

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**INVENTÁRIO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO NA ÁREA PROPOSTA PARA  
O GEOPARK BODOQUENA - PANTANAL**

Guilherme Navarro Diogo Tavares

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Boggiani

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2017/21)

SÃO PAULO  
2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**INVENTÁRIO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO NA ÁREA PROPOSTA PARA  
O GEOPARK BODOQUENA - PANTANAL**

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2017/21)

---

Guilherme Navarro Diogo Tavares

---

Prof. Dr. Paulo César Boggiani

*“Geólogos, façam parte dos nossos”,  
Kleber Cavalcante Gomes (Criolo)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Denise, que sabe que para nós, o curso de geologia foi uma grande aventura desde a matrícula. Minha companheira em todos os momentos, e a quem dedico total admiração, sendo a pessoa a quem mais tenho respeito e estimo.

Agradeço a minha irmã Gabriela por muito, mas especialmente por possibilitar que eu estudasse em um ótimo cursinho pré-vestibular durante um ano. Não fosse ela, esses cinco anos de estudo também não seriam possíveis. Eu agradeço ao meu irmão Gustavo pelos exemplos que me deu, desde criança. E também pelas ótimas viagens.

Ao longo do curso, procurei me dedicar aos estudos, mas nunca de forma alienada. Isso significou a leitura de muitos livros, sobre a maior quantidade de assuntos diferentes. Estudar as rochas e captar sua voz inenfática, o estudo da geologia como um todo, foi algo que me conquistou aos poucos, mas que agora me faz respeitar e apreciar sua longa e complexa história.

Nunca sofri da síndrome do esperto, nem esqueci quão rara é uma oportunidade dessas, a de estudar. Para isso, digo que muito me agrada algumas mudanças que se sucederam na forma de ingresso ao curso de Geologia – dos míseros pontos atribuídos pelo inclusp em 2013, agora cerca de 30% das vagas são destinadas a alunos cotistas.

Ao longo desses cinco anos, tive o privilégio de fazer ótimas amizades, assim como a de reforçar algumas antigas. Agradeço aos meus amigos de Diadema, Giglio, Júlia, Mayara, Capel, Sarah, Lessa, Felipreto, Peah, Calvin, Saboroso, Gabu, Felipe Augusto, Nat, Thai, Fred, Leo e Bieber, pelos infinitos rolês, papos, carinho e apoio.

Aos meus amigos da USP, com quem pude passar por tantos lugares e momentos juntos! Aos colegas da Grauvaca, cuja convivência frenética durante um ano foi melhor do que eu jamais poderia imaginar. À Vilma, que tanto me ajudou e com quem morei por mais um ano. Ao Creuza, que inclusive por sermos tão diferentes, nos tornamos tão amigos assim. À Pinga, querida, que desde o princípio foi a melhor companhia e amiga que tive, com quem partihei tantos cafés, risadas, pêdas, bandejões e viagens – ótimos momentos.

Agradeço ao meu professor e orientador Paulo Boggiani, sempre solícito e com ótimas ideias, fundamentais para o andamento do projeto. Por se importar com o aprendizado, pela ótima atividade de campo, conversas, piadas e cafés.

Por fim, sou grato à FAPESP, que por meio de um projeto de Iniciação Científica (Proc. FAPESP 2017/07226-5), vinculada ao Projeto Temático “Sistema Terra Neoproterozoico e a evolução da complexidade biológica” (Proc. FAPESP 2016/061146), sob a coordenação de Ricardo Trindade, foi possível a realização da essencial atividade de campo.

E parece que finalmente, então me formei, não por acaso... mas me formei durante todos esses anos e espero continuar me formando. Entrar na USP nunca foi uma obsessão, mas talvez devesse ter sido.

Tavares, G. N. D. (2017). *Inventário do Patrimônio Geológico na área proposta para o Geopark Bodoquena - Pantanal*. Trabalho de Formatura, Bacharelado em Geologia. São Paulo: Instituto de Geociências – USP.

## RESUMO

No presente trabalho de formatura, foram estudados os sítios geológicos e paleontológicos propostos para o Geopark Bodoquena-Pantanal (GBP) no Estado de Mato Grosso do Sul, em 2010, no sentido de avaliar, através da aplicação de métodos disponíveis de inventário e valoração, o seu patrimônio geológico. O GBP apresenta registro de glaciações neoproterozoicas, formações ferríferas do tipo Rapitan, excepcional ocorrência paleontológica de fósseis de animais ediacaranos, rochas bem preservadas que possibilitam estudos geoquímicos, além dos paleontológicos, que permitem entender os momentos geológicos que antecederam a Explosão Cambriana, motivo pelo qual a região é de interesse científico internacional, além do grande apelo turístico que apresenta. Dos 51 sítios de interesse geológico, 26 foram considerados geossítios, sendo 12 de relevância internacional, principalmente devido às ocorrências paleontológicas de fósseis metazoários e importância do Grupo Corumbá para estudo do Ediacarano. No presente trabalho os sítios foram distribuídos em 6 categorias temáticas, definidas de forma a representar a história geológica da região a partir de contextos geológicos definidos. A partir do inventário realizado, foi proposta a subdivisão do GBP em duas áreas, uma a norte e outra a sul, no sentido de fornecer maior identidade cultural e melhor possibilidade de gestão territorial. O presente inventário e valoração comprovam numericamente a importância científica já reconhecida da área proposta para o geoparque e, através dessa quantificação, é possível comparar com outras áreas propostas no Brasil a fim de se priorizar ações de geoconservação. A região é de grande apelo turístico, tanto pelo Pantanal, quanto pela região de Bonito, a qual existe ainda um grande potencial para implementação de ações de divulgação científica dos conhecimentos geológicos e paleontológicos.

## ABSTRACT

In the present work, geological and paleontological sites proposed to the Geopark Bodoquena-Pantanal (GBP) at the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, in 2010, there were objects of study in order to assess the geological heritage, through clear criteria determined by the inventory and assessment method of Brilha (2016). The GBP has outcrops that represents register of Neoproterozoic glaciations, Rapitan type iron formations, and exceptional occurrence of Ediacaran animal fossils, rocks very well preserved that enables geochemical studies. The paleontological register that provides important information about the geological record just before the Cambrian Explosion – cause of the international interest in the region – in addition, it has a considerable aesthetical and touristic value. Amongst the 51 sites of geological interest, 26 were considered as geosites, of which 12 with international relevance, especially because of the presence of metazoan fossils and the importance of the Corumbá Group in the study of the Ediacaran period. At the present work, the geological sites were distributed between 6 geological frameworks, defined in order to represent the geological history of the region. The inventory and quantitative assessment activity proves numerically the scientific importance, as already recognized in the area proposed to the GBP, and also, the evaluation process allowed the comparison to other geoparks proposals located in Brazil. This allows the establishment of priorities in geoconservation actions in national scale. The region has a great touristic recognition provided by the Pantanal area, but mainly by the Bonito region, which has a great potential to scientific dissemination actions of the geological and paleontological knowledge.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>1</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>2</b>
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
4.1. Contexto geológico .....	3
4.2. Patrimônio geológico e geoconservação .....	8
4.2.1. <i>A geodiversidade e conceitos relacionados</i> .....	8
4.2.2. <i>Valores e ameaças relacionadas à geodiversidade</i> .....	9
4.3. Geoparques .....	12
<b>5. HISTÓRICO DA GEOCONSERVAÇÃO NO MUNDO E NO BRASIL .....</b>	<b>13</b>
<b>6. MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
7.1. A definição das categorias temáticas .....	20
7.2. Lista de sítios de interesse geológico .....	21
7.3. Trabalho de quantificação do valor científico, educacional, turístico e do risco de degradação .....	24
<b>8. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
8.1. Valor científico.....	29
8.2. Valor educacional e turístico.....	31
8.3. Risco de degradação .....	32
<b>9. DESCRIÇÃO DE GEOSSÍTIOS E SÍTIOS DA GEODIVERSIDADE .....</b>	<b>34</b>
9.1. Sítios destacados pelo valor científico .....	34
9.1.1. <i>Geossítio S2 Corumbella/Parque Ecológico das Cacimbas (coordenadas                 UTM: 0429761/7899098)</i> .....	34
9.1.2. <i>Geossítio S3 Escadinha da XV (coordenadas UTM: 0431046/7899252)</i> ..	35
9.1.3. <i>Geossítio S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera                 (coordenadas UTM: 0542786/7695597)</i> .....	35
9.2. Sítios destacados pelo potencial de uso educativo e turístico .....	36

9.2.1. Geossítio Gruta do Lago Azul (coordenadas UTM: 0542439/7661776) ....	36
9.2.2. Geossítio S1 Parque Municipal Marina Gatass (coordenadas UTM: 0427582/7897654).....	37
9.3. Sítios não incluídos em inventários pretéritos .....	37
9.3.1 S5 Fósseis de <i>Cloudina</i> - Hotel Gold Fish (coordenadas UTM: 0435377/7899022).....	37
9.3.2. S6 Porto Limoeiro (coordenadas UTM: 0433447/7899230) .....	38
9.3.3. S7 Formação Urucum (coordenadas UTM: 0428702/7892153) .....	38
9.3.4. S8 Mineração Corcal (coordenadas UTM: 0428455/7897105) .....	39
9.3.5. S10 Porto Ladário (coordenadas UTM: 0436713/7898971) .....	39
9.3.6. S51 Mina Laginha (coordenadas UTM: 0431974/7885994) .....	39
<b>10. ANÁLISE CRÍTICA DOS LIMITES PROPOSTOS PARA O GEOPARK BODOQUENA-PANTANAL.....</b>	<b>41</b>
10.1. A delimitação atual do Geopark Bodoquena-Pantanal.....	41
10.2. Nova delimitação da área geográfica .....	42
<b>11. CONCLUSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>

## **ANEXOS**

**ANEXO A – PARÂMETROS E PONDERADORES UTILIZADOS PELO GEOSSIT**

**ANEXO B – LOCALIZAÇÃO E LISTA DOS SÍTIOS DE INTERESSE GEOLÓGICO**

**ANEXO C – LOCAIS INVENTARIADOS E INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL POR SUA CATALOGAÇÃO**

**ANEXO D – VALORES ATRIBUÍDOS A CADA UM DOS PARÂMETROS PARA CADA SÍTIO DE INTERESSE GEOLÓGICO**



## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho de formatura tem, por objetivo, o estudo dos sítios de interesse geológico da área proposta para o Geopark Bodoquena-Pantanal (GBP). A área proposta abrange a região de Corumbá (Maciço do Urucum) e Serra da Bodoquena e é conhecida pelo excepcional registro paleontológico ediacarano (fósseis metazoários mais antigos) e das mudanças globais neoproterozoicas (*Snowball Earth*), além da excepcional beleza cênica, através de cavernas e cachoeiras de tufas.

O conceito de geoparque é relativamente novo no meio das Geociências e recentemente foi oficializado como programa da UNESCO, sendo que no Brasil apenas o Geopark Araripe encontra-se integrado à *UNESCO Global Geoparks* (UGG).

Para o ingresso na UGG, os interessados submetem a proposta que é analisada com base na comprovação da excepcionalidade do patrimônio geológico e proposta de geoconservação e uso deste patrimônio em benefício da comunidade local, através do Geoturismo e outros projetos sócio-econômicos (UNESCO, 2015).

O GBP foi criado no âmbito do Governo de Estado de Mato Grosso do Sul através do Decreto Estadual n.º 12.897 de 2009 com listagem de 54 localidades, para as quais usaram a denominação geossítio.

O presente trabalho consiste no inventário do patrimônio geológico, através do método de Brilha (2016) e, a partir desse inventário, valorar os sítios originalmente propostos para o GBP e com a proposição de novas localidades a serem inseridas.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1), do Geopark Bodoquena-Pantanal (GBP), ocupa cerca de 39.000 km<sup>2</sup> e corresponde a cerca de 10% do Estado do Mato Grosso do Sul. O geoparque se localiza na porção sudoeste do estado, incluindo, de norte para sul, os municípios de Corumbá, Ladário, Aquidauana, Miranda, Porto Murtinho, Bodoquena, Bonito, Anastácio, Nioaque, Jardim, Caracol, Guia Lopes da Laguna e Bela Vista. Os municípios em questão abrangem uma população de cerca de 270.000 habitantes (IBGE, 2010). A área em questão é de grande apelo turístico, com destaque para a região de Bonito, considerada uma das principais localidades para o ecoturismo no Brasil.

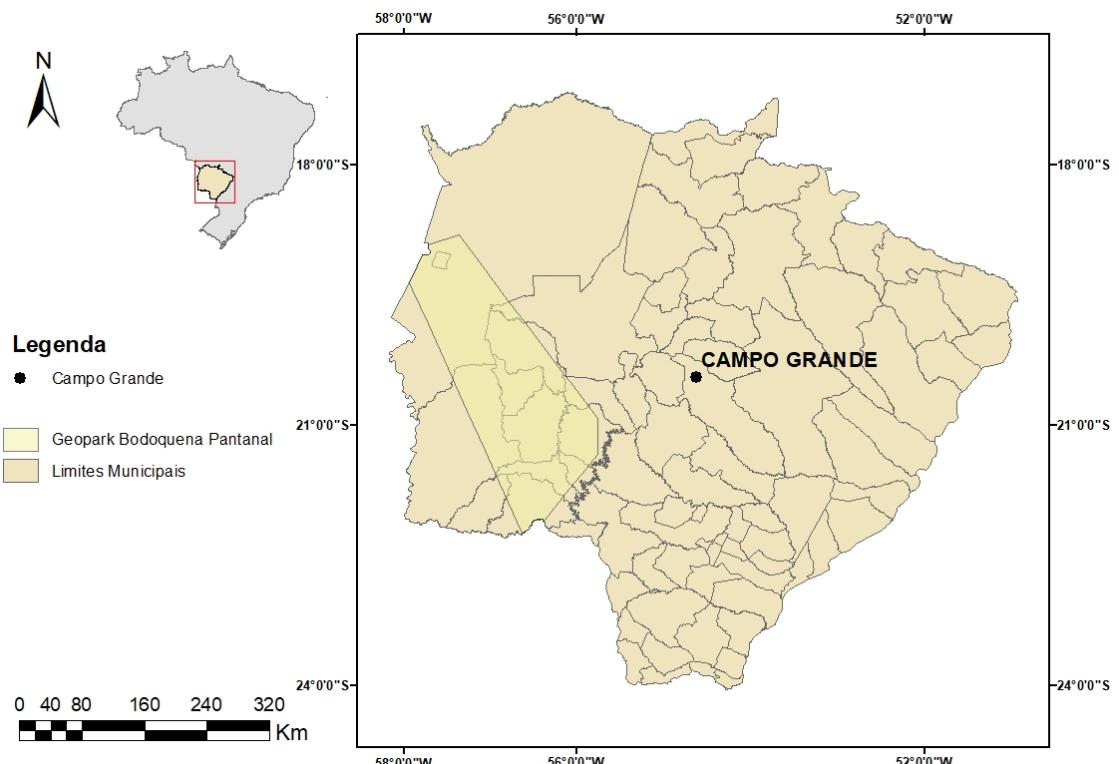


Figura 1. Localização da área de estudo, representando a área definida para o Geopark Bodoquena-Pantanal segundo o decreto normativo Nº 12.897, de 22 de dezembro de 2009. Elaborado a partir de Mato Grosso do Sul (2010).

### 3. JUSTIFICATIVA

Todas as propostas de geoparque no Brasil foram realizadas sem a sistemática prévia de inventário. A estruturação em curso do Geopark Bodoquena-Pantanal carece ainda do devido inventário dos seus geossítios, assim como sua valoração. Tais informações são essenciais para determinar o patrimônio geológico, a localidade das excepcionalidades geológicas e na proposição de novos limites ao GBP. O limite original proposto, na forma de um polígono apenas, foge da identidade cultural da área e é totalmente artificial, requerendo uma nova delimitação que permita propor, também, efetivas formas de manejo do território que, por fim, é a principal proposta de um geoparque.

A importância da geologia e paleontologia que ocorre na área de estudo tem sido crescente, tanto no meio científico internacional como no meio popular. O primeiro devido às ocorrências fossilíferas e potencial para estudos geoquímicos dos calcários da Formação Tamengo, para investigações paleoambientais e, no meio popular, em função da divulgação da proposta do geoparque na região.

No meio científico, as unidades do Grupo Corumbá, juntamente com outras de idade ediacarana de diferentes regiões no mundo, foram selecionadas para realização de projeto internacional com sondagem no âmbito do ICDP – *International Continental Scientific Drilling Program* (Condon *et al.* 2005), junto ao projeto temático “*The Neoproterozoic Earth System*

*and the rise of biological complexity*", da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Foi palco também de duas reuniões internacionais, com procura e interesse de renomados pesquisadores, justamente pela possibilidade de conhecimento dos seus afloramentos. Foram esses eventos o "*1<sup>st</sup> Symposium on Neoproterozoic-Early Paleozoic Events in SW-Gondwana - IGCP Project 478, Second Meeting, Brazil, October 2004*" e o "*Corumbá Meeting 2013 - The Neoproterozoic Paraguay Belt (Brazil):glaciation, iron-manganese formation and biota*".

Existem inúmeros exemplos de ameaça à geodiversidade, e mais especificamente ao patrimônio geológico presente na área do GBP. De forma discriminada, pode-se apontar a crescente urbanização, ou mesmo as atividades agrícolas como grandes ameaças. Porém se encontra no não reconhecimento dos diversos valores atribuídos à geodiversidade como principal ameaça – onde há o total desconhecimento da sociedade em relação à importância destes, uma vez que não há intercâmbio entre o conhecimento científico e a sociedade (Onary-Alves *et al.*, 2005).

Neste caso, os geoparques surgem como proposta integradora na conservação da natureza. Atua unindo sítios de valor natural e cultural, materiais e imateriais; não impede a ocupação do território como um todo e busca interação entre diferentes setores da sociedade – inclusive na sua gestão.

A sistemática de inventário dos sítios de interesse geológico tem sido prática crescente no meio geocientífico, e é prática obrigatória para implementação dos geoparques Brilha (2016), ou de qualquer outra estratégia de geoconservação. Para isso, é empregado o método de Brilha (2016) – o mesmo utilizado pela CPRM, na descrição e quantificação de sítios, através do aplicativo *online* Geossit.

#### **4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

##### **4.1. Contexto geológico**

A geologia da área do Geopark Bodoquena-Pantanal é representada na Figura 2 e é constituída principalmente por rochas da Província Tocantins – representando a porção meridional da Faixa Paraguai, que segundo Rolim e Theodorovicz (2012) registram boa parte das mudanças globais ocorridas no Neoproterozoico, além da presença de parte do Pantanal Sul-Matogrossense.

A Faixa Paraguai (Figura 3), de direção norte-sul, foi subdividida em interna (a oeste) e externa (a leste) por Alvarenga (1988). Os sedimentos neoproterozóicos sofreram deformações tectônicas com estruturação da Faixa Paraguai meridional, relacionada ao evento orogenético Brasiliense, tendo evoluído como um típico *fold-and-thrust belt* com vergência para oeste e noroeste (Campanha *et al.* 2011).

A evolução da Faixa Paraguai está ainda em debate e existem diferentes interpretações.

Trompette (1994) considera uma fase inicial *rift* e uma evolução para bacia de antepaís relacionada às faixas de dobramento Brasília e Ribeira. Em contrapartida, autores como Boggiani (1998) e Gaucher *et al.* (2003) consideram a formação de um oceano, consistindo, portanto, numa evolução de *rift* a margem passiva.

Em síntese, a Bacia Corumbá é composta pelo Grupo Corumbá (Almeida, 1965; Boggiani, 1998), o qual apresenta, na base, as formações Cadiueus e Cerradinho (conglomerados, arenitos e pelitos), sobrepostos por dolomitos da Formação Bocaina que por sua vez foram recobertos por sedimentos da Formação Tamango e Guaicurus – calcários com registro dos fósseis *Cloudina lucianoi* e *Corumbella werneri* e folhelhos carbonosos. Nesse contexto, a Formação Puga representaria lateralmente as formações Cadiueus e Cerradinho.

A Formação Puga é composta por conglomerados polimíticos (diamictitos), com matriz mal selecionada pelítica a arenosa, além de clastos de dimensões milimétricas a métricas, de quartzo, quartzitos, calcários, gnaisses, granitos e anfibolitos (Campanha *et al.*, 2011).

Autores como Alvarenga e Trompette (1992) e Figueiredo *et al.* (2008) fazem referências a duas glaciações que teriam registro nos diamictitos (Formação Puga) que ocorrem na Faixa Paraguai e na cobertura cratônica. O primeiro autor faz referência à Glaciação Criogeniana Superior – Marinoana, enquanto o segundo faz referência a uma glaciação no período Ediacarano (Formação Serra Azul).

Na porção meridional da Faixa Paraguai, sobre os diamictitos da Formação Puga, ocorrem rochas carbonáticas do Grupo Corumbá. A Formação Bocaina é caracteristicamente dolomítica e com importantes ocorrências de fosforito próximas ao topo (Boggiani, 2010), seja do ponto de vista econômico ou científico.

Conforme Campanha *et al.* (2011), a ocorrência de estruturas estromatolíticas e de oóides é comum na Formação Bocaina, além de descrever a ocorrência de brechas que perfazem o contato com a Formação Tamengo, com seixos angulosos de dolomitos brancos silicosos e de fosforitos – que podem ser oriundos da própria Formação Bocaina.

