critérios estabelecidos no estudo.

A pesquisa documental foi essencial para a caracterização *ex situ* da área de estudo, complementando a análise cartográfica com informações normativas e institucionais. Foram consultados documentos oficiais, como o Plano Diretor municipal e legislações ambientais vigentes, a fim de compreender as diretrizes de uso e ocupação do solo, bem como os instrumentos legais de proteção da geodiversidade local. Além disso, foram analisados dados fornecidos pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) e pela equipe gestora da EEEA, com destaque para o Plano de Manejo, que estabelece as diretrizes para a gestão e conservação da área. Informações adicionais foram obtidas em portais institucionais e acadêmicos, incluindo o site do Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), o Projeto Manuelzão da UFMG, a iniciativa Quadrilátero Ferrífero 2050 da UFOP e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, os quais fornecem dados sobre a qualidade ambiental, a gestão hídrica e os impactos antrópicos na região. O site do Instituto Prístino e outras bases de pesquisa também foram consultados para acessar levantamentos geocientíficos e ambientais já realizados. Essa abordagem integrada permitiu a definição criteriosa dos pontos de coleta *in loco*, assegurando que os locais selecionados refletissem a diversidade geológica e os aspectos culturais e ambientais relevantes à geoconservação.

### 3.3 Diagnóstico *in loco*

A etapa de coleta *in loco* foi conduzida com base no mapeamento prévio dos setores geodiversos, utilizando métodos de georreferenciamento e documentação fotográfica para a caracterização detalhada dos elementos geológicos e geomorfológicos presentes na área de estudo. O aplicativo Avenza Maps foi empregado para o registro das coordenadas geográficas de cada ponto de interesse, garantindo a correta espacialização das feições observadas. Cada setor geodiverso identificado previamente foi documentado individualmente por meio de registros fotográficos padronizados, assegurando a captação das características morfológicas e contextuais das formações analisadas (Figura 10 e 11). A categorização dos elementos seguiu os critérios de valoração da geodiversidade propostos por Gray (2013), contemplando os valores intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional. Essa abordagem possibilitou uma análise detalhada do potencial geoambiental da região, contribuindo para a identificação de áreas prioritárias para atividades voltadas à diferentes modalidades turísticas e para o desenvolvimento de estratégias voltadas à gestão sustentável do patrimônio geológico local.

Figura 10- Ações de registros e análise *In Situ*. Setor Geodiverso nascentes do Paleoproterozóico.



(A) Coleta de coordenadas e fotografias em campo. (B) Análise de material em região de cabeceira e nascente perene na UC.

Figura 11 - Ações de registros e análise *In Situ*. Setor Geodiverso Escarpas do Cauê.



(A) Registros fotográficos com escala. (B) Análise de mineral em região de afloramento quartizítico

As ações de coleta *in loco* foram realizadas entre meados de novembro de 2024 e o final de janeiro de 2025, abrangendo período sazonal úmido, com avaliação abrangente das condições ambientais e da dinâmica da paisagem. A logística de campo foi estruturada de modo a otimizar a amostragem dos elementos geodiversos previamente mapeados, garantindo a cobertura espacial dos setores de interesse. Os trabalhos de campo foram organizados em etapas sequenciais, priorizando áreas de maior relevância geocientífica e acessibilidade, com deslocamentos planejados a partir da análise cartográfica e dos registros disponíveis no Plano de Manejo da Unidade de Conservação. O transporte terrestre foi utilizado para atingir os pontos estratégicos, seguido de deslocamentos a pé em trilhas e terrenos de relevo acidentado de difícil acesso, quando necessário. As coletas foram conduzidas em conformidade com protocolos padronizados de georreferenciamento e registro fotográfico, permitindo a documentação sistemática das feições geológicas e geomorfológicas observadas ao longo do período de estudo. Essa abordagem assegurou a consistência dos dados coletados, possibilitando a posterior análise integrada das informações.

Durante a execução da pesquisa, não houve coleta de amostras para análises laboratoriais, uma vez que a abordagem metodológica adotada priorizou a observação e caracterização *in situ* das feições geológicas e geomorfológicas. As análises foram realizadas diretamente em campo, considerando parâmetros descritivos como litologia, estruturas

sedimentares e tectônicas, intemperismo, além da relação dos elementos geológicos com a paisagem e os impactos antrópicos associados. Essa estratégia se alinha aos princípios da geoconservação, que buscam minimizar a intervenção nos sítios geológicos e valorizar a integridade do patrimônio geodiverso, promovendo sua preservação e reconhecimento científico sem comprometer sua integridade física. A ausência de remoção de materiais reforça a importância da documentação detalhada através de georreferenciamento, registros fotográficos e descrições técnicas, garantindo que a avaliação da geodiversidade ocorra de forma não invasiva e respeitando as diretrizes de conservação da área estudada.

### **3.4 Confeção do mapa temático e tabela/inventário**

A confeção do mapa temático e da tabela de inventário seguiu uma abordagem sistemática baseada na integração dos dados coletados em campo e nas informações geoespaciais previamente analisadas.

O mapa temático foi produzido no software QGIS, onde foram inseridos os dados vetoriais e raster provenientes das plataformas IDESISEMA e Atlas Geoambiental do Instituto Prístino, além dos pontos coletados em campo, permitindo a espacialização dos elementos geodiversos identificados. As feições geológicas, geomorfológicas e antrópicas foram classificadas segundo critérios de relevância científica, educacional, cultural e estética, seguindo a metodologia de valoração da geodiversidade proposta por Gray (2013).

A tabela de inventário foi estruturada para organizar e detalhar as informações de cada ponto mapeado, incluindo coordenadas geográficas, descrição litológica, atributos geomorfológicos, nível de integridade e potencial para conservação e uso. Esse processo permitiu a consolidação de um banco de dados estruturado, essencial para futuras estratégias de geoconservação e ordenamento territorial, voltadas à gestão da área de estudo.

A confeção do mapa temático foi realizada no software QGIS, utilizando a sobreposição de camadas geoespaciais provenientes das plataformas IDE-SISEMA e Atlas Geoambiental do Instituto Prístino, integradas aos dados coletados em campo. Para representar a valoração da geodiversidade, foi adotada uma simbologia específica, na qual cada bem e serviço identificado— cultural, conhecimento, suporte, provisão, e regulação— foi representado por ícones distintos, permitindo a rápida visualização e interpretação dos atributos da área de estudo (Figura 12).

As informações dispostas na tabela e a representação cartográfica se complementam na medida em que possibilitam uma análise integrada dos elementos da

geodiversidade mapeados. Enquanto o mapa oferece uma visualização espacial dos pontos de interesse, a tabela detalha os dados específicos de cada ocorrência, permitindo uma correlação precisa entre localização, tipologia e valor geocientífico, conforme os critérios estabelecidos na metodologia adotada.

Figura 12 - Simbologia desenvolvida para a representação dos bens e serviços da geodiversidade.



Fonte: O Autor.

O uso dessa abordagem gráfica facilitou a comunicação das informações e permitiu uma análise espacial mais detalhada, contribuindo para a compreensão da distribuição e do potencial de uso dos bens e serviços associados das feições e elementos geodiversos no território estudado.

A confecção das tabelas de inventário da geodiversidade foi realizada de forma a organizar e sistematizar as informações coletadas em campo, permitindo uma avaliação detalhada e estruturada de cada setor geodiverso. Foram confeccionadas 22 tabelas, correlatas a cada um dos setores, definidos com base nas características geológicas e litossequência identificadas no mapeamento. Cada elemento foi pontuado e categorizado conforme os atributos definidos pelo sistema de valoração da geodiversidade de Gray (2013).

Para cada elemento geodiverso registrado, foram avaliados e atribuídos valores relativos aos critérios intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional. A pontuação foi feita com base em observações de campo, considerando as características específicas de cada feição geológica e geomorfológica, bem como sua relevância para a conservação e o serviço associado. Esse processo permitiu uma análise comparativa entre os setores geodiversos, contribuindo para a priorização de áreas com maior

potencial de conservação e para a definição de estratégias de gestão geoambiental. A avaliação quantitativa dos elementos geodiversos se baseou na metodologia de avaliação quantitativa do Patrimônio Geomorfológico (VIEIRA, 2014).

A sistematização e avaliação do patrimônio geomorfológico em questão adotou a metodologia proposta por Vieira (2014), na qual são estabelecidos critérios objetivos para a mensuração e hierarquização dos valores geológicos e geomorfológicos de uma determinada área. O método considera parâmetros como raridade, representatividade, integridade e vulnerabilidade dos elementos geológicos, permitindo uma análise sistemática e comparável entre diferentes contextos espaciais (Figura 13).

Figura 13- Tabelas de valoração da geodiversidade de acordo com Vieira (2014).

Definição da forma de quantificação dos critérios dos Valores Cultural, Econômico, Estético e Ecológico de acordo com Vieira (2014).

Valor	Critérios	Valorização
Valor Cultural	Importância histórico- arqueológica	0 Sem vestígios
		0,33 Vestígios pouco importantes
		0,67 Vestígios importantes
Valor Econômico	Importância religiosa/espiritual	0 Sem importância
		0,33 Importância reduzida
		0,67 Importância razoável
Valor Estético	Evento artístico/cultural	0 Nunca
		0,5 Uma vez por ano
		1 Mais que uma vez por ano
Valor Adicional	Importância turística Recurso turístico	0 Sem interesse turístico
		0,5 Com razoável interesse turístico
		1 Com elevado interesse turístico
Valor Ecológico	Importância desportiva Prática desportiva	0 Sem utilidade desportiva
		0,5 Com utilidade desportiva restrita
		1 Com elevada utilidade desportiva (diversificada)
Valor Estético	Existência de itinerários turísticos/culturais	0 Ausência de itinerários
		0,5 Existência de um itinerário
		1 Existência de mais que um itinerário
Valor Ecológico	Diversidade paisagística	0 Reduzida diversidade paisagística
		0,5 Razoável diversidade paisagística
		1 Elevada diversidade paisagística
Valor Estético	Presença de água	0 Ausência de água
		0,5 Presença pouco significativa de água
		1 Presença significativa de água
Valor Estético	Contraste de cor	0 Reduzido contraste
		0,5 Razoável contraste
		1 Elevado contraste
Valor Ecológico	Presença de elementos não harmônicos	0 Ele. não harmônicos com significativo impacto na paisagem
		0,33 Ele. não harmônicos com algum impacto na paisagem
		0,67 Ele. não harmônicos pouco significativos
Valor Ecológico	Diversidade ecológica	1 Ausência de ele. não harmônicos
		0,5 Moderada
		1 Elevada
Valor Ecológico	Importância ambiental	0 Reduzida
		0,5 Moderada
		1 Elevada
Valor Ecológico	Ocorrência de habitats específicos	0 Reduzida
		0,5 Moderada
		1 Elevada
Total		

Definição da forma de quantificação dos critérios de Valor Intrínseco de acordo com Vieira (2014).

Valor	Critérios	Valorização
Valor Intrínseco	Raridade/originalidade	0 Frequente e pouco original.
		0,33 Pouco frequente
		0,67 Elevada originalidade
Valor Científico	Diversidade	1 Único e/ou original
		0 Apenas um elemento/tema com interesse geomorfológico
		0,33 Dois elementos/temas com interesse geomorfológico
Valor Científico	Representatividade	0,67 Três elementos/temas com interesse geomorfológico
		1 Mais de três elementos/temas com interesse geomorfológico
		0 Representatividade reduzida de processos e sem interesse didático
Valor Científico	Interesse paleogeográfico	0,33 Com alguma representatividade mas com pouco interesse didático
		0,67 Bom exemplo de evolução geomorfológica, mas de difícil explicação a leigos.
		1 Bom exemplo de evolução geomorfológica e/ou bom recurso didático
Valor Científico	Integridade	0 Sem interesse paleogeográfico
		0,5 Com reduzido interesse paleogeográfico
		1 Com elevado interesse paleogeográfico
Valor Científico	Conhecimento científico	0 Muito deteriorado, resultado da exploração de recursos, vandalismo ou mau uso
		0,25 Muito deteriorado, resultado de processos naturais
		0,5 Com deterioração, mas preservando elementos geomorfológicos essenciais
Valor Científico	Conhecimento científico	0,75 Deteriorado ligeiramente, preservando elementos geomorfológicos essenciais
		1 Sem deterioração
		0 Sem produção científica
Valor Científico	Conhecimento científico	0,5 Moderada produção científica
		1 Relevante produção científica
		Total

Fonte: **VIEIRA, Antônio.** O patrimônio geomorfológico no contexto da valorização da geodiversidade: sua evolução recente, conceitos e aplicação. 2014.

Com base nas reflexões de Vieira (2014), a valorização do patrimônio geomorfológico é apresentada como elemento central para a revitalização de espaços que, embora periféricos aos grandes centros de desenvolvimento econômico, preservam atributos naturais de elevado valor estético, científico e cultural. Essa perspectiva se aplica de forma contundente à realidade da EEEA, cuja localização no interior do QFA, associada à relativa preservação de suas feições naturais e culturais, configura uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento sustentável baseado nos recursos endógenos da região. Por abrigar um geopatrimônio de notável relevância, caracterizado por paisagens singulares, somados à riqueza da biodiversidade local e ao contexto histórico-cultural do Complexo Arqueológico de Arêdes fortalecem seu potencial como vetor de dinamização econômica regional.

O método quantitativo utilizado adota uma abordagem sistemática que permite a separação clara do valor científico em relação aos demais critérios. Essa diferenciação é essencial, sobretudo na avaliação de geossítios, pois o valor científico é mensurado com base em atributos objetivos como raridade, representatividade, grau de conservação e potencial para pesquisa e ensino.

Ao quantificar essas variáveis, o método oferece maior rigor e consistência na hierarquização dos elementos geodiversos, permitindo análises comparativas mais precisas. A utilização desse referencial promove uma compreensão mais pragmática e empírica da relevância dos geossítios, contribuindo para estratégias eficazes de geoconservação e reconhecimento do patrimônio geológico.

Assim, à luz da abordagem proposta por Vieira (2014), Arêdes representa um espaço estratégico onde a geoconservação pode fomentar atividades integradas de geoturismo, ecoturismo, turismo cultural e científico, contribuindo de forma significativa para a preservação do patrimônio natural e cultural, bem como para a geração de emprego, renda e fortalecimento do sentimento de pertencimento local.

A aplicação de um método quantitativo para o mapeamento e classificação dos elementos da geodiversidade da região oferece uma base empírica e pragmática, complementando a valoração proposta por Gray (2013), o que solidifica a análise e favorece o embasamento nas tomadas de decisões voltadas à gestão territorial, conservação e aproveitamento sustentável dos recursos geocientíficos identificados.

## **4. CARTOGRAFIAS DA GEODIVERSIDADE: SETORES, MAPA, E REFLEXÕES CRÍTICAS SOBRE A GEOCONSERVAÇÃO NA EEEA**

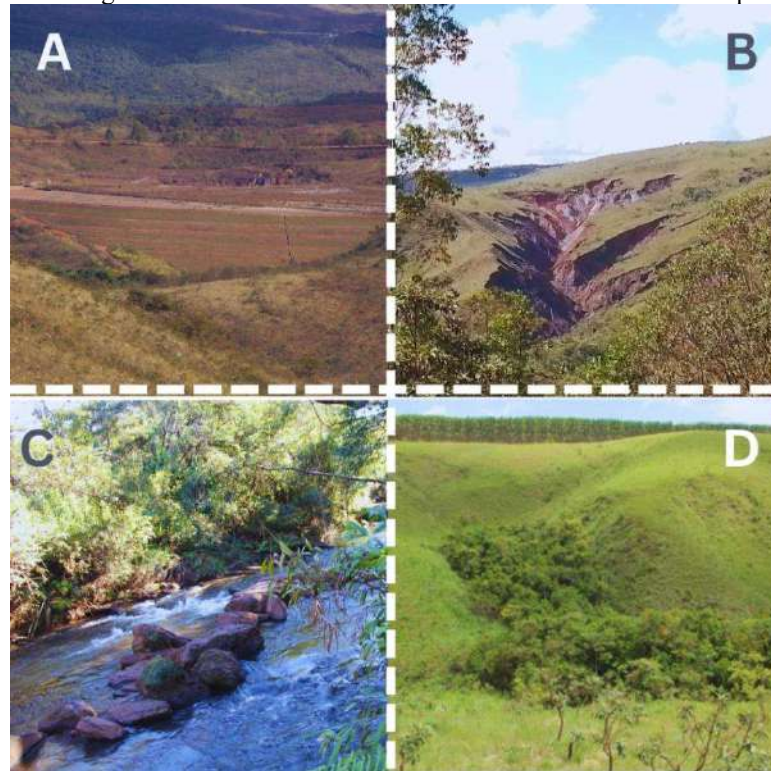
### **4.1 Setores Geodiversos da EEEA**

A diversidade geológica da unidade de conservação se expressa na série de setores geodiversos identificados e diagnosticados com base na litossequência, os quais refletem a riqueza e complexidade de sua paisagem, que se manifesta por uma variedade de características hidrogeológicas, geomorfológicas, minerais e paisagísticas. Neste contexto, foram delimitados doze setores geodiversos, cada um com suas características e processos de formação específicos, fundamentais para a compreensão e preservação do patrimônio geológico da EEEA.

#### **Setor Geodiverso Geocientífico de dinâmicas de paisagem:**

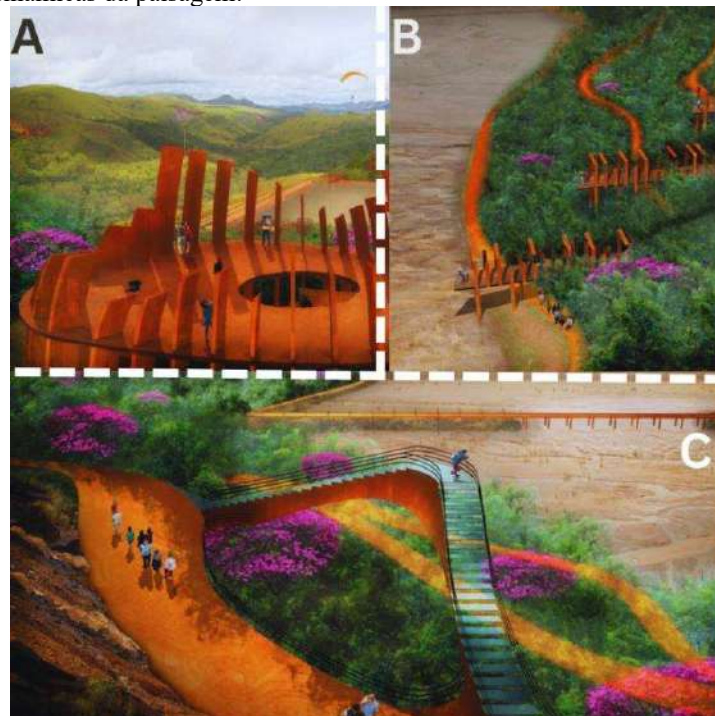
Compreende uma área de aproximadamente 260 hectares, caracterizada por relevo de colinas amplas e suaves inseridas no domínio da sequência vulcano-sedimentar do Proterozóico, com estruturas dobradas metamorfadas de baixo grau. Nesse setor, foram identificados treze elementos de relevância científica associados a bens e serviços ecossistêmicos, conforme o sistema de valoração adotado, incluindo feições erosivas em contatos litológicos, dobras, nascentes de cabeceira e formação do córrego Benevides (Figura 14), e áreas com intensa dinâmica antropomorfológica. Destaca-se, neste contexto, uma zona de recuperação ambiental em ambiente ferruginoso, onde foi desenvolvido o projeto paisagístico do arquiteto Carlo Leonardi, propondo a regeneração ecológica e a ressignificação estética de paisagens pós-mineração (Figura 15). Atualmente, essa área abriga um programa de introdução de plantas endêmicas de campo rupestre ferruginoso, resgatadas de uma área minerada similar no QFA, em uma ação de recuperação ambiental realizada em parceria com a UFOP. Esses atributos consolidam o setor como espaço estratégico para pesquisas geocientíficas interdisciplinares voltadas à compreensão das interações entre processos geológicos, ecológicos e humanos.

Figura 14 - Algumas características do SG Geocientífico de dinâmicas da paisagem



(A) Barragem de rejeito desativada. (B) Processo erosivo em região de contato geológico (C) Córrego Benevides. (D) Vale encaixado em formação de relevo de colinas suaves, e ao fundo floresta plantada de eucalipto no entorno imediato da EEEA. Fonte: O Autor, 2025.

