

# GEOCONSERVAÇÃO EM GRANDES CIDADES E PROPOSIÇÃO DOS ITINERÁRIOS GEOLÓGICOS DE PORTO ALEGRE: CONTRIBUIÇÕES METODOLÓGICAS PARA VALORAÇÃO INTEGRADA DE UNIDADES GEOLÓGICAS

Rodrigo Cybis FONTANA<sup>1</sup>, Rualdo MENEGAT<sup>2</sup> & Ana Maria Pimentel MIZUSAKI<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Instituto de Geociências / Programa de Pós-Graduação em Geociências. Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43127 / CEP: 91509-900. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Endereço eletrônico: rodrigo.fontana@ufrgs.br

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Instituto de Geociências / Departamento de Paleontologia e Estratigrafia. Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43127 / CEP: 91509-900. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Endereços eletrônicos: rualdo.menegat@ufrgs.br; ana.mizusaki@ufrgs.br

## Introdução

- Geodiversidade e geoconservação pós 1990
- Metodologias de geoconservação pós 1990
- Iniciativas para geoconservação urbana

## Área de estudo e objetivo

- Porto Alegre como encontro de paisagens
- Itinerários geológicos de Porto Alegre como objetivo

## Metodologia e resultados

- Valoração integrada de unidades geológicas
  - Atlas Ambiental de Porto Alegre como inventário ecológico
  - Indicadores geopaisagísticos
  - Matrizes de valoração integrada das unidades geológicas
- Identificação de geossítios em contexto urbano
  - Delimitação de áreas de busca por geossítios
  - Uso de imagens de satélite e de campanhas de campo
  - Mapa de Áreas de Busca por Geossítios
- Espacialização lógica e logística de itinerários
  - Representação da história geológica
  - Condições logísticas de visitação
  - Mapa de Itinerários Geológicos de Porto Alegre

## Considerações finais

## Referências

**RESUMO** – Os temas da geodiversidade e geoconservação emergem no século XXI como contribuições das geociências para o desenvolvimento sustentável. Devido ao gigantismo urbano, aos colapsos socioambientais e à intensa ocupação da geosfera, se faz urgente a culturalização dos temas relacionados à Terra, especialmente da sua conservação. Nesse cenário, surgem os conceitos da geodiversidade e de suas funções ecossistêmicas, bem como estratégias e metodologias para aplicação da geoconservação. Embora antigas, as estratégias de geoconservação ganharam espaço na gestão patrimonial e ambiental a partir dos anos 1990 e, desde então, diferentes propostas metodológicas vêm sendo construídas para dar suporte técnico-científico para tais ações. Este trabalho apresenta contribuições metodológicas para valoração integrada de unidades geológicas a partir da análise de seis mapas temáticos do município de Porto Alegre e da proposição de uma matriz com 12 indicadores geopaisagísticos aplicados às 22 unidades geológicas locais. Além disso, 11 geossítios são encadeados em termos de itinerários geológicos que permitem evidenciar a história geológica regional. Por fim, o presente estudo propõe os Itinerários Geológicos de Porto Alegre como tecnologia socioeducativa para auxiliar a conexão das pessoas com a paisagem onde vivem. Dessa forma, geoeducação e geoconservação podem ter papéis importantes na gestão de ambientes urbanos populosos.

**Palavras-chave:** geodiversidade, geoeducação com base no lugar, geossítio urbano, gestão ambiental urbana, matriz de valoração.

**ABSTRACT**- The themes of geodiversity and geoconservation arise in the XXI century as contributions of geosciences to sustainable development. Due to gigantic urban realm, social and environmental collapses, and intense occupation of the geosphere, became urgent the culturalization of issues related to Earth, especially of their conservation. In this context, the geodiversity concepts and its ecosystems functions had been proposed as well as strategies and methodologies for applying geoconservation. Although older, geoconservation strategies gained ground in the environmental and patrimonial management from the 1990's. Since then, different methodological proposals had been constructed in order to provide technical and scientifically support for such actions. This paper presents methodological contributions to integrated assessment of geological units from the analysis of six thematic maps of Porto Alegre city and from the proposition of a matrix constituted by 12 geolandscape indicators applied to 22 local geological units. In addition, 11 geosites are linked in terms of geological itineraries that allow reflecting regional geological history. Finally, this study proposes the Geological Itineraries of Porto Alegre as a socioeducational technology that could help to connect citizens with the landscape where they live. Thus, geoeducation and geoconservation may have importante roles in environmental management of crowded cities.