A Formação Tamengo teria sido depositada sob condições transgressivas (Boggiani, 2010). Segundo Campanha *et al.* (2011) é composta por calcários calcíticos com frequentes intercalações pelíticas.

No topo da estratigrafia do Grupo Corumbá há a Formação Guaicurus, composta por pelitos, com ocorrências de marga e calcários (Campanha *et al.*, 2011).

No Maciço do Urucum há a ocorrência do Grupo Jacadigo. Esse possui contatos predominantemente tectônicos com o Grupo Corumbá (Boggiani, 2010). Fora subdividido por Dorr II (1945) em Formação Urucum, Formação Córrego das Pedras e Formação Banda Alta. Nas formações superiores há a ocorrência de sedimentos químicos, assim como de

formações ferríferas. Segundo Boggiani (2010), o modelo proposto por Kirschvink (1992) de *Snowball Earth* seria uma explicação para a presença das formações ferríferas no Grupo Jacadigo, bem mais recentes que as relacionadas ao GOE (Grande Evento de Oxidação).

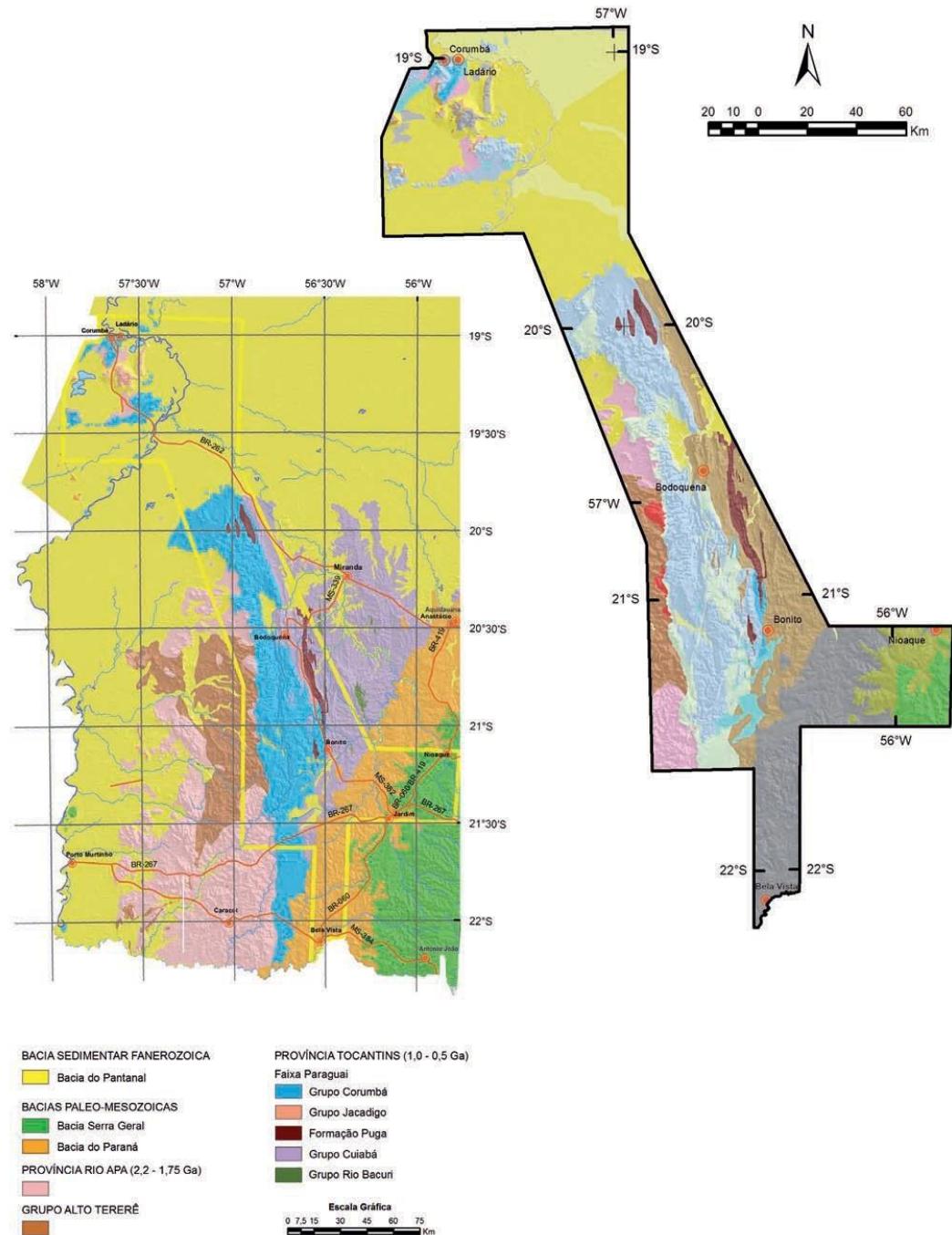


Figura 2. Mapa Geológico representando a área proposta do Geopark Bodoquena-Pantanal. Extraído de Rolim e Theodorovicz (2012), compilado e modificado de Lacerda Filho *et al.* (2006).

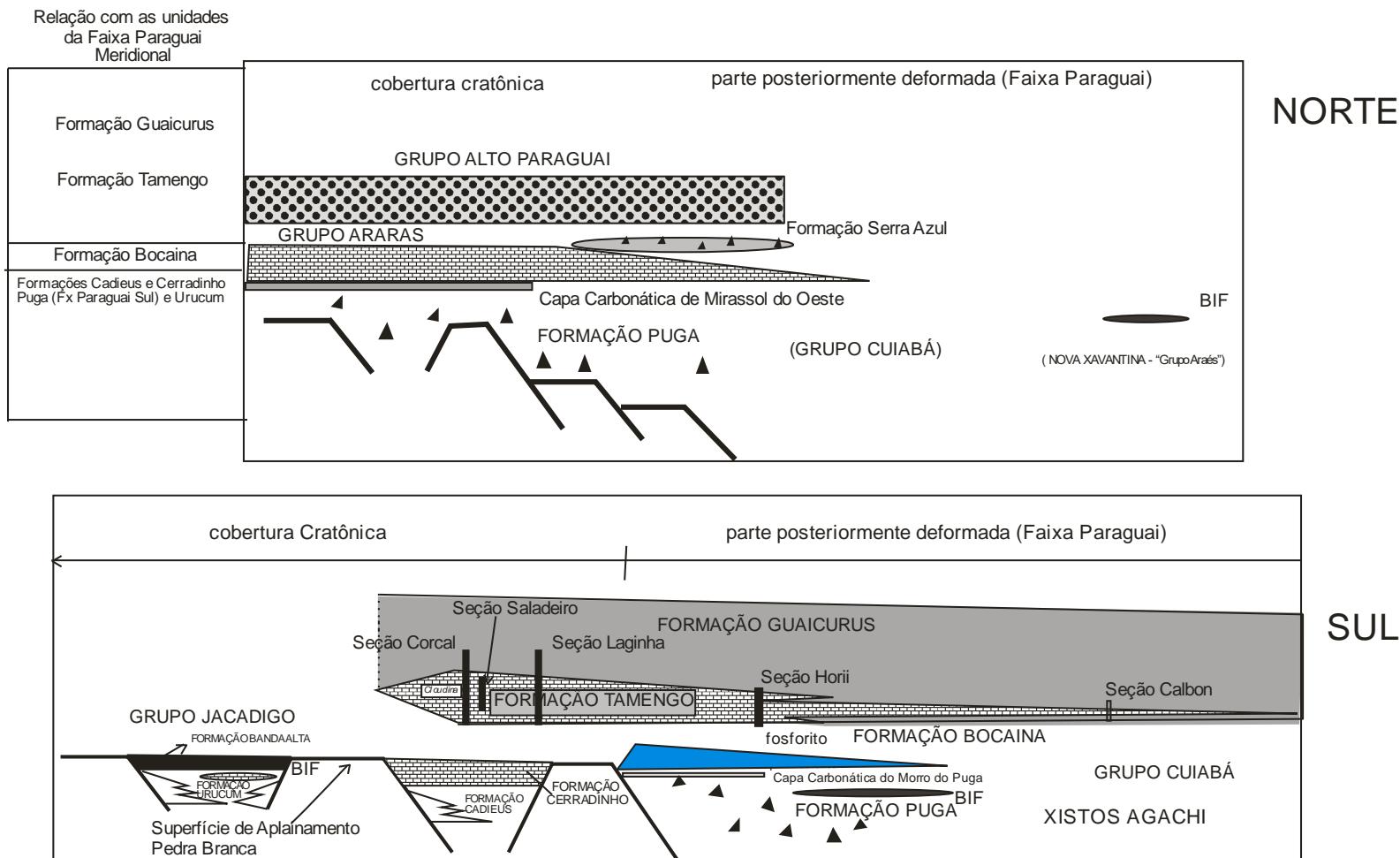


Figura 3. Relações estratigráficas entre as unidades da porção norte e sul da Faixa Paraguai , desconsiderando os dobramentos e falhamentos inversos que ocorrem a leste (Extraído de Boggiani, 2010).

À geologia neoproterozoica, acrescenta-se a evolução Cenozoica, relacionada à constituição da paisagem atual, com a formação da planície do Pantanal e do relevo cárstico da Serra da Bodoquena.

Em relação à Bacia do Pantanal, constitui-se numa planície na porção oeste do Estado de Mato Grosso do Sul. Sua área é vasta, e parcialmente contemplada pelo Geopark Bodoquena-Pantanal.

Representa uma área deprimida, cujas altitudes mínimas estão em torno de 80 metros acima do nível do mar. É delimitada por diferentes planaltos e serras, destaca-se a sul o Planalto da Bodoquena, a norte pela Serra das Araras, a leste o planalto Maracaju-Campo Grande e a oeste as Morrarias do Urucum-Amolar.

A área representa o registro das mudanças climáticas durante o Quaternário da região, reconhecido desde os primeiros estudos realizados por Almeida (1945).

Em relação ao preenchimento sedimentar Quaternário, segundo Assine (2004), apresenta na base arenitos grossos e conglomerados enquanto em direção ao topo ocorre um afinamento na granulometria, denominado como Formação Pantanal.

Quanto ao preenchimento sedimentar atual, esse é condicionado por diversos rios e seus leques aluviais, destacando-se o megaleque do Rio Taquari, com cerca de 250 km de diâmetro (Assine, 2004). É peça chave para o entendimento da evolução climática da área o chamado Pantanal da Nhecolândia, esse perfaz a parte sul do Pantanal Sul-Matogrossense e nordeste do Geopark Bodoquena-Pantanal. É composto por lagoas de diversas formas, além de química e biologia variáveis, que remetem a interação entre processos geológicos, biológicos e climáticos. (Almeida *et al.*, 2006).

Nas regiões circundantes às depressões do Pantanal Sul-Matogrossense, destacando-se a Morraria do Urucum e o Planalto da Bodoquena, ocorrem as formações Xaraiés e Serra da Bodoquena. A primeira foi definida por Almeida (1945), a qual além de ocorrer na Morraria do Urucum e no Planalto da Bodoquena, também é registrada sobre a planície de inundação do Rio Miranda e na Serra das Araras (Oliveira *et al.*, 2009).

O trabalho de Oliveira *et al.* (2009) considerou, da base para o topo, as calcretes, os micríticos e as tufas calcárias como pertencentes à Formação Xaraiés. Porém, Sallun Filho *et al.* (2009) propuseram a segregação da Formação Serra da Bodoquena a partir da Formação Xaraiés.

Segundo Sallun Filho *et al.* (2009), a Formação Xaraiés restringiria-se as calcretes. A nova formação seria composta pelas tufas atuais e antigas, além dos depósitos micríticos, em geral mais jovens que a Formação Xaraiés.

## 4.2. Patrimônio geológico e geoconservação

### 4.2.1. A geodiversidade e conceitos relacionados

O conceito de geodiversidade foi estabelecido na década de 1990, num contexto onde a conservação da natureza é visto, ainda, como sinônimo de conservação da biodiversidade (Pemberton, 2000; Sharples, 2002; Gray, 2004).

A situação é enfatizada por Gray (2004), segundo o qual muitas organizações internacionais, que utilizando o termo geral conservação da natureza, aparentemente utilizam essa denominação como sinônimo de conservação da vida selvagem, em detrimento dos aspectos geológicos. O que é enfatizado por Pemberton (2000): “Agências de conservação da natureza e governos (...), tendem a enfatizar a necessidade da conservação da biodiversidade enquanto virtualmente ignoram a fundação geológica no qual isso se constrói e evolui.”.

Pemberton (2000) justifica tal panorama alegando que a maioria dos cientistas da Terra são treinados e empregados por indústrias extrativistas e que se envolver com conservação poderia ser visto por alguns como contrário aos objetivos da profissão. O autor também destaca a ausência de cientistas da Terra com conhecimentos referentes a estratégias e políticas de conservação, porém há de se destacar o surgimento de cursos e criação de disciplinas de graduação referentes à educação ambiental e geociências, além de cursos de pós-graduação focados na geoconservação.

Nesse contexto, sabe-se que o processo de delimitação de áreas protegidas possui comumente como objetivo fundamental a proteção da biodiversidade; sendo assim negligenciados os elementos geológicos. De forma alternativa, o conceito de geoparque surge como ferramenta importante na prática da conservação do patrimônio geológico presente na geodiversidade.

O conceito de geodiversidade foi usado por Sharples (2002) como variedade ou diversidade geológica (substrato rochoso), geomorfológica (formas de relevo), solos, assembleias, sistemas e processos.

Posteriormente, Gray (2004) definiu geodiversidade como abrangência natural (diversidade) de elementos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, processos) e do solo e inclui assembleias, correlações, propriedades, interpretações e sistemas.

No contexto brasileiro, a definição da CPRM de 2006 é mais abrangente (Silva, 2008), e considera os valores atribuídos a geodiversidade, onde natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores

intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico.

Brilha (2016) alerta que, ainda hoje, a utilização de diferentes conceitos relacionados à geodiversidade é equivocada. De forma objetiva, Sharples (2002) esclarece os principais, que podem ser relacionados entre si de acordo com a Figura 4.

- Geodiversidade: a qualidade do que se pretende conservar;
- Geoconservação: o esforço para conservar a geodiversidade;
- Patrimônio Geológico: exemplos concretos de elementos da geodiversidade que apresentam necessidade significativa de conservação.

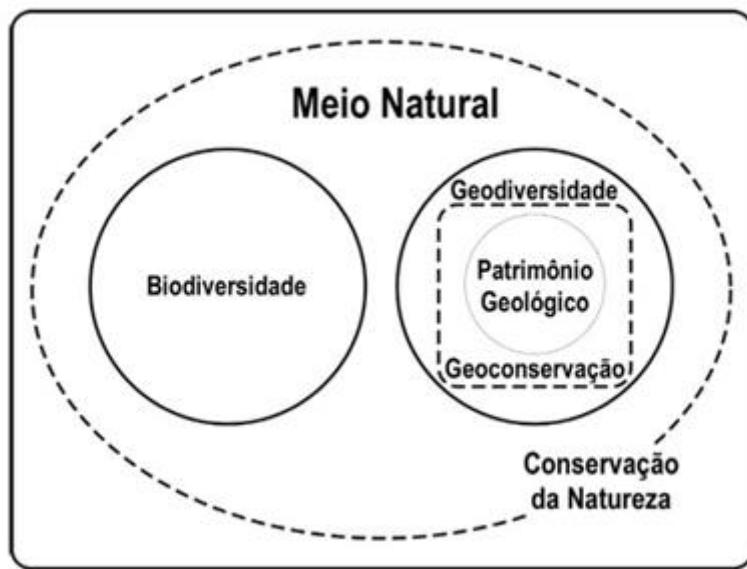


Figura 4. Relação entre patrimônio geológico, geoconservação e geodiversidade no contexto da conservação da natureza (Extraído de Pereira, 2010).

Sharples (2002) destaca a geodiversidade como sendo detentora de importantes elementos e processos sensíveis às atividades humanas, e Pemberton (2000) ressalta que alguns desses elementos, que representam o registro histórico do planeta, foram formados em condições diferentes das atuais – sejam climáticas ou geológicas, não mais ativas – e são, portanto, insubstituíveis.

#### 4.2.2. Valores e ameaças relacionadas à geodiversidade

A necessidade de proteção da geodiversidade se faz devido aos diferentes valores reconhecidos e das ameaças naturais e antrópicas existentes. Tais valores diferem principalmente a partir da perspectiva no momento de sua atribuição. Considera-se também a inviabilidade de preservação de tudo que perfaz a geodiversidade.

A tendência atual é valorar o patrimônio geológico que compõe a geodiversidade, tendo em mente que se considera patrimônio geológico apenas o que é raro e excepcional. Essa diferenciação se sucede por meio de métodos de valoração, numa tentativa de quantificar esses valores e estabelecer comparações.

Alguns importantes métodos, recentemente desenvolvidos, para valoração dos elementos da geodiversidade, é o de Pereira (2010) e o de Brilha (2016). O primeiro baseia-se no valor científico, educacional, turístico e o de uso/gestão; enquanto Brilha (2016) restringe a avaliação ao valor científico, educacional e turístico.

Ambos os métodos descritos acima podem ser aplicados em diferentes situações, com diferentes abordagens, mas ambos precedem estratégias de gestão territorial – inclusive a implementação de geoparques. Possibilita, dessa forma, a conservação da geodiversidade como provedora de conhecimento científico, como fonte de recursos, de seu papel ecológico, ferramenta educacional, etc.

Os métodos de valoração já citados abordam de forma individual e diferente a utilização de valores para a geodiversidade, favorecendo alguns em detrimento de outros. Sharples (2002) empenha-se num debate crítico sobre a geoconservação e do papel e importância desempenhado por esses valores, além de dividi-los em categorias, separadas de acordo com o valor intrínseco, ecológico ou antropocêntrico.

O autor destaca a presença do valor antropocêntrico, também chamado de valor centrado nos humanos, como o mais comumente utilizado para justificar as estratégias de conservação, pela mais fácil compreensão e aceitação – porém reitera que esse possui igual importância em relação ao valor intrínseco ou ecológico. Ao fazer tal distinção, coloca-se em conjunto a importância científica, educacional ou turística dos sítios.

Quanto ao valor ecológico, este remeteria ao papel ecológico da geodiversidade, não só pelos processos geológicos ou geomorfológicos, mas também na formação de solos e manutenção dos processos biológicos que dependem do meio físico. E sugere a utilização desse conceito na integração entre a geoconservação e a conservação da natureza de forma ampla, por demonstrar a dependência entre a biodiversidade e a geodiversidade.

Em relação ao valor intrínseco, Sharples (2002) explicita que se constitui na rejeição da visão antropocêntrica, implicando de que não é necessária a aprovação humana para justificar a contínua existência da geodiversidade sem perspectivas utilitárias.

Brilha (2005) baseou-se na classificação de Gray (2004), que expandiu a quantidade de categorias para seis diferentes ramos, representados no Quadro 1: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educativo.

Ao considerar a geoconservação como um esforço para se conservar a geodiversidade, ou seja, a proteção dos elementos naturais abióticos assim como seus processos formadores e modificadores, há de se considerar a vastidão da mesma. É inimaginável conceber uma adequada proteção da geodiversidade sem a determinação do patrimônio geológico, tornando assim essenciais as atividades de inventário e valoração.

Ambas atuam, portanto, como atividades conciliadoras, que não estipulam ações extremas que impactariam de forma drástica as atividades econômicas mas que ao mesmo

tempo promovem a proteção do patrimônio geológico.

De forma a compreender e determinar as ameaças à geodiversidade, essas podem ser divididas entre oriundas de atividades induzidas pelo ser humano ou naturais. Autores como Pemberton (2000) e Brilha (2005) ressaltam a impressão vigente perante os elementos abióticos da natureza como robustos, extensos e resistentes; tal visão desestimula as atividades de geoconservação, além de não se consolidar como afirmação verdadeira em inúmeras situações, tendo em vista os diversos aspectos da geodiversidade de fragilidade extrema.

Quadro 1. Valores da geodiversidade apresentados por Brilha (2005).

Valor	Significado
<b>Intrínseco</b>	É possivelmente o mais subjetivo. De difícil quantificação e intimamente ligado com as perspectivas filosóficas e religiosas de cada sociedade e cultura.
<b>Cultural</b>	Quando se reconhece uma forte interdependência entre o ser social, cultural e/ou religioso e o mundo físico que o rodeia.
<b>Estético</b>	A atribuição de tal valor é também subjetiva. Constitui-se no valor atribuído as paisagens naturais do ponto de vista estético.
<b>Econômico</b>	Valor de fácil compreensão, referente ao valor econômico da geodiversidade, como os recursos minerais.
<b>Funcional</b>	Valor de difícil quantificação e que pode se referir a geodiversidade <i>in situ</i> , de caráter utilitário para o ser humano; ou pode se referir ao valor da geodiversidade enquanto substrato para a sustentação dos sistemas físicos ecológicos na superfície terrestre.
<b>Científico e educativo</b>	Valor de fácil assimilação e quantificação. Cientificamente refere-se às investigações possíveis referentes às Ciências da Terra e seu ensino.