Figura 15 - Exemplos de estruturas de paisagismo para a região da barragem de rejeitos desativada, localiza no SG Geocientífico de dinâmicas da paisagem.

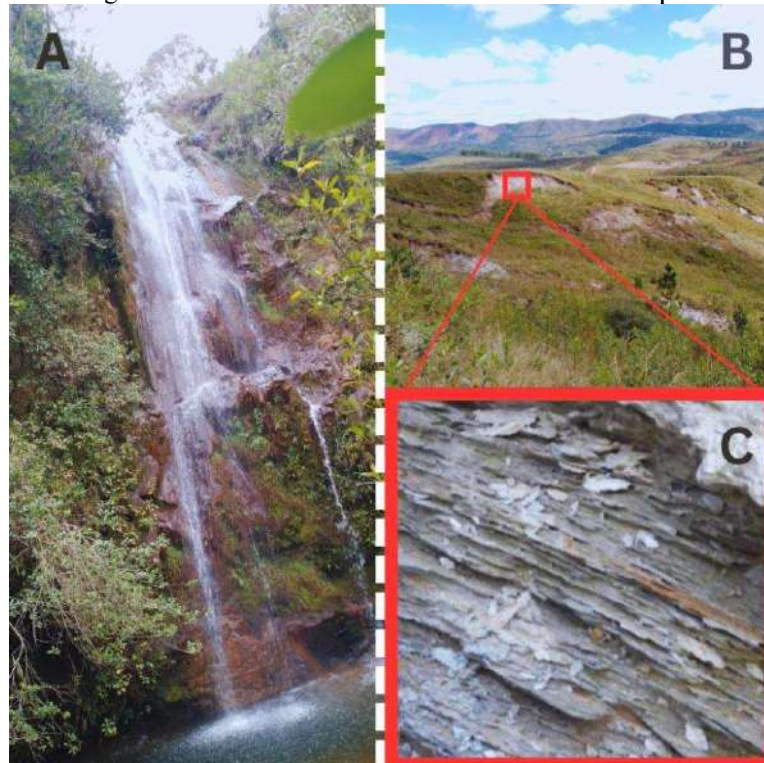


(A) Mirante. (B) Terraços estilo decks. (C) Escadaria mirante- Fonte: Carlo Leonardi, 2017. Proposta do Arquiteto Carlo Leonard em seu artigo "Experimentando a maravilha pós-mineração: Reivindicando um novo propósito para as paisagens pós mineração do Quadrilátero Ferrífero, MG.

### Setor Geodiverso Nascentes do Paleoproterozóico:

Abrange uma área de aproximadamente 361 hectares e concentra dezoito elementos geodiversos de notável relevância científica, ecológica e patrimonial. Localizado em terrenos formados no período Sideriano da Era Paleoproterozoica, o setor insere-se no contexto geológico do Supergrupo Minas, Grupo Piracicaba, com predominância da Formação Cercadinho. A litologia é composta por filito aluminífero, quartzo, muscovita, xisto e quartzito ferruginoso, configurando um mosaico geológico propício à formação de paisagens complexas e ecossistemas associados. Os elementos mapeados incluem nascentes de cabeceira, cursos d'água perenes, cachoeira central, processos erosivos em diferentes estágios de recuperação natural, além de estruturas geomorfológicas expressivas como mergulhos de camadas, erosão diferencial e feições de contato litológico entre quartzito e ferruginoso (Figura 16). Destaca-se, ainda, a presença de uma dobra acidentada influenciando diretamente a morfologia do relevo e de um canal arqueológico associado ao ciclo do ouro, reforçando a conexão entre patrimônio natural e cultural da região. Este setor representa um espaço privilegiado para estudos interdisciplinares, integrando ciências da terra, arqueologia, ações de reabilitação paisagística e gestão hídrica, sendo essencial para a manutenção de nascentes estratégicas para o abastecimento do município de Itabirito e seus distritos rurais.

Figura 16 - Algumas características do SG Nascentes do Paleoproterozóico.

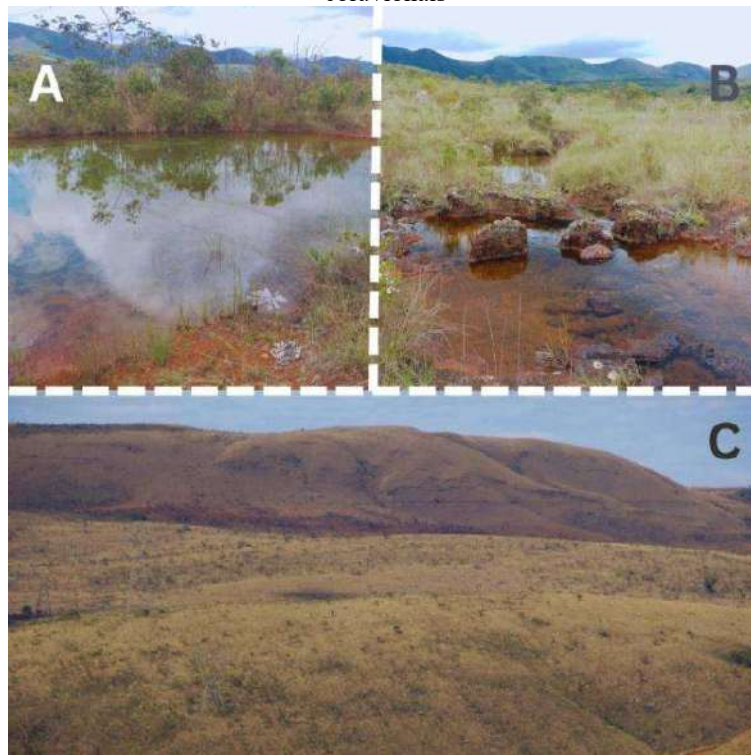


(A) Queda d'água montante do córrego Benevides. (B) Processo erosivo com destaque para material exposto. (C) Ocorrência de filito associado a Formação Cercadinho. Fonte: O Autor, 2025.

**Setor Geodiverso hidrogeomorfológico em canga ferruginosa e depósitos elúvio-coluvionais:**

Compreende uma área de 146 hectares, onde foram identificados 13 elementos geodiversos de alto valor científico e paisagístico. Destacam-se feições como nascente do tipo olho d'água intermitente, curso d'água em ambiente ferruginoso, planície ferruginosa, solo litólico exposto, além de uma vista panorâmica do sítio histórico e área de reconversão territorial. Inserido no contexto geológico da Era Cenozoica, período Paleógeno, o setor apresenta capeamentos lateríticos com detritos, calhaus e matacões de formações ferríferas e hematita cimentada, configurando um cenário propício para estudos sobre a evolução da paisagem, interações entre processos hidrológicos e geológicos, além das ações de valorização do patrimônio natural e histórico-cultural da região (Figura 17).

Figura 17 - Algumas características do SG hidrogeomorfológico em canga ferruginosa e depósitos elúvio-coluvionais



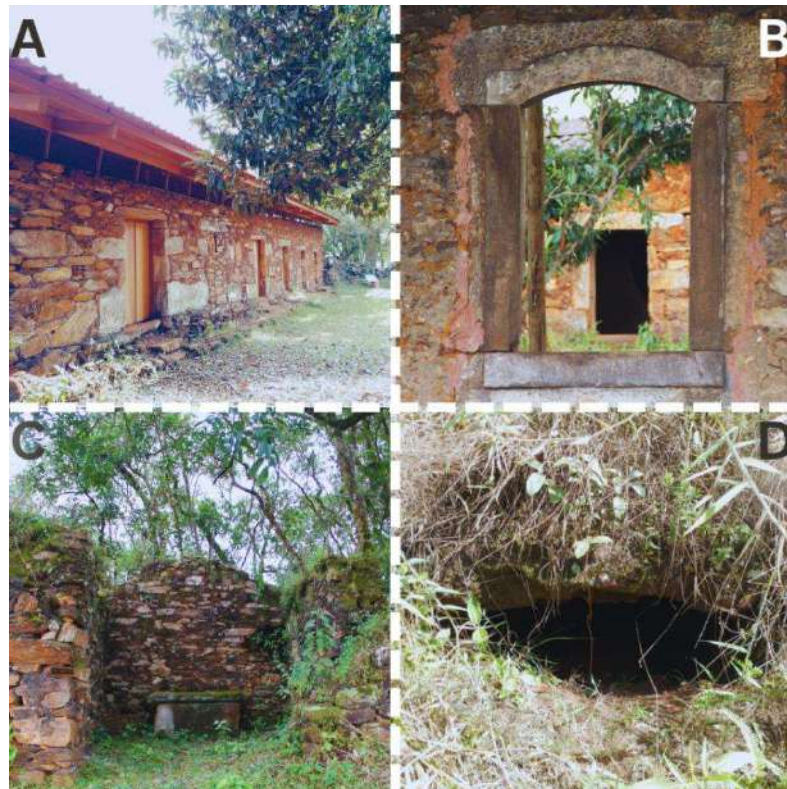
A) Lago intermitente. B) Curso d'água intermitente. C) Depressão intermontana estrutural entre Serra das Serrinhas e Serra da moeda. Fonte: O Autor, 2025.

**Setor Geodiverso de Patrimônio Geocultural-Arqueológico e Relevos Antropogênicos:**

Abrange uma área de 46,2 hectares e apresenta um total de 10 elementos de geodiversidade identificados, os quais revelam a profunda interação entre processos naturais e intervenções humanas ao longo de mais de três séculos. Além das crostas de canga ferruginosa, feições tipo dobra, cavidades naturais em ambiente cárstico e depósitos elúvio-

coluvionais em áreas antropizadas, o setor reúne estruturas históricas e arqueológicas de grande valor, como cavidades artificiais, relevos modificados em processo de reconversão topográfica e feições antropogeomorfológicas. Destacam-se também elementos do Complexo Arqueológico das Ruínas de Arêdes (CARA), como a capela com registros de batismo de 1723, a janela remanescente da casa-sede do antigo entreposto comercial, a antiga senzala e o comércio revitalizado. Os levantamentos in loco apontaram também à cartografia geodiversa do setor uma lagoa histórica, a estrutura remanescente de uma fundição colonial e um ponto de estudo sobre relevo natural transformado por ação antrópica. Esses elementos reforçam a singularidade do setor como território de relevância ímpar para investigações interdisciplinares em arqueologia, história, geociências e patrimônio natural e cultural, além de constituírem uma base concreta para ações educativas e de valorização cultural no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero (Figura 18).

Figura 18 - Algumas características do SG hidrogeomorfológico em canga ferruginosa e depósitos elívio-coluvionais

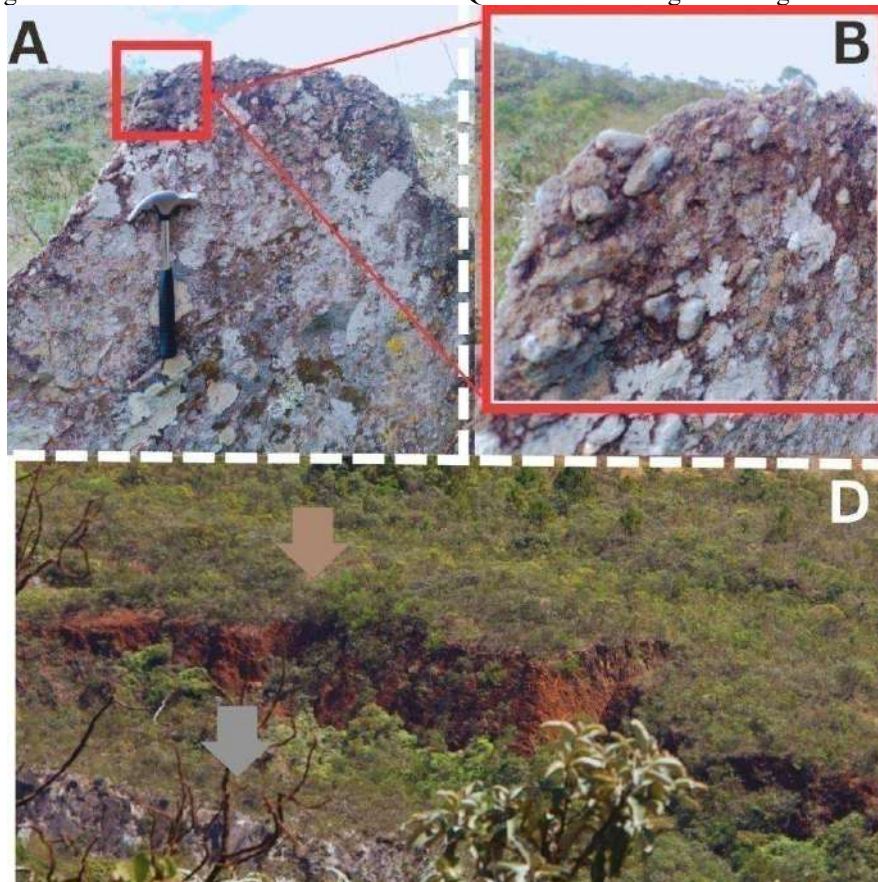


A) Estrutura arqueológica construída com rochas quartzosas e canga ferruginosa, apresentando técnicas vernaculares e evidências de usos coloniais. B) Janela em cantaria moldada em quartzo da antiga casa sede da Fazenda dos Arêdes. Elemento de valor cultural, representando o uso artesanal de recursos geológicos locais na arquitetura colonial. C) Capela de São Sebastião dos Arêdes, com registro documental datado de 1723. Valor cultural e simbólico, associando o território mineral à religiosidade e organização social do ciclo do ouro. D) Cavidade natural em canga ferruginosa, inserida em zona cárstica. Feição de alto valor intrínseco e funcional, representando um geossistema singular associado a processos endocársticos e habitats subterrâneos raros. Fonte: O Autor, 2025.

### Setor Geodiverso Afloramentos Quartzíticos e Vestígios do Ciclo do Ouro:

Compreende uma área de 8,94 hectares, reunindo seis elementos geodiversos de significativa importância científica e histórica. Inserido na Era Paleoproterozoica, período Sideriano, o setor destaca-se pela ocorrência de escarpas quartzíticas associadas a um contato geológico aproximado entre litologias distintas, como filito cinza-escuro de granulometria fina, quartzo-muscovita e xisto. O relevo abrupto expõe afloramentos quartzíticos bem preservados, que contrastam com áreas de solo filítico e depósitos sedimentares associados à dinâmica erosiva local (Figura 19). Além dos aspectos geológicos, o setor conserva vestígios geo-históricos vinculados ao ciclo do ouro, como marcas de escavações e caminhos históricos, evidenciando a sobreposição entre as formas naturais e as intervenções humanas seculares. Essa combinação confere ao setor relevância para estudos em geologia estrutural, geomorfologia e história ambiental, reforçando seu valor como patrimônio natural e cultural no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero.

Figura 19 - Algumas características do SG Afloramentos Quartzíticos e vestígios tecnogênicos do ciclo do ouro.

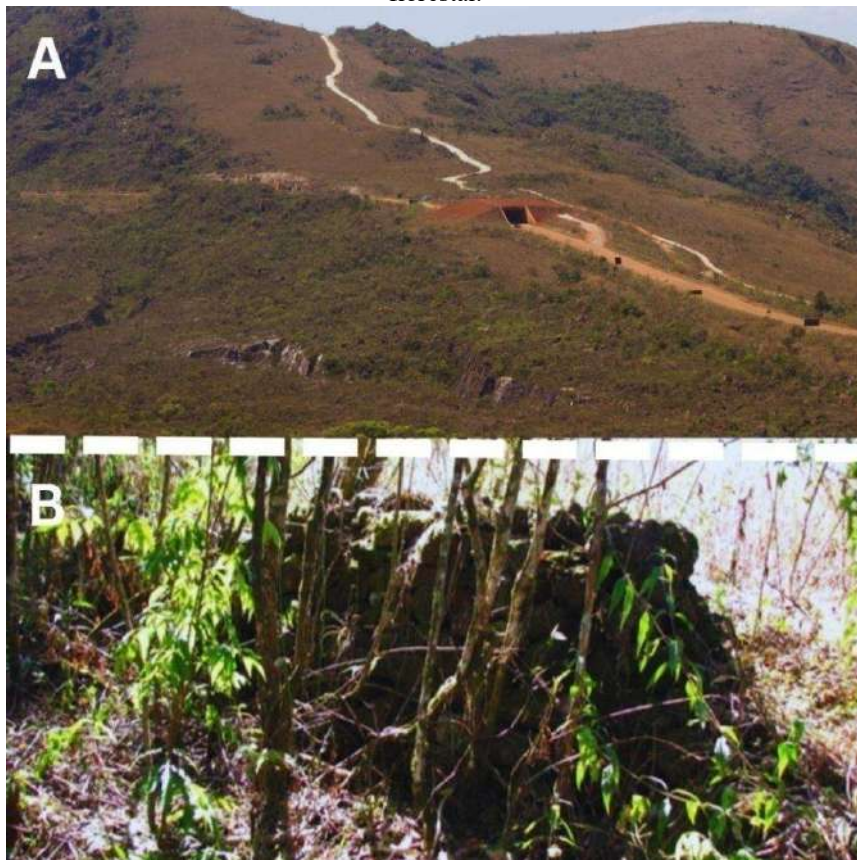


A) Afloramento Quartzítico. B) Clastos angulosos de Quartzo em afloramento rochoso. C) solo perturbado por ação tecnogênica do ciclo do ouro, evidenciada por valas escavadas para extração de ouro aluvionar. A exposição do solo revela horizontes derivados de filito (seta cinza), e à presença de solo ferruginoso (Seta bege).  
Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Depósitos Aluvionares Antigos e Patrimônio Arqueológico em Ambiente Florestal:**

Abrange 9,48 hectares e reúne quatro elementos geodiversos que evidenciam a interação entre processos naturais e a presença humana histórica em um contexto de Mata Atlântica. Inserido em ambiente de aluvião, com depósitos argílicos típicos de unidades aluvionares do período Cenozoico, época Mioceno, o setor caracteriza-se por paisagens marcadas por vestígios culturais em áreas de planície fluvial, incluindo estruturas de uso histórico ainda visíveis. Entre os elementos mapeados, destacam-se um depósito aluvionar de argila, um ambiente geo-histórico com sinais de ocupação antiga, e uma edificação remanescente, a chamada “casa em floresta”, situada em denso fragmento florestal, que compõe um conjunto de grande valor arqueológico e paisagístico. O setor se destaca como espaço de interesse para pesquisas interdisciplinares em arqueologia, geografia histórica e geomorfologia fluvial, contribuindo para o entendimento das dinâmicas humanas e naturais que moldaram o território do Quadrilátero Ferrífero Aquífero (Figura 20).

Figura 20 - Algumas características do SG Depósito aluvionares antigos e patrimônio arqueológico em ambiente florestal.

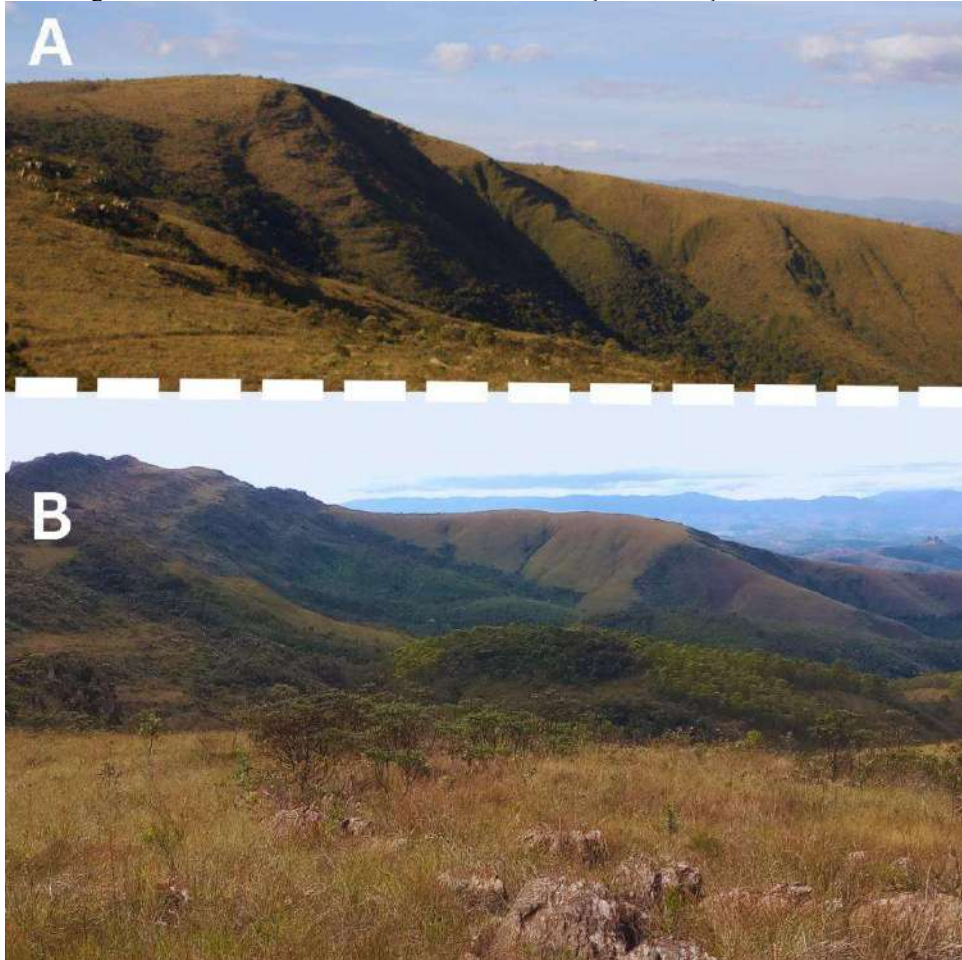


A) Ambiente aluvionar em primeiro plano. B) Muro arqueológico de adobe em FESD. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Mananciais do Bação e Serviços Ecossistêmicos de Itabirito:**

Possui 54 hectares, doze elementos geodiversos, abrangendo afloramentos de xistos com granada e estaurolita, formados sob metamorfismo de contato no Neoarqueano, dentro do Subgrupo Rio das Velhas, Grupo Nova Lima. Este setor é crucial tanto pela sua geodiversidade quanto pelos serviços ecossistêmicos que oferece, particularmente através das nascentes de cabeceira e cursos d'água perenes que alimentam o Córrego do Bação, responsável pelo abastecimento de água potável para Itabirito e comunidades adjacentes. Ao integrar esses recursos naturais ao sistema de valoração da geodiversidade proposto por Murray Gray (2013), é possível reconhecer o valor intrínseco da região não apenas para a conservação geológica e ecológica, mas também para o suporte a serviços vitais como o fornecimento de água e a regulação do ciclo hidrológico, essenciais para a sustentabilidade regional (Figura 21).

Figura 21 - Algumas características do SG Mananciais do Bação e Serviços Ecossistêmicos de Itabirito

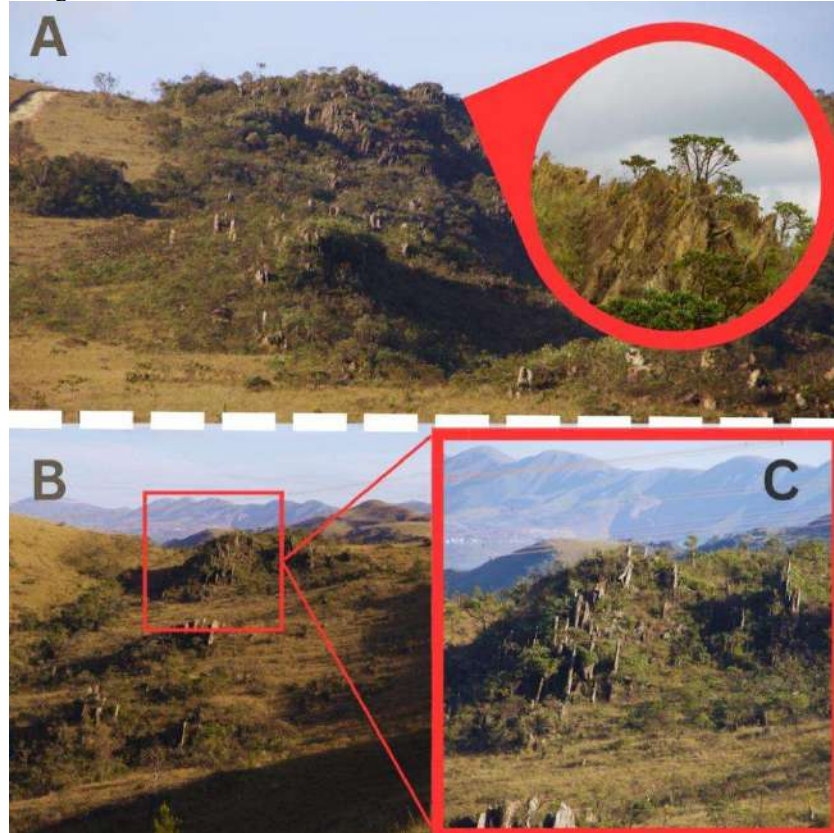


A) Colinas suaves. B) Campo rupestre em ambiente quartzítico na Serra das Serrinhas. Vista panorâmica da Serra das Serrinhas, região limítrofe oeste da EEEA. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Afloramentos Testemunhos e Mananciais Hídricos:**

Abrange 12,2 hectares, destaca-se no Supergrupo Minas, Grupo Caraça e Formação Moeda, abrigando afloramentos testemunhos de quartzitos e cursos d'água efêmero de cabeceira. Com 11 elementos geodiversos catalogados, datado do Paleoproterozóico, período Sideriano, o setor apresenta filitos multicoloridos arenosos e xistos quartzomuscovita, cujas camadas registram intensos processos de metamorfismo regional. Os quartzitos, com suas características distintas de resistência e erosão, formam testemunhos geológicos que preservam a história tectônica da região. O curso d'água efêmero de cabeceira, que nasce nesse setor, também é um elemento importante, contribuindo temporariamente para a dinâmica hidrológica local. A combinação desses elementos geodiversos confere ao setor grande importância para estudos de evolução geológica e processos hídricos, além de ser um exemplo da complexa interação entre geodiversidade e recursos naturais. Neste setor, observa-se de forma evidente o adensamento da vegetação nos trechos onde as escarpas quartzíticas da Formação Moeda se dispõem de maneira sequencial ao longo do relevo, configurando corredores onde os Campos Rupestres sobre quartzito ocorrem nas porções mais altas da UC, aproximadamente 1.400 metros de altitude, onde existem os grandes escarpamentos, geralmente, orientados por fraturas. Sobre as rochas são observadas espécies rupícolas e nas fraturas se desenvolvem espécies arbóreas, acompanhando as feições estruturais do substrato rochoso. Essa característica reforça o apontamento de Brilha (2005), ao evidenciar como tal conjunto geodiverso propicia o suporte e a regulação desses ambientes que funcionam como refúgio para diversas espécies da mastofauna e avifauna, algumas das quais foram observadas durante o trabalho de campo ou previamente registradas pelo Plano de Manejo da EEEA (Figura 22).

Figura 22 - Algumas características do SG dos Afloramentos Testemunhos e Mananciais Hídricos

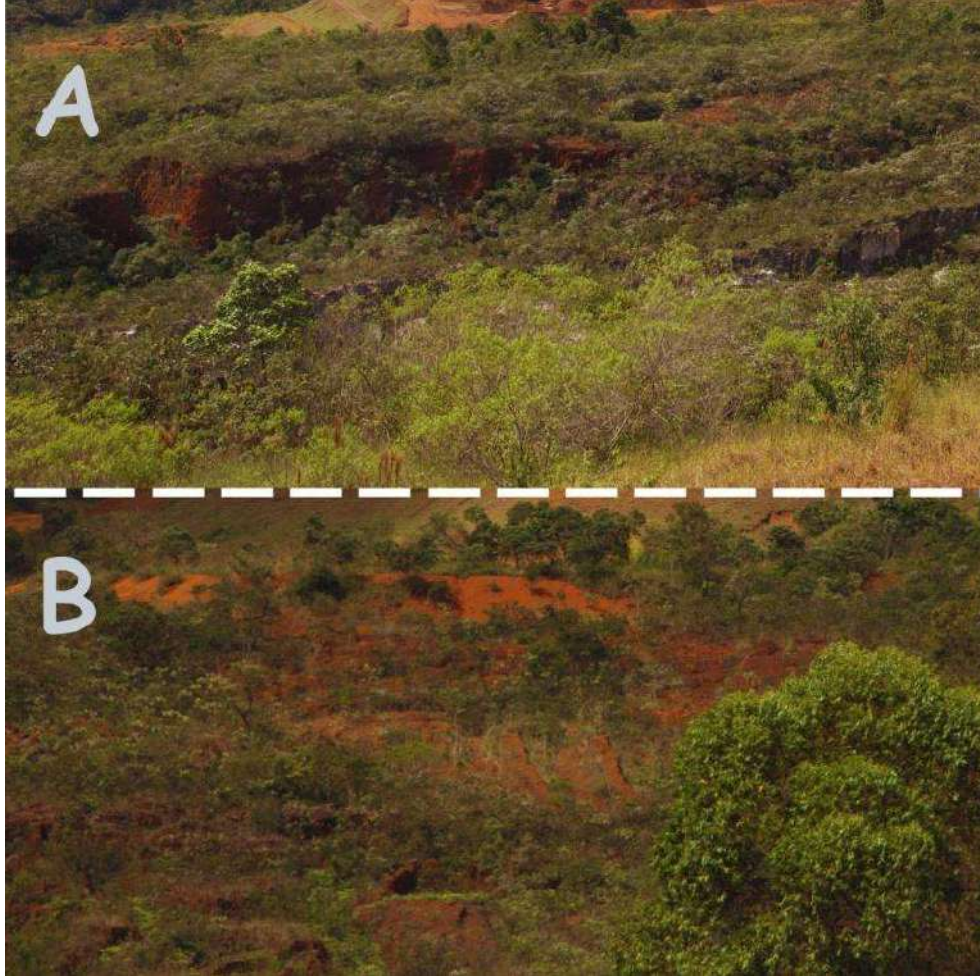


(A) Vista panorâmica do ambiente com afloramentos quartzíticos em destaque na paisagem, evidenciando a maior densidade e diversidade da vegetação nativa associada aos maciços rochosos. Destacam-se espécies ecótonas entre o Cerrado e a Mata Atlântica, com árvores de grande porte circundando blocos quartzíticos. (B) Sequência de escarpas quartzíticas dispostas de forma enfileirada ao longo do relevo. (C) Detalhe ampliado da escarpa evidenciada em (B), destacando a morfologia estruturada e sua relação com o padrão tectono-estrutural regional. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso Tecnogênico do Ciclo do Ouro em Itabirito e Diversidade de Solos:**

Ocupa 4,67 hectares e três elementos geodiversos. É caracterizado pela presença de vestígios tecnogênicos do ciclo do ouro, associados a diferentes tipologias de solo visíveis na paisagem. Localizado no Supergrupo Minas, Grupo Itabira e Formação Cauê, o setor contém afloramentos de Itabirito hematítico e magnetítico indiferenciados, datados do Paleoproterozoico, período Sideriano. A paisagem geológica é marcada por solos enriquecidos por processos erosivos e atividades humanas de extração mineral, que modificaram o relevo original. Esses vestígios tecnogênicos, somados à diversidade de solos presentes, representam uma interface entre o passado geológico e a intervenção humana, com implicações significativas para a compreensão da dinâmica do ciclo do ouro na região (Figura 23). Este setor é de grande importância para os estudos de geodiversidade, pois combina elementos naturais e históricos, refletindo a evolução geológica e os impactos antrópicos no território.

Figura 23 - Algumas características do SG Tecnogênico do Ciclo do Ouro em Itabirito e Diversidade de Solos



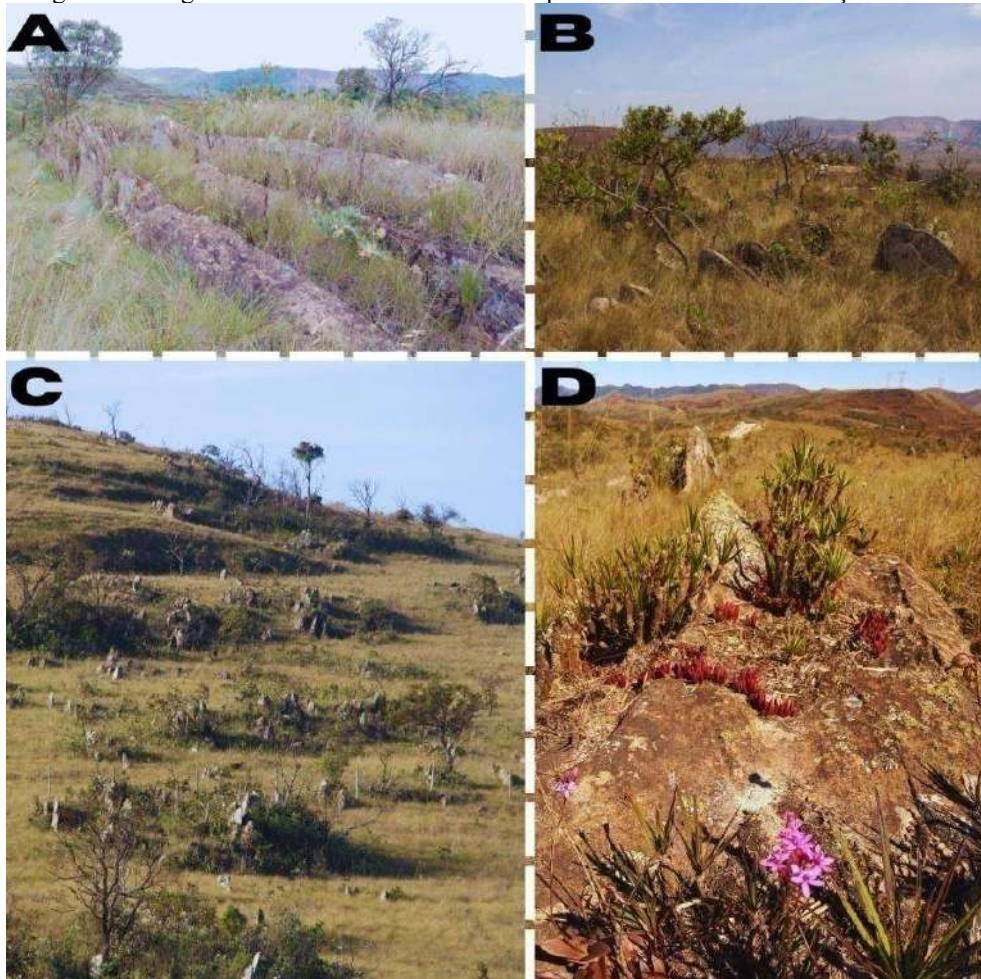
A) Valas escavadas evidenciando terreno tecnogênico. B) Características de relevo antropogênicos. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso das Escarpas Testemunhais da formação Moeda:**

Localizado em uma das cristas mais expressivas da Serra da Serrinha, na porção sudeste do Pico de Itabirito, o Setor Geodiverso das Escarpas Testemunhais da formação Moeda compreende uma área de aproximadamente 35 hectares e abriga 14 elementos geodiversos. Inserido no contexto geológico do Grupo Caraça, Formação Moeda, pertencente ao Supergrupo Minas, este setor é caracterizado por rochas de idade Paleoproterozoica (Período Sideriano), com predominância de filitos multicoloridos arenosos intercalados por quartzitos muscovíticos e xistos. Essas características configuram um cenário de significativa complexidade estrutural e morfológica, marcado por escarpas abruptas, cristas quartzo-xistosas, formas erosivas diferenciais e feições testemunhais que documentam processos exógenos e endógenos ao longo de centenas de milhões de anos. A configuração topográfica acidentada, associada à resistência diferencial dos litotipos presentes, proporciona condições

ideais para o desenvolvimento de feições geomorfológicas relevantes para estudos da evolução do relevo, dinâmica tectônica e paleoambientes sedimentares (Figura 24). Tais atributos conferem ao setor alto valor geocientífico, especialmente para as subáreas da geomorfologia estrutural, estratigrafia e análise paleoambiental. Além disso, os afloramentos expostos e acessíveis oferecem excelente potencial para fins educativos e interpretativos, contribuindo para a compreensão dos processos formadores do Quadrilátero Ferrífero e reforçando a importância da valoração e conservação da geodiversidade nesse território.

Figura 24 - Algumas características do SG Escarpas Testemunhais da formação Moeda:



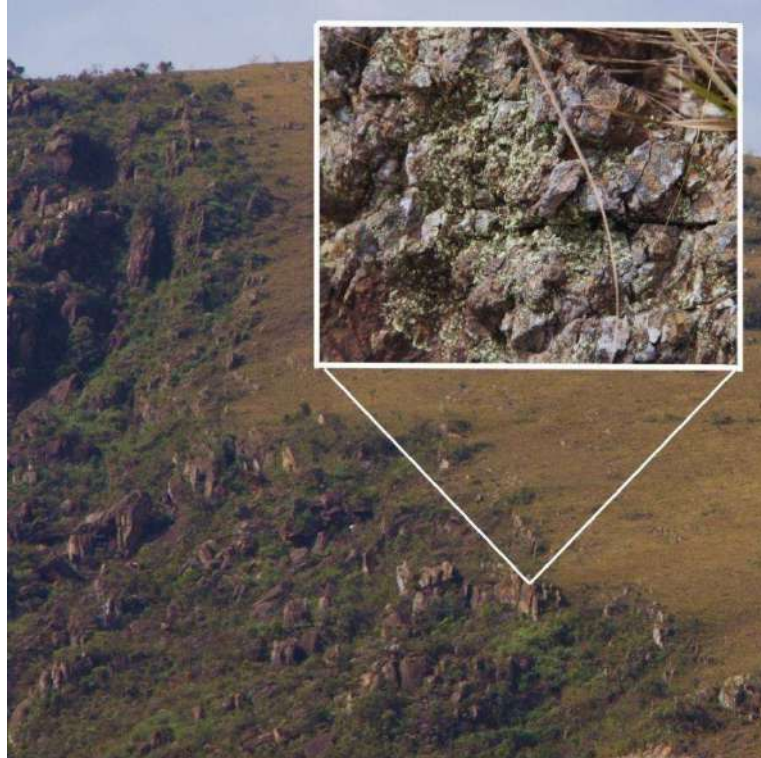
(A) Estruturas quartzíticas em forma de lâminas paralelas dispostas em campo de altitude, ressaltando feições estruturais características da Formação Moeda. (B) Interação entre afloramentos quartzíticos isolados e vegetação nativa, com presença de arbustos e arvoretas adaptadas ao ambiente pedregoso. (C) Agrupamento sequencial de afloramentos com notável adensamento vegetacional, evidenciando o papel das rochas como suporte ecológico. (D) Rocha quartzítica exposta com presença de espécies endêmicas e raras, como orquídeas, bromélias e velózias, demonstrando o valor ecológico desses "habitats rupestres". Fonte: O Autor, 2025.

#### **Setor Geodiverso das Lâminas Estratificadas da formação Moeda:**

Com uma área de aproximadamente 1,93 hectares, este Setor Geodiverso, com dois elementos geodiversos, está situado na borda oeste da Serra do Pico de Itabirito, em uma

das porções mais singulares do domínio morfoestrutural do Quadrilátero Ferrífero. A região é caracterizada por uma sequência notável de escarpas em forma de “lâminas” quartzíticas, que se dispõem de maneira paralela e contínua ao longo da crista montanhosa, formando uma estrutura rítmica marcante na paisagem. Geologicamente, o setor está inserido no Grupo Caraça, Formação Moeda, do Supergrupo Minas, com rochas de idade Paleoproterozoica (Período Sideriano). Os quartzitos expostos são predominantemente cinza-claros a pardo-avermelhados, com granulação média a muito grossa e expressiva estratificação cruzada. Estas características são indicativas de paleoambientes deposicionais fluviais de alta energia, associados a sistemas deltaicos ou canais tracionais, e representam importantes testemunhos da evolução sedimentar e tectônica da margem do Cráton do São Francisco. A disposição estrutural e morfologia das escarpas conferem ao setor alto valor científico, especialmente no que tange a estudos de geodinâmica externa, evolução do relevo e deformações frágeis associadas ao soergimento regional. Além disso, a visibilidade e conservação das feições tornam este setor um potencial geoponto para fins didáticos, turísticos e de geointerpretação. Sua inclusão no inventário valoriza a multiplicidade de expressões geomorfológicas associadas à Formação Moeda e reforça a relevância da preservação de microambientes de alta geodiversidade (Figura 25).