Segundo Gray (2004), algumas das atividades antrópicas degradantes seriam a agricultura, urbanização e desvios de cursos d'água. A influência dessas atividades nos processos geológicos é evidente, seja numa visão pontual em escala de afloramentos a modificações nos processos geológicos.

De forma relacionada, determinadas atividades podem se comportar de maneira ambígua: a construção de estradas ou obras de corte podem tanto expor feições previamente inacessíveis como remover feições de valor excepcional. Assim como a mineração, responsável por prover acesso a diversos aspectos geológicos e pela destruição de formas de relevo, registro fossilífero, contaminação dos cursos de água, etc.

O turismo desprovido de plano de manejo e infraestrutura adequados pode, igualmente, promover a degradação do patrimônio geológico, especialmente ao tratar-se de elementos vulneráveis.

Sharples (2002) se aprofunda na questão da sensibilidade da geodiversidade e emprega o termo “vulnerabilidade”, que seria referente à possibilidade de degradação de tal feição, processo ou sistema. Dessa forma, exemplifica que os elementos da geodiversidade podem ser classificados quanto ao seu “grau de sensibilidade”. Sendo assim, em prol de realizar essa determinação, deve ser novamente destacada a importância do inventário e valoração do patrimônio geológico; assim é possível destacar quais são as feições mais suscetíveis e que requerem um maior grau de atenção e conservação.

#### **4.3. Geoparques**

Os geoparques surgem no final dos anos 90 como forma de se atingir o desenvolvimento sustentável através de uma visão holística e inovadora, que inclua a proteção do patrimônio geológico e outros aspectos naturais. O surgimento dessa forma de território é relacionável com a Carta de Digne, aprovada em 1991, que serve como fundamento para os geoparques (Jones, 2008).

O envolvimento da UNESCO se deu através da Divisão de Ciências da Terra. Em 2004 surge a *Global Geoparks Network* (GGN), rede que promove o desenvolvimento de atividade conjuntas entre seus membros, inicialmente formados por 17 geoparques localizados na Europa, vinculados à *European Geoparks Network* (EGN), e 8 geoparques chineses (*Chinese Geoparks Network*) (Brilha, 2005). Atualmente, mesmo que de forma desigual, existem 127 geoparques reconhecidos pela UNESCO, distribuídos por 35 países<sup>1</sup>.

Para integrar a rede global de geoparques da UNESCO (UNESCO, 2015), o entendimento é a de que esse seria um território único, com uma área geograficamente unificada onde sítios e paisagens de significância geológica internacional são manejados com uma abordagem holística do conceito de educação, proteção e desenvolvimento sustentável. Deve possuir um limite claramente definido, de tamanho adequado para desempenho de suas funções e conter patrimônio geológico de significância internacional que deve ser verificado por um grupo de cientistas independentes.

Sendo assim, para que um território torne-se um geoparque no âmbito da UNESCO é necessário que esse aplique a sua candidatura, seguindo os procedimentos presentes no estatuto da IGGP (*International Geoscience and Geoparks Programme*) – uma cooperação entre a IUGS (*International Union of Geological Sciences*) e a *UNESCO Global Geoparks*

---

<sup>1</sup> Informações obtidas por meio da página *online* da UNESCO: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/> Acesso em: 20 de setembro de 2017.

(UGG).

São estabelecidos 13 critérios que devem ser atendidos, esses fazem considerações sobre a definição de um geoparque global da UNESCO, sobre as atribuições do conselho gestor, esclarecimentos quanto à relação entre a comunidade local e todas as partes interessadas no geoparque. Tais critérios devem ser considerados no dossiê de candidatura. Deve também ser demonstrado que a área já funciona de fato como um geoparque há pelo menos um ano.

É necessário destacar que qualquer proposta inicial de geoparque requer que seja realizado de forma prévia um inventário e avaliação quantitativa da geodiversidade e do patrimônio geológico. A fim de que se prepare um território para este seja um geoparque, Brilha (2016) defende que deve ser realizado um inventário do valor científico e do risco de degradação dos geossítios, assim como fazer uma avaliação quantitativa do potencial de uso turístico e educativo destes. Assim, o autor expõe uma importante ferramenta que determina prioridades num plano de geoconservação para qualquer geoparque.

## 5. HISTÓRICO DA GEOCONSERVAÇÃO NO MUNDO E NO BRASIL

O patrimônio geológico representa o registro da história da Terra e seus processos modificadores. Constitui-se, portanto, em uma parcela da geodiversidade, representada por locais onde determinadas feições foram originalmente descritas, ou que explicitem processos de forma extremamente clara.

Na prática, podem ser sítios que possuem valor científico, educacional ou turístico/estético, cuja importância para o entendimento desse registro estimula a necessidade de proteção. O patrimônio geológico não é restrito a valores diretamente relacionados ao uso humano, mas também ao valor intrínseco que possuam ou papel ambiental que exerçam.

Quanto aos processos modificadores, esses são de importância significativa para os ecossistemas atuais. Sharples (2002) destaca que um dos objetivos da geoconservação é a manutenção da velocidade e intensidade da evolução natural dos processos geológicos e geomorfológicos. Alguns exemplos desse tipo de conservação seriam os processos modificadores e formadores de relevo, incluindo os sistemas cársticos, costeiros e fluviais – contemplando a dinâmica de sedimentos e os processos erosivos naturais.

Segundo Gray (2004), a Geoconservação se faz presente desde o século XIX em países como Escócia, Alemanha e Estados Unidos, sendo marco histórico na preservação de elementos abióticos da natureza, ações como:

- 1836: criação da reserva natural de Siebengebirge, na Alemanha.
- 1872: inauguração do Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos.

- 1880 e 1887: Preservação de sítios geológicos específicos em duas localidades da Escócia, respectivamente em Edimburgo (*Agassiz Rock Striation*) e Glascow (*Fossil Grove Carboniferous*).

A partir dessas ações pioneiras, durante o século XIX, ocorreu uma pluralidade e expansão das ações de geoconservação. De forma relacionada ao tema em questão, no Brasil, remete-se primeiramente à criação do IPHAN em 1937 e suas ações de conservação de aspectos geológicos, mesmo que de forma associada a bens históricos ou paisagísticos.

O papel da UNESCO em relação ao patrimônio mundial, seja ele natural ou cultural, começou a ser traçado em 1972, onde estabelece as diretrizes que especificam a necessidade de proteção do patrimônio natural e dos seus elementos abióticos.

O conceito de Paisagem Cultural, igualmente introduzido pela UNESCO, em 1992, é atualmente definido como: “As paisagens culturais são bens culturais e representam as «obras conjugadas do homem e da natureza» a que se refere o artigo 1º da Convenção. Ilustram a evolução da sociedade e dos povoamentos ao longo dos tempos, sob a influência de constrangimentos físicos e/ou das vantagens oferecidas pelo seu ambiente natural e das sucessivas forças sociais, económicas e culturais, internas e externas” (UNESCO, 2008).

Em território nacional, tal conceito é adotado (Portaria IPHAN nº 127/2009) de forma a preencher uma lacuna nos mecanismos legais de preservação. O que era antes protegido devia assim se suceder após ser classificado como patrimônio cultural ou por patrimônio natural. Porém, a interação entre aspectos naturais e culturais, materiais e imateriais, é comum e indissociável – a chancela Paisagem Cultural Brasileira contempla tal classificação.

A Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) foi estabelecida em 1997, pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e é representada por inúmeras instituições, parte delas diretamente relacionadas às ciências da terra. Porém, destaca-se novamente a presença do IPHAN, instituição responsável pelo tombamento e preservação de sítios geológicos, mesmo que previamente a criação da SIGEP.

A SIGEP desempenha no Brasil o papel de inventariar sítios geológicos de excepcional valor. Tal trabalho é realizado em consonância com o que ocorre em outras regiões do globo – sob coordenação da IUGS, cujo objetivo principal é fomentar a lista global de geossítios do *Global Geosites Working Group* (GGWG).

As ações listadas acima foram pontuadas por Burek e Prosser (2008), e por Pereira (2010) esclarecendo o panorama nacional e internacional acerca da geoconservação:

- 1937: criação do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN), posteriormente denominado Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Órgão nacional voltado para a proteção do

patrimônio cultural do Brasil, por meio da Lei 378/1937.

- 1950: criação da RIGS (*Regionally Important Geological/Geomorphological Sites*) – consolidando as leis britânicas relacionadas à conservação da natureza.
- 1972: Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, durante a 17<sup>a</sup> Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura – realizada em Paris. Distinção entre patrimônio cultural e natural, que fora definido considerando-se as formações físicas ou biológicas, incluindo, portanto, as formações geológicas e fisiográficas (Boylan, 2008).
- 1991: Realização do 1º Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico em Digne, na França. Elaboração da Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra.
- 1992: Durante a 16<sup>a</sup> sessão do Comitê do Patrimônio Mundial, organização responsável por listar os bens do patrimônio mundial, foi incluído o conceito de Paisagem Cultural – substituindo o antagonismo entre patrimônio cultural e natural, vigente desde 1972.
- 1993: Criação da PROGeo – *European Association for the Conservation of the Geological Heritage* a partir do *European Working Group for Earth Science Conservation*. Associação responsável pela promoção da geoconservação em território europeu.
- 1997: Criação da SIGEP – Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos.
- 2000: Criação da *European Geoparks Network* (EGN), inicialmente formada por quatro membros fundadores: *Réserve Géologique de Haute-Provence* (França), *Petrified Forest Lesvos* (Grécia), *Maestrazgo Cultural Park* (Espanha) e *Vulkaneifel European Geopark* (Alemanha).

O não desenvolvimento da conservação no âmbito das ciências da Terra no mesmo ritmo do que ocorreu nas ciências biológicas é devido, segundo Sharples (2002), à formação profissional de geólogos não ser ligada à geoconservação, e sim a outras atividades – algumas delas extrativistas. Outras motivações podem estar relacionadas à ausência da abordagem de conteúdos básicos das geociências no ensino formal, culminando numa incompreensão do patrimônio geológico e tornando irrelevantes quaisquer medidas de conservação.

No sentido contrário, há de se considerar que cursos de licenciatura voltados às geociências (como ocorre no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo) e o

surgimento do único curso de pós-graduação do Brasil voltado ao ensino e história das ciências da Terra (Universidade Estadual de Campinas, no interior de São Paulo), e os instrumentos legais desenvolvidos para a geoconservação podem auxiliar numa visão integradora da conservação da natureza.

De acordo com essa visão integradora, sustentada pelo conceito paisagem cultural e pela necessidade de conservação do patrimônio geológico, ocorreram as primeiras iniciativas europeias e chinesas na consolidação dos geoparques.

Esses compõe uma extensão lógica da Lista Global de Patrimônio Geológico (Gray, 2004). Além disso, incluem sítios de valor científico (geológico, arqueológico, paleontológico, etc.), histórico, artístico e até mesmo literário. Sua gestão deve ser compartilhada entre o poder público, iniciativa privada e sociedade civil, sendo assim um instrumento que visa o desenvolvimento sustentável, favorecendo atividades econômicas e incluindo comunidades da área do geoparque.

- 2004: Fundação da *Global Network of National Geoparks* (GGN), no âmbito da UNESCO.
- 2006: Criação do Geopark Araripe – o primeiro do continente americano a ser incluso na GGN.
- 2009: Criação do Geopark Bodoquena-Pantanal, através do Decreto Normativo n.º 12.897.

Na primeira década do século XXI ocorreu uma disseminação dessa nova forma de gerir territórios. No Brasil foram desenvolvidas propostas de geoparques em todas as regiões do país, onde o Geopark Araripe, no Ceará, é o maior expoente dessa iniciativa – fora o primeiro da América a compor a GGN. Vale ressaltar que o Geopark Bodoquena-Pantanal fora instituído através de um decreto estadual, e até o presente momento não possui a chancela da UNESCO.

Por fim, o desenvolvimento da *Global Network of National Geoparks* (GGN), em 2004, integrando cerca de 111 geoparques distribuídos por 32 países (Brilha, 2016), consolidou a presença dos geoparques como uma ferramenta no âmbito da geoconservação.

## 6. MÉTODOS

O inventário do patrimônio geológico se sucede, segundo diferentes autores, como Brilha (2005) e Lima (2008), sendo uma atividade necessária na tarefa de proteção desse patrimônio. O novo método proposto por Brilha (2016) renova alguns critérios utilizados na atividade, além de argumentar que uma quantidade muito extensa de variáveis não diminui a subjetividade da avaliação, mas que essa pode ser diminuída ao se privilegiar o valor científico.

Inicialmente, no método desenvolvido por Brilha (2016) para inventário de geossítios

e sítios da geodiversidade, adotado pelo Serviço Geológico do Brasil através da plataforma online Geossit, subdivide a diversidade natural em geodiversidade (abiótico) e biodiversidade (biótico). No meio abiótico realiza-se a separação entre patrimônio geológico – sítios com alto valor científico – e Geodiversidade, lugares ou elementos que possuam outros valores para a sociedade, como uso educacional, turístico ou um valor cultural. No caso do patrimônio geológico, parte-se do princípio de que o geossítio é de relevância nacional ou internacional, pois não haveria uma ciência restrita ao município ou à região (Brilha, 2016).

Uma das questões consideradas por Brilha (2016) foi a realização do inventário em pequena ou grande escala. As áreas que seriam pequenas teriam até 3.000-4.000 km<sup>2</sup>, e fazendo essa distinção é possível realizar adaptações nas diferentes etapas do processo. Como a área de estudo atual excede o limite de 4.000 km<sup>2</sup>, serão apenas consideradas as etapas como foram originalmente definidas para áreas extensas.

Para os geossítios com alto valor científico, a primeira etapa definida por Brilha (2016) consiste numa revisão bibliográfica focada nos aspectos geológicos com o apoio de pesquisadores que conheçam a região; é importante subdividir a região segundo contextos geológicos de forma aceita pela comunidade científica – as chamadas categorias temáticas. O produto dessa etapa inclui o desenvolvimento de uma lista com possíveis geossítios, não deixando de consultar todas as tentativas de inventário já desenvolvidas na área de estudo.

O segundo passo é a realização do trabalho de campo para avaliar os locais de interesse presentes na lista previamente elaborada, além de encontrar e avaliar possíveis novos geossítios. Ainda durante o trabalho de campo, todos os locais de interesse devem ser avaliados segundo os seguintes critérios: representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico.

Na terceira etapa, Brilha (2016) indica que parte dessa atividade também pode ser realizada durante o trabalho de campo, com o preenchimento dos seguintes dados: Nome do local de interesse, localização geográfica, proprietário da área (público ou privada), proteção legal (se houver), acessibilidade, fragilidade e vulnerabilidade, descrição geológica, as mais marcantes características geológicas que justificam a necessidade de considerar a ocorrência do sítio, à qual categoria temática o sítio pertenceria e se há eventuais limitações para o uso científico.

A avaliação do valor científico (V.C.), que se dá por meio de 7 critérios que estão apresentados no Anexo A, e do risco de degradação (R.D.) constituem a quarta etapa do trabalho.

No caso de sítios geodiversos, sem alto valor científico, mas portadores de potencial educacional ou turístico, esses devem ser avaliados de outra maneira. A lista com sítios em potencial deve ser desenvolvida com consulta a outro tipo de bibliografia, que inclua

websites e panfletos, por exemplo. Segundo Brilha (2016), a atividade de campo deve se suceder da mesma forma, com avaliação do valor educacional (V.E.) e do valor turístico (V.T.).

A avaliação do valor educacional deve considerar o potencial didático, a diversidade da geologia, acessibilidade e segurança; enquanto a avaliação do valor turístico deve se limitar à paisagem, potencial interpretativo, acessibilidade e segurança. O produto dessa etapa deve ser uma lista final de sítios da geodiversidade, e deve ser obtido junto à atividade de campo.

O método de avaliação quantitativa do potencial de uso educacional ou turístico é posto em prática por meio de 12 critérios no primeiro caso e 13 critérios no segundo caso, igualmente apresentados no Anexo A.

Uma particularidade desse processo de inventário seria o seu uso como ferramenta para pleitear a inclusão de determinadas áreas na *Global Network of National Geoparks* (GGN), projeto estabelecido no âmbito da UNESCO em parceria com a *International Union of Geological Sciences* (IUGS).

Sendo assim, Brilha (2016) indica cinco ações que envolvem o método já descrito de inventário: a) inicia-se com descrição da diversidade geológica e geomorfológica que corresponda ao território em questão; b) o inventário dos geossítios com avaliação de seu valor científico e do risco de degradação; c) a avaliação do potencial de uso educacional e turístico dos geossítios; d) inventário dos sítios geodiversos, de valor turístico ou educacional; avaliação quantitativa do potencial educacional e turístico, além de avaliação do risco de degradação desses sítios geodiversos. O autor ainda reitera a importância desse inventário no plano de conservação realizado pelo geoparque ou mesmo por qualquer outra forma de conservação da área.

A utilização do método de Brilha (2016) foi facilitada por meio do aplicativo Geossit, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e disponível desde 2014. Nele é possível, de forma pública, consultar livremente os geossítios e sítios da geodiversidade cadastrados. O cadastro através do aplicativo é realizado após uma solicitação de acesso à CPRM por meio da própria plataforma.

A principal mudança realizada pela CPRM em relação ao método de Brilha (2016) é a definição das prioridades de proteção. É utilizada a metodologia de García-Cortéz e Cercavilla Urquí (2009) de forma adaptada. Sendo assim, o valor do risco de degradação somado ao valor de interesse global “ $Ig$ ” ( $Ig = (Ic + Id + It)/3$ ) define a prioridade de proteção, considerando-se que “ $Ic$ ” seria o interesse científico, “ $Id$ ” o didático e “ $It$ ” o turístico.

Quanto mais alto o valor obtido, mais urgente deve ser a ação de proteção, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2. Classificação utilizada pelo Geossit, adaptada da metodologia de García-Cortéz e Cercavilla Urquí (2009).

Valor de Interesse (Ig, Ic, Id ou It) + Risco de Degradação	Prioridade de Proteção
0 ≤ soma ≤ 300	Em longo prazo
300 < soma ≤ 550	Em médio prazo
550 < soma ≤ 750	Em curto prazo
750 < soma ≤ 800	Urgente

O novo método é proposto num artigo de revisão de Brilha (2016), e considera os problemas de escala na realização desses inventários, assim como novos procedimentos de avaliação do risco de degradação, integrando o processo ao programa da UNESCO em parceria com a *International Union of Geological Sciences* (IUGS) de geoparques globais.

A escolha do método de Brilha (2016), através do Geossit, coloca-se em prol de uma uniformização dessas atividades no Brasil, e criação de um banco de dados em comum. Além disso, outros métodos atuais de avaliação quantitativa do patrimônio geológico como o de Pereira (2010) tendem a atingir resultados que não destoam significativamente dos obtidos pelo método de Brilha (2016) (Reverte e Garcia, 2016).

## 7. RESULTADOS

De acordo com o método de Brilha (2016), que abarca os passos iniciais numa estratégia de conservação, coloca como primordial a definição de quatro questões: a temática, o valor, a escala e o uso.

O tópico definido preteritamente à realização do inventário é que se deve incluir sítios que representem a geodiversidade como um todo. É necessário que se inclua sítios relacionados aos diversos tópicos da geologia, uma vez que o seu uso é direcionado à promoção do GBP e suas atividades.

Os valores a serem considerados são os abarcados pelo método de Brilha (2016), que se resumem ao valor científico, valor educacional e valor turístico.

É essencial pontuar a existência de uma lista de geossítios referentes ao GBP e outra, desenvolvida pela SIGEP, que foram incluídas na lista de sítios de interesse geológico desse trabalho.

A partir desta lista, torna-se importante a distinção entre os geossítios e sítios da geodiversidade, assim como sua complementação, de forma a incluir sítios que integrem categorias temáticas subrepresentadas ou que possuam algum valor excepcional.

A lista completa de sítios está no Anexo B – nela está relacionado o código atribuído a cada sítio, nome e localização.

## 7.1. A definição das categorias temáticas

A definição das categorias temáticas, segundo Brilha (2016), é a etapa que antecede ao inventário e quantificação dos sítios de interesse geológico. É prática utilizada por diferentes autores em inventários de áreas extensas.

Nesse sentido, Pereira (2010) estabelece três categorias temáticas para seu trabalho, desenvolvido na Chapada Diamantina (Bahia), por meio de critérios cronoestratigráficos: Coberturas Neoproterozoicas, Coberturas Mesoproterozoicas e Rochas Paleoproterozoicas e do Embasamento Arqueano. Para o Estado de São Paulo, em inventário recente do patrimônio geológico do Estado de São Paulo (Garcia *et al.* 2017), são estabelecidas onze categorias temáticas, como sumarizado a seguir: Terrenos Pré-cambrianos, Zonas de Cisalhamento, Rochas Graníticas, Mineralizações Metálicas Pré-cambrianas, Bacia do Paraná, Magmatismo Mesozoico, Bacia Bauru, Rift Continental do Sudeste do Brasil, Evolução Continental e Costeira durante o Neogeno e Quaternário, Unidades Geomorfológicas e Formas de Relevo, além das Cavernas e Sistemas Costeiros.

A definição das categorias temáticas, para o presente trabalho, objetiva em consonância com o GBP, representar toda a história geológica da área e sítios de diferentes interesses, como atribuído pelo Decreto Estadual n.º 12.897 de 2009.

Neste trabalho considera-se, principalmente, o contexto geotectônico regional apresentado por Alvarenga e Trompette (1993), onde a área de estudo é subdividida de acordo com os principais compartimentos: Cráton Amazônico e Faixa Paraguai, Bacia do Paraná e Bacia do Pantanal.

- Rochas Paleoproterozoicas e do Embasamento: abrange as unidades do Complexo Rio Apa, Grupo Alto Tererê e Grupo Amonguijá, sobre as quais se depositaram as sequências sedimentares neoproterozoicas.
- Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai: abrange os grupos Rio Bacuri, Cuiabá e Corumbá, além do Grupo Jacadigo. Seu registro sedimentar representa os eventos de glaciação do Neoproterozoico. Por compor a maior parte da área de estudo e possuir importância notável na reconstituição da história geológica regional e evolução da vida, representa a maior parte dos sítios selecionados.
- Rochas Paleozoicas e Mesozoicas da Bacia do Paraná: engloba as formações Aquidauana, Botucatu e Serra Geral, depositadas entre o Permo-Carbonífero e início do Cretáceo. Abrange, portanto, eventos e mudanças paleoambientais até o registro vulcânico cretácico da Formação Serra Geral, relacionável ao processo de pré-rifteamento do Supercontinente Gondwana.
- Depósitos Cenozoicos da Bacia do Pantanal: sob influência de uma tectônica recente de subsidência, em resposta à Orogenia Andina, são depósitos quaternários e atuais.

Portanto, retratam um ecossistema atual, assim como seu registro sedimentar reflete as mudanças climáticas desde o Pleistoceno.

- Cavernas e Sistemas Cársticos: São estruturas e sistemas relacionáveis à evolução recente do relevo cárstico, que sustenta a Serra da Bodoquena. Engloba-se a Formação Serra da Bodoquena, constituída por tufas calcárias, que se desenvolvem ao longo de drenagens atuais, assim como cavernas, de imenso apelo turístico.
- Unidades Geomorfológicas: considera os sítios que representam o Planalto ou Serra da Bodoquena, assim como seu relevo cárstico. Também há a representação do contraste gerado com a planície pantaneira.

## **7.2. Lista de sítios de interesse geológico**

A lista de sítios de interesse geológico, que inclui os geossítios em potencial, baseia-se, principalmente, nos sítios apresentados no dossiê de candidatura do Geopark Bodoquena-Pantanal à UNESCO (Mato Grosso do Sul, 2010) e pelos sítios descritos e catalogados pela SIGEP. Outros foram propostos a partir da realização da atividade de campo. A lista completa quanto à origem dos sítios de interesse geológico considerados no presente trabalho se encontra no Anexo C.

A lista de sítios de interesse geológico possui 51 localidades. Essas foram distribuídas entre 6 categorias temáticas (Tabela 1) de forma a representar os capítulos de evolução da história da Terra que ocorrem na área do GBP (Figura 5).

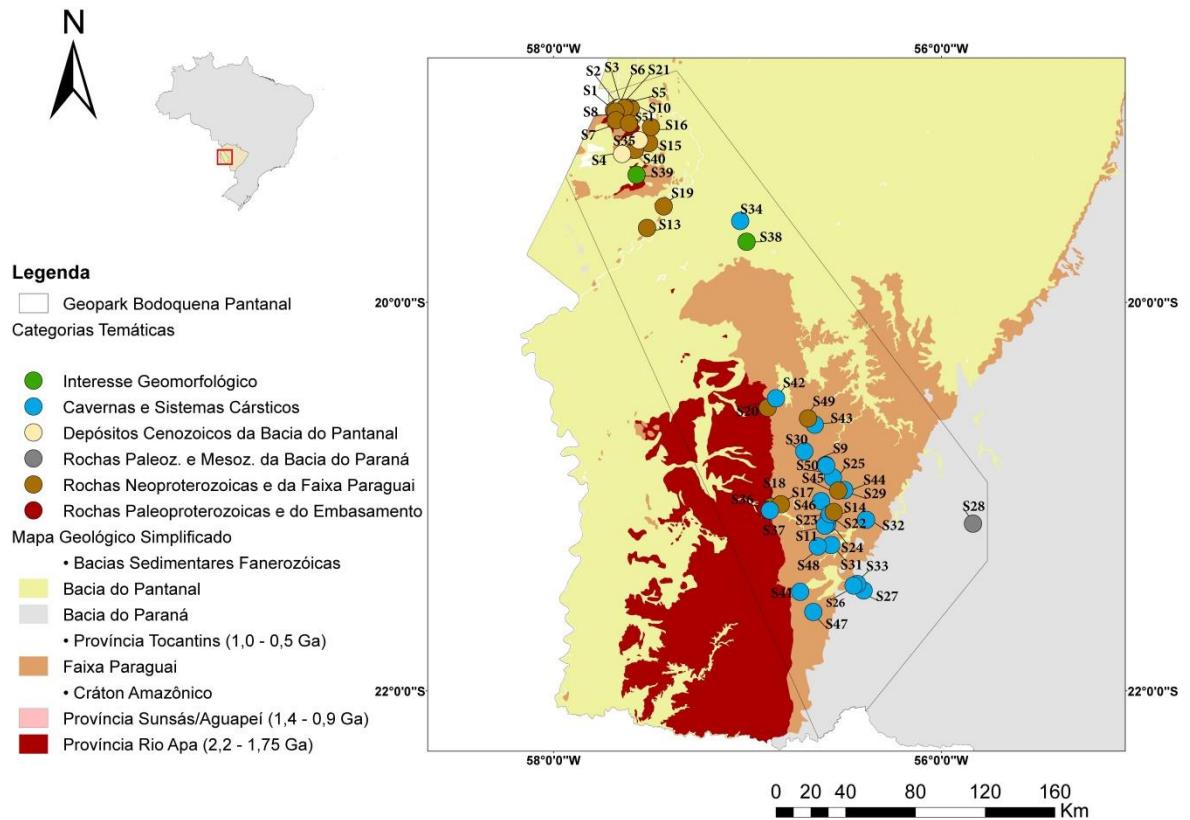


Figura 5. Localização da área de estudo em relação ao contexto geológico. Apresenta os sítios de interesse geológico segundo suas respectivas categorias temáticas. Elaborado a partir de Lacerda Filho *et al.*, (2006).

Tabela 1. Distribuição dos sítios de interesse geológico inventariados segundo sua respectiva categoria temática.

Sítio de Interesse Geológico	Categoria Temática
S1 Parque Municipal Marina Gatass	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S2 Corumbella/Parque Ecológico das Cacimbas	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S3 Escadinha da XV	Depósitos Cenozoicos da Bacia do Pantanal
S4 Crosta Laterítica com Inscrições Rupestres, Faz. Figueirinha	Depósitos Cenozoicos da Bacia do Pantanal
S5 Fósseis de <i>Cloudina</i> - Hotel Gold Fish	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S6 Porto Limoeiro	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S7 Formação Urucum	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S8 Mineração Corcal	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai

S10 Porto Ladário	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S11 Gruta do Lago Azul	Cavernas e Sistemas Cárticos
S12 Baia das Garças	R. Paleopr e do Embasamento/R. Neopr. e da Faixa Paraguai
S13 Morraria do Puga	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S14 Anticlinal Anhumas	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S15 Mina Urucum-Vale	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S16 Mina dos Belgas	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S17 Formação Cerradinho	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S18 Paleomar do Tamengo	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S19 Estromatólito de Porto Morrinho	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S20 Estromatólito/Mirante Morraria do Sul	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S21 Pedreira Saladeiro/Porto Sobramil	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S22 Gruta Nossa Senhora Aparecida	Cavernas e Sistemas Cárticos
S23 Gruta São Miguel	Cavernas e Sistemas Cárticos
S24 Abismo Anhumas	Cavernas e Sistemas Cárticos
S25 Gruta Mimoso	Cavernas e Sistemas Cárticos
S26 Lagoa Misteriosa	Cavernas e Sistemas Cárticos
S27 Buraco das Araras	Cavernas e Sistemas Cárticos
S28 Icnofósseis/Formação Botucatu	Rochas Paleozoicas e Mesozoicas da Bacia do Paraná
S29 Tufas calcárias/Parque das Cachoeiras	Cavernas e Sistemas Cárticos
S30 Tufas calcárias/Cachoeira Boca da Onça	Cavernas e Sistemas Cárticos
S31 Nascentes do Rio Sucuri	Cavernas e Sistemas Cárticos
S32 Monumento Natural do Rio Formoso Ilha do Padre	Cavernas e Sistemas Cárticos
S33 Recanto ecológico Rio da Prata	Cavernas e Sistemas Cárticos
S34 Lentes de calcários do Rio Miranda	Cavernas e Sistemas Cárticos
S35 Crosta laterítica com inscrições rupestres/Fazenda Salesianos	Depósitos Cenozoicos da Bacia do Pantanal
S36 Embasamento Cristalino/Borda Oeste a Serra da Bodoquena	Rochas Paleoproterozoicas e do Embasamento
S37 Tufas calcárias/Cachoeira Aquidaban	Cavernas e Sistemas Cárticos
S38 Morro do Azeite	Interesse Geomorfológico
S39 Mirante da Morraria do Urucum	Interesse Geomorfológico
S40 Mina de ferro e manganês	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S41 Buraco das Abelhas	Cavernas e Sistemas Cárticos
S42 Gruta Urubu Rei	Cavernas e Sistemas Cárticos

S43 Tufas Calcárias do Balneário Presidente Corrêa	Cavernas e Sistemas Cárticos
S44 Tufas Calcárias/Cachoeiras Estância Mimoso	Cavernas e Sistemas Cárticos
S45 Estância Li	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai
S46 Tufas calcárias/Serra da Bodoquena	Cavernas e Sistemas Cárticos
S47 Buraco do Japonês /dos fósseis	Cavernas e Sistemas Cárticos
S48 Gruta e Nascente do Rio Formoso	Cavernas e Sistemas Cárticos
S49 Mineração Horii	Rochas Neopr. e da Faixa Paraguai / Interes. Geomorf.
S50 Nascentes e Grutas Ceita Core	Cavernas e Sistemas Cárticos
S51 Mina Laginha	Rochas Neoproterozoicas e da Faixa Paraguai

Apesar do grande número de sítios de interesse geológico, nem todos devem ser classificados como geossítios, uma vez que a avaliação realizada durante e após o trabalho de campo permite, através de critérios como representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico, selecionar alguns sítios de interesse geológico em detrimento de outros.

Apenas devem permanecer na lista final de geossítios os que possuam alto valor científico, que melhor representem processos ou materiais geológicos, que estejam bem conservados, que mostre feições raras e que possuam publicações referentes a aspectos científicos significantes (Brilha, 2016).

### **7.3. Trabalho de quantificação do valor científico, educacional, turístico e do risco de degradação.**

Foram avaliados os 51 sítios de interesse geológico pelo método de Brilha (2016), através do aplicativo *online* disponibilizado pela CPRM, o Geossit.

Durante o trabalho de campo não foi possível visitar todos os sítios inventariados devido à grande distância e difícil acesso a boa parte destes, porém foi possível a visita a 16 deles.

O trabalho de quantificação do valor científico e do risco de degradação contou com as informações do orientador Prof. Dr. Paulo César Boggiani, que auxiliou na implantação do Geopark Bodoquena Pantanal e é autor de diversas propostas aprovadas de geossítios à SIGEP, no próprio Mato Grosso do Sul.

Dessa forma, todos os sítios de interesse geológico foram quantificados em função do valor científico (Figura 6 e Tabela 2), pois dessa forma é possível a distinção entre geossítios e sítios da geodiversidade.

Todos os sítios de interesse geológico considerados no inventário tiveram seu risco de degradação quantificado (Figura 7). Através da adaptação do método de Brilha (2016) pelo aplicativo Geossit, relacionou-se o valor científico ao risco de degradação, gerando

recomendações quanto à necessidade de proteção (Tabela 2).

O Anexo D trás uma relação de todos os parâmetros considerados para a quantificação dos diferentes valores e do risco de degradação. Dessa forma, para cada sítio de interesse geológico, está discriminado a pontuação atingida em cada parâmetro.

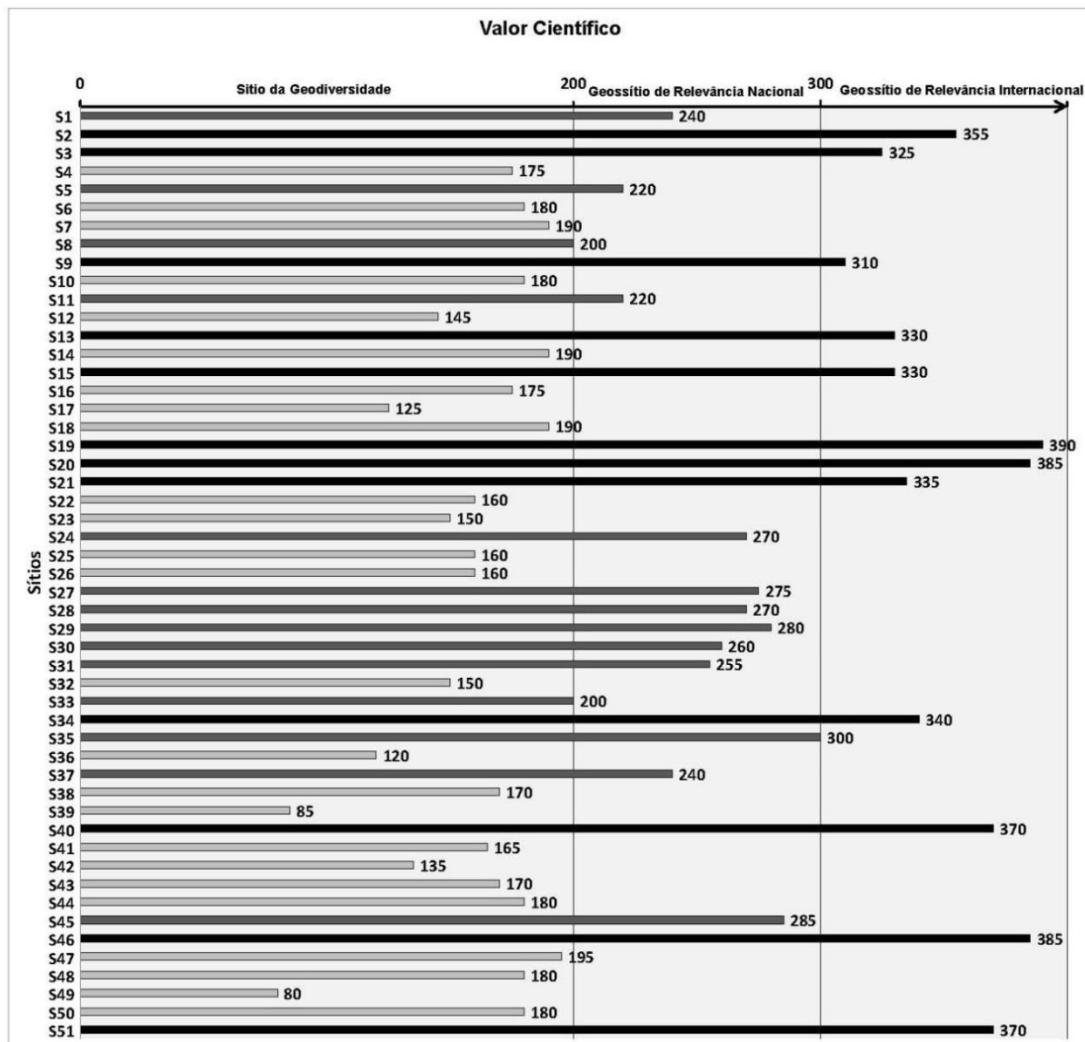


Figura 6. Avaliação dos sítios quanto ao seu valor científico (V.C.). É demonstrada individualmente a pontuação atingida, diferenciando-se os sítios da geodiversidade dos geossítios de relevância nacional ou internacional.

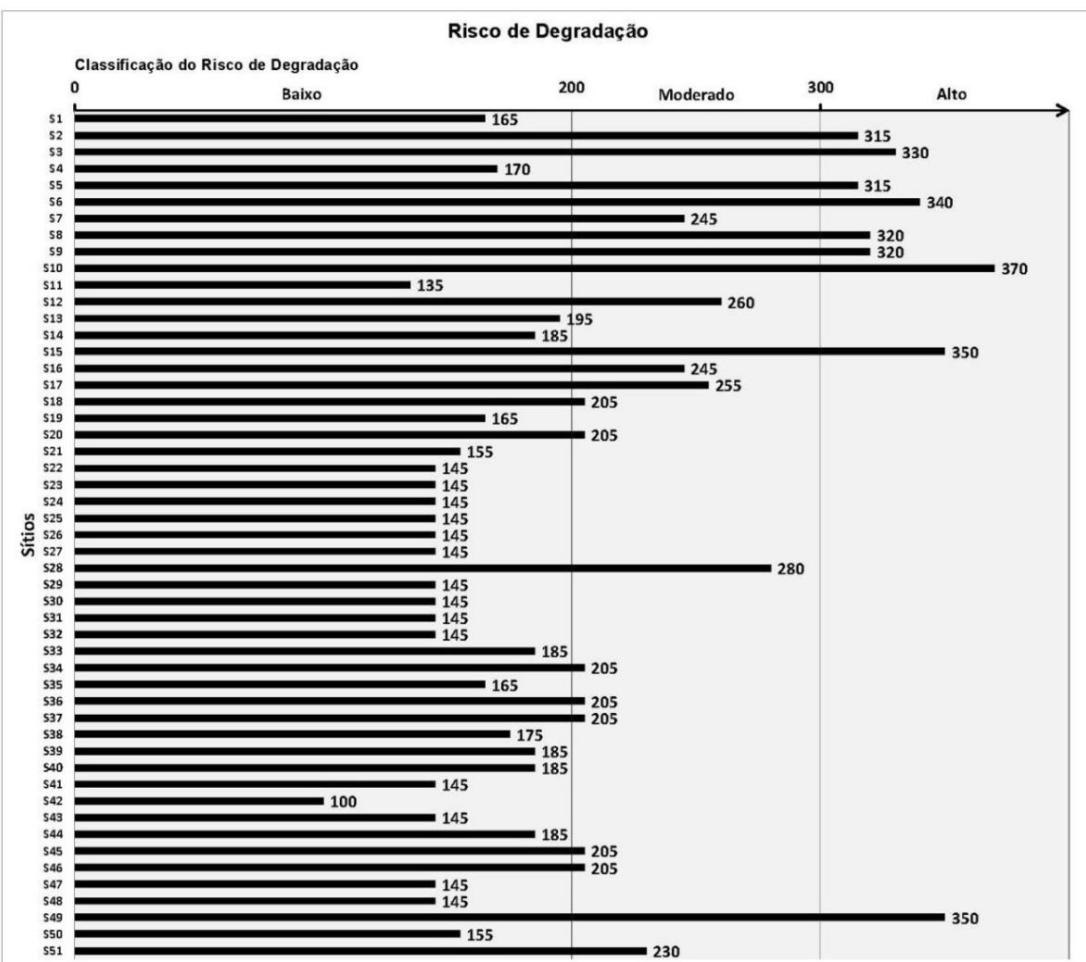


Figura 7. Classificação dos 51 sítios de interesse geológico segundo o risco de degradação (R.D.). O R.D. é classificado em baixo, moderado ou alto.

A lista geral de sítios de interesse geológico foi classificada segundo a sua relevância, de acordo com o seu valor científico. O valor científico possui pontuação entre 0 e 400. Segundo a adaptadação do método de Brilha (2016) pelo aplicativo Geossit, os sítios que possuem valor 200 ou inferior são considerados sítios da geodiversidade, enquanto os de valor superior a 200 podem ser geossítios de relevância nacional ou internacional.

A urgência de proteção em relação ao valor científico é determinada pelo risco de degradação somado ao valor científico. Ordena-se, portanto, a urgência com que se deve ser realizadas medidas de conservação. A recomendação passa por um espectro de longo prazo, médio prazo, curto prazo ou urgente.

Tabela 2. Lista geral de sítios de interesse geológico e sua classificação quanto ao valor científico e risco de degradação.