Figura 25 - Algumas características do SG Lâminas Estratificadas da formação Moeda:



Vista geral de trecho da encosta da Serra das Serrinhas, evidenciando morro em mergulho suave com borda repleta de estruturas rochosas quartzíticas aflorantes, parcialmente envoltas por arbustos e vegetação leve

montana. Observa-se o adensamento florestal característico das transições entre campo rupestre e fragmentos de Cerrado stricto-sensu. No detalhe (ampliação), destaca-se a textura de rocha quartzítica fortemente cimentada, associada as colinas pedregosas do Grupo Caraça, Formação Moeda. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Campos Ferruginosos Panorâmicos da Serra do Pico de Itabirito:**

Com área de 1,46 hectares, o Setor Geodiverso dos Campos Ferruginosos Panorâmicos da Formação Batatal configura-se como um dos ambientes mais representativos dos campos rupestres ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero. Localizado em local de canga granular na Serra das Serrinhas, esse setor abriga cinco elementos geodiversos que compõem uma paisagem marcada pela presença de canga ferruginosa do tipo BIF (Formações Ferríferas Bandadas), filitos cinza-escuros e quartzito-xistos muscovíticos do Grupo Caraça, Formação Batatal (Era Paleoproterozoica, Período Sideriano). A relevância científica da área está ancorada não apenas na presença de litotipos indicadores de condições paleoambientais ferruginosas e tectonizadas, mas também na função geocológica desempenhada por este ambiente como zona de recarga hídrica. A porosidade e estrutura da canga ferruginosa permitem infiltração e armazenamento de água em microfraturas e cavidades, contribuindo diretamente com a manutenção dos fluxos hidrológicos da região e garantindo serviços ecossistêmicos essenciais, especialmente os de regulação e suporte. Neste sentido, o setor sustenta uma flora altamente especializada e endêmica, composta por espécies relictuais como as *Vellozias* (canelas-de-ema), orquídeas rupestres, bromélias e uma floresta de gramíneas nativas adaptadas a solos metalíferos ácidos (Figura 26). A fauna também revela o valor ecológico do local, com a ocorrência indireta (vestígios) de espécies do cerrado ameaçadas de extinção, como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) e o tapeti (*Sylvilagus brasiliensis*), sinalizando a importância da conectividade ecológica com os corredores das áreas protegidas adjacentes. Por fim, a posição elevada do setor proporciona um verdadeiro observatório geográfico e geocultural, com vista panorâmica para elementos paisagísticos icônicos do Quadrilátero Ferrífero, como o Pico do Itacolomi, a Serra do Caraça, a Serra da Moeda e o Pico de Itabirito. Essa característica amplia o potencial de uso público orientado para educação ambiental, geoturismo e ciência cidadã, fortalecendo a proposta de uma geoconservação integrada ao planejamento territorial sustentável.

Figura 26 - Algumas características do SG Campos Ferruginosos Panorâmicos da Serra do Pico de Itabirito.



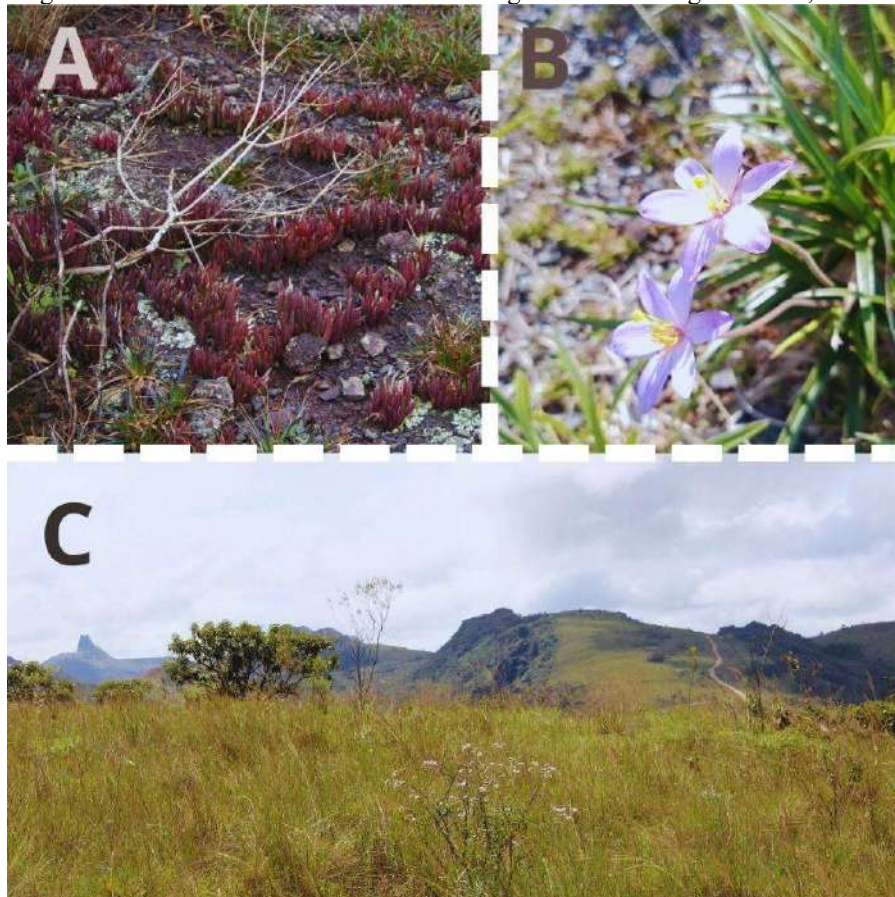
(A) Solo derivado de canga laterítica granular sobre Formação Ferrífera Bandada, evidenciando a cobertura ferruginosa superficial típica de topos de morros da Serra de Itabirito (MG). (B) Espécie vegetal endêmica dos campos rupestres, com ocorrência registrada tanto em substratos ferruginosos quanto quartzíticos, destacando-se em ambiente litólico ferruginoso, o que reforça a importância ecológica das geoformas como refúgios de biodiversidade especializada. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso das Altitudes Ferruginosas de Recarga do Cauê, Morro dos Aredez:**

Com área de 21,5 hectares, o Setor Geodiverso das Altitudes Ferruginosas de Recarga Cauê representa um dos ambientes mais completos e integrados do ponto de vista funcional da geodiversidade da Estação Ecológica Estadual de Arêdes. Situado na porção mais elevada da Serra das Serrinhas, este setor abriga 14 elementos geodiversos mapeados, ao mesmo tempo em que expressa, de maneira singular, todos os cinco serviços associados à valoração da geodiversidade segundo a tipologia de Gray (2013): conhecimento, suporte, provisão, regulação e cultura. Geologicamente inserido na Formação Cauê (Grupo Itabira, Supergrupo Minas – Paleoproterozóico, Período Sideriano), o setor é caracterizado por afloramentos de itabiritos hematíticos e magnetíticos, litotipos que possuem alta relevância científica e ambiental por integrarem a unidade aquífera Cauê, responsável pela recarga hídrica de cursos d'água de cabeceira da bacia do Rio das Velhas, com destaque para a sub-bacia do córrego do Bação. Este último possui captação hídrica destinada ao abastecimento da região do Bação e de parcelas significativas da população urbana e rural do município de

Itabirito. Além do papel hidrogeológico estratégico, o setor se destaca pela manutenção de uma cobertura vegetal campestre e arbustiva adaptada aos solos metalíferos, o que favorece a proteção do solo e a regulação climática local. Do ponto de vista geomorfológico, a paisagem apresenta lateritas ferruginosas em relevo suavemente ondulado, que confere a este setor o posto de ponto culminante da EEEA, no que tangem os serviços ecossistêmicos associados aos bens e serviços da geodiversidade (Figura 27). O local é um verdadeiro mirante natural, de onde se avista o contínuo de serras do QFA, incluindo o Pico de Itabirito, Serra da Moeda e Itacolomi. A raridade dessa configuração, um ambiente ferruginoso elevado em uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, destaca o seu valor ecológico, científico e educacional, reforçando a necessidade de sua conservação e inclusão em estratégias de geoconservação e uso público orientado, com potencial para atividades de educação ambiental, turismo científico e monitoramento da qualidade hídrica.

Figura 27 - Algumas características do SG Altitudes Ferruginosas de Recarga do Cauê, Morro dos Aredez.

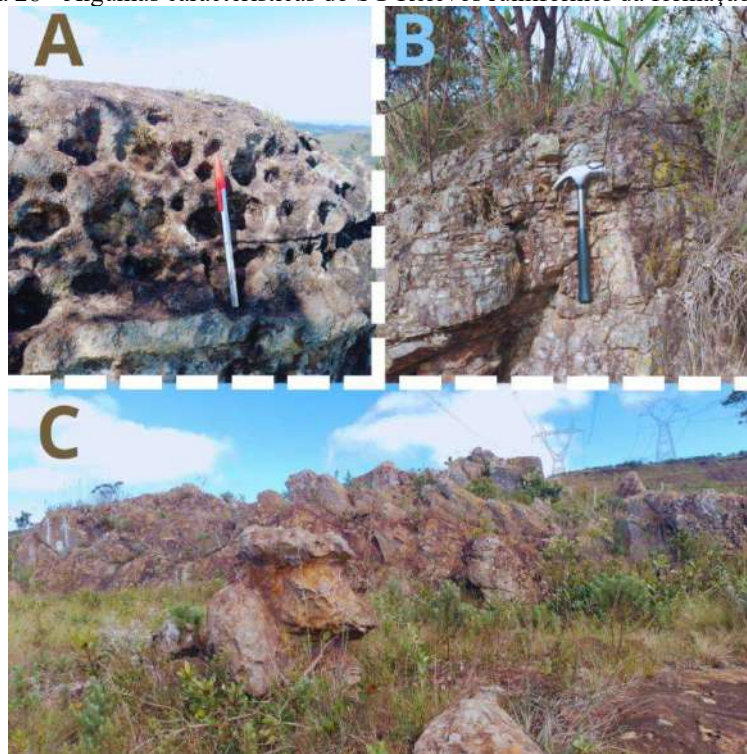


(A) Paisagem típica de campo rupestre sobre substrato ferruginoso, marcada pela alta diversidade botânica adaptada a ambientes litólicos. (B) Detalhe de orquídea nativa em flor, evidenciando a interação singular entre geodiversidade e biodiversidade em ambientes de canga. (C) Vista panorâmica a partir do mirante natural do Morro dos Arêdes, com destaque para o Pico de Itabirito e a Serra das Serrinhas. A área atua como relevante divisor de águas e zona de recarga hídrica, reforçando sua importância ecológica no contexto do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: O Autor, 2025.

**Setor Geodiverso dos relevos ruiformes da formação Moeda:**

Com 0,60 hectares e três elementos geodiversos catalogados, este Setor Geodiverso representa uma feição de notável valor científico e de suporte ecossistêmico na região da Serra das Serrinhas. Geologicamente inserido na Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas – Paleoproterozóico, Período Sideriano), esta área é caracterizada por afloramentos de quartzito cinza-claro a pardo-avermelhado, com granulação média a muito grossa e marcantes estruturas de intemperismo. Estas feições estruturais são de especial interesse para as geociências, pois representam testemunhos sedimentares paleogeográficos e indicadores de correntes e dinâmicas deposicionais que ocorreram em ambientes fluviais de alta energia no contexto do Proterozoico inferior (Figura 28). O setor abriga três elementos geodiversos inventariados, todos associados a atributos de suporte à biodiversidade e ao conhecimento científico. Os afloramentos rochosos, alinhados em disposição subparalela, conferem ao relevo uma morfologia de forte contraste altimétrico e visual, funcionando como refúgio para espécies de flora e fauna adaptadas a ambientes litólicos expostos. Apesar de sua pequena extensão, este setor revela a importância de microambientes geodiversos na compreensão da história geológica regional e no fornecimento de substrato para a manutenção de processos ecológicos.

Figura 28 - Algumas características do SG Relevos ruiformes da formação Moeda

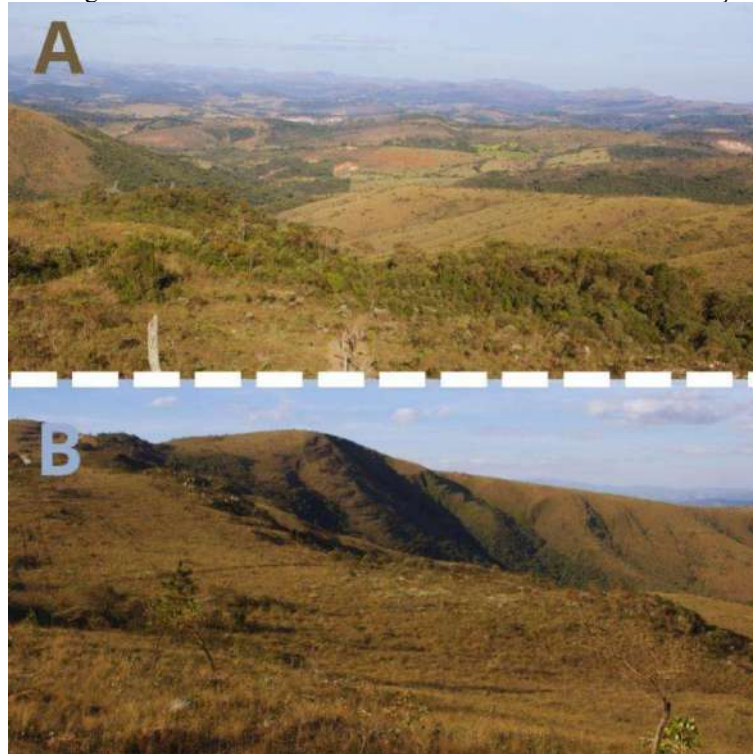


A) Detalhe de superfície quartzítica com feições semicirculares resultantes de processos intempéricos físicos e químicos, com caneta para escala. B) Afloramento com *fraturas*, evidenciadas na superfície rochosa, com martelo para escala. C) Paisagem com afloramentos quartzíticos formando relevo *ruiniforme*, caracterizado por formas rugosas e estruturas dispostas de forma descontínua na encosta, associadas a processos de erosão diferencial. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Ambientes Ecótonos da Formação Moeda:**

Com 3,61 hectares e seis elementos geodiversos catalogados, o Setor Geodiverso dos Interflúvios Ecótonos da Formação Moeda apresenta notável relevância científica e educacional. Situado em contexto de campo rupestre quartzítico, o setor abriga mosaicos vegetacionais que variam de fragmentos densos de cerrado rupestre a vales encaixados com fisionomia de floresta estacional semidecidual, evidenciando uma forte interação entre litologia, relevo e vegetação (Figura 29). Esse padrão paisagístico revela-se como um espaço privilegiado para investigações interdisciplinares sobre geoecologia, Ecótonos altimetrizados e respostas fitofisionômicas às condições edáficas e microclimáticas impostas por rochas resistentes ao intemperismo químico. A área encontra-se inserida na Formação Moeda, pertencente ao Grupo Caraça (Supergrupo Minas, Paleoproterozóico, Período Sideriano), com litologias representadas por filitos multicoloridos arenosos e intercalações de quartzo-muscovita xisto. Esses materiais condicionam o desenvolvimento de solos rasos e pedregosos, que favorecem a presença de espécies endêmicas e adaptadas a ambientes litólicos, frequentemente observadas nos campos rupestres ferruginosos. A presença de vales encaixados e linhas de drenagem efêmeras amplia o potencial didático do setor, que pode ser explorado em atividades de educação ambiental, estudos de geomorfologia fluvial, ecologia de paisagens e planejamento da conservação em ecossistemas de alta heterogeneidade topográfica e geológica.

Figura 29 - Algumas características do SG Ambientes Ecótonos da Formação Moeda



A) Vista panorâmica de paisagem evidenciando a transição entre formações campestres típicas do Cerrado e vegetação florestal densa associada à Mata Atlântica, caracterizando um ecótono com elevado potencial para estudos ecológicos e de biodiversidade. B) Ambiente de campo rupestre sobre substrato quartzítico, com vegetação adaptada às condições edáficas restritivas. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Campos Rupestres Quartzíticos:**

Com uma área de 1,25 hectares, com elementos geodiversos pontuados, o Setor Geodiverso dos Campos Rupestres quartzíticos representa um enclave litológico e geomorfológico singular no contexto da Serra das Serrinhas, abrigando campo rupestre bem preservados da porção sul do Quadrilátero Ferrífero. Inserido na Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas, Paleoproterozóico – Período Sideriano), o setor é caracterizado por afloramentos de quartzito cinza-claro a pardo-avermelhado-claro, com granulação média a muito grossa e marcas, evidenciando fluxos fluviais antigos e dinâmicas sedimentares de ambientes de alta energia (Figura 30). As condições edáficas restritivas, impostas pelos solos rasos e litólicos derivados dessa litologia resistente ao intemperismo, propiciam o desenvolvimento de fitofisionomias típicas dos campos rupestres, com elevada taxa de endemismo e presença de espécies adaptadas à alta insolação, déficit hídrico e baixa fertilidade do substrato. A configuração topográfica em cristas elevadas contribui para o entendimento da evolução geomorfológica da Serra do Pico de Itabirito. Esse ambiente, além de seu valor intrínseco para a ciência, constitui um excelente espaço para educação

geocientífica, práticas de campo em geodiversidade e ações de geoconservação voltadas à integração entre paisagem, biodiversidade e patrimônio geológico.

Figura 30 - Algumas características do SG Campos Rupestres Quartzíticos



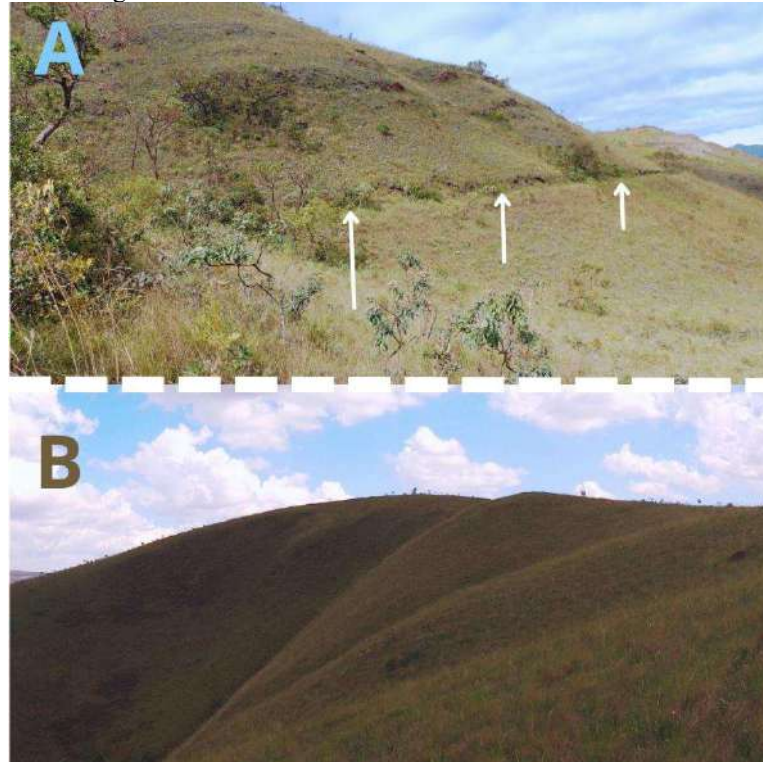
A) Rocha quartzítica metamórfica, aflorando em ambiente de campo rupestre, com martelo como escala. B) Afloramentos rochosos quartzíticos em área com vegetação gramíneo-lenhosa densa, típica de fitofisionomia savânica do Cerrado, evidenciando a influência da geologia na estrutura da paisagem vegetal. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Canais Históricos do Alto Gandarela:**

Com 16,7 hectares e oito elementos geodiversos identificados, este setor representa uma paisagem de notável complexidade geológica, hidrogeológica e arqueológica. Localizado em área de relevo acidentado, com altitudes que variam entre 1.294 e 1.239 metros ao longo de apenas 703 metros de extensão, o setor integra-se às litologias da Formação Gandarela (Grupo Itabira, Supergrupo Minas, Paleoproterozoico – Período Sideriano). Predominam itabiritos dolomíticos e filitos argilosos, formando um terreno de elevada rugosidade topográfica e significativa dinâmica erosiva e hídrica. A presença de canga ferruginosa couraçada atua como zona estratégica de recarga hídrica, contribuindo

diretamente para a manutenção de nascentes e drenagens da sub-bacia do rio Itabirito, com reflexos sobre a segurança hídrica local. Este setor também abriga valiosos testemunhos do Ciclo do Ouro, como antigos canais hidráulicos esculpidos para condução de água e lavagem de sedimentos auríferos, revelando a íntima relação histórica entre sociedade e geodiversidade. Essa confluência entre elementos naturais e culturais reforça o valor científico e educativo do setor, que se apresenta como espaço privilegiado para estudos interdisciplinares em arqueologia, geomorfologia, hidrogeologia e conservação ambiental, sendo fundamental para estratégias de geoconservação e valorização patrimonial no contexto da Estação Ecológica Estadual de Arêdes e do Quadrilátero Ferrífero (Figura 31).