Sítio	Relevância	V.C.	R.D.	(V.C.) + (R.D.)	Urgência à Proteção em relação ao V.C.
S1	Geossitio de Relevância Nacional	240	165	405	Médio prazo
S2	Geossitio de Relevância Internacional	355	315	670	Curto prazo
S3	Geossitio de Relevância Internacional	325	330	655	Curto prazo
S4	Sítio da Geodiversidade	175	170	345	Médio prazo
S5	Geossitio de Relevância Nacional	220	315	535	Médio prazo
S6	Sítio da Geodiversidade	180	340	520	Médio prazo
S7	Sítio da Geodiversidade	190	245	435	Médio prazo
S8	Geossitio de Relevância Nacional	200	320	520	Médio prazo
S9	Geossitio de Relevância Internacional	310	320	630	Curto prazo
S10	Sítio da Geodiversidade	180	370	550	Médio prazo
S11	Geossitio de Relevância Nacional	220	135	355	Médio prazo
S12	Sítio da Geodiversidade	145	260	405	Médio prazo
S13	Geossitio de Relevância Internacional	330	195	525	Médio prazo
S14	Sítio da Geodiversidade	190	185	375	Médio prazo
S15	Geossitio de Relevância Internacional	330	350	680	Curto prazo
S16	Sítio da Geodiversidade	175	245	420	Médio prazo
S17	Sítio da Geodiversidade	125	255	380	Médio prazo
S18	Sítio da Geodiversidade	190	205	395	Médio prazo
S19	Geossitio de Relevância Internacional	390	165	555	Curto prazo
S20	Geossitio de Relevância Internacional	385	205	590	Curto prazo
S21	Geossitio de Relevância Internacional	335	155	490	Médio prazo
S22	Sítio da Geodiversidade	160	145	305	Médio prazo
S23	Sítio da Geodiversidade	150	145	295	Longo prazo
S24	Geossitio de Relevância Nacional	270	145	415	Longo prazo
S25	Sítio da Geodiversidade	160	145	305	Longo prazo
S26	Sítio da Geodiversidade	160	145	305	Médio prazo
S27	Geossitio de Relevância Nacional	275	145	420	Médio prazo
S28	Geossitio de Relevância Nacional	270	280	550	Longo prazo
S29	Geossitio de Relevância Nacional	280	145	425	Longo prazo
S30	Geossitio de Relevância Nacional	260	145	405	Longo prazo
S31	Geossitio de Relevância Nacional	255	145	400	Médio prazo
S32	Sítio da Geodiversidade	150	145	295	Longo prazo
S33	Geossitio de Relevância Nacional	200	185	385	Longo prazo
S34	Geossitio de Relevância Internacional	340	205	545	Médio prazo
S35	Geossitio de Relevância Nacional	300	165	465	Longo prazo
S36	Sítio da Geodiversidade	120	205	325	Médio prazo
S37	Geossitio de Relevância Nacional	240	205	445	Longo prazo

Continua

27

S38	Sítio da Geodiversidade	170	175	345	Médio prazo
S39	Sítio da Geodiversidade	85	185	270	Longo prazo
S40	Geossitio de Relevância Internacional	370	185	555	Curto prazo
S41	Sítio da Geodiversidade	165	145	310	Médio prazo
S42	Sítio da Geodiversidade	135	100	235	Longo prazo
S43	Sítio da Geodiversidade	170	145	315	Médio prazo
S44	Sítio da Geodiversidade	180	185	365	Médio prazo
S45	Geossitio de Relevância Nacional	285	205	490	Longo prazo
S46	Geossitio de Relevância Internacional	385	205	590	Médio prazo
S47	Sítio da Geodiversidade	195	145	340	Longo prazo
S48	Sítio da Geodiversidade	180	145	325	Médio prazo
S49	Sítio da Geodiversidade	80	350	430	Médio prazo
S50	Sítio da Geodiversidade	180	155	335	Médio prazo
S51	Geossitio de Relevância Internacional	370	230	600	Médio prazo

Em relação ao valor educacional e turístico, a ação de quantificação desses valores se estendeu aos 16 sítios de interesse geológico visitados em campo (respectivamente, figuras 8 e 9).

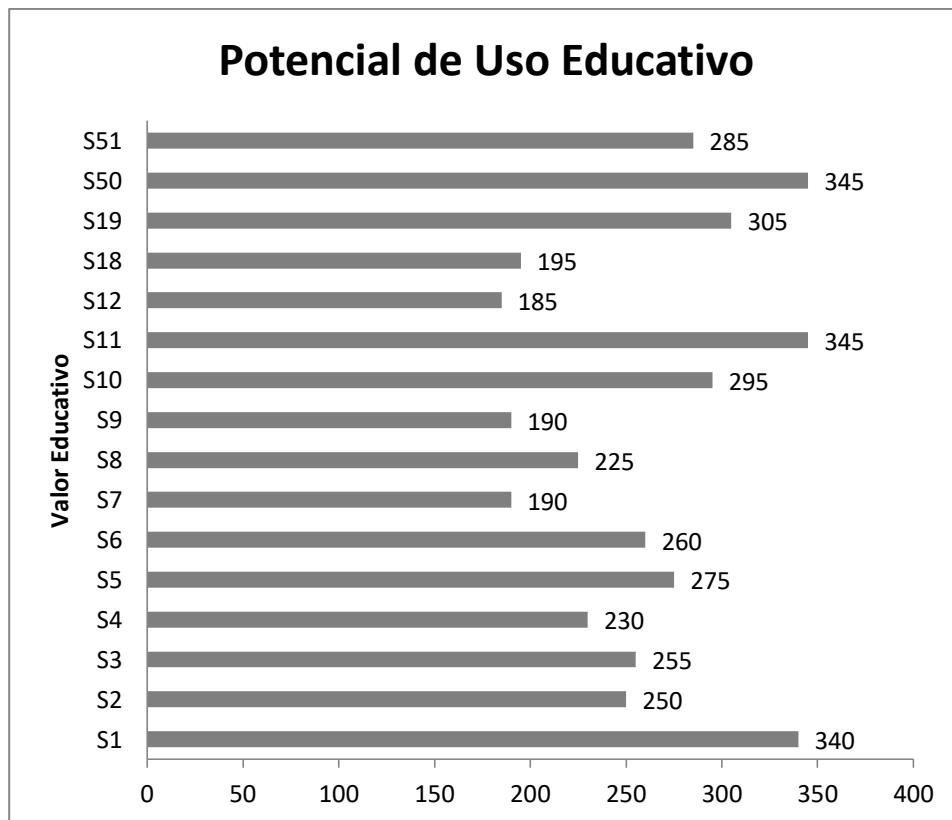


Figura 8. Avaliação de 16 sítios de interesse geológico quanto ao seu potencial de uso educativo.

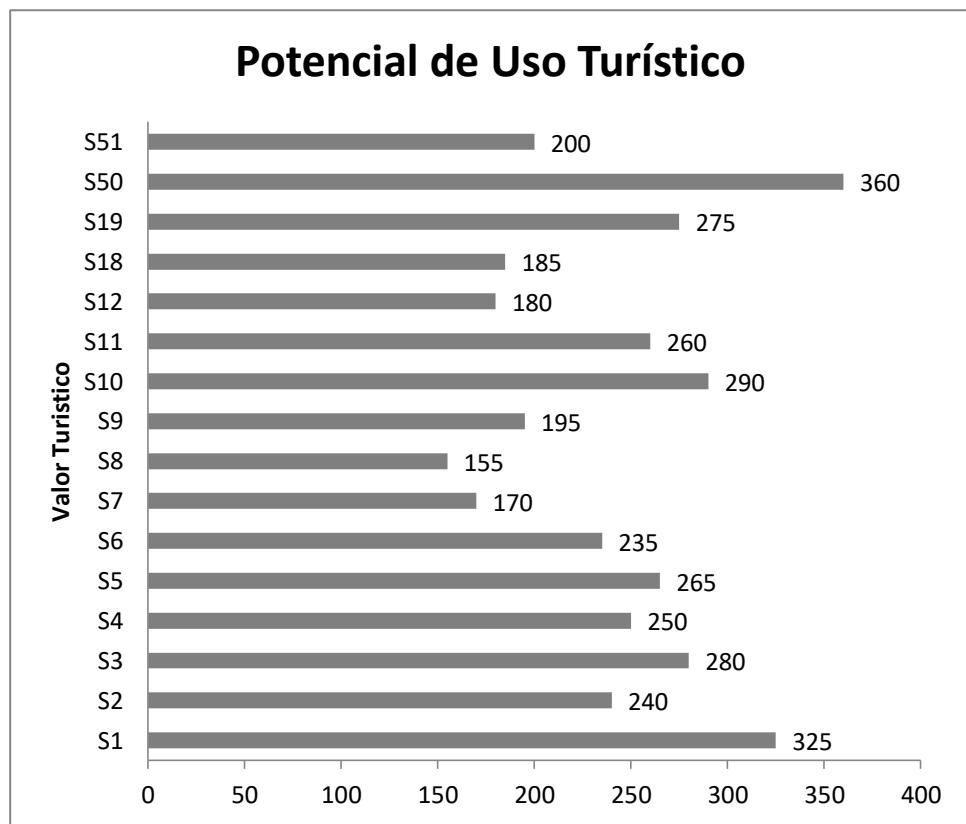


Figura 9. Avaliação de 16 sítios de interesse geológico quanto ao seu potencial de uso turístico.

## 8. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A utilização do Geossit facilitou a organização dos dados: apesar de o valor científico e o risco de degradação serem quantificados por meio de poucas variáveis, o uso educacional e turístico são calculados por meio de 12 critérios no primeiro caso e 13 critérios no segundo; a somatória da pontuação atribuída a cada uma dessas variáveis seria muito mais difícil sem o uso do aplicativo, que praticamente impede erros nessa etapa, esse sendo atribuído a subjetividade inerente das variáveis em questão.

A seguir, são apresentados de forma subdividida, segundo os valores quantificados e risco de degradação, uma descrição dos resultados. Além disso, são analisadas as classificações e valores obtidos durante o processo de quantificação.

### 8.1. Valor científico

Entre os 51 sítios de interesse geológico, 12 (24%) foram classificados como geossítios de relevância internacional, 14 (27%) como geossítios de relevância nacional e 25 (49%) como sítios da geodiversidade.

Efetivamente, tal classificação é baseada no valor científico e nos limites determinados pelo Geossit – sendo os sítios de geodiversidade os de valor científico abaixo de 200, os geossítios de relevância nacional possuem de 200 a 300 pontos, enquanto os geossítios de relevância internacional possuem de 301 a 400 pontos.

Os geossítios de relevância internacional são locais que representam o

conhecimento geológico da região e que são raros, uma vez que tendem a possuir uma notável representatividade de elementos ou processos geológicos e podem ser locais-tipo. Durante a quantificação do valor científico, também se considera a integridade dos elementos geológicos, a presença de publicações referentes ao sítio e categoria temática, e limitações de uso do local.

A presença de locais-tipo, como o geossítio S21 Pedreira Saladeiro/Porto Sobramil (localidade-tipo *Corumbella wernerii*), do geossítios S2 *Corumbella*/Parque Ecológico das Cacimbas – local onde a Formação Tamengo fora definida – e de sítios com publicações de extrema relevância (Parry *et al.*, 2017) como o geossítio S51 Mina Lagine, reforçam que sítios alvos de publicações e de maior importância (científica ou da história da geologia) possuem alta pontuação e foram considerados como de relevância internacional.

Todavia, limitantes no critério A2 (local-tipo), onde a sua aplicabilidade em locais cujo interesse não provém da estratigrafia é problemática e, portanto esses terão uma tendência a possuírem menor pontuação nesse quesito.

Em relação ao critério A3 (conhecimento científico), onde são consideradas publicações apenas no formato “artigo” ou “resumos em locais de interesse” (anais de eventos científicos, etc.) podem causar distorções, uma vez que são excluídas as dissertações de mestrado e doutorado.

Quanto à discriminação entre sítio da geodiversidade, geossítio de relevância nacional e geossítio de relevância internacional, o sistema de pontuação estabelecido pelo Geossit funcionou de forma eficaz, traduzindo as diferenças significativas em relação ao valor científico que os sítios apresentam.

Entre os 45 sítios de interesse geológico considerados como geossítios no dossiê de candidatura do GBP (Mato Grosso do Sul, 2010), 23 (50%) foram reclassificados como sítios da geodiversidade (Figura 10).

Decerto a grande quantidade de sítios de interesse geológico incluídos ao GBP e a ausência de um trabalho de inventário e quantificação, com critérios claramente definidos, culminou num número equivocado de geossítios.

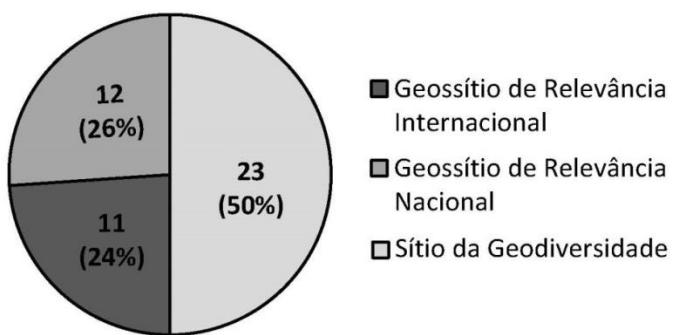


Figura 10. Nova classificação dos sítios de interesse geológico presentes no dossiê entregue à UNESCO (Mato Grosso do Sul, 2010).

Entretanto, tais sítios da geodiversidade não devem ser simplesmente descartados, uma vez que essa classificação é baseada apenas no valor científico. Foi realizada a quantificação dos valores educacional e turístico em 16 sítios de interesse geológico.

### **8.2. Valor educacional e turístico**

O trabalho de quantificação dos valores educacionais e turísticos não são de menor importância, mas possuem outro impacto. Seja na aceitação pela comunidade geológica, bem como na forma de utilizar tais informações.

Por isso, ao passo que tais valores são independentes do valor científico, foram quantificados todos os sítios visitados no trabalho de campo. Tal atividade de quantificação não se estendeu a todos os sítios inventariados devido à grande quantidade de parâmetros a se considerar.

Após a submissão dos 16 sítios de interesse geológico visitados em campo à valoração do seu uso educacional e turístico, as informações podem ser obtidas a partir do momento que uma análise comparativa entre os locais é realizada.

Em contraste com o que ocorre na avaliação do valor científico, os sítios localizados em áreas de mineração (S8 Mineração Corcal e S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera) possuem baixa pontuação, uma vez que não oferecem condições de segurança adequada, não possuem beleza cênica notável e com frequência possuem limitações de uso – em virtude de serem áreas privadas.

Sítios como S6 Porto Limoeiro e S10 Porto Ladário possuem alto valor educacional e turístico. Tal avaliação reflete as boas condições de observação dos fósseis de *Cloudina lucianoi*, seu potencial didático e logístico favorável – uma vez que se localizam em área urbana. Todavia as condições de segurança e preservação do local não são adequadas, concluindo-se que a pontuação de ambos os sítios poderia ser mais elevada.

De forma semelhante, o geossítio S2 *Corumbella*/Parque Ecológico das Cacimbas poderia dispor de uma pontuação maior em relação aos dois usos considerados. A ausência da manutenção da própria cacimba e seus arredores compromete a beleza cênica, a segurança, as condições de observação e inclusive o potencial de divulgação. A importância desse geossítio provém indiscutivelmente de seu valor científico, porém o seu recente uso em atividades de campo para alunos de ensino básico, de escolas próximas, demonstra seu potencial educativo.

Por fim, os geossítios S1 Parque Municipal Marina Gatass, S11 Gruta do Lago Azul e S50 Nascentes e Grutas Ceita Corê se colocam como os de maior potencial educacional e turístico. O primeiro encontra-se consolidado como uma zona recreativa local enquanto os outros dois são atrações turísticas de expressão nacional ou internacional. A boa conservação dos locais favorece a alta pontuação na maioria das variáveis consideradas,

especialmente no que se refere ao acesso, ausência de limitações ao uso, boas condições de segurança e logística.

### 8.3. Risco de degradação

A avaliação quantitativa do risco de degradação é um balizador da necessidade de ações de proteção, que fazem sentido nos sítios mais vulneráveis e relevantes. Tal quantificação é prevista no método de Brilha (2016), e é medida através de 5 parâmetros.

Um dos parâmetros faz referência à densidade populacional, que quanto mais elevada, maior seria o risco de degradação. Todavia, todos os municípios que perfazem a área do GBP possuem baixa densidade populacional – sempre inferior a 100 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010), e efetivamente tal critério não auxiliou na distinção entre os sítios mais ou menos vulneráveis.

O produto da avaliação do risco de degradação é uma classificação em três classes: baixo, moderado ou alto. Porém, ao realizar a avaliação dos resultados e atendo-se a uma realidade onde os recursos são limitados, e onde a conservação dos elementos da geodiversidade deve ser restrita ao patrimônio geológico e áreas prioritárias, coloca-se como obrigação relacionar tal risco de degradação ao valor científico dos sítios.

Dessa forma, a adaptação realizada pela CPRM no aplicativo Geossit, ao incluir a “prioridade de proteção” a partir do método de García-Cortéz e Cercavilla Urquí (2009), coloca-se como importante ferramenta num plano de geoconservação da área.

No presente trabalho, todos os sítios de interesse geológico foram quantificados em relação ao seu valor científico. Sendo assim, torna-se viável a avaliação da necessidade de proteção apenas em relação ao valor científico (Figura 11).

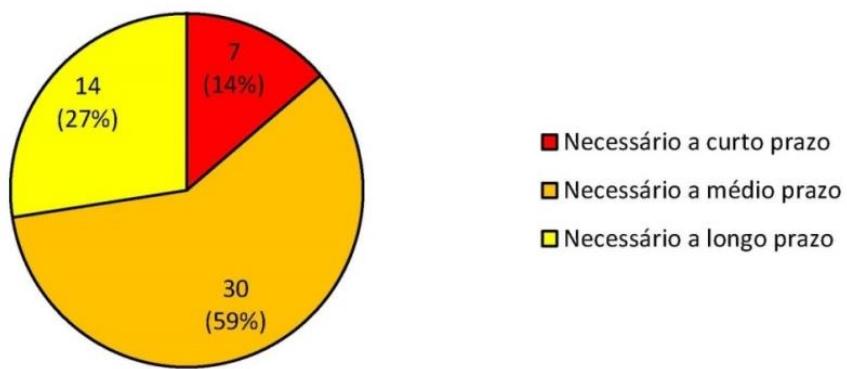


Figura 11. Distribuição dos 51 sítios de interesse geológico de acordo com a sua necessidade de proteção em relação ao valor científico (V.C.).

Todos os sítios da geodiversidade possuem uma necessidade de proteção a longo ou médio prazo, uma vez que possuem um valor científico baixo.

Em relação aos geossítios, esses possuem necessidade de proteção variável, porém nota-se que 7 entre os 12 geossítios de relevância internacional possuem uma necessidade

de proteção a curto prazo. Isso significa que devem ser priorizados em ações de geoconservação.

Dentre os 7 geossítios que possuem necessidade de proteção a curto prazo (Tabela 3.), o que apresenta maior valor absoluto é o S15 Mina Urucum-Vale. O alto valor científico desse geossítio é acompanhado pela possibilidade de deterioração de todos os seus elementos geológicos e pela proximidade a atividades com potencial para causar degradação, uma vez que se trata de uma área de mineração.

Tabela 3. Os sete geossítios onde ações de proteção são necessárias em curto prazo, em relação ao valor científico.

1º	S15 Mina Urucum-Vale	680	Curto prazo
2º	S2 <i>Corumbella</i> /Parque Ecológico das Cacimbas	670	Curto prazo
3º	S3 Escadinha da XV	655	Curto prazo
4º	S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera	630	Curto prazo
5º	S20 Estromatólito/Mirante Morraria do Sul	590	Curto prazo
6º	S19 Estromatólito de Porto Morrinho	555	Curto prazo
7º	S40 Mina de ferro e manganês	555	Curto prazo

O geossítio S2 *Corumbella*/Parque Ecológico das Cacimbas possui um risco médio de degradação, segundo a classificação de Brilha (2016). Porém, ao relacionar o risco de degradação ao valor científico, a urgência de proteção é classificada como de curto prazo; nota-se, portanto uma clara prioridade de proteção aos sítios de alto valor científico.

O geossítio S3 Escadinha da XV possui um risco médio de degradação, que aliado ao alto valor científico culmina numa necessidade de proteção em curto prazo. Tal situação é a mais facilmente solucionável entre os sítios de necessidade de proteção em curto prazo. Pequenas reformas nas galerias pluviais danificadas, em colaboração com obras de contenção, diminuiriam o risco de degradação. Em contrapartida, a possibilidade de que a obra de contenção envolva a remoção do afloramento, ou não permita o acesso a esse, é elevada.

Os geossítios S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera e S15 Mina Urucum-Vale tratam-se de áreas de mineração. Dessa forma, à medida que novos afloramentos e cortes são expostos, esses também podem ser removidos.

O geossítio S20 Estromatólito/Mirante Morraria do Sul possui o segundo valor científico mais elevado do inventário. Seu risco de degradação é médio, e somente quando aliado ao valor científico é que se denota uma urgência na necessidade de proteção. Neste geossítio, não há risco de degradação dos seus elementos geológicos principais, apenas reduzidas possibilidades de degradação dos seus elementos geológicos secundários; contudo, a ausência de proteção legal do afloramento foi o suficiente para classificá-lo como altamente vulnerável.

Os geossítios S19 Estromatólito de Porto Morrinho e S40 Mina de ferro e manganês possuem alto valor científico e risco de degradação baixo. Apesar disso, é recomendada uma necessidade de proteção em curto prazo.

Os geossítios que requerem uma necessidade de proteção em curto prazo não são contemplados por nenhuma unidade de conservação no âmbito do SNUC, porém dois deles possuem outro tipo de proteção legal: O S2 *Corumbella/Parque Ecológico das Cacimbas* é localizado no Eco Parque Municipal Cacimba da Saúde, e apesar de ter sido utilizado como um centro de educação ambiental, encontra-se atualmente desativado. O geossítio S3 Escadinha da XV, apesar de localizar-se em área tombada pelo IPHAN, encontra-se sujeito a danos, como elencado nos parágrafos acima.