Figura 31 - Algumas características do SG Canais Históricos do Alto Gandarela.



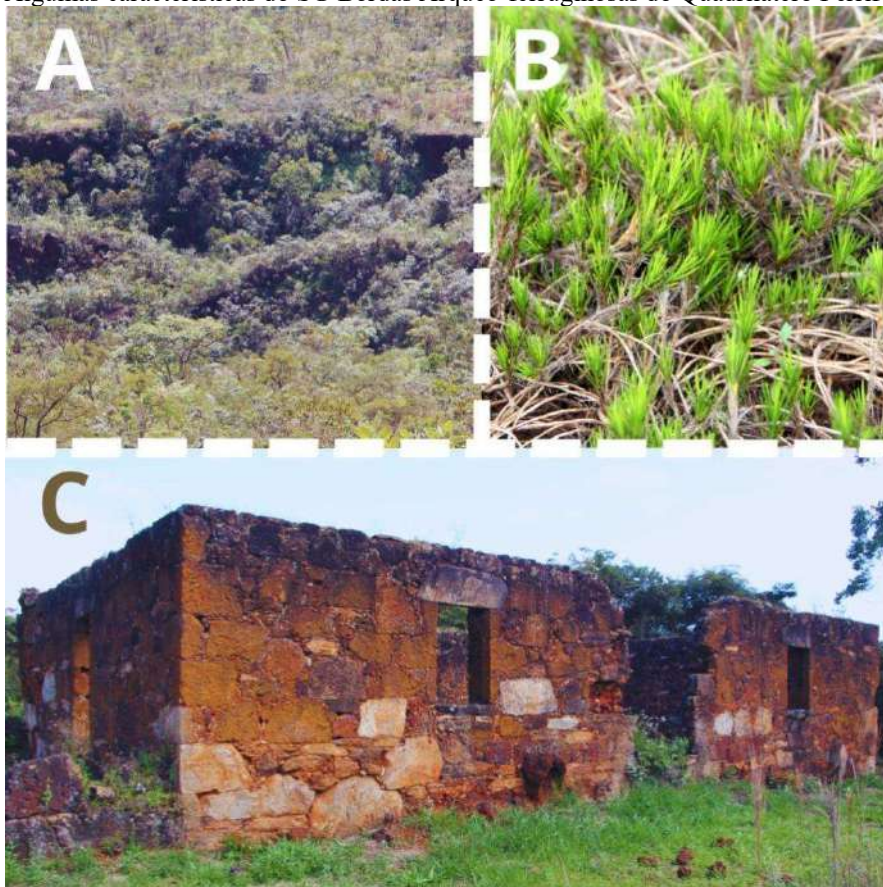
A) Canal tecnogênico escavado durante o ciclo do ouro, associada ao complexo arqueológico de Arêdes evidenciado em encosta íngreme, revelando modificações antrópicas históricas sobre substrato ferruginoso. B) Vista do topo de morro com campo rupestre ferruginoso, destacando formas onduladas e a acentuada inclinação do relevo, características do modelado estrutural típico das serras do Quadrilátero Ferrífero Aquífero. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso das Bordas Arqueo-ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero Aquífero:**

Com 62,4 hectares e dez elementos geodiversos registrados, este setor revela uma combinação notável de atributos naturais e culturais, articulando paisagens de campo rupestre ferruginoso, vestígios arqueológicos do ciclo do ouro e geofomas associadas à Formação Gandarela (Grupo Itabira, Supergrupo Minas, Paleoproterozoico – Sideriano). A geologia

local, composta por itabiritos dolomíticos e filitos argilosos, dá origem a feições relevantes para estudos sedimentológicos, tectono-estruturais e hidrogeológicos, especialmente em áreas de canga couraçada e granular. Dentre os elementos de destaque, encontra-se uma ruína arqueológica com estrutura espessa de blocos de canga ferruginosa e canjicado de quartzo, evidência rara da ocupação minerária setecentista. Um curso d'água preserva muros de arrimo do período do garimpo de aluvião e um lago com morfologia antropogênica reforça a historicidade do uso hídrico local. As bordas do setor expõem seções de canga de alto valor científico e ecológico, ideais para pesquisas sobre ambientes ferruginosos e seus processos pedogeomorfológicos. Importante destacar que a presença de estrada municipal em bom estado de conservação facilita o acesso ao setor, o que potencializa sua vocação para atividades de educação patrimonial, ecoturismo e turismo científico. Tal acessibilidade também favorece a implementação de ações de geoconservação e uso público compatível, integrando o setor ao esforço regional de valorização das paisagens geocológicas do Quadrilátero Ferrífero (Figura 32).

Figura 32 - Algumas características do SG Bordas Arqueo-ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero Aquífero



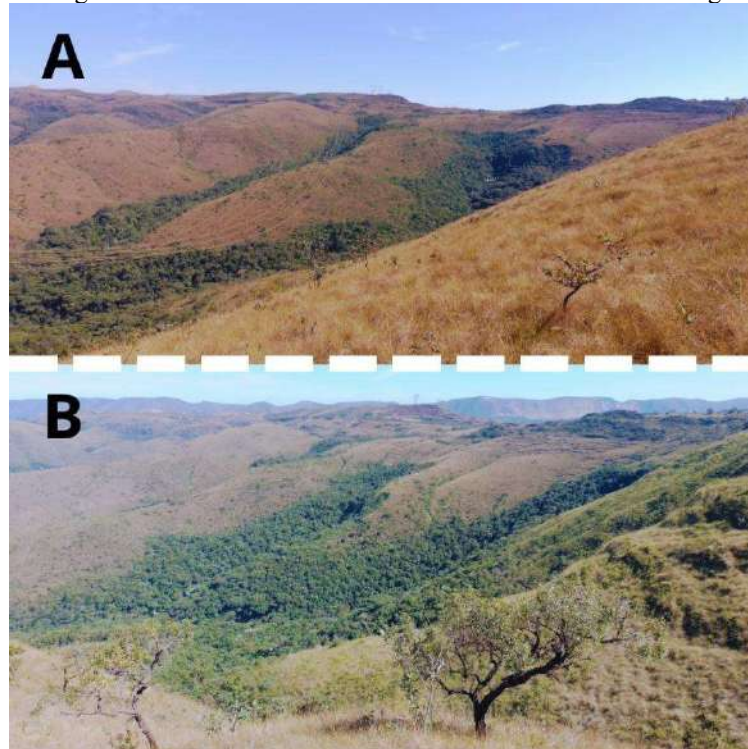
A) Vista panorâmica da borda de canga couraçada em formação ferrífera bandada, com destaque para adensamento florestal secundário e vestígios erosivos de antigas escavações auríferas do período colonial. B) Cobertura vegetal composta por espécie rupícola endêmica de pequeno porte pertencente à família Velloziaceae,

típica de ambientes ferruginosos de alta restrição edáfica. C) Edificação histórica do Conjunto Arquitetônico 3do Complexo Arqueológico de Arêdes, com destaque para a robustez vernacular da construção, erguida com grandes blocos de canga ferruginosa e acabamento em quartzo, em excelente estado de conservação. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Vales Hidroflorestais do Córrego do Bação:**

Com uma área expressiva de 137 hectares e dezoito elementos geodiversos catalogados, este setor está localizado nas bordas onduladas da Serra das Serrinhas, integrando amplos vales cobertos por Floresta Estacional Semidecidual (FESD), cursos d'água perenes e nascentes efêmeras. A geologia da região pertence ao Grupo Nova Lima, Supergrupo Rio das Velhas (Neoarqueano), com predomínio de quartzo-mica-clorita xisto, clorita xisto, biotita-mica xisto feldspático e ocorrências localizadas de formação ferrífera, compondo um arcabouço litoestrutural de alta complexidade. (Figura 33). A configuração geomorfológica evidencia morros suavemente ondulados que alternam com fundos de vale encaixados, favorecendo o escoamento superficial e o surgimento de nascentes intermitentes e permanentes, elementos essenciais à recarga hídrica e à manutenção dos fluxos ecossistêmicos. Os cursos d'água que nascem neste setor abastecem sub-bacias hidrográficas locais, sendo vitais para o equilíbrio hidrológico da região, além de sustentarem fragmentos florestais com alto grau de conservação, importantes para a conectividade ecológica da Estação Ecológica de Arêdes. O conjunto de feições naturais observadas neste setor revela grande potencial para pesquisas em hidrogeologia, geomorfologia fluvial, botânica e ecologia de ecótonos, além de oferecer atributos relevantes para ações de educação ambiental e desenvolvimento de trilhas interpretativas. A presença de formações ferruginosas e de estruturas xistosas diversificadas agrega também valor científico ao setor, contribuindo para sua qualificação como área prioritária em estratégias de geoconservação no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero.

Figura 33 - Algumas características do SG Vales Hidroflorestais do Córrego do Bação



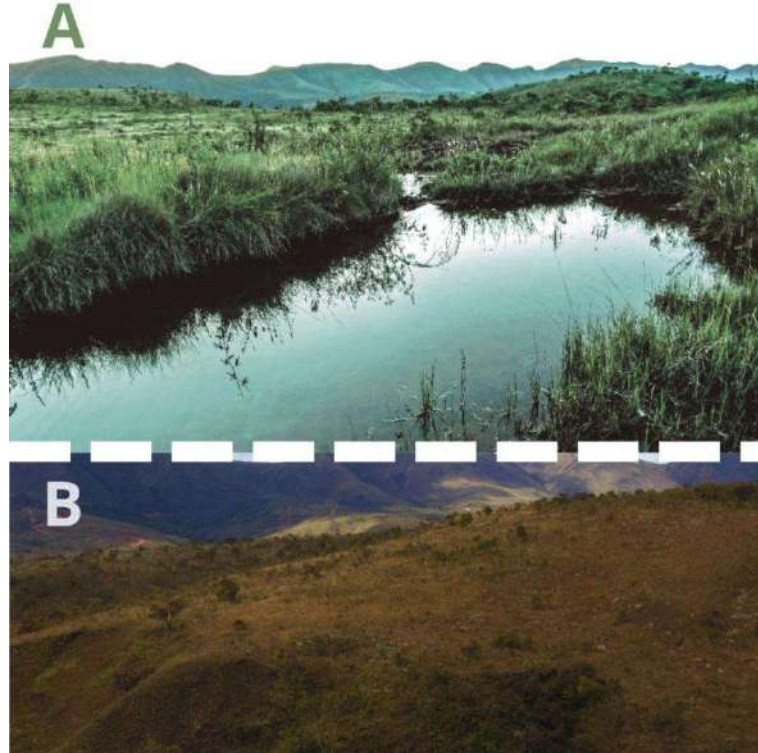
A) Florestas de Mata Atlântica encaixadas nas encostas campestres da Serra das Serrinhas, formando mosaicos vegetacionais entre campos de altitude e matas úmidas. B) Ambiente florestal com alta densidade de nascentes de cabeceira, localizadas na bacia hidrográfica do Córrego do Bação, ressaltando a importância ecológica das áreas de recarga hídrica associadas as formas de relevo. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Cursos d'água intermitentes Ferruginosos do Fecho do Funil:**

Com 15,4 hectares e três elementos geodiversos identificados, este setor geodiverso representa um ambiente típico de cerrado associado a solos litoferruginosos e cursos d'água intermitentes. Localizado em área sob influência da Formação Fecho do Funil, pertencente ao Grupo Piracicaba (Supergrupo Minas, Era Paleoproterozoica – Período Sideriano), sua geologia é caracterizada por filitos dolomíticos e argilosos multicoloridos, além de mármore dolomítico castanho-avermelhados de granulação variada. As condições edáficas, aliadas à topografia suavemente ondulada, favorecem o desenvolvimento de vegetação campestre adaptada a substratos metálicos e pobre em nutrientes, reforçando o valor científico do local para estudos em geocologia, pedologia e geomorfologia ambiental. A presença de um curso d'água intermitente reforça o papel do setor como laboratório natural para compreensão das interações entre hidrologia, solo e relevo, sendo também relevante para abordagens didáticas no ensino das geociências (Figura 34). Em conjunto, esses atributos conferem ao setor relevância para a conservação da geodiversidade e seu aproveitamento em atividades de educação ambiental, pesquisa aplicada e geoturismo interpretativo,

especialmente no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero, onde os contrastes litológicos e geomorfológicos produzem paisagens altamente significativas.

Figura 34 - Algumas características do SG Cursos d'água intermitentes Ferruginosos do Fecho do Funil



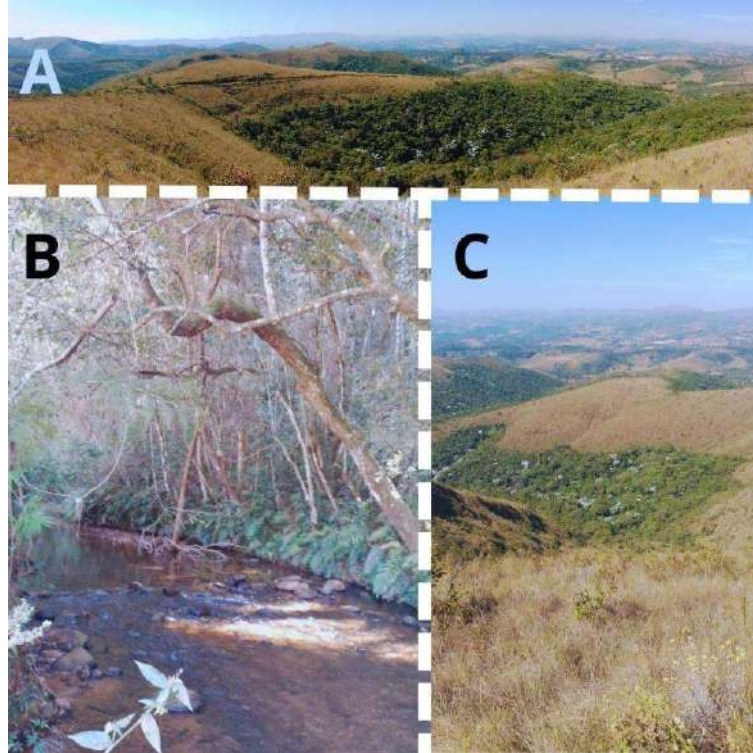
A) Curso d'água intermitente. B) Vista panorâmica da tipologia vegetal típica de cerrado. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Vales Arqueo-Hídricos de Cabeceira da Unidade Catarina Mendes:**

Com uma área de 18,4 hectares e sete elementos geodiversos identificados, este setor se localiza na porção sudeste da Estação Ecológica Estadual de Arêdes, em região de transição com o distrito rural do Córrego do Bação, contando com estrada de acesso que favorece a visita monitorada e a realização de pesquisas. A geologia da área está inserida no contexto do Supergrupo Rio das Velhas, mais especificamente na Unidade Catarina Mendes do Grupo Nova Lima, cuja litologia predominante é composta por xistos com granada e estauroлита formados em auréola de metamorfismo de contato — evidência de significativos processos geotectônicos do Neoarqueano. Este setor abriga cabeceiras do Córrego do Bação, componente hidrográfico relevante da sub-bacia do Rio das Velhas, e apresenta vales encaixados recobertos por fisionomias de Floresta Estacional Semidecidual (FESD), os quais exercem função estratégica na regulação hídrica, retenção de solo e conservação da biodiversidade (Figura 35). Além dos atributos naturais, destacam-se vestígios arqueológicos associados ao ciclo do ouro, como muros de arrimo, escoras em pedra e montes

artificiais de cascalho, característicos da técnica de extração de ouro de aluvião praticada entre os séculos XVIII e XIX. A combinação entre os elementos geológicos, ecológicos e culturais qualifica este setor como uma paisagem geocultural singular, essencial para fins de geoconservação, educação patrimonial e aprofundamento de estudos sobre as interações entre processos naturais e usos históricos do território no Quadrilátero Ferrífero.

Figura 35 - Algumas características do SG Vales Arqueo-Hídricos de Cabeceira da Unidade Catarina Mendes

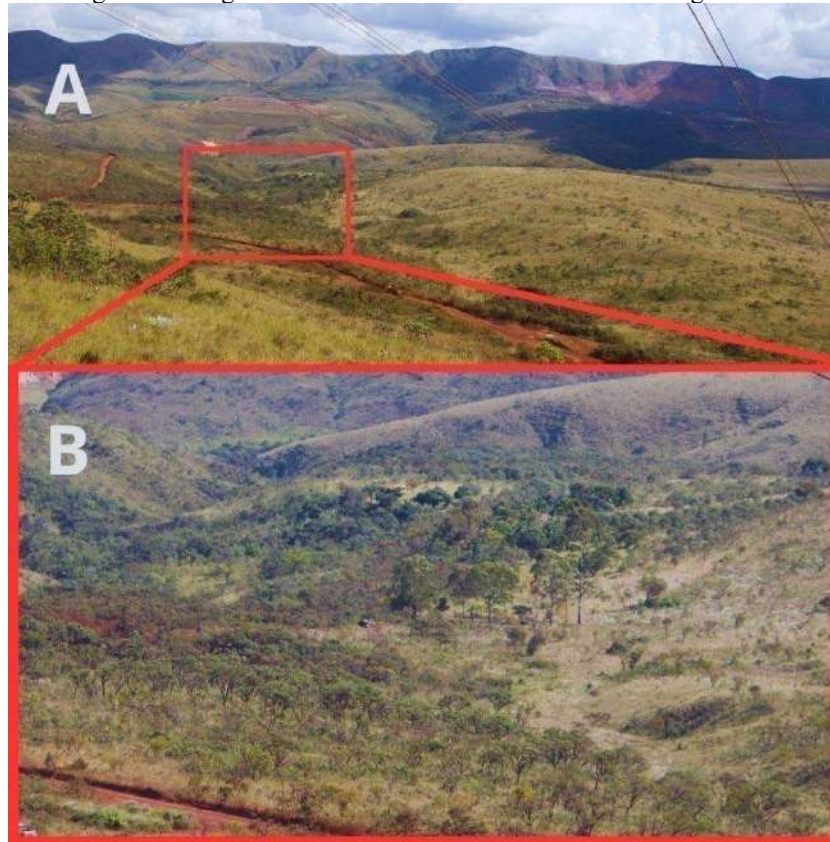


A) Trecho de floresta de Mata Atlântica localizado em áreas a montante do Córrego do Bação, com vegetação densa e significativa importância na proteção dos recursos hídricos. B) Curso d'água perene correspondente à cabeceira do Córrego do Bação, evidenciando a qualidade e a constância hídrica do sistema. C) Relevo fortemente inclinado com vale florestal encaixado, marcando a transição entre formações campestres e florestais (ecótono), moldado pelas feições do relevo serrano. Fonte: O Autor, 2025.

### **Setor Geodiverso dos Ecótonos Ferruginosos:**

Com hectares e dois elementos geodiversos, este setor está localizado em área de transição ecológica e geológica, este setor geodiverso, embora de extensão reduzida, apresenta notável sobreposição de ambientes: formações litológicas ferruginosas expostas, fitofisionomia savânica típica do Cerrado e fragmentos florestais associados ao domínio da Mata Atlântica. Essa confluência de biomas e substratos geológicos torna o local um ponto estratégico para estudos sobre ecótonos e biodiversidade associada à geodiversidade. A facilidade de acesso ao setor amplia seu potencial para ações de pesquisa científica, educação ambiental e planejamento de medidas voltadas à geoconservação (Figura 36).

Figura 36 - Algumas características do SG Ecótonos Ferruginosos.

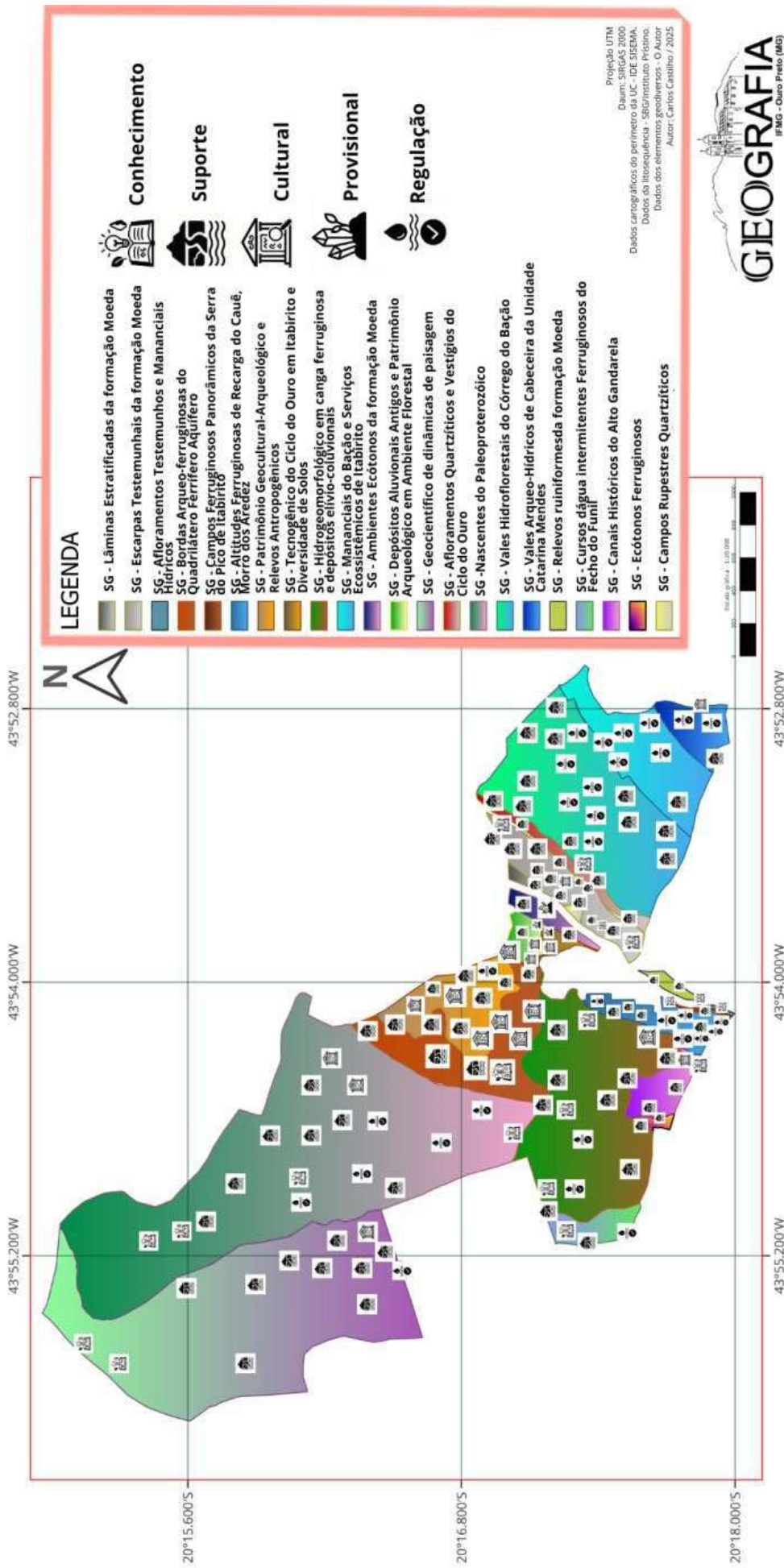


A) Vista panorâmica do vetor sul da UC, evidenciando, à direita, o predomínio do campo savânico gramíneo-lenhoso típico do Cerrado, e, ao centro, o adensamento vegetacional com formação florestal. A imagem destaca, por meio de um enquadramento ampliado (zoom), a área de transição entre os dois sistemas vegetacionais. B) Detalhe da transição ecológica entre formações florestais e campestres, caracterizando um ecótono dinâmico e biodiverso, fundamental para os fluxos ecológicos da paisagem serrana. Fonte: O Autor, 2025.

Com as informações coletadas após o diagnóstico de cada setor, foi confeccionado mapa temático da geodiversidade da EEEA de acordo com seus bens e serviços associados ao valor intrínseco de cada elemento geodiverso mapeado (Figura 37). O mapa contempla a divisão do território da Unidade de Conservação em 22 setores geodiversos, totalizando 160 elementos geodiversos mapeados e classificados, os quais são representados pelo ícone de sua principal categoria. Cada setor apresenta um conjunto específico de feições, processos e materiais, refletindo a expressiva variedade da geodiversidade local, apresentando um recorte do complexo arcabouço geológico-estrutural do Quadrilátero Ferrífero Aquífero. A representação cartográfica permite visualizar a distribuição espacial dos elementos, destacando relações entre geoformas, litologias, solos, recursos hídricos e evidências tecnogênicas e arqueológicas. Através da delimitação setorial, o mapa oferece suporte à compreensão integrada dos testemunhos da geodiversidade e seus valores potenciais.

Figura 37 - Mapa Temático: Diagnóstico da Geodiversidade na EEEA

# Valoração da Geodiversidade da EEEA
















Fonte: O Autor.

#### ***4.1.2 Tabelas de inventário da Geodiversidade na EEEA***

Com base nos dados coletados e analisados, foi realizado o inventário da geodiversidade registrada na EEEA. Seguem as tabelas de geodiversidade de cada Setor Geodiverso da EEEA, elaboradas para sintetizar a expressiva variedade de elementos naturais e culturais presentes na área. A análise revelou uma significativa diversidade de bens e serviços ecossistêmicos, com destaque para a provisão hídrica garantida por importantes mananciais que contribuem diretamente para o abastecimento do município de Itabirito e de seus distritos rurais. Além dos aspectos hidrológicos, o território resguarda um robusto acervo geocultural e histórico-cultural, evidenciado pela presença de feições geomorfológicas, afloramentos rochosos, e estruturas antigas ligadas à história do ciclo do ouro em Minas Gerais. Esses atributos reforçam o valor do patrimônio natural e cultural da região.








Tabela 1 - Setor Geodiverso Geocientífico de Dinâmicas de Paisagem









Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Feição geomorfológica Marca de enrugamento	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat. - 20.253518645002423 Long. - 43.92265106544833
	Feição geomorfológica tipo dobra	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat. - 20.252511066244892 Long. - 43.92307664484694
	Feição erosiva em contato litólico	1	0.63	0.5	0.5	0.5	Lat. - 20.27176773956839, Long. - 43.918522115673355
	Feição geomorfológica tipo dobra	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat. - 20.263800919538127 Long. - 43.92803523142997
	Nascente de cabeceira	1	0.63	1	1	1	Lat. - 20.269257589911394 Long. - 43.918718012969556
	Feição geomorfológica Marca de enrugamento	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat. 20.270442 Long. -49220411,
	Feição geomorfológica tipo dobra	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat. - 20.27012267296627 Long. - 43.9206272471689




	Feição erosiva em contato litólico	1	0.63	0.5	0.5	0.5	0.5	Lat. -20.270909629306782 Long. -43.918439646543575
	Feição geomorfológica tipo dobra	1	0.63	1	0.63	0.5	0.5	Lat. -20.2718367451099, Long. -43.92029928043034
	Área de dinâmica antropogeomorfológica e recuperação de ambiente lítico ferruginoso	1	1	0.63	0.5	0.5	0.5	Lat.-20.25746798830482, Long.-43.92707168483777
	Feição geomorfológica Marca de enrugamento	1	0.63	1	0.63	0.5	0.5	Lat. -20.268059855803003 Long.-43.92043111549095
	Feição geomorfológica tipo dobra	1	0.63	1	0.63	0.5	0.5	Lat. -20.274238340184407 Long. -43.920025707293654
	Feição geomorfológica tipo dobra	1	0.63	1	0.63	0.5	0.5	Lat.- 20.272746026813863 Long.- 43.92020960322832

Fonte: O autor, 2025.

Tabela 2 - Setor Geodiverso Nascentes do Paleoproterozóico








Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Nascente de cabeceira	1	0.63	1	1	1	Lat.-20.26585435716439, Long. -43.91122930313053
	Curso d'água perene	1	0.63	1	1	1	Lat. -20.26423624394172, Long. -43.913083129758284
	Cachoeira em região de dobra	1	1	0.63	1	1	Lat.-20.26305970358945 Long. -43.91720388694844
	Canal arqueológico do ciclo do ouro	1	1	0.63	0.5	0.5	Lat. -20.26742733835218, Long.-43.908620788456865
	Feições erosivas por percolação pluvial em filito	0.63	0	0.63	0.5	0.5	Lat.-20.256986321870777, Long.-43.918713804022964
	Processo erosivo com recuperação natural avançada	1	0	1	0.5	0.63	Lat. -20.255898219665788, Long.-43.92094053138399
	Feição de contato litológico (quartzo/ferruginoso)	1	0	1	0.5	0.5	Lat.-20.257089493003 Long.-43.92186520531941







	Dobra acidentada (geomorfologia estrutural)	1	0.63	1	0.5	0.5	Lat. -20.254188229380162 Long. -43.92116900421735
	Mergulho de camadas	1	0	1	0.5	0.5	Lat. -20.26213522531036 Long. -43.91760084239332
	Rugosidades	1	0	1	0.5	0.63	Lat. -20.261430562979697 Long. - 43.917612250971494
	Afloramento Rochoso	1	0	1	0.5	0.63	Lat. -20.26319406693721, Long. -43.91721031768743
	Solo hidromórfico (próximo às nascentes)	1	0	1	1	1	Lat. -20.266530629435312 Long. -43.9112312646245
	Filito exposto	1	0	1	0.5	0.5	Lat. -20.25662775759504, Long. -43.91987662416228
	Filito com estruturas lineares	1	0	1	0.5	0.5	Lat. -20.25731878186557 Long. -43.91949601984512
	Vista do Tipo de Relevô: Colinas suaves	1	0	1	0.5	0.5	Lat. -20.261792064050862, Long. -43.914587886865725

	Feição de relevo enrugado	1	0	0.63	0.5	0.63	Lat.-20.268927371913893 Long.-43.91594216511297
	Feição de vale florestal encaixado associado ao relevo	1	0	1	0.5	0.63	Lat.-20.265803618298538 Long.-43.90836517224735
	Topo de morro com vegetação nativa preservada	1	0	0.63	0.5	0.5	Lat.-20.265813120996604 Long.-43.91250040691141

Fonte: O autor, 2025.








Tabela 3 - Setor Geodiverso Hidrogeomorfológico em Canga Ferruginosa e Depósitos Elúvio-Coluvionais







Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Nascente tipo olho d'água intermitente	1	0.63	1	1	1	-20.28591421788727, - 43.91530501694838
	Curso d'água em ambiente ferruginoso	1	0	1	1	1	-Lat.-20.286316916409312, Long.- -43.91687361367463
	Depressão ferruginosa com vegetação típica do Cerrado	1	0	1	0.63	0.63	Lat.- 20.290869127118043, -Long.- 43.912862681613355
	Solo litólico exposto	1	0	1	0.5	0.5	Lat.-20.28705758077169, Long.-43.909127345516
	Depósito elúvio-coluvional com hematita cimentada	1	0	1	0.5	0.63	Lat.-20.292872642975 Long.-43.90529098660801
	Capreamento laterítico com matacões	1	0	1	0.5	0.5	Lat.-20.29246576801168 Long.-43.90282824006395
	Lago intermitente em ambiente ferruginoso	1	0	0.63	0.5	0.5	Lat.-20.285870471624342, Long.- 43.91598491622734

	Vista panorâmica do sítio histórico revitalizado	1	1	0.63	0.5	0.5	0.5	Lat. -20.284370445776023 Long. -43.90582953132601
	Feição hidrogeológica em canga	1	0	0.63	0.5	0.5	0.5	Lat. -20.28632205957315 Long. -43.916937419943494
	Afloramento ferruginoso com vegetação rupestre	1	0	1	0.5	0.63	0.63	Lat. -20.28761534592455 Long. -43.90590426478287
	Área de reconversão territorial paisagística	1	0.63	0.63	0.5	0.63	0.63	Lat. -20.285247960790553 Long. -43.913091028397815
	Baixada de solo ferruginoso com hidromorfismo pontual	1	0	1	0.5	0.5	0.5	Lat. -20.287026035235503, - Long. -43.909148775156346
	Ambiente savânico-ferruginoso	1	0	0.63	0.5	0.63	0.5	Lat. 20.286770023897045 Long. -43.910147369544895

Fonte: O autor, 2025.







Tabela 4 - Setor Geodiverso de Patrimônio Geocultural-Arqueológico e Relevos Antropogênicos

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Janela remanescente feita em "cantaria" moldada em quartzo.	1	1	0.5	0.63	0.5	Lat. -20.28230254443859 Long. -43.90328069891877
	Edificação vernacular de rochas de quartzo e canga.						Lat.20.2826268730546, Long. -43.90347172020669
	Capela histórico-arqueológica vernacular	1	1	1	0.5	0.5	Lat.20.28253970269376, Long. - 43.90304422974217
	Campo rupestre ferruginoso em canga couraçada (laterita)	1	0.63	0.63	0.5	0.63	Lat.-20.273643876104668, Long.43.901647875508885
	Cavidade natural tipo (caverna) em zona cárstica	1	0.63	1	0.5	0.5	Lat. -20.28199100331146, Long. -43.901757132750525
	Curso d'água perene com bordas de escoras históricas	1	0	0.63	0.5	0.5	Lat.-20.28350612760494, Long.- 43.90278580868318
	Relevo antropogênico associado à reconformação topográfica	1	1	1	1	1	Lat.20.282030879974087, Long.43.90393998999946

	1	1	1	1	1	1	1	1	Lat.20.282439951606936, Long.43.903126607691206
	1	1	1	1	1	1	1	1	Lat. -20.282308578621382, Long. 43.90016078080533
	1	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.5	0.63	Lat.20.281811532957427, Long.43.90231169164176
	1	0.63	0.63	1	0.5	0.5	0.5	0.5	Lat. -20.28115409426404, - Long. -43.90158161142738
	1	1	0.63	0.63	0.5	0.5	0.5	0.5	Lat.20.28240087487838, Long.43.90375652846626
	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	1	Lat. -20.280524319210514, - Long. -43.9037926772235






Fonte: O autor, 2025.

Tabela 5 - Setor Geodiverso Afloramentos Quartzíticos e Vestígios do Ciclo do Ouro

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Escarpas quartzíticas	0.63	0.63	1	0.5	0.63	Lat.20.29048925488157, Long. 43.89744305105978
	Saprolito associado a "Quartzito Friável"	0.5	0.63	1	0.5	0.5	Lat.20.288318092320587, Long.43.8968489540612
	Depósitos sedimentares	0.63	0.63	1	0.5	0.63	Lat.-20.286516815023294, Long.43.89567970601059
	Afloramento de rocha quartzítica com clastos de quartzo	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat.20.291127780224656, -Long.43.89770106265781
	Vestígios do ciclo do ouro (caminhos e escavações)	1	1	1	1	1	Lat.20.286439943746554, Long. 43.89593394192121
	Afloramento quartzítico	1	1	0.63	1	1	Lat.-20.288901000852608, Long.--43.89716216071025







Fonte: O autor, 2025.

Tabela 6 - Setor Geodiverso dos Depósitos Aluvionares Antigos e Patrimônio Arqueológico em Ambiente Florestal:

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Vestígios da mineração histórica de ouro aluvionar	1	1	1	0.5	0.63	Lat.-20.28492261126913,- Long.- 43.89601543014349
	Depósito Aluvionar Argiloso						-20.28477679963108,- 43.89719670652809
	Vista de paisagem antropogênica	1	1	0.63	0.5	0.5	-20.28410502130713,- 43.89633507509359
	Edificação Histórica em Floresta ("Casa em Floresta")	1	1	1	0.5	0.5	Lat. 20.283747337888485,-Long.- 43.89793175006741
	Solo Pigmentogênico de Uso Artístico Tradicional	1	0.5	1	01	0.63	Lat. 20.28489893366875, -Long. 43.896083730832586





Fonte: O autor, 2025.

Tabela 7 - Setor Geodiverso dos Mananciais do Bação e Serviços Ecosistêmicos de Itabirito

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Nascente de cabeceira	0.63	0.63	1	1	0.63	-20.28664368362573, - 43.88126500444316
	Nascente de cabeceira	0.5	0.63	1	1	0.5	-20.28786134083801, - 43.87980588313367
	Curso d'água perene	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.29046325565017, - 43.87810589069454
	Nascente perene	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.290875963905606, - 43.8778631249238
	Curso d'água efêmero de cabeceira com quedas d'água	1	1	1	1	1	-20.294159530597376, - 43.876321445487015
	Nascente perene	1	1	0.63	1	1	-20.29455657295765, - 43.881457792710826





Fonte: O autor, 2025.

Tabela 8 - Setor Geodiverso dos Afloramentos Testemunhos e Mananciais Hídricos

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Ambiente litopédico em declive de morro: área de recarga	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.296760840732553, - 43.90209280112247
	Campo rupestre ferruginoso em canga granular	1	1	0.63	1	1	-20.29632156923101, - 43.90194803793689
	Ambiente litopédico em topo de morro: área de recarga	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.29747316038525, - 43.902033073254145
	Canga granular com vegetação primitiva	0.5	0.63	1	0.5	0.5	-20.296454851956362, - 43.902007526809626








Fonte: O autor, 2025.







Tabela 9 - Setor Geodiverso Tecnogênico do Ciclo do Ouro em Itabirito e Diversidade de Solos

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Vestígios tecnogênicos do ciclo do ouro	0.63	1	1	0.5	0.63	-20.285778176489853, - 43.896554855712985
	Solo Pigmentogênico de Uso Artístico	1	1	0.5	1	0.5	-20.28609367488661, - 43.89665278375029
	Adensamento vegetal associado a ambiente antropizado	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.285903436236794, - 43.89692604962543
	Vestígios do ciclo do ouro (caminhos e escavações)	1	1	1	1	1	-20.286279559463555, - 43.89633171668206

Fonte: O autor, 2025.






Tabela 10 - Setor Geodiverso das Escarpas Testemunhais da formação Moeda

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Escarpas quartzíticas	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.28228185356528, - 43.889751892074365
	Escarpas quartzíticas	0.5	0.63	1	0.5	0.5	-20.28250891478169, - 43.891005193498614
	Escarpas quartzíticas	0.6	0.63	1	0.5	0.63	-20.283072904124175, - 43.89078264469449
	Relevo ruíniforme	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.292276528669333, - 43.898441811585606
	Vestígios do ciclo do ouro (Tanque)	1	1	1	1	1	-20.283883717069408, - 43.89193876735985
	Afloramento quartzítico com bioindicadores amarelos	1	1	0.63	1	1	-20.28631261909808, - 43.89347286494819
	Escarpas quartzíticas	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.284523156788325, - 43.892198830689324

	Escarpas Quartzíticas	1	0.63	1	0.5	0.5	-20.285226586040253, - 43.89274223403643
	Conjunto de espécies endêmicas associadas a afloramento rochoso	1	1	1	0.5	0.63	-20.284949826335637, - 43.89279901907018
	Escarpas quartzíticas	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.284564400504355, - 43.89295912945422
	Afloramento quartzítico	1	1	1	1	1	-20.282199718438974, - 43.88961017231109
	Afloramento quartzítico	1	1	0.63	1	1	-20.292324117180467, - 43.89698826107084
	Processos de intemperismo físico em rocha metamórfica	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.29296755117365, - 43.89722143769266





Fonte: O autor, 2025.

Tabela 11 - Setor Geodiverso das Lâminas Estratificadas da formação Moeda:

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Escarpas quartzíticas	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.285423278148098, - 43.89299931633352
	Seqüência Didática de Lâminas Quartzíticas alinhadas	0.5	0.63	1	0.5	0.5	-20.284465774614176, - 43.89273899405514
	Aforamento quartzítico	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.285649418701507, - 43.89300448030966
	Adensamento vegetal associado a afloramento	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.28503701182471, - 43.892795407969544
	Vista de vestígios do ciclo do ouro (caminhos e escavações)	1	1	1	1	1	-20.285421979935048, - 43.89301550988616








Fonte: O autor, 2025.