É favorável que sítios de mais alto valor científico sejam priorizados em medidas de proteção, porém, mesmo em situações onde o risco de degradação é baixo, a urgência de proteção ainda será média. Isso demonstra que é necessário um reajuste na adaptação do método de García-Cortéz e Cercavilla Urquí (2009) ao Geossit.

## **9. DESCRIÇÃO DE GEOSSÍTIOS E SÍTIOS DA GEODIVERSIDADE**

As descrições apresentadas são baseadas nas informações colhidas durante atividade de campo e/ou com base na bibliografia, que para boa parte dos sítios inventariados é extensa.

Para a seleção dos sítios de interesse geológico a serem descritos, foi tido como base o resultado da avaliação quantitativa do valor científico e do potencial de uso educacional e turístico. Foram descritos os geossítios de relevância internacional visitados durante a atividade de campo, os dois sítios que possuem potencial de uso turístico e educacional elevados e todos os sítios de interesse geológico propostos por este trabalho.

### **9.1. Sítios destacados pelo valor científico**

#### **9.1.1. Geossítio S2 *Corumbella/Parque Ecológico das Cacimbas* (coordenadas UTM: 0429761/7899098)**

O geossítio *Corumbella/Parque Ecológico das Cacimbas* localiza-se no município de Corumbá, às margens do canal do Tamengo. Atualmente, é parte do Eco Parque Cacimba da Saúde, que é constituído de um portal à sua entrada, um prédio para desenvolvimento de atividades educativas e a própria cacimba, estrutura construída, na forma de piscina, para aproveitamento da nascente de água presente no local.

Atualmente o acesso não é controlado e o local encontra-se extremamente degradado em função do acúmulo de lixo. O prédio localizado dentro do ecoparque já funcionou como espaço para atividades de educação ambiental do Geopark Bodoquena-Pantanal, porém atualmente encontra-se inativo.

O geossítio foi incluído no inventário em função de ter sido o local onde Almeida

(1945) denominou e definiu a Formação Tamengo, ao longo do canal homônimo. Outra razão é a presença de fósseis de *Corumbella werneri* e *Cloudina lucianoi*.

Segundo Kerber *et al.* (2013), a ocorrência de tais fósseis, que realizavam esqueletogênese, representam a biota de Ediacara. Sendo assim os únicos exemplos do tipo na América do Sul.

O afloramento possui cerca de 15 metros de altura, constituído por rochas da Formação Tamengo, que compõe o Grupo Corumbá. Os litotipos predominantes são calcário e siltito, no primeiro há ocorrência do fóssil *Cloudina lucianoi* enquanto no segundo de *Corumbella werneri*.

Tobias (2014) desenvolveu a coluna estratigráfica da Formação Tamengo desse geossítio, descrevendo a alternância entre siltito bege laminado, que no nível basal do afloramento há a ocorrência da *Corumbella werneri*. Os níveis carbonáticos, segundo a autora, são calcíticos e encontram-se recristalizados – apresentam níveis contendo *Cloudina lucianoi*.

#### 9.1.2. Geossítio S3 Escadinha da XV (coordenadas UTM: 0431046/7899252)

A presença da Escadinha da XV como geossítio refere-se, primeiramente, por ser o local onde a Formação Xaraiés fora primeiramente designada, por Almeida (1945).

A seção-tipo apresentada ao longo dos cerca de 50 metros da escadaria faz parte da área tombada pelo IPHAN como sítio de valor arquitetônico e cultural, protegendo indiretamente o afloramento. Este foi objeto de obra de contenção de encostas, que não impede sua deterioração, que tem como principal agente destrutivo o intemperismo.

O afloramento possui direção SE-NW, apresenta cerca de 5 metros de altura. A seção-tipo da Formação Xaraiés fora descrita por Kahwage (2009).

Através do estudo petrográfico, o autor subdividiu o afloramento em 4 horizontes, cuja base é representada por folhelhos da Formação Tamengo e um horizonte transicional entre a Formação Tamengo e a Formação Xaraiés, com folhelhos calcretizados. Um horizonte de calcrete nodular maciço com fragmentos líticos (inclusive quartzo vulcânico) e outro de calcrete nodular, prismático e predominantemente micrítico.

O presente geossítio apresenta a seção completa de um perfil de calcrete, sendo esse possivelmente o registro mais antigo da sucessão sedimentar do Pantanal e representa a fase de extrema aridez que marcou o início de sua formação.

#### 9.1.3. Geossítio S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera (coordenadas UTM: 0542786/7695597)

As rochas presentes na Fazenda Ressaca foram objeto de estudo de diversas dissertações de mestrado e doutorado. Destaca-se o trabalho de Fontaneta (2012), de Justo (2000) e de Boggiani (1990). O acesso ao local dá-se por estrada não pavimentada, a partir

da rodovia MS-178, que liga Bonito a Bodoquena.

No geossítio afloram rochas da Formação Bocaina, enquanto a relevância científica do local provém, especialmente, dos fosforitos presentes no topo desta. Além disso, é notável a presença de estruturas estromatolíticas e de brechas.

Fontaneta (2012) descreveu o geossítio em sua dissertação de mestrado. A autora realizou a petrografia de amostras colhidas ao longo de um perfil de cerca de 400 m, com o intuito de estudar a gênese dos fosforitos e dolomitos.

Nesse perfil, de direção NE-SW, afloram rochas da Formação Bocaina e Tamengo, com mergulho em torno de 35° para sudeste. A espessura da seção colunar foi estimada em cerca de 200 metros.

Datações geocronológicas recentes da Formação Bocaina (Parry *et al.* 2017) permitem comprovar a correlação da Formação Bocaina com a Formação Doushantuo na China, onde se encontra os registros comprovados de metazoários, o que abre a possibilidade de importantes descobertas paleontológicas nessa área. Como ali se inicia trabalhos de pesquisa mineral e lavra, as escavações possibilitam observar novas exposições, o que aumentam ainda mais a importância do geossítio.

## **9.2. Sítios destacados pelo potencial de uso educativo e turístico**

### **9.2.1. Geossítio Gruta do Lago Azul (coordenadas UTM: 0542439/7661776)**

A Gruta do Lago Azul localiza-se no município de Bonito, próximo a inúmeros atrativos turísticos; coloca-se como cartão postal da região. O acesso à área é realizado por carro e ônibus turísticos. A infraestrutura para turistas é completa, assim como a obrigatoriedade de acompanhamento de guias turísticos capacitados.

O geossítio está descrito na SIGEP (Boggiani *et al.*, 2008) e é área protegida pela unidade de conservação “Monumento Natural Gruta do Lago Azul”, assim como é patrimônio nacional tombado pelo IPHAN desde 1978.

É objeto de estudos científicos, do ponto de vista geológico – pela presença de minerais raros – como foi descrito por Boggiani *et al.* (1986), e foi estudado em diferentes trabalhos, inicialmente por Mendes (1957) e Almeida (1965). Mais recentemente, teve sua espeleogênese discutida na tese de doutoramento de Sallun Filho (2005).

A espeleogênese da Gruta do Lago Azul é sumarizada por Boggiani *et al.* (2008), cuja iniciação se daria na intersecção entre os planos de acamamento e de fratura presentes nas rochas da Formação Bocaina. O desenvolvimento se daria pela ampliação freática, descida do nível de água, deposição de espeleotemas e desmoronamentos. Segundo os autores, a subida do nível de água para a formação do lago atual é recente, no Período Quaternário.

#### 9.2.2. Geossítio S1 Parque Municipal Marina Gatass (coordenadas UTM: 0427582/7897654)

O geossítio em questão encontra-se no Parque Municipal Marina Gatass, na cidade de Corumbá. O acesso ao local é fácil, por meio de estrada pavimentada e com estacionamento – conta-se com toda a estrutura provida pelo parque.

Diferentemente da maioria dos sítios inventariados, esse apresenta elementos da biodiversidade *ex situ*. Isso quer dizer que o principal atrativo do local encontra-se não nos afloramentos de rochas do Grupo Corumbá que ocorrem no parque, às margens da Baía do Tamengo, mas nas lajotas que pavimentam o parque, compostas por rocha calcária com frequente ocorrência do fóssil *Cloudina Lucianoi*.

O local exato de origem desse pavimento não é conhecido, porém é notável a facilidade com que se observam os fósseis em diferentes seções – apresentando formato ovalado ou tabular (Figura 12).



Figura 12. Destacados em vermelho, fósseis de *Cloudina Lucianoi* encontrados em lajotas do calçamento do Geossítio Parque Municipal Marina Gatass.

#### 9.3. Sítios não incluídos em inventários pretéritos

##### 9.3.1 S5 Fósseis de *Cloudina* - Hotel Gold Fish (coordenadas UTM: 0435377/7899022)

O geossítio de relevância nacional localiza-se em área privada e às margens do Rio Paraguai, em Corumbá.

Ocorre uma seção com cerca de 20 metros de altura, de direção norte-sul, onde afloram rochas de porções intermediárias da Formação Tamengo.

No acesso ao local, que se dá pelo topo da seção citada anteriormente, há um lajedo de 20 por 20 metros, onde afloram camadas de calcário e pelito. É notável a ocorrência de níveis fossilíferos, com ótimas exposições dos fósseis de *Cloudina lucianoi*.

A proximidade do lajedo em questão com as áreas comuns do Hotel Gold Fish, sem a devida sinalização, faz com que esse se encontre vulnerável. Da mesma forma que tal proximidade, e facilidade de acesso aos fósseis, podem significar uma oportunidade de uso educacional.

#### 9.3.2. S6 Porto Limoeiro (coordenadas UTM: 0433447/7899230)

O sítio da geodiversidade S6 Porto Limoeiro localiza-se nas imediações da mineração de areia Limoeiro, na Rua Cuiabá, em Corumbá.

Ocorre lajedo de 5 metros por 15 metros, onde aflora calcário da Formação Tamengo (Figura 13) com ocorrências fossilíferas de *Cloudina lucianoi*. O local encontra-se vulnerável, uma vez que a exposição corre risco de remoção.



Figura 13. Calcário da Formação Tamengo com ocorrência de carapaças de *Cloudina lucianoi* de até 1,5 cm.

#### 9.3.3. S7 Formação Urucum (coordenadas UTM: 0428702/7892153)

O sítio da geodiversidade S7 Formação Urucum localiza-se em área privada, de acesso por meio de estrada de terra sem nome, a sudoeste da cidade de Corumbá. O local encontra-se degradado, com acumulação recorrente de lixo e entulho.

As rochas da Formação Urucum afloram em lajedo vasto, com exposição de rochas frescas. Trata-se de um conglomerado petromítico, mal selecionado, com clastos de

tamanho variável, de poucos centímetros a maior de 30 centímetros, de rochas predominantemente graníticas.

#### 9.3.4. S8 Mineração Corcal (coordenadas UTM: 0428455/7897105)

A Mineração Corcal encontra-se no município de Corumbá, próximo à fronteira com a Bolívia por meio da rodovia Ramon Gomes. A mineração encontra-se em atividade e é baseada na extração de calcário oriundo da Formação Tamengo, a destinação é de uso para brita.

Foi classificado como geossítio de relevância nacional, e é localidade onde afloram rochas da Formação Tamengo, em corte de direção nordeste-sudoeste, onde ocorrem intensamente deformadas e dobradas, com mergulho de médio ângulo predominantemente para noroeste.

A rocha calcária é sobreposta por folhelho negro, que é recoberto por siltito nas porções superiores do afloramento. As rochas apresentam sinformas e antiformas, além de representarem o topo da Formação Tamengo, em contato com a Formação Guaicurus.

A Formação Tamengo nessa localidade apresenta intercalações de tufos vulcânicos, recentemente datados (Parry *et al.*, 2017), e pode apresentar o registro do limite do Pré-cambriano com o Cambriano. Existe a possibilidade de fechamento da mina e da estruturação na área de um parque geológico, o que seria conveniente, em face da qualidade das exposições e ocorrências fossilíferas, além da proximidade com a cidade.

#### 9.3.5. S10 Porto Ladário (coordenadas UTM: 0436713/7898971)

O sítio da geodiversidade Porto Ladário encontra-se na área urbana de Ladário, na rua do Pôrto. O sítio é utilizado em atividades de educação ambiental pelo GBP.

Em afloramento com cerca de 1,5 metros de altura, por mais de 10 metros de comprimento. Afloram rochas próximas a base da Formação Tamengo, onde ocorrem níveis de *Corumbella wernerii*. Em investigações preliminares, foram encontrados novos fósseis ainda em estudo, o que demonstra o potencial do sítio.

#### 9.3.6. S51 Mina Laginha (coordenadas UTM: 0431974/7885994)

A geossítio de relevância internacional S51 Mina Laginha é localizado nas imediações do centro urbano de Corumbá, o acesso é realizado por meio da rodovia BR-262, km 760.

O calcário da Formação Tamengo é extraído para a produção de cimento. Nas bancadas da mina ocorrem rochas do Grupo Corumbá, onde da base para o topo são compreendidas as formações Bocaina, Tamengo e Guaicurus.

A Formação Tamengo aflora em corte norte-sul, com alternância de níveis de calcário e pelito, de mergulho para noroeste. Na porção norte do mesmo afloramento, há

ocorrência de brechas da Formação Tamengo, com clastos dolomíticos angulosos, milimétricos a centimétricos, inclusive maiores que 50 cm; a matriz é micrítica e carbonática, com clastos de fosfato de até 3 cm.

Nessa mina, ocorre a exposição completa da Formação Tamengo (Figura 14), da base ao topo, em contato com a Formação Guaicurus e, nesta unidade, é que foi observado a primeira ocorrência do icnofóssil escavador do Pré-cambriano (Parry *et al.*, 2017). Antes dessa descoberta, interpretava-se que esse comportamento animal seria restrito ao Cambriano. A descoberta paleontológica realizada nessa área permite entender o advento da escavação ao topo do Pré-cambriano, o que poderia ser uma das causas nas mudanças geoquímicas na água, com o que tem sido chamado de “Revolução Agronômica”, em comparação ao ato de revolver o solo com arado para agricultura.



Figura 14. Exposição completa da Formação Tamengo (70 m), com mergulho de 30° para noroeste, na Mina Laginha, base na parte esquerda da fotografia.

Na Formação Guaicurus ocorrem fósseis bem preservados de *Eoholynia* (Warren *et al.*, 2013, Parry *et al.*, 2017), como demonstrado na Figura 15, e curiosa ocorrência de estruturas de escorregamentos, blocos isolados e diamictito, denominados “Diamictitos Laginha”, inicialmente interpretados como de origem glacial, porém reinterpretados como resultantes de processos de fluxo de massa subaquosa e escorregamentos (Boggiani *et al.*, 2004).



Figura 15. Fósseis de algas *Eoholynia* da base da Formação Guaicurus.

## 10. ANÁLISE CRÍTICA DOS LIMITES PROPOSTOS PARA O GEOPARK BODOQUENA-PANTANAL

### 10.1. A delimitação atual do Geopark Bodoquena-Pantanal

O limite atual do Geopark Bodoquena-Pantanal (GBP) é estabelecido de acordo com seu decreto de criação, de 2009. A área original abrange 39.000 km<sup>2</sup>, porém em 2010, no dossiê de candidatura apresentado à UNESCO, uma nova delimitação é proposta e a área é reduzida à praticamente metade da original.

Ao realizar tal modificação, Mato Grosso do Sul (2010) considera todos os aspectos relacionados à compreensão do território – que se estende de Corumbá, na fronteira com a Bolívia, até a região sul da Serra da Bodoquena, nos municípios de Bonito, Jardim e Bela Vista.

Em tal abordagem, se considera os sítios de interesse geológico, paleontológico, histórico e cultural. O ajuste que se propôs no novo limite incide nos mesmos obstáculos: o tamanho excessivo e a dificuldade logística de integração dessa região.

Tal situação é uma justificativa para o não aceite do GBP pela *UNESCO Global Geopark* (UGG). Na carta de recusa<sup>2</sup>, um dos problemas levantados é o tamanho excessivo, não manejável, e a inviabilidade de unir pessoas de locais tão distantes em torno de um único geoparque. Por fim, é recomendado que uma nova proposta fosse elaborada, de um geoparque que concentre aspectos geologicamente interessantes, uma quantidade razoável de geossítios, e com comunidades vivendo nesse espaço.

Os critérios estabelecidos em UNESCO (2015) no que se refere ao limite territorial de um geoparque especifica que esse deve ser grande o suficiente para servir ao desenvolvimento econômico e cultural local, e que isso deve ser atendido através de incorporação de sítios de importância internacional, nacional ou regional, e que represente a história geológica da região.

Conforme UNESCO (2015), esses sítios geológicos devem compor uma abordagem holística do conceito de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Assim, deve-se considerar o arranjo geográfico da região e não deve incluir apenas sítios de significância geológica, mas é de igual importância os sítios de significância ecológica, paleontológica, histórica e cultural.

Os critérios apresentados acima são apenas parcialmente cumpridos. Os 45 sítios de interesse geológico selecionados por Mato Grosso do Sul (2010) são apresentados como geossítios, independente do valor que possuem, que pode ser científico, arqueológico,

---

<sup>2</sup> M. Partzak, UNESCO - Natural Sciences Sector, Paris, correspondência. Acesso em 21 de outubro de 2017.

paisagístico ou que faça referência à história da mineração e da geologia.

Porém, após quantificar esses 45 sítios de interesse geológico perante seu valor científico, através do aplicativo Geossit, metade foi reclassificada como sítio da geodiversidade. Ou seja, não se constituem como sítios de alto valor científico ou excepcionalidades geológicas.

Os sítios de alto valor científico foram subdivididos entre os geossítios de relevância nacional e internacional. Esses se concentram em duas regiões do Geopark Bodoquena-Pantanal, uma a norte, nas proximidades de Corumbá, e outra no centro-sul, nas proximidades de Bonito.

A presença de sítios não geológicos foi objeto de discussão em Estado de Mato Grosso do Sul (2010), uma vez que esses são considerados como de suma importância no estabelecimento de um geoparque, cuja sinergia entre a geodiversidade, biodiversidade e cultura são imprescindíveis (UNESCO, 2015).

Em relação aos sítios de interesse cultural, o Estado de Mato Grosso do Sul (2010) seleciona apenas duas localidades: o Cemitério dos Heróis e Nhandepá, ambos relacionados ao Roteiro Histórico da Retirada da Laguna.

Tal situação enfatiza a ausência de sítios de valor não geológico, não por falta de potencial, mas por uma subutilização de tal instrumento. A própria CPRM em Rolim e Theodorovicz (2012), ao avaliar a interface jurídica no que concerne à área do GBP, toma conhecimento dos inúmeros sítios históricos tombados pelo IPHAN.

Ao considerar a situação exposta, extrapolar a área do GBP – já demasiadamente grande – até Bela Vista, para incluir dois sítios de interesse cultural referentes ao Roteiro Histórico da Retirada da Laguna torna-se um equívoco.

Há inúmeros sítios de interesse cultural na região norte do GBP, especialmente no que se faz referência à Guerra do Paraguai. A exemplo da Fortificação Naval, localizada em Ladário e do Forte Coimbra, localizado em Corumbá. O Conjunto Histórico, Arquitetônico e Paisagístico de Corumbá, que abrange a área do geossítio S3 Escadinha da XV, também poderia ser incluído.

## **10.2. Nova delimitação da área geográfica**

A fim de solucionar o problema apresentado, e de viabilizar uma nova submissão à UNESCO *Global Geopark* (UGG), foram estipulados novos limites que atendam às normas e critérios apresentados nas diretrizes do IGGP (*International Geosciences and Geoparks Programme*) e da própria UGG (UNESCO, 2015). As boas práticas indicadas por Sá *et al.* (2008), numa análise do Arouca Geopark, e de Pereira (2010) também são consideradas.

As premissas estipuladas por Pereira (2010) em seu trabalho na Chapada Diamantina, região de dimensões comparáveis às aqui consideradas, alia os limites

municipais, o das unidades de conservação, os geológicos e a distribuição dos geossítios inventariados de forma a formar limites claros e simples, composto por uma identidade territorial. E, conforme Sá *et al.* (2008), a área máxima deve ser de 10.000 km<sup>2</sup>, a fim de favorecer aspectos logísticos e de gestão.

O inventário apresentado neste trabalho, e especialmente a atividade de valoração dos sítios de interesse geológico, acaba por completar uma lacuna, pois o inventário de geossítios e sítios da geodiversidade é etapa crucial antes de qualquer estratégia de geoconservação (Brilha, 2016) – o que não fora desenvolvido antes da implementação do Geoparque Bodoquena-Pantanal.

Foram incluídos sítios de interesse geológico cuja presença era obrigatória, tendo em vista sua relevância científica. A distribuição dos sítios de interesse geológico em categorias temáticas os transformou numa verdade representação da história geológica da região. E a valoração do valor científico de todos os sítios delimitou em mapa onde se concentram as excepcionalidades geológicas.

Destaca-se que a definição das localidades onde há os geossítios de relevância internacional serve como guia para o estabelecimento do geoparque (UNESCO, 2015).

Ao considerar tais premissas, verifica-se que a distribuição dos geossítios é restrita a duas aglomerações, uma nos arredores de Corumbá e a outra nas proximidades de Bonito. Ambas remontam a história geológica da região de forma similar, e possuem representadas todas as categorias temáticas estabelecidas nesse trabalho, com exceção das Rochas Paleoproterozoicas e do Embasamento, unicamente representados na parte norte e das Rochas Paleozoicas e Mesozoicas da Bacia do Paraná, unicamente representadas na parte sul.

Os importantes geossítios de relevância internacional ocorrem tanto na porção norte do GBP, como na porção sul – assegurando a presença do patrimônio geológico em ambas as localidades.

Os aspectos culturais passíveis de representação no GBP são referentes à Guerra do Paraguai. Ao considerar todos os tombamentos enunciados por Rolim e Theodorovicz (2012), os sítios de interesse cultural tornam-se abundantes tanto nas proximidades de Corumbá, quanto na região sul do GBP – que já conta com os dois sítios de interesse histórico selecionados por Mato Grosso do Sul (2010).

Sendo assim, sugere-se a criação de dois geoparques (figuras 16 e 17), que aliam limites geográficos convenientes e favoráveis ao desempenho das funções dos geoparques, que contêm patrimônio geológico de significância internacional – ainda a ser verificado por cientistas independentes (UNESCO, 2015) – mas já demonstrado por este trabalho de quantificação do valor científico.

No geoparque a norte, os limites foram traçados com maior dificuldade, uma vez que

o município de Corumbá abrange uma área extremamente vasta e inadequada para as finalidades de um geoparque. A solução encontrada foi o uso das principais rodovias e rios como limitantes do polígono. Sendo assim, a norte e sul é delimitado pelo Rio Paraguai, a oeste o limite é a fronteira com a Bolívia, a sudoeste é delimitado pela BR-454, a leste pela BR-262 e MS-184.

O novo limite de um geoparque a norte conta com um polígono de 4.000 km<sup>2</sup>, abrangendo as cidades de Ladário e Corumbá. Compreende 9 geossítios de relevância internacional.

No novo traçado a sul, os limites municipais de Bodoquena, Bonito e Jardim, além do Parque Nacional da Serra da Bodoquena serviram para delimitação de forma clara. O polígono possui cerca de 9.600 km<sup>2</sup>, conta com 3 geossítios de relevância internacional e possui a história da região representada à partir do neoproterozoico – as rochas do embasamento, de idade paleoproterozoica, não puderam ser incluídas nesse novo traçado, uma vez que os limites voltariam a ser arbitrários.

Por fim, a viabilização de dois territórios ao invés de um único, extremamente extenso, é possível devido a aspectos geológicos e não geológicos.

Ambas as delimitações representam de forma completa ou quase completa a história geológica da região. As duas áreas são objeto de visitação turística massiva, mas por motivos diferentes: a norte devido ao pantanal, e a sul devido às feições cársticas. Porém, o perímetro estabelecido à norte é claramente o que detém a maior quantidade de geossítios de relevância internacional e onde predominam as excepcionalidades geológicas, por isso deve ser priorizado através de uma concentração de esforços.

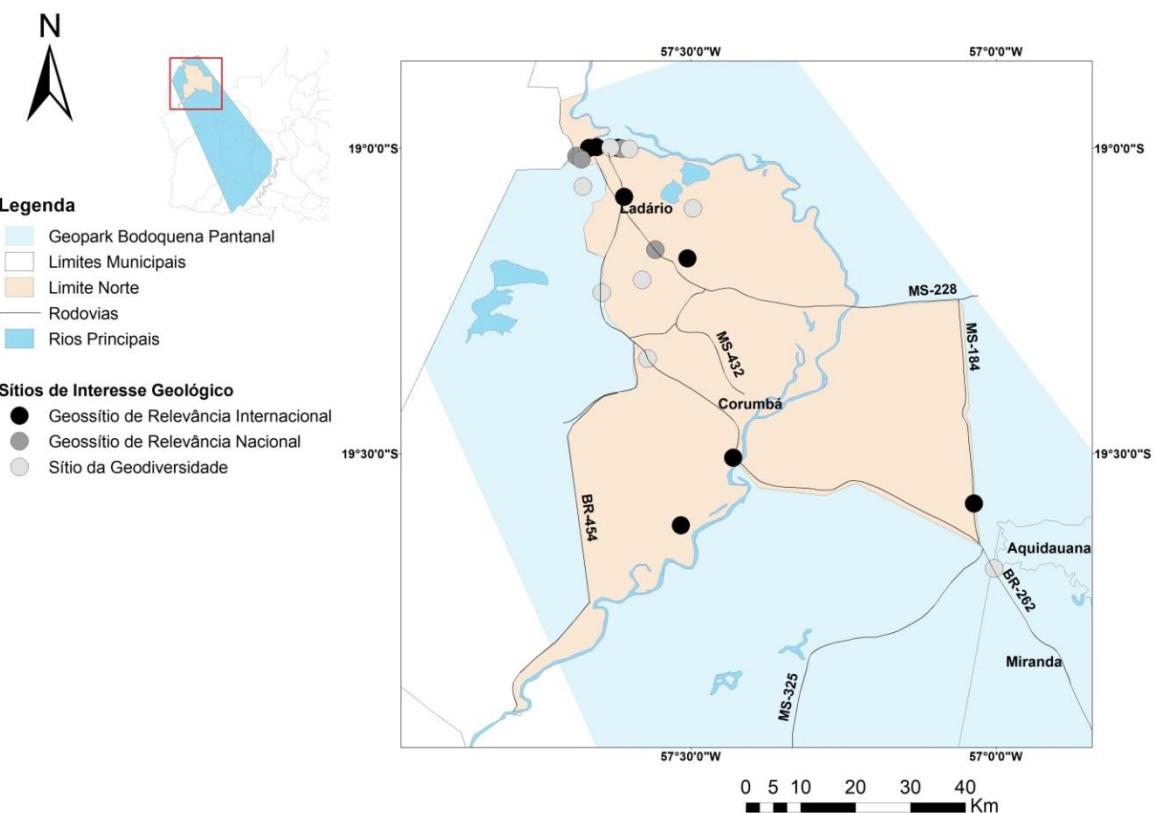


Figura 16. Proposta de nova delimitação de geoparque na porção norte do GBP. Base cartográfica: Lacerda Filho *et al.* (2006).

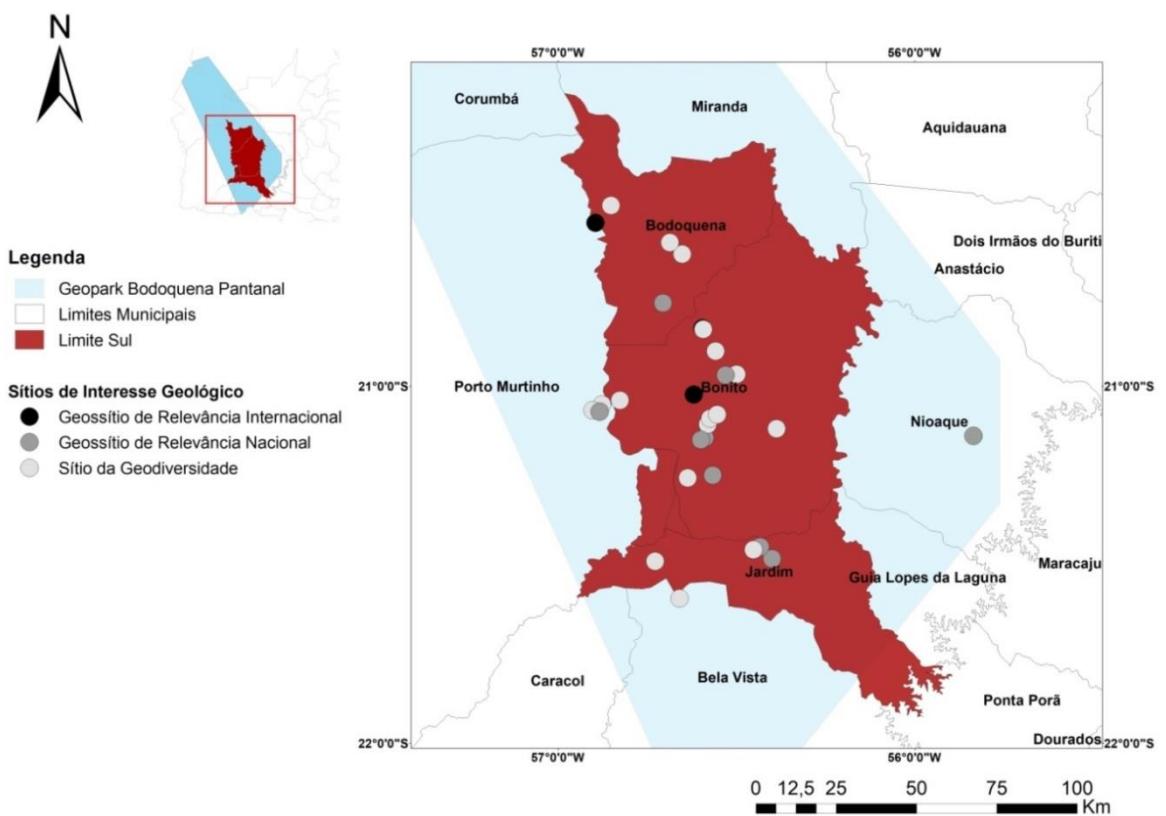


Figura 17. Proposta de nova delimitação de geoparque na porção sul do GBP. Base cartográfica: Lacerda Filho *et al.* (2006).

## 11. CONCLUSÕES

A partir do presente inventário, demonstra-se com base quantitativa, e uso de método tradicional de inventário, a relevância internacional do patrimônio geológico presente na área do Geoparque Bodoquena-Pantanal.

A divisão dos sítios inventariados nesse trabalho, de acordo com as categorias temáticas, verifica que parte destas encontram-se mais bem representadas do que outras, restringindo a representação da história geológica da região.

Isso ocorre devido à concentração dos esforços de pesquisa no âmbito geológico em aspectos de maior relevância. Outra motivação seria a restrita exposição de parte das unidades geológicas.

Grande parte dos sítios inventariados são oriundos do dossiê de candidatura do GBP à UNESCO, cujos sítios foram selecionados segundo valores diversos, como o científico de cunho paleontológico, estratigráfico, geomorfológico ou mesmo valores culturais e históricos.

Por consequência, optou-se por verificar o valor científico de todos os sítios de interesse geológico inventariados. O risco de degradação também foi verificado em todos os sítios selecionados, porém o potencial de uso educacional e turístico só foi verificado nos 16 sítios visitados durante a atividade de campo.

Constatou-se que a excepcionalidade geológica reside especialmente na demonstrada importância paleontológica das exposições, notadamente do Grupo Corumbá (Ediacarano). Em 2017, somente as exposições da Formação Tamengo na região de Corumbá, foram alvo de três artigos publicados em revistas de alto impacto nas Geociências (Adorno *et al.*, 2017; Becker-Kerber *et al.*, 2017; Parry *et al.*, 2017).

A importância geológica das exposições presentes no GBP é exemplificada pela realização de reuniões internacionais específicas para a discussão do Ediacarano na região do GBP (“*1<sup>st</sup> Symposium on Neoproterozoic-Early Paleozoic Events in SW-Gondwana - IGCP Project 478, Second Meeting, Brazil, October 2004*” e “*Corumbá Meeting 2013 - The Neoproterozoic Paraguay Belt (Brazil):glaciation, iron-manganese formation and biota*”), e pela possibilidade de visita a alguns dos geossítios inventariados.

O potencial de uso educacional e turístico pode ser avaliado através de uma análise comparativa simples. A quantificação desses valores em apenas 16 localidades limita as considerações finais, sendo possível apenas indicações sobre os sítios de maior potencial dentre os considerados.

Os geossítio S1 Parque Municipal Marina Gatass e o sítio da geodiversidade S50 Nascentes e Grutas Ceita Corê possuem pontuação superior a 300 tanto no potencial de uso educativo, como no de uso turístico, numa escala de 0 a 400. Enquanto outras duas localidades apresentam pontuação superior a 300 em relação ao potencial de uso educativo: S11 Gruta do Lago Azul e S19 Estromatólito de Porto Morrinho.

Logo, nota-se que mesmo sendo reduzido o número de sítios valorados quanto ao seu potencial de uso educativo e turístico, há a presença de quatro sítios de destaque.

A presença de doze sítios de relevância científica internacional, entre os 51 inventariados, coloca o GBP entre as propostas de geoparque no Brasil a ser priorizada, mesmo que sejam necessárias modificações nos moldes estabelecidos em seu decreto de criação.

A concentração de sítios de relevância internacional na porção norte do GBP, e em vista da problemática apresentada quanto aos limites, a área delimitada a norte – com apenas 4.000 km<sup>2</sup> e 9 geossítios de relevância internacional – reúne as melhores condições para a implementação de um geoparque.

A importância de um geoparque, além dos benefícios socioeconômicos que se espera, é a capacidade de contar uma história geológica e, sem dúvida, o Geoparque Bodoquena-Pantanal tem uma bela história a contar... "No alvorecer da Biodiversidade", conforme seu slogan, que contrasta com a rica diversidade do Pantanal.

## 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adorno, R. R., do Carmo, D. A., Germs, G., Walde, D. H., Denezine, M., Boggiani, P. C., Silva, S. C. S., Vasconcelos, J. R., Tobias, T. C., Guimarães, E. M., Vieira, L. C., Figueiredo, M. F., Moraes, R., Caminha, S. A., Suarez, P. A. Z., Rodrigues, C. V., Caixeta, G. M., Pinho, D., Muyamba, R. (2017). *Cloudina lucianoi* (Beurlen & Sommer, 1957), Tamengo Formation, Ediacaran, Brazil: Taxonomy, analysis of stratigraphic distribution and biostratigraphy. *Precambrian Research*, 301, 19-35.
- Almeida, F. F. M. (1945). Geologia do sudoeste matogrossense. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, 116: 1-118.
- Almeida, F.F.M. (1965). Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, 219:1-96.
- Almeida, T. I. R., Fernandes, E., Mendes, D., Sígolo, J. B., do Lago, R., Stevaux, A. E. E. (2006). Distribuição espacial de diferentes classes de lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS: uma contribuição ao estudo de sua compartimentação e gênese. *1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 11-15. Campo Grande.
- Alvarenga, C. J. S. (1988). Turbiditos e a glaciação do final do Proterozóico superior no Cinturão Paraguai. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 18, p. 323-327.
- Alvarenga, C. J. S., Trompette, R. (1992). Glacially influenced sedimentation in the later Proterozoic of the Paraguay Belt (Mato Grosso, Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 92:85-105.
- Alvarenga, C. J. S., Trompette, R. (1993). Evolução tectônica brasileira da Faixa Paraguai: a estruturação da região de Cuiabá. *Brazilian Journal of Geology*, 23(3), 18-30.
- Assine, M. L. (2004). A bacia sedimentar do Pantanal Mato-Grossense. *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida* (Mantesso-Neto, V., Bartorelli A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves B.B.,(orgs) (61-74). São Paulo: Beca.
- Becker-Kerber, B., Pacheco, M. L. A. F., Rudnitzki, I. D., Galante, D., Rodrigues, F., Moraes Leme, J. (2017). Ecological interactions in Cloudina from the Ediacaran of Brazil: implications for the rise of animal biomineralization. *Scientific Reports*, 7.
- Boggiani, P.C. (1990). *Ambientes de sedimentação do Grupo Corumbá na região central da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul*. Tese (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Boggiani, P.C. (1998). *Análise Estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico) - Mato Grosso do Sul*. Tese (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.

- Boggiani, P.C. (2010). Sedimentação autigênica neoproterozóica e mineralizações associadas - um registro não uniformitarista. Tese (Livre-Docência), São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Boggiani, P. C., Atencio, D., Karmann, I. (1986). Carbonatos secundários da gruta do Lago Azul (Bonito, MS): nesquehonita, hidromagnesita, aragonita e calcita. *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 34. Goiânia: SBG.
- Boggiani, P. C., Fairchild, T. R., Riccomini, C. (2004). New level of diamictites in the Corumbá Group (Ediacaran), Paraguay Belt, South America. In *1st Symposium on Neoproterozoic-Early Palaeozoic Events in SW-Gondwana*, 10-12. São Paulo.
- Boggiani, P. C., Sallun Filho, W., Karmann, I., Gesicki, A. L., Philadelphi, N. M., Philadelphi, M. (2008). Gruta do Lago Azul, Bonito, MS-Onde a luz do sol se torna azul. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Acesso em 17 de julho de 2017, <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio107/sitio107pdf>>.
- Boylan, P.J. (2008). Geological site designation under the 1972 UNESCO World Heritage Convention. In: Burek, C.V., Prosser, C.D. (eds.), *The history of Geoconservation*. (279-304). London: The Geological Society, Special Publications.
- Brilha, J. (2005). *Património Geológico e Geoconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica*. Braga: Palimage Editores.
- Brilha, J (2016) Inventory and quantitative assessment of geosite and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8(2):119–134.
- Burek, C.V., Prosser, C.D. (2008). *The history of Geoconservation*. London: The Geological Society, Special Publications.
- Campanha, G. A. C., Boggiani, P. C., Sallun Filho, W., de Sá, F. R., Zuquim, M. D. P. S., Piacentini, T. (2011). A faixa de dobramento Paraguai na Serra da Bodoquena e depressão do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul. *Geologia USP. Série Científica*, 11(3), 79-96.
- Condon, D., Zhu, M., Bowring, S., Wang, W., Yang, A., Jin, Y. (2005). U-Pb ages from the neoproterozoic Doushantuo Formation, China. *Science*, 308(5718), 95-98.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geossit: cadastro de sítios geológicos. Acesso em 15 de março de 2017. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/geossit/>>.
- Dorr II, J.V.N. (1945). Manganese and iron deposits of Morro do Urucum, Mato Grosso, Brazil. *Bulletin of the United States Geological Survey*, 946A: 1-47.
- Estado do Mato Grosso do Sul. (2010). Geopark Bodoquena-Pantanal: Dossiê de candidatura à Rede Global de Geoparks Nacionais sob auspício da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura/UNESCO.

- Figueiredo, M. F., Babinski, M., de Souza Alvarenga, C. J., Pinho, F. E. C. (2008). nova unidade litoestratigráfica registra glaciação ediacarana em Mato Grosso: Formação Serra Azul. *Geologia USP. Série Científica*, 8(2), 65-75.
- Fontaneta, G.T. (2012). Dolomitização e fosfogênese na formação bocaina, grupo Corumbá (ediacarano). Tese (Doutorado), São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- García-Cortéz, A., Carcavilla Urquí, L. (2009). Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid version 12, p. 61.
- Garcia, M. D. G. M., Brilha, J., de Lima, F. F., Vargas, J. C., Pérez-Aguilar, A., Alves, A., Fierz, M. D. S. M. (2017). The Inventory of Geological Heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological Basis, Results and Perspectives. *Geoheritage*, 1-20.
- Gaucher, C., Boggiani, P., Sprechmann, P., Sial, A., Fairchild, T. (2003). Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá Groups (Uruguay and Brazil): palaeogeographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. *Precambrian Research*, 120(3), 241-278.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Censo demográfico. Acesso em 22 de junho de 2017. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>.
- Jones, C. (2008). History of geoparks. *Geological Society, London, Special Publications*, 300(1), 273-277.
- Justo, L. J. (2000). Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul. *Programa de Avaliação Geológico-Econômica de Insumos Minerais para Agricultura no Brasil*, p. 31. Goiânia: CPRM.
- Kahwage, R. S. N. (2009). *Caracterização petrográfica e geoquímica dos calcretes da formação Xaraiés (Mato Grosso do Sul)*. (relatório de Iniciação Científica, inédito). Instituto de Geociências – USP.
- Kerber, B. B., da Rosa, A. L. Z., Gabas, S. G., de Moraes Leme, J., Pacheco, M. L. A. F. (2013). O registro fossilífero de metazoários ediacaranos na América do Sul e suas implicações nos estudos sobre origem e complexificação da vida animal. *Geologia USP. Série Científica*, 13(3), 51-64.
- Kirschvink, J. L. (1992). Late Proterozoic low-latitude global glaciation: the snowball Earth. In: Schopf, J.W., Klein, C. (eds.). *The Proterozoic Biosphere - A Multidisciplinary Study*. Cambridge, 51-52. Cambridge University Press.
- Lacerda Filho, J. V. D., Brito, R. S. C., Silva, M. D. G. D., Oliveira, C. C. D., Moreton, L. C., Martins, E. G., Lopes, R. C., Lima, T. M., Larizzatti, J. H., Valente, C. R. (2006). *Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul*. Escala 1: 1.000.000. Campo Grande: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/CPRM.