Tabela 12 - Setor Geodiverso dos Campos Ferruginosos Panorâmicos da Serra do Pico de Itabirito:

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Vista do complexo geológico do Bação	1	1	1	1	1	- 20.298006484890127, -43.902600595957104
	Paleoambiente com campo rupestre ferruginoso	1	1	1	1	1	-20.29560150828454, -43.90178520450354
	Área de recarga hídrica em encosta associado a formação ferrífera bandada	1	1	1	1	1	- 20.296497089709785, -43.90257913828727
	Ilha de canga couraçada com espécies endêmicas e pré-históricas	1	1	1	1	1	- 20.295322489072504, -43.90220277405797

Fonte: O autor, 2025.




Tabela 13 - Setor Geodiverso das Altitudes Ferruginosas de Recarga do Cauê, Morro dos Aredez

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Área de recarga hídrica associada ao aquífero Cauê	1	1	1	1	1	-20.296423764942688, - 43.903060961268864
	Observatório natural do Quadrilátero Ferrífero Aquífero	1	1	1	1	1	-20.295713690004295, - 43.9029075035152
	Área de recarga hídrica em topo de morro em formação ferrífera bandada	1	0.5	1	1	1	-20.29476949117026, - 43.90261928451212
	Paleoambiente com campo rupestre ferruginoso	1	1	1	1	1	-20.295051249195566, - 43.90261928451212
	Afloramento ferruginoso	1	1	1	1	1	-20.295140917710675, - 43.90327983818524
	Paleoambiente com campo rupestre ferruginoso	1	1	1	1	1	-20.294922521551904, - 43.902634941221976
	Afloramento ferruginoso	1	1	1	1	1	-20.29479398561846, - 43.904800018093646

	Ambiente de canga granular	1	1	1	1	1	1	1	-20.294117944781764, - 43.90209468648094
	Vista do corredor ecológico que liga a EEEA ao MINESM	1	1	1	1	1	1	1	-20.292537129262566, - 43.90215734608356
	Ambiente de canga couraçada								-20.293363230087344, - 43.90224489016976
	Afloramento de hematita e itabirito	1	1	1	1	1	1	1	-20.29611501207582, - 43.903439072800985




Fonte: O autor, 2025.

Tabela 14 - Setor Geodiverso dos relevos ruínicos da formação Moeda

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Afloramentos Intemperísticos Quartzíticos da formação Moeda	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.297470313506913, - 43.90136211906063
	Ambientes Litovegetacionais de Refúgio Faunístico	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.29734098299994, - 43.901112598362865
	Domínio Florístico Endêmico de Campo rupestre Quartzítico	1	1	1	1	1	-20.296749756450204, - 43.90083024599436



Fonte: O autor, 2025.

Tabela 15 - Setor Geodiverso dos Ambientes Ecótonos da formação Moeda

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Afloramentos quartzíticos	0.63	0.63	1	0.5	0.63	- 20.288277375064958, - 43.895001217687344
	Vista de região de transição de tipologias vegetais associados diferentes biomas	1	1	1	0.63	0.5	- 20.288562222334956, -43.89526073320927
	Campo rupestre quartzítico	1	0.63	1	0,63	1	-20.28817897317076, -43.89513373629465






Fonte: O autor, 2025.

Tabela 16 - Setor Geodiverso dos Campos Rupestres Quartzíticos

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Afloramento de quartzo	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.288577054452325, - 43.89553770459163
	Campo rupestre quartzítico	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.288798910291383, - 43.89562814284347








Fonte: O autor, 2025.



Tabela 17 - Setor Geodiverso dos Canais Históricos do morro dos Aredez

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Canal histórico do ciclo do ouro	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.297504571256066, - 43.90420439242475
	Mergulho geológico em relevo abrupto	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.29706130848886, - 43.9046386819944
	Vista do sinclinal moeda	1	1	1	1	1	-20.297541807069575, - 43.903351003192476
	Encosta com solo litopédico condutores hídricos das áreas de recarga	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.2981021788689, - 43.90328011642715
	Afloramento de rocha ferruginosa hematítica	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.29810692776755, - 43.90255099609475

Fonte: O autor, 2025.








Tabela 18 - Setor Geodiverso das Bordas Arqueo-ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero Aquífero




Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Lagoa Histórica do Ciclo do Ouro	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.27846159244997, - 43.90309987408645
	Ruína histórica de Alvenaria Ferruginosa com Blocos de Canga	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.28569270276662, - 43.90252785720112
	Relevo Tecnogênico próximo a Canga Couraçada Laterítica	1	1	1	1	1	-20.27896022107277, - 43.903243354438516
	Paleoambiente Ferruginoso	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-20.272506129900005, - 43.901934918406624
	Geoforma de Borda Laterítica próximo a Vestígios de Extração Histórica	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.278030399576934, - 43.903270584799444
	Canga Couraçada com Presença de Vellozia Forrageante	1	1	1	1	1	-Lat 20.276287096669712, -Long.43.90401241424159
	Interface Antropico-Natural em Bordas Lateríticas	0.63	0.63	1	0.5	0.63	- Lat 20.278155388690262, - Long.43.90309444837159

	Campo Rupestre Ferruginoso com variação Vegetal endêmica	1	0.63	1	0.63	0.5	-Lat 20.277001207260028, -Long.43.90273644876799
	Elementos remanescentes integrados à Paisagem Ferruginosa Alterada	1	1	1	1	1	-Lat 20.280228177983126, -Long.43.904689725434466

Fonte: O autor, 2025.




Tabela 19 - Setor Geodiverso dos Vales Hidroflorestais do Córrego do Bação

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Nascente perene do Alto Bação	1	0.5	1	1	1	Lat.20.290756473785194, Long.43.89383318354487
	Curso d'água perene em mata de galeria	1	0.63	1	0.63	0.5	-Lat.20.286282508254637, - Long.43.88912360934656
	Riacho Intermitente da Mata de Encosta	1	1	1	1	1	-Lat.20.28538049419979, - Long.43.88861419242531
	Queda d'Água de Cristal da Grotta Alta	0.63	0.63	1	0.5	0.63	Lat.-20.29086285363348, Long.- 43.89370523695113
	Canal Hidroflorestal do Vale Encoberto	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat.20.287528621355968, Long.43.89057229396273
	Encontro de Águas das Vertente	1	1	1	1	1	-Lat.20.29443487668841, Long.- 43.88471352224182
	Curso d'água efêmero de cabeceira	0.63	0.63	1	0.5	0.63	Lat.20.290985137922117, Long.43.88355241541237

	Curso d'água efêmero de cabeceira	1	0.63	1	0.63	0.5	-20.285546444475628, -43.88410755720973
	Feição geomorfológica: rugosidades no relevo	1	1	1	1	1	-20.285442329016515, -43.88506930103433
	Relevo de colinas íngremes.	1	1	1	1	1	-Lat.20.290770625391975,- Long43.88475164018507








Fonte: O autor, 2025.

Tabela 20 - Setor Geodiverso dos Cursos d'água intermitentes Ferruginosos do Fecho do Fumil

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Cursos d'água intermitentes em ambiente ferruginoso	0.63	0.63	1	0.5	0.63	Lat.20.28721530827683 - Long.43.91844166790817
	Ambiente ferruginoso com adensamento vegetal associado a ambiente úmido	0.63	0.63	1	0.63	0.5	Lat. 20.28725076399005, - Long. 43.91888099212324
	Solo litopédico com vegetação associada	0.63	1	1	1	1	Lat -20.2878917910132, - Long 43.91845949728068

Fonte: O autor, 2025.

Tabela 21 - Setor Geodiverso dos Vales Arqueo-Hídricos de Cabeceira da Unidade Catarina Mendes

Ícone	Elemento Geodiverso	Valor de Conhecimento	Valor Cultural	Valor de Suporte	Valor de Provisão	Valor de Regulação	Coordenadas UTM
	Curso d'água perene - Início do Córrego do Bação	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-Lat. 20.294998172698143, Long.-43.8838656578635
	Nascente perene	0.63	0.63	1	0.63	0.5	
	Muro de rochas associado a canalizações e desvio de fluxo hídrico para extração de ouro de aluvião.	1	1	1	1	1	Lat.20.298890531422416, Long.-43.88148389261177
	Cachoeira em Mata Atlântica	0.63	0.63	1	0.5	0.63	-Lat 20.298314254257573, - Long43.881314520978755
	Curso d'água perene - montante do córrego do Bação	1	0.63	1	0.63	0.5	Lat 20.299236178198303, Long-43.88087458626985
	Curso d'água intermitente com escoramentos arqueológicos visíveis	1	1	1	1	1	Lat -20.29914029448049, Long -43.88163986330504
	Vestígios do ciclo do ouro (Rochas Empilhadas - Mineração do ouro de aluvião)	1	1	1	1	1	-Lat 20.299335147750938, Lat -43.88165779082295

Fonte: O autor, 2025.

Com base nos dados apresentados, constata-se que os vinte e dois setores geodiversos caracterizados na EEEA revelam uma expressiva variedade de elementos que se enquadram no sistema de valoração da geodiversidade proposto por Gray (2013). Dos 160 elementos geodiversos identificados, observa-se a representação de todos os cinco tipos de bens e serviços geossistêmicos no interior da unidade de conservação. Tal resultado evidencia o elevado valor intrínseco do território abrangido pela EEEA, que contempla atributos relevantes tanto do ponto de vista ecológico quanto cultural, reforçando sua importância como espaço estratégico para conservação integrada do patrimônio natural e geocultural.

Os resultados evidenciam uma elevada diversidade de elementos geodiversos distribuídos de forma espacialmente dispersa por todo o território da Estação Ecológica Estadual de Arêdes (EEEA), configurando um mosaico geoambiental de alta complexidade. Essa distribuição não linear revela a coexistência de feições de valor científico, cultural e ecológico em diferentes setores da UC, demandando uma abordagem de gestão integrada que reconheça a geodiversidade como componente estruturante da paisagem.

Nesse contexto, emerge a noção de musealização do território, que propõe a interpretação e a valorização do patrimônio natural e cultural *in situ*, promovendo a leitura dos elementos da geodiversidade como documentos geohistóricos da paisagem. Conforme Ruchkys (2012), a musealização da paisagem é um instrumento relevante na articulação entre conservação e educação, transformando territórios geologicamente significativos, como os do Quadrilátero Ferrífero Aquífero, em espaços interpretativos vivos, onde a memória geocultural é mantida em diálogo com o presente.

Os levantamentos obtidos nesta pesquisa demonstram que a EEEA possui um significativo potencial para fomentar articulações institucionais voltadas à valorização científica, turística e econômica do território, sobretudo em benefício da população de Itabirito e das regiões circunvizinhas. A diversidade geodiversa e o conjunto de atributos culturais e ecológicos identificados configuram um cenário favorável para o desenvolvimento de programas interinstitucionais que integrem pesquisa aplicada, educação ambiental, turismo geocultural e estratégias de desenvolvimento territorial sustentável. No entanto, para que essas potencialidades sejam plenamente mobilizadas, é imprescindível que o Estado de Minas Gerais e o Município de Itabirito alinhem políticas públicas e ações conjuntas, promovendo marcos regulatórios e parcerias técnico-científicas que favoreçam a governança ambiental colaborativa.

Neste sentido, com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, evidencia-se que a fragmentação territorial decorrente da lei nº 24.631, de 28/12/2023, ainda em vigor,

compromete significativamente a integridade e a dinâmica geoambiental da EEEA. Constatou-se que 16 elementos de geodiversidade de elevada relevância científica e ambiental ficaram de fora do inventário oficial por estarem localizados em região da área que foi subtraída da UC. Em contrapartida, a área incorporada à EEEA, embora superior em extensão, abriga 7 elementos geodiversos identificados, majoritariamente relacionados a feições e processos geomorfológicos de interesse científico. Ressalta-se que a área suprimida inclui formações ferríferas bandadas com alto potencial de recarga hídrica, desempenhando papel estratégico na manutenção dos aquíferos superficiais e subterrâneos da região. Já a área acrescida apresenta maior cobertura por vegetação exótica, pastagens e infraestrutura de uso privado, como estradas rurais, o que evidencia a assimetria ecológica e funcional entre os setores e reforça a necessidade de revisão técnica dos limites da unidade com base em critérios geoambientais e ecossistêmicos.

Assim, esse estudo pôde elucidar que os elementos que delineiam a paisagem da EEEA manifestam-se como uma síntese complexa de marcas civilizatórias e estruturas ecológicas essenciais, sendo exemplar da dualidade conceitual proposta por Berque (1984) ao tratar da paisagem como simultaneamente marca e matriz. Como paisagem-marca, Arêdes materializa a inscrição de diferentes momentos históricos no território, evidenciados por elementos arqueológicos, estruturas minerárias coloniais e vestígios das práticas tecnogênicas que moldaram o espaço ao longo do tempo. Tais marcas expressam a ação de civilizações que interagiram com a geodiversidade local em diferentes momentos da história, deixando registros que ultrapassam sua funcionalidade original para compor um palimpsesto de significados culturais e testemunhos da história da Terra. Por outro lado, como paisagem-matriz, Arêdes participa ativamente dos esquemas de percepção, concepção e ação que estruturam a relação da sociedade de Itabirito e entorno com o espaço vivido do Quadrilátero Ferrífero Aquífero. Isso se revela na forma como a população local, direta ou indiretamente, reconhece, interpreta e interage com os recursos naturais, especialmente os hídricos, e com os testemunhos arqueológicos e geoculturais que pontuam o território.

A continuidade da valorização e preservação da EEEA justifica-se não apenas por seus atributos naturais e geodiversos, mas pela profundidade simbólica e funcional de sua paisagem enquanto *marca* e *matriz*, nos termos de Berque (1984). Como *paisagem-marca*, Arêdes revela a presença de sucessivas camadas históricas impressas no território, que vão desde vestígios pré-históricos até estruturas associadas ao ciclo do ouro e à industrialização minerária recente, compondo uma narrativa espacial que documenta a evolução das formas de habitar, explorar e simbolizar a natureza na região. Já como *paisagem-matriz*, essa mesma

territorialidade fornece às comunidades locais tais esquemas de percepção e concepção que orientam suas formas de interação com o ambiente, promovendo novas possibilidades de leituras sobre como empreender e valorizar o espaço vivido<sup>1</sup>.

Nesse sentido, o reconhecimento da EEEA como parte integrante de um ecúmeno em transformação permite vislumbrar seu potencial como catalisadora de iniciativas voltadas ao turismo de base comunitária, à educação ambiental e patrimonial, ao desenvolvimento científico e à consolidação de políticas públicas integradas à lógica do Mosaico de Unidades de Conservação da Reserva da Biosfera da Serra. Além disso, a inclusão do território no escopo do Geoparque Quadrilátero Ferrífero, iniciativa reconhecida pela UNESCO reforça a consolidação de articulações institucionais que visem à criação de novas áreas protegidas e estruturas interpretativas, capazes de fomentar o desenvolvimento territorial sustentável a partir do patrimônio geocultural existente (BERQUE, 1984; RUKHYS, 2017; UNESCO, 2020).

A EEEA, portanto, é mais que uma unidade de conservação de valor geocológico, mas também um referencial simbólico que orienta práticas sociais e formas de apropriação espacial, configurando um ecúmeno que articula memória, identidade e serviços ecossistêmicos.

#### **4.2 Potencialidades e Desafios da Geoconservação em Itabirito**

A economia de Itabirito, inserida no contexto do Quadrilátero Ferrífero Aquífero, tem sido historicamente dependente da mineração e siderurgia. Essa dependência econômica, embora tenha impulsionado o desenvolvimento regional, também expõe o município a vulnerabilidades associadas à flutuação dos mercados minerais e aos impactos ambientais decorrentes da atividade extrativa. Nesse cenário, ações voltadas a geoconservação se destacam como estratégias viáveis para diversificar a economia local, promovendo setores como o geoturismo, o ecoturismo e a educação ambiental. A EEEA, neste sentido, destaca-se como um território estratégico para a promoção da geoconservação, oferecendo oportunidades para o fortalecimento de setores econômicos sustentáveis, como o geoturismo, o ecoturismo e o turismo cultural. Essa diversificação é especialmente relevante diante da atual dependência

---

<sup>1</sup>O conceito de *espaço vivido* remete à perspectiva fenomenológica da Geografia Humanista, segundo a qual o espaço não é apenas suporte físico ou conjunto de objetos materiais, mas também resultado das experiências, memórias, símbolos e práticas sociais que nele se realizam. Trata-se, portanto, da dimensão subjetiva e existencial do espaço, construída pela mediação entre indivíduo, cultura e território (RELPH, 1976; TUAN, 1983).

econômica do município em relação à mineração e siderurgia, que, embora impulsionem as exportações locais, atingindo US\$ 1,28 bilhão em 2024, representam atividades de caráter finito e suscetíveis a flutuações de mercado.

A necessidade de diversificar a economia de municípios mineradores, como Itabirito, é amplamente reconhecida por entidades como a Associação dos Municípios Mineradores de Minas Gerais e do Brasil (AMIG) e o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Essas organizações destacam a importância de desenvolver atividades econômicas alternativas que possam substituir as receitas provenientes da mineração, garantindo a sustentabilidade socioeconômica a longo prazo.

Desde sua criação em 2010, a EEEA vem se consolidando como um território de referência na preservação ambiental, na conservação do patrimônio natural e cultural, e na promoção de práticas sustentáveis no município de Itabirito. A Unidade de Conservação cumpre um papel estratégico ao desenvolver ações contínuas de educação ambiental e patrimonial, fomento ao saber científico, revitalização de estruturas históricas e estudos para o desenvolvimento de métodos de recuperação ambiental. Notadamente, embora o senso comum frequentemente construa uma visão dicotômica entre conservação ambiental e desenvolvimento econômico, a presença da Unidade de Conservação não tem se configurado como obstáculo à continuidade das atividades minerárias em seu entorno imediato. Ao contrário, a coexistência entre a EEEA e os empreendimentos extrativos da região demonstra que é possível estabelecer um modelo territorial em que a preservação de ecossistemas e a valorização do patrimônio geocultural caminhem lado a lado com o planejamento e a viabilidade de atividades econômicas, desde que pautadas em critérios técnicos, legais e em um diálogo interinstitucional efetivo.

A delimitação territorial da UC tem possibilitado um equilíbrio dinâmico, onde as áreas naturais preservadas cumprem papel ecológico relevante ao conservar ambientes geomorfológicos singulares que, por sua semelhança com áreas mineradas, viabilizam ações de resgate de flora endêmica afetada pela mineração. Essa função de suporte ecológico e científico transforma a UC em um espaço complementar às áreas impactadas, promovendo uma convivência harmônica entre conservação e uso econômico do território. Ademais, destaca-se o envolvimento multissetorial nas ações educativas e de sensibilização ambiental, frequentemente conduzidas em parceria com instituições públicas, organizações da sociedade civil e empresas privadas, fortalecendo a articulação entre diferentes esferas sociais em torno da sustentabilidade regional.

A análise comparativa dos geossítios brasileiros reconhecidos pela *International Union of Geological Sciences* (IUGS) revela disparidades significativas na exploração de seu potencial geoturístico e na geração de receitas por meio de instrumentos como o ICMS Ecológico e Cultural. O Parque Nacional do Iguaçu, que abriga as Cataratas do Iguaçu, destaca-se como um exemplo de sucesso, gerando aproximadamente R\$ 25 milhões anuais em ICMS Ecológico para os municípios do entorno, além de movimentar cerca de R\$ 280 milhões em gastos de visitantes, refletindo em mais de R\$ 1 bilhão em vendas e R\$ 400 milhões em valor agregado ao PIB local (ICMBIO, 2025). No estado do Rio de Janeiro, a implementação do ICMS Ecológico, conforme a Lei Estadual nº 5.100/2007, destina 2,5% do total arrecadado para municípios que investem em conservação ambiental, beneficiando áreas como o entorno do Pão de Açúcar. O Domo de Araguainha, propicia estratégias de valorização patrimonial alicerçadas em políticas públicas de conservação, infraestrutura receptiva e reconhecimento sociocultural, resultando em receitas consistentes para os municípios envolvidos.

Em contraste, o Pico de Itabirito, situado no Quadrilátero Ferrífero Aquífero de Minas Gerais, o qual representa o mais antigo dos geossítios brasileiros, com registros geológicos que remontam ao Paleoproterozoico, apesar de sua relevância científica e paisagística, o local ainda não usufrui de mecanismos eficazes de fomento ao seu potencial geoturístico e educativo. A carência de políticas públicas locais voltadas para a valorização cultural e conservação ambiental do Pico de Itabirito desapoia que o município se beneficie de maiores quantias de recursos provenientes do ICMS Ecológico e Cultural, como ocorre em outras regiões. Essa assimetria evidencia a necessidade urgente de implementação de ações integradas de geoconservação e ordenamento territorial, capazes de impulsionar o reconhecimento do Pico de Itabirito como um ativo singular no contexto do patrimônio geológico nacional, promovendo não apenas sua preservação, mas também o desenvolvimento sustentável da região.

#### **4.3 Arêdes e a função essencial das Unidades de Conservação no QFA**

As Unidades de Conservação exercem uma função estratégica e essencial na proteção dos patrimônios natural e cultural em territórios de alta relevância ecológica, como o QFA, em Minas Gerais. A Estação Ecológica de Arêdes, nesse contexto, exemplifica a importância dessas áreas protegidas como instrumentos de manutenção da integridade ambiental, da memória histórica e dos serviços ecossistêmicos indispensáveis à qualidade de

vida das populações locais. O reconhecimento internacional da relevância da conservação da geodiversidade tem se fortalecido por meio de iniciativas como os Geoparques e Reservas da Biosfera da UNESCO, que valorizam territórios singulares por seus atributos geológicos, ecológicos e socioculturais integrados. Adicionalmente, o título de "Lugar de Relevância Geológica Global" concedido pela *International Union of Geological Sciences* (IUGS) destaca sítios com significado planetário, reforçando a urgência de políticas públicas que consolidem mosaicos de áreas protegidas sinérgicos, funcionais e conectados às realidades e necessidades das comunidades locais. Nesse cenário, a UC, o Complexo Arqueológico de Arêdes e seu entorno se configuram como um núcleo vital para a articulação entre conservação ambiental, valorização da memória social e desenvolvimento territorial sustentável.

As Unidades de Conservação no QFA emergem como espaços de resistência frente à lógica capitalista de apropriação e transformação do território. Milton Santos argumenta que o espaço geográfico é uma totalidade estrutural, resultado das ações humanas sobre o meio, e que a paisagem é uma expressão visível dessas relações socioespaciais (SANTOS, 1996). Nesse sentido, as UCs funcionam como contrapesos à dinâmica de mercantilização do espaço, preservando não apenas ecossistemas, mas também memórias e identidades coletivas.

David Harvey complementa essa visão ao destacar que os espaços urbano e rural são continuamente moldados pelas exigências do capital, resultando em processos de acumulação por despossessão, nos quais comunidades são privadas de seus recursos e territórios em prol de interesses econômicos (HARVEY, 2004). No contexto do QFA, as UCs representam uma tentativa de romper com esse ciclo, promovendo a conservação ambiental e cultural em consonância com as necessidades das populações locais.

A discussão sobre o Antropoceno, como era geológica marcada pela influência humana no planeta, tem sido central nas ciências ambientais. No entanto, Jason W. Moore propõe uma abordagem crítica ao introduzir o conceito de Capitaloceno, argumentando que a crise ecológica atual é resultado não da humanidade em geral, mas de um sistema econômico específico: o capitalismo. Segundo Moore, o Capitaloceno destaca como o capitalismo, ao buscar incessantemente a acumulação de capital, reorganiza a natureza e a sociedade, promovendo a exploração de "naturezas baratas", trabalho, energia, alimentos e matérias-primas, sem considerar os custos sociais e ecológicos (MOORE, 2016).

Essa perspectiva é particularmente relevante para o QFA, onde a exploração intensiva de recursos naturais, impulsionada por interesses econômicos, tem levado à

degradação ambiental e à marginalização de comunidades locais. Ao proteger áreas de importância ecológica e cultural, essas unidades desafiam a narrativa dominante de desenvolvimento e apontam para a necessidade de modelos alternativos que integrem justiça social e sustentabilidade ambiental.

A intensificação das atividades minerárias no QFA tem promovido a formação de relevos antropogênicos, caracterizados por alterações significativas na morfologia natural do terreno. Segundo Silva e Valadão (2016), esses tipos de relevos resultam da deposição de materiais estéreis e rejeitos, formando estruturas que, embora semelhantes a morros naturais, possuem composições distintas e estabilidade geotécnica reduzida. Tais transformações ocorrem em uma escala temporal acelerada, contrastando com os processos geológicos que demandam Éons para moldar o relevo natural. A necessidade de estudos aprofundados sobre esses ambientes é premente, bem como no que tange à revegetação com espécies nativas adaptadas às novas condições edáficas. Técnicas de reconversão territorial e revitalização de paisagens pós-mineradas têm se mostrado estratégias viáveis para mitigar os impactos ambientais e restaurar a funcionalidade ecológica dessas áreas.

As técnicas de reconversão territorial e revitalização de paisagens pós-mineradas, como a utilização de topsoil e o resgate de flora endêmica, têm se mostrado como estratégias viáveis para a recuperação ecológica dessas áreas degradadas, promovendo a restauração de funções ecossistêmicas e a reintegração dessas paisagens ao contexto socioambiental local. Tais metodologias de restauração de ecossistemas, apesar de estabilizar e restaurar determinadas funções ecológicas, não substituem a função natural integral do ambiente natural, sendo que a complexa estrutura geológica que demorou Éons para se formar, não podem ser construídas pelas ações ou técnicas humanas.

Com a determinação judicial que obriga o município de Itabirito a reconhecer o valor cultural do Complexo Arqueológico de Arêdes, conforme solicitado pelo Ministério Público de Minas Gerais, representa um marco significativo na gestão integrada entre o município e o estado. Essa ação reforça a proteção do patrimônio cultural, e abre um novo caminho para o desenvolvimento de políticas públicas que promovam a valorização e conservação do sítio arqueológico (MPMG, 2025).

O tombamento do Complexo Arqueológico de Arêdes, destaca-se como uma estratégia eficaz para impulsionar o desenvolvimento econômico local. A formalização do tombamento possibilita a captação de recursos por meio do ICMS Cultural, incentivando investimentos em infraestrutura, turismo e educação patrimonial. Além disso, a gestão compartilhada entre o município e o estado pode fomentar a criação de empregos diretos e indiretos, envolvendo

profissionais como historiadores, arqueólogos, turismólogos, e técnicos especializados, bem como serviços auxiliares relacionados à manutenção e operação do sítio.

A sinergia entre as políticas de gestão e conservação ambiental e patrimonial da EEEA e possíveis iniciativas de proteção do patrimônio cultural por parte da Prefeitura de Itabirito fortalece a gestão territorial integrada. Essa abordagem holística reconhece a interdependência entre os elementos naturais e culturais, promovendo uma gestão eficaz e sustentável do território. A implementação de planos de gestão que considerem essa interconexão é essencial para garantir a preservação do patrimônio e o bem-estar das comunidades locais.

Dados recentes, divulgados pelo Ministério do Turismo, apontam que o turismo de natureza e o ecoturismo representam aproximadamente 60% do faturamento de todo o setor turístico nacional (BRASIL, 2024). Esse dado evidencia o crescente interesse por experiências autênticas em territórios naturais, bem como a existência de possíveis articulações governamentais estratégicas, o que reforça o potencial da EEEA como um polo de atração econômica, científica e cultural para Itabirito e região. A valorização de seus elementos geodiversos, aliada ao ordenamento territorial e à geoconservação, pode contribuir significativamente para o fortalecimento de modelos sustentáveis de desenvolvimento econômico local.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa evidenciou, por meio de um estudo criterioso sobre a EEEA, o papel estratégico dessa Unidade de Conservação no contexto do QFA, tanto como espaço de abrigo de uma geodiversidade singular quanto como território portador de paisagens históricas e ecológicas que dialogam com o passado, o presente e os futuros possíveis da região.

Ao aplicar a metodologia de valoração da geodiversidade com base no sistema estabelecido por Murray Gray (2013), identificou-se a presença de 160 elementos geodiversos distribuídos em 22 setores, representando os cinco bens e serviços geossistêmicos reconhecidos pela literatura especializada. Ao propor uma abordagem metodológica que alia a setorização geoestrutural à análise dos bens e serviços geossistêmicos, o estudo aqui apresentado consolida um retrato aprofundado da geodiversidade presente na EEEA.

A adoção da setorização geoestrutural, fundamentada na análise da litossequência e na geologia estrutural da área de estudo, revelou-se uma metodologia eficaz para o inventariamento da geodiversidade. Essa abordagem permitiu não apenas a otimização do mapeamento dos elementos geodiversos, como também contribuiu para uma leitura mais aprofundada da configuração espacial de feições e processos geomorfológicos presentes na paisagem. Tal estratégia se apresenta como uma ferramenta metodológica replicável, especialmente em ambientes com elevada complexidade geológica e geomorfológica, como é o caso do QFA, onde a sobreposição de tempos geológicos, estruturas tectônicas e dinâmicas superficiais geram um mosaico geodiverso singular. Nesse sentido, a aplicação desse modelo pode ampliar a eficácia de futuras pesquisas de valoração e gestão do patrimônio geológico em territórios marcados por intensa diversidade geológica.

O território da Unidade de Conservação abriga um complexo geocultural e geocientífico de alta relevância, evidenciado pela presença de atributos com expressivo valor intrínseco. A análise integrada dos bens e serviços associados à geodiversidade, tais como solos litólicos, escarpas quartzíticas, afloramentos ferruginosos, feições tecnogênicas e ambientes hidrogeomorfológicos, permite reconhecer múltiplas dimensões de valor que extrapolam o campo estritamente natural, refletindo também a memória dos processos históricos, e assinala a capacidade de geração de benefícios para as comunidades locais.

Esses atributos, sistematizados conforme as diretrizes metodológicas do Serviço Geológico do Brasil - SGB, indicam que a EEEA contempla, em seu território, diferentes categorias de geossítios, entre as quais destacam-se: Geossítios Mineralógicos, Tectono-Estruturais, Paleoambientais, Sedimentológicos, Hidrogeológicos, Geomorfológicos,

Ecológicos, além dos Geossítios Histórico-Culturais, todos reconhecíveis conforme os critérios de classificação e relevância apresentados nas publicações técnicas do SGB (CPRM, 2021). Essa diversidade tipológica reforça o papel estratégico da UC como espaço de conservação e difusão do patrimônio geológico e cultural, além de seu potencial como vetor de desenvolvimento local sustentável por meio de políticas de geoconservação, turismo de base comunitária e educação patrimonial integrada ao território.

Com base nas diretrizes do SGB, os geossítios são definidos como ocorrências de alto valor científico, classificadas em várias categorias segundo seus atributos. No caso da EEEA, os 160 elementos mapeados no inventário são, conforme supracitado, compatíveis com múltiplas tipologias de geossítios na região de Arêdes. Conseqüentemente, o território da EEEA emerge como um espaço com potencial para receber reconhecimento formal no âmbito do sistema nacional de geossítios e integrar circuitos de geoparques, ampliando oportunidades para ações voltadas à pesquisa, educação, turismo, conservação e desenvolvimento de economia circular e sustentável para Itabirito.

Além do diagnóstico técnico, o trabalho buscou também refletir criticamente sobre o modelo de desenvolvimento historicamente vigente no QFA, cuja matriz extrativista tem promovido fragmentação ecológica, descaracterização de paisagens e conflitos sociais e territoriais. Em contrapartida, a pesquisa mostrou que as Unidades de Conservação, como a EEEA, não apenas atuam como barreiras à degradação, mas também como vetores de um outro modelo de futuro, baseado na geoconservação, na valorização do patrimônio natural e cultural, e na articulação entre ciência, educação, turismo e participação comunitária.

Partindo dos resultados da análise da singularidade geocultural e ecológica da região de Arêdes, e considerando a fragmentação de geossistemas e ecossistemas devido às atividades industriais e ocupação urbana no entorno da Estação Ecológica, foi possível evidenciar a necessidade de ampliação e consolidação do mosaico de áreas protegidas na região do Sinclinal Moeda, em conformidade com as diretrizes da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço e do Geoparque do Quadrilátero Ferrífero (UNESCO), visando fortalecer a conectividade geocológica e garantir a integridade funcional dos ecossistemas associados. A integração territorial dessas áreas protegidas, inseridas no Sinclinal Moeda, como o Parque Estadual da Serra da Moeda, a Estação Ecológica Estadual de Arêdes e o corredor ecológico que as interligam, desempenham papel estratégico na preservação de processos geodinâmicos fundamentais à manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Esses territórios são relicários de estruturas geológicas singulares que influenciam diretamente o ciclo hidrológico, a estabilidade de encostas, a regulação climática e a

sustentação da biodiversidade, ampliando o escopo da conservação e possibilitando a gestão integrada, criando dessa forma, bases sólidas para políticas públicas voltadas ao desenvolvimento econômico das comunidades locais, ancoradas na geoconservação e no reconhecimento do patrimônio natural e cultural do QFA.

Assim, é urgente ressaltar que o valor do território da EEEA transcende sua função conservacionista *stricto sensu*: ele configura-se como espaço estratégico para a promoção da educação ambiental e patrimonial, da pesquisa científica interdisciplinar, do turismo de base comunitária e do fortalecimento de redes locais de desenvolvimento econômico sustentável. Tais possibilidades podem ser plenamente efetivadas mediante políticas públicas articuladas, que favoreçam a apropriação ativa do território pelas comunidades de Itabirito, pelas populações adjacentes, e povos do QFA como um todo.

Rompendo com a lógica de dependência que historicamente condicionou a região a um papel de provedor de recursos minerais, muitas vezes sob a égide de uma globalização desigual e predatória, este trabalho reafirma que as práticas de geoconservação aliadas à proteção socioambiental são uma necessidade ética, política e civilizatória para a região do QFA. Se a exploração capitalista do espaço foi outrora justificada ou percebida como um “mal necessário”, que as Unidades de Conservação, sejam o nosso “bem necessário”, e com sua biodiversidade, geodiversidade, patrimônio histórico e potencial formativo, se consolidem como vetores de um novo paradigma de desenvolvimento territorial. Um bem necessário, que possibilite um modelo social pautado pela justiça ambiental, pelo protagonismo das comunidades locais, e pela reconexão com os fundamentos da vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M.** O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.
- ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O.** Estudo geológico do Quadrilátero Ferrífero. São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 2012.
- BRILHA, J.** Geodiversidade: valores e usos. Braga: Palimage Editores, 2008. 190 p.
- CARNEIRO, Vandervilson Alves (org.).** *Geodiversidade: envolvências e experiências*. Anápolis: SAMA – Solo, Água e Meio Ambiente, Universidade Estadual de Goiás, 2022.
- CARVALHO, E. A.; AQUINO, C. M. S. de.** Abordagem sobre os conceitos de Geodiversidade, Geoconservação e Geopatrimônio. *Revista da Academia de Ciências do Piauí*, v. 3, n. 3, p. 08–17, jan./jun. 2022.
- DARDENNE, M. A.** O Supergrupo Espinhaço e suas relações com o Quadrilátero Ferrífero. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 2, p. 20-32, 2000.
- Detzel Consulting.** Encartes do Plano de Manejo da Estação Ecológica Estadual de Arêdes. 2014.
- Detzel Consulting.** Resumo do Plano de Manejo da Estação Ecológica Estadual de Arêdes. 2016.
- FILHO, Carlos Castilho Araújo et al.** *Caracterização geoespacial do quadrilátero ferrífero aquífero, minas gerais*. Anais do XX SGBFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente. Campina Grande - PB: Realize Editora, 2024.
- GRAY, M.** Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.
- HARVEY, D.** A produção capitalista do espaço. São Paulo: Annablume, 2005. 252 p. (Coleção Geografia e Adjacências).
- HARVEY, D.** O novo imperialismo: a acumulação por despossessão. São Paulo: Edições Loyola, 2004.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS.** Plano de Manejo da Estação Ecológica Estadual de Arêdes. Detzel Consultings, 2016.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN).** *Bens tombados*. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>. Acesso em: 19 out. 2024
- KLEIN, C.; BEUKES, N. J.** The sedimentology and geochemistry of the Archean Iron Formations. *Economic Geology*, v. 84, n. 6, p. 1984-2008, 1989.
- LAMAS, F.** Os indígenas de Minas Gerais: guerra, conquista da terra, colonização e deslocamentos. *Projeto História*, São Paulo, n. 44, p. 227-257, jun. 2012.
- LEONARDI, Carlo.** Experiencing the Post-Mining Wonder: A new future for post-mining landscapes in the Quadrilátero Ferrífero (MG), Brazil. Wageningen University & UFMG, 2017. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/426587>.
- LOBATO, L. M.; RODRIGUES, L. C. R.; VIEIRA, F. W. R.** Brazil's premier gold province. Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineral. Deposita*, v. 36, p. 249–277, 2001.

**MANUELZÃO, PL** que passa às mãos de mineradora trecho da Estação Ecológica de Arêdes pode ir ao plenário na ALMG. 2023. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/pl-que-passa-as-maos-de-mineradora-trecho-da-estacao-ecologica-de-aredes-pode-ir-ao-plenario-na-almg>.

**MEDEIROS, Rodrigo.** Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. IX, n. 1, jan./jun. 2006.

**MENDES, R. M.; LANA, C.** Distribuição e dinâmica hidrogeológica dos aquíferos do Quadrilátero Ferrífero. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 24, n. 1, p. 45-59, 2019.

**MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS.** A pedido do MPMG, Justiça determina que município de Itabirito declare valor cultural do Complexo Arqueológico de Arêdes. Site MPMG, 2024.

**MOORE, Jason W.** *Antropoceno ou Capitaloceno? Natureza, história e a crise do capitalismo.* São Paulo: Editora Elefante, 2016.

**MINAS GERAIS.** Decreto nº 45.397, de 14 de junho de 2010. 2010. Disponível em: <https://www.minasgerais.com.br/pt/atracoes/itabirito/parques/estacao-ecologica-de-aredes>.

**MINAS GERAIS.** Estação Ecológica de Arêdes. 2023. Disponível em: <https://www.minasgerais.com.br/pt/atracoes/itabirito/parques/estacao-ecologica-de-aredes>.

**PARQUE NACIONAL DA TIJUCA.** INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). História do *Parque Nacional da Tijuca*. Disponível em: <https://parquenacionaldatijuca.rio/>. Acesso em: 9 dez. 2024.

**PROUS, A.** *Arqueologia brasileira.* Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1992.

**RELPH, Edward.** *Place and placelessness.* London: Pion, 1976.

**RIBEIRO, A. C.; MOTA, S. G.** A mineração e o patrimônio geológico no Quadrilátero Ferrífero: um olhar sobre a conservação. *Revista de Geociências Aplicadas*, v. 8, n. 2, p. 75-88, 2015.

**RÜHKYS, Úrsula.** *Geoparques e a musealização do território: um estudo sobre o Quadrilátero Ferrífero.* 2012, p 35 - 45. *Revista do Instituto de Geociências - USP Geologia.* USP, Publicação especial., São Paulo, v. 5, p. 35-46, outubro 2009.

**SANTOS, M.** *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.* São Paulo: Hucitec, 1996.

**SILVA, Cecília Félix Andrade; VALADÃO, Roberto Célio.** *Relevo antropogênico: mineração de ferro e a interferência humana.* Curitiba: Appris Editora, 2016.

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB.** *A visão panorâmica da geomorfologia do Brasil.* [S.l.]: SGB educa, 2024.

**SUERTEGARAY, D. M. A.** Territórios da natureza: apropriação e extinção no Brasil. *Geosp*, São Paulo, v. 2, e-213159, maio/ago. 2023. ISSN 2179-0892. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/213159>.

**TRICART, Jean.** *Ecodinâmica.* Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

**TUAN, Yi-Fu.** *Espaço e lugar: a perspectiva da experiência.* São Paulo: Difel, 1983.

**UNESCO.** *UNESCO Global Geoparks.* Paris: UNESCO, 2020.

**VIEIRA, Antônio.** O patrimônio geomorfológico no contexto da valorização da geodiversidade: sua evolução recente, conceitos e aplicação. *Revista Cosmos (Presidente Prudente – SP)*, v. 1, n. 1, p. 28-53, 2012.