- Lima, F.F. (2008). *Proposta metodológica para a inventariação do Património Geológico Brasileiro*. Tese (Mestrado). Braga: Universidade do Minho.
- Mendes, J.C. (1957). Grutas calcárias na Serra da Bodoquena, Mato Grosso. *Boletim Paulista de Geografia*. 25: 70-77.
- Oliveira, E. C., Boggiani, P. C., Utida, G., Petri, S., Lago, R. (2009). Significado paleoclimático dos calcários Quaternários da Formação Xaraiés. In: *2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 230-239. Corumbá: INPE.
- Onary-Alves, S. Y. Becker-Kerber, B., dos Reis Valentin, P., Pacheco, M. L. A. F. (2015). O conceito de geoparque no Brasil: reflexões, perspectivas e propostas de divulgação. *Terrae Didatica*, 11(2), 94-107.
- Parry, L., Boggiani, P. C., Condon, D., Garwood, R., Leme, J., McIlrory, D., Brasier, M. D., Trindade, R., Campanha, G. A. C., Pacheco, M. L. A. F., Diniz, C. Q. C., Liu, A. G. (2017). Ichnological evidence for meiofaunal bilaterians from the Ediacaran–Cambrian transition of Brazil. *Nature Ecology & Evolution*. 1, 1455–1464.
- Pemberton, M. (2000). Conserving geodiversity, the importance of valuing our geological heritage. In: *Geological Society of Australia*, v. 59, p. 384.
- Pereira, R.G.F.A. (2010). Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil). Tese (Doutorado). Minho: Universidade do Minho.
- Reverte, F. C., Garcia, M. D. G. M. (2016). Avaliação Quantitativa do Patrimônio Geológico: Aplicação aos Geossítios de São Sebastião, Litoral Norte do Estado de São Paulo. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39(2), 43-56.
- Rocha, A.J.D., Lima, E., Schobbenhaus, C., 2016. Aplicativo Geossit - Nova versão. In: 48º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre. Acesso em 20 de outubro de 2017. <[http://sbg.sitepessoal.com/anais48cbg/st22/ID6389\\_111448\\_52\\_Aplicativo\\_geossit.pdf](http://sbg.sitepessoal.com/anais48cbg/st22/ID6389_111448_52_Aplicativo_geossit.pdf)>.
- Rolim, F.G.M., Theodorovicz, A. (2012). Geoparque Bodoquena Pantanal – Proposta. In: Schobbenhaus, C.M. Silva, C. R. (orgs). *Geoparques do Brasil: Propostas (222-282)*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil – CPRM.
- Sá, A. A., Brilha, J., Rocha, D., Couto, H., Rábano, I., Medina, J., Gutiérrez-Marco, J. C., Cachão, M., Valério, M. (2008). *Geoparque Arouca, Geologia e Património Geológico*. Arouca: Câmara Municipal de Arouca.
- Sallun Filho, W. (2005). Geomorfologia e geoespeleologia do carste da Serra da Bodoquena, MS. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.

- Sallun Filho, W., Karmann, I., Boggiani, P. C., Petri, S., Souza Cristalli, P., Utida, G. (2009). A deposição de tufas quaternárias no estado de Mato Grosso do Sul: proposta de definição da formação Serra da Bodoquena. *Geologia USP. Série Científica*, 9(3), 47-60.
- Sharples, C. (2002). Concepts and principles of geoconservation. In: *Tasmanian Parks & Wildlife Service website*. Acesso em 01 de junho de 2017. Disponível em: <<http://dpipwe.tas.gov.au/Documents/geoconservation.pdf>>.
- SIGEP – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Acesso em 21 de junho de 2017. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/>>.
- Silva, C. R. D. (2008). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro*. Rio de Janeiro: CPRM.
- Tobias, T. C. (2014). Micropaleontologia da Formação Tamengo, Eco Parque Cacimba da Saúde, Ediacarano, Grupo Corumbá, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Tese (Mestrado). Brasília, Instituto de Geociências - UnB.
- Trompette, R. (1994). Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). In: *Pan-African/Brasiliano aggregation of South America and Africa* (350). Rotterdam: A.A. Balkema.
- UNESCO. (2008). World Heritage Committee (WHC): Operational guidelines for the implementation of the world heritage convention. Acesso em 13 de junho de 2017. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/archive/oguide08-pt>>.
- UNESCO. (2015). UNESCO Global Geoparks Operational Guidelines. Acesso em 13 de junho de 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002345/234539e.pdf>>.
- Warren, L. V., Simões, M. G., Fairchild, T. R., Riccomini, C., Gaucher, C., Anelli, L. E., Freitas, B. T., Boggiani, P. C., Quaglio, F. (2013). Origin and impact of the oldest metazoan bioclastic sediments. *Geology*, 41(4), 507-510.

## ANEXO A – PARÂMETROS E PONDERADORES UTILIZADOS PELO GEOSSIT

Parâmetros e ponderadores utilizados pelo aplicativo Geossit, adaptado de Brilha (2016), na avaliação quantitativa do valor científico dos locais de interesse.

Valor Científico (Parâmetros e Ponderadores)	Parâmetros	
A1 - Representatividade (30%)	O local é o melhor exemplo, atualmente conhecido, da área de estudo para ilustrar elementos ou processos, relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável).	4 pontos
	O local é um bom exemplo da área de estudo para ilustrar elementos e processos, relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável).	2 pontos
	O local razoavelmente ilustra elementos ou processos na área de estudo, relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável).	1 ponto
A2 - Local Tipo (20%)	O local é reconhecido como holotípico ou unidade litodêmica nos léxicos estratigráficos do Brasil e da Amazônia Legal ou documentos similares, ou é a fonte de um holótipo, neótipo ou lectótipo registrado em publicações científicas, de acordo com o código (ICZN, ICBN ou ICN) vigente na época da descrição e cadastrados na Base de Dados Paleo da CPRM ou bases similares ou é um sítio de referência da IMA.	4 pontos
	O local é reconhecido, na área de trabalho, como um local-tipo secundário, sendo a fonte de um parastratótipo, unidade litodêmica ou de um parátipo.	2 pontos
	O local é reconhecido, na área de trabalho, como um dos locais-tipo secundário, sendo a fonte de um ou mais parastratótipos, unidades litodêmicas parátipo ou sintípico.	1 ponto

Continua

A3 – Conhecimento Científico (5%)	Há artigos em jornais científicos internacionais sobre esse local, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável).	4 pontos
	Há artigos em publicações científicas nacionais sobre esse local, diretamente relacionadas com a categoria temática em questão (quando aplicável).	2 pontos
	Há resumos apresentados em eventos científicos internacionais com base nesse local, diretamente relacionado com a categoria temática em questão (quando aplicável).	1 ponto
A4 - Integridade (15%)	Os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) estão muito bem preservados.	4 pontos
	O local não está tão bem preservado, mas os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) ainda estão preservados.	2 pontos
	O local tem problemas de preservação e os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) bastante alterados ou modificados.	1 ponto
A5 – Diversidade Geológica (5%)	Local com cinco ou mais tipos de características geológicas distintas com relevância científica.	4 pontos
	Local com três ou quatro tipos de características geológicas distintas com relevância científica.	2 pontos
	Local com um ou dois tipos de características geológicas distintas com relevância científica.	1 ponto
A6 - Raridade (15%)	O local é a única ocorrência desse tipo na área de estudo (representando a categoria temática em questão, quando aplicável).	4 pontos
	Na área de estudo, há dois ou três exemplos similares a esse local (representando a categoria temática em questão, quando aplicável).	2 pontos

Continua

	Na área de estudo, há quatro ou cinco exemplos de locais similares (representando a categoria temática em questão, quando aplicável).	1 ponto
A7 – Limitações de Uso (10%)	O local não tem limitações (permissão legal, barreiras físicas, etc.) para amostragem ou trabalho de campo.	4 pontos
	É possível coletar amostras ou fazer trabalho de campo após ultrapassar as limitações existentes.	2 pontos
	Amostragem ou trabalho de campo são muito difíceis de serem realizados devido às dificuldades de ultrapassar as limitações.	1 ponto

Distribuição dos parâmetros e ponderadores utilizados pelo aplicativo Geossit e por Brilha (2016) na avaliação quantitativa do Potencial de Uso Educacional e do Potencial de Uso Turístico.

PARÂMETRO	Potencial de Uso Educacional	Potencial de Uso Turístico
	(ponderador)	(ponderador)
C1 - Vulnerabilidade	10	10
C2 - Acessibilidade	10	10
C3 - Limitações de uso	5	5
C4 - Segurança	10	10
C5 - Logística	5	5
C6 - Densidade de população	5	5
C7 - Associação com outros valores	5	5
C8 – Beleza cênica	5	15
C9 - Singularidade	5	10
C10 - Condições de observação	10	5
C11 - Potencial didático	20	—
C12 - Diversidade geológica	10	—
C13 - Potencial interpretativo	—	10
C14 - Nível econômico	—	5
C15 - Proximidade a zonas recreativas	—	5
Total	100	100

**ANEXO B – LOCALIZAÇÃO E LISTA DOS SÍTIOS DE INTERESSE GEOLÓGICO**

## ANEXO C – LOCAIS INVENTARIADOS E INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL POR SUA CATALOGAÇÃO

Sítios de interesse geológico propostos por esse trabalho, somados aos presentes no dossiê de candidatura apresentado à UNESCO (Mato Grosso do Sul, 2010) e aos descritos pela SIGEP. Disponível em: [http://sigep.cprm.gov.br/Lista\\_Geral\\_Sitios\\_e\\_Propostas.pdf](http://sigep.cprm.gov.br/Lista_Geral_Sitios_e_Propostas.pdf) . Acesso em 05 maio 2017.

Sítio de Interesse Geológico	Catalogação (Instituição Responsável)
S1 Parque Municipal Marina Gatass	Dossiê - Unesco
S2 <i>Corumbella</i> /Parque Ecológico das Cacimbas	Dossiê - Unesco
S3 Escadinha da XV	Dossiê - Unesco
S4 Crosta Laterítica com Inscrições Rupestres, Fazenda Figueirinha	Dossiê - Unesco
S5 Fósseis de <i>Cloudina</i> - Hotel Gold Fish	Presente Trabalho
S6 Porto Limoeiro	Presente Trabalho
S7 Formação Urucum	Dossiê - Unesco
S8 Mineração Corcal	Presente Trabalho
S9 Rochas Fosfáticas da Fazenda Ressaca e Primavera	Dossiê - Unesco
S10 Porto Ladário	Presente Trabalho
S11 Gruta do Lago Azul	SIGEP, Vol. 2; Dossiê - Unesco
S12 Baía das Garças	Dossiê - Unesco
S13 Morraria do Puga	SIGEP, Vol. 1; Dossiê - Unesco
S14 Anticlinal Anhumas	Dossiê - Unesco
S15 Mina Urucum-Vale	Dossiê - Unesco
S16 Mina dos Belgas	Dossiê - Unesco
S17 Formação Cerradinho	Dossiê - Unesco
S18 Paleomar do Tamengo	Dossiê - Unesco
S19 Estromatólito de Porto Morrinho	Dossiê - Unesco
S20 Estromatólito/Mirante Morraria do Sul	Dossiê - Unesco
S21 Pedreira Saladeiro/Porto Sobramil	SIGEP, não publicado; Dossiê - Unesco
S22 Gruta Nossa Senhora Aparecida	Dossiê - Unesco
S23 Gruta São Miguel	Dossiê - Unesco
S24 Abismo Anhumas	Dossiê - Unesco
S25 Gruta Mimoso	Dossiê - Unesco
S26 Lagoa Misteriosa	Dossiê - Unesco

Continua

S27 Buraco das Araras	Dossiê - Unesco
S28 Icnofósseis/Formação Botucatu	Dossiê - Unesco
S29 Tufas calcárias/Parque das Cachoeiras	Dossiê - Unesco
S30 Tufas calcárias/Cachoeira Boca da Onça	Dossiê - Unesco
S31 Nascentes do Rio Sucuri	Dossiê - Unesco
S32 Monumento Natural do Rio Formoso Ilha do Padre	Dossiê - Unesco
S33 Recanto ecológico Rio da Prata	Dossiê - Unesco
S34 Lentes de calcários do Rio Miranda	Dossiê - Unesco
S35 Crosta laterítica com inscrições rupestres/Fazenda Salesianos	Dossiê - Unesco
S36 Embasamento Cristalino / Borda Oeste a Serra da Bodoquena	Dossiê - Unesco
S37 Tufas calcárias/Cachoeira Aquidaban	Dossiê - Unesco
S38 Morro do Azeite	Dossiê - Unesco
S39 Mirante da Morraria do Urucum	Dossiê - Unesco
S40 Mina de ferro e manganês	Dossiê - Unesco
S41 Buraco das Abelhas	Dossiê - Unesco
S42 Gruta Urubu Rei	Dossiê - Unesco
S43 Tufas Calcárias do Balneário Presidente Corrêa	Dossiê - Unesco
S44 Tufas Calcárias/Cachoeiras Estância Mimoso	Dossiê - Unesco
S45 Estância Li	Dossiê - Unesco
S46 Tufas calcárias/Serra da Bodoquena	SIGEP, Vol. 1; Dossiê - Unesco
S47 Buraco do Japonês /dos fósseis	Dossiê - Unesco
S48 Gruta e Nascente do Rio Formoso	Dossiê - Unesco
S49 Mineração Horii	Dossiê - Unesco
S50 Nascentes e Grutas Ceita Core	Dossiê - Unesco
S51 Mina Laginha	Presente Trabalho

## ANEXO D – VALORES ATRIBUÍDOS A CADA UM DOS PARÂMETROS PARA CADA SÍTIO DE INTERESSE GEOLÓGICO

Valor científico de todos os sítios de interesse geológico segundo as sete variáveis e seus pesos (ponderações). De forma que: A1 (representatividade), A2 (local-tipo), A3 (conhecimento científico), A4 (integridade), A5 (diversidade geológica), A6 (raridade) e A7 (limitações de uso).

Peso	30	20	5	15	5	15	10	-
↓Sítios/Parâmetros→	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	V.C.
S1	4	0	0	4	1	1	4	240
S2	4	4	4	4	1	2	4	355
S3	4	4	2	2	1	4	2	325
S4	2	1	0	4	0	1	2	175
S5	2	2	0	4	2	2	2	220
S6	2	1	0	4	1	1	2	180
S7	2	2	1	2	1	2	2	190
S8	2	1	1	4	4	1	2	200
S9	4	2	2	4	2	4	1	310
S10	2	1	0	4	1	1	2	180
S11	2	2	1	4	0	1	4	220
S12	1	2	1	1	1	4	0	145
S13	4	4	4	2	2	4	1	330
S14	1	1	1	4	1	2	4	190
S15	4	4	4	2	2	4	1	330
S16	2	4	4	2	1	1	0	175
S17	1	1	1	1	1	4	0	125
S18	1	1	4	4	1	1	4	190
S19	4	4	4	4	2	4	4	390
S20	4	4	4	4	1	4	4	385
S21	4	4	4	4	1	2	2	335
S22	2	1	2	2	1	1	2	160
S23	1	1	4	1	1	2	0	150
S24	4	1	4	1	4	2	0	270
S25	2	4	1	1	2	0	0	160
S26	2	4	1	1	2	0	0	160
S27	4	2	4	1	4	2	0	275
S28	4	1	2	1	1	4	4	270
S29	2	4	4	4	1	1	4	280
S30	2	4	4	4	1	1	2	260
S31	4	4	1	2	4	0	0	255
S32	1	1	4	1	1	2	0	150
S33	2	2	4	1	1	2	0	200

Continua

S34	4	4	1	4	1	2	4	340
S35	4	4	4	1	1	2	0	300
S36	4	1	1	4	0	0	0	120
S37	2	2	4	4	1	1	4	240
S38	1	1	4	1	1	4	0	170
S39	4	1	1	0	0	0	0	85
S40	4	4	4	4	4	4	1	370
S41	2	1	4	1	1	2	0	165
S42	1	1	4	1	1	2	0	135
S43	1	1	4	1	1	4	0	170
S44	2	1	4	1	1	2	0	180
S45	4	4	1	4	4	0	0	285
S46	4	4	4	4	1	4	4	385
S47	2	4	4	1	2	2	0	195
S48	2	1	4	1	2	2	0	180
S49	1	1	1	4	0	0	0	80
S50	2	1	4	1	2	2	0	180
S51	4	4	4	4	2	4	2	370

Distribuição do peso dos 15 parâmetros considerados para a avaliação do valor educacional e turístico, além da pontuação atribuída a cada um dos 16 sítios de interesse geológico avaliados. De forma que: C1 (vulnerabilidade), C2 (acessibilidade), C3 (limitações ao uso), C4 (segurança), C5 (logística), C6 (densidade populacional), C7 (associação com outros valores), C8 (beleza cênica), C9 (singularidade), C10 (condições de observação), C11 (potencial didático), C12 (diversidade geológica), C13 (potencial de divulgação), C14 (nível econômico) e C15 (proximidade a zonas recreativas).

Peso (P. E.)	Peso (P. T.)	Sítios→ ↓Parâmetros	S1	S2	S3	S4	S5
10	10	C1	4	3	1	3	2
10	10	C2	4	3	4	3	4
5	5	C3	4	1	4	2	1
10	10	C4	4	2	4	2	2
5	5	C5	4	4	4	3	4
5	5	C6	1	1	1	1	1
5	5	C7	4	4	4	4	4
5	15	C8	1	4	2	4	1
5	10	C9	4	1	4	2	4
10	5	C10	4	4	4	4	3
20	0	C11	4	1	1	1	4
10	0	C12	1	4	1	1	1
0	10	C13	4	1	1	1	4
0	5	C14	1	4	1	1	1
0	5	C15	4	0	4	1	4
Potencial de Uso	Valor Educativo		340	250	255	230	275
	Valor Turístico		325	240	280	250	265

Continua

Peso (P. E.)	Peso (P. T.)	Sítios→ ↓Parâmetros	S6	S7	S8	S9	S10	
10	10	C1	1	2	1	1	2	
10	10	C2	3	2	2	2	4	
5	5	C3	1	1	1	1	2	
10	10	C4	2	1	1	2	2	
5	5	C5	4	3	4	4	4	
5	5	C6	1	1	1	1	1	
5	5	C7	4	3	3	4	4	
5	15	C8	4	4	4	4	2	
5	10	C9	4	4	2	2	4	
10	5	C10	4	1	4	1	4	
20	0	C11	1	2	2	3	4	
10	0	C12	4	1	1	1	1	
0	10	C13	1	1	1	3	4	
0	5	C14	4	1	1	4	1	
0	5	C15	0	0	0	0	4	
Potencial de Uso	Valor Educativo		260	190	225	190	295	
	Valor Turístico		235	170	155	195	290	
Peso (P. E.)	Peso (P. T.)	Sítios→ ↓Parâmetros	S11	S12	S18	S19	S50	S51
10	10	C1	4	3	3	4	4	2
10	10	C2	2	2	2	4	2	3
5	5	C3	4	4	4	1	4	1
10	10	C4	4	1	1	2	4	2
5	5	C5	4	4	4	4	4	4
5	5	C6	1	1	1	1	1	1
5	5	C7	4	3	3	3	4	3
5	15	C8	4	1	1	1	4	4
5	10	C9	4	2	4	3	4	4
10	5	C10	4	1	1	4	4	4
20	0	C11	4	2	1	4	4	3
10	0	C12	2	1	1	2	2	1
0	10	C13	4	3	3	4	4	1
0	5	C14	3	3	2	3	3	2
0	5	C15	4	0	0	2	4	0
Potencial de Uso	Valor Educativo		345	185	195	305	345	285
	Valor Turístico		260	180	185	275	360	200

Quantificação do risco de degradação de todos os 51 sítios de interesse geológico de acordo com as cinco variáveis e seus pesos (ponderações). De forma que: B1 (deterioração de elementos geológicos), B2 (proximidade a áreas/atividades com potencial para causar degradação), B3 (proteção legal), B4 (acessibilidade) e B5 (densidade populacional).

Peso	35	20	20	15	10	-
↓Sítios/Parâmetros→	B1	B2	B3	B4	B5	R.D.
S1	1	2	1	4	1	165
S2	4	4	2	3	1	315
S3	4	4	2	4	1	330
S4	1	1	3	3	1	170
S5	3	4	3	4	1	315
S6	4	4	4	2	1	340
S7	3	2	3	2	1	245
S8	4	4	3	2	1	320
S9	4	4	3	2	1	320
S10	4	4	4	4	1	370
S11	1	2	1	2	1	135
S12	3	1	4	3	1	260
S13	2	1	4	1	1	195
S14	1	4	4	1	0	185
S15	4	4	3	4	1	350
S16	1	4	3	4	1	245
S17	3	4	4	1	0	255
S18	1	1	4	4	1	205
S19	1	1	2	4	1	165
S20	1	1	4	4	1	205
S21	1	1	1	4	2	155
S22	1	1	1	4	1	145
S23	1	1	1	4	1	145
S24	1	1	1	4	1	145
S25	1	1	1	4	1	145
S26	1	1	1	4	1	145
S27	1	1	1	4	1	145
S28	3	4	2	3	1	280
S29	1	1	1	4	1	145
S30	1	1	1	4	1	145
S31	1	1	1	4	1	145
S32	1	1	1	4	1	145
S33	1	1	3	4	1	185
S34	1	1	4	4	1	205
S35	1	1	2	4	1	165
S36	1	1	4	4	1	205
S37	1	1	4	4	1	205
S38	1	1	4	2	1	175

Continua

S39	1	1	3	4	1	185
S40	1	1	3	4	1	185
S41	1	1	1	4	1	145
S42	1	1	1	1	1	100
S43	1	1	1	4	1	145
S44	1	1	3	4	1	185
S45	1	1	4	4	1	205
S46	1	1	4	4	1	205
S47	1	1	1	4	1	145
S48	1	1	1	4	1	145
S49	4	4	3	4	1	350
S50	1	3	1	2	1	155
S51	1	4	3	3	1	230