**Key-words:** assessment matrix, environmental urban management, geodiversity, place-based geoeducation, urban geosite.

## INTRODUÇÃO

“Os mapas temáticos de caráter naturalista prescindem, às vezes, do espaço urbano. As cidades aparecem neles como uma mancha suspeita, sem ter sequer presença nas legendas, como se constituíssem uma lacuna informativa e órfã de sentido” (Folch i Guillén, 2006, p. 192).

### Geodiversidade e geoconservação pós 1990

Em um cenário de degradações ambientais em escala planetária e de crescente atenção aos temas da Terra (Meadows *et al.*, 1972, 2004; WCED, 1987; DD, 1991; ONU, 1993; UNESCO, 1999, 2004; UNEP, 2012; IPCC, 2013), a literatura geocientífica tem se dedicado cada vez mais à temática da geodiversidade e geoconservação. Embora esses assuntos sejam encontrados pontualmente em outros momentos da história (Burek & Prosser, 2008; Carcavilla *et al.*, 2009; Henriques *et al.*, 2011; Prosser, 2012), a grande expansão, conceituação e consolidação da geodiversidade e da geoconservação enquanto novos campos disciplinares datam dos anos 1990 (Sharples, 1993, 2002; Wimbledon *et al.*, 1995, 2000; Stanley, 2000; Baretino *et al.*, 2000). Ainda que precisem ser mais bem debatidos e entendidos (Gray, 2013), esses campos geológicos de estudo vêm rapidamente ganhando espaço nas atividades geocientíficas em todo o mundo (Xun & Ting, 2003; Brilha, 2005, 2015; Zouros, 2004; Burek & Prosser, 2008; Silva, 2008; Garcia-Cortés *et al.*, 2014; Reynard *et al.*, 2009; Gordon & Barron, 2011; Henriques *et al.*, 2011; Schobbenhaus & Silva 2012; Mansur *et al.*, 2013; Gray 2013). A existência de instituições e grupos de trabalho específicos na área, bem como a recorrência do tema em encontros científicos nacionais e internacionais e a verificação de pesquisas e publicações científicas especializadas, conferem à temática da geodiversidade e geoconservação a possibilidade de tornar-se um novo paradigma geocientífico (Gray, 2008). A geoconservação é, inclusive, anunciada como nova área geocientífica (Henriques *et al.*, 2011).

O conceito de geodiversidade está em franca construção e tem tido diferentes abordagens quanto ao que realmente a constitui e quais as suas importâncias e ameaças. Um dos mais reconhecidos conceitos define a geodiversidade como “a variedade natural (diversidade) de feições geológicas (rochas, minerais, fósseis),

geomorfológicas (geoformas, topografia, processos físicos), pedológicas e hidrográficas. Isso inclui suas assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para a paisagem” (Gray, 2013, p. 12). Ao relacionar-se com a biosfera, a geodiversidade “*provê a base para a vida na Terra [e] é ainda a ligação entre pessoas, paisagens e suas culturas [...]*” (Stanley, 2000, p. 15). A interface com a biosfera aponta para a discussão acerca da importância da geodiversidade e, para tanto, uma combinação de aspectos objetivos (materiais) e subjetivos (imateriais) passou a ser utilizada para valorá-la. Algumas das primeiras conceituações agruparam os serviços ecossistêmicos e os valores da geodiversidade como dos tipos intrínseco, cultural, estético, econômico, científico e educacional (Wilson, 1994; Bennett & Doyle, 1998). Por outro lado, esses valores foram direcionados para questões mais ecológicas e funcionais da geodiversidade (Sharples, 1993; Gray, 2004), sendo, atualmente, apresentados em termos de serviços ecossistêmicos abióticos, a saber: de provisionamento, de suporte, de regulação, de cultura e de conhecimento (Gray, 2013; Gray *et al.*, 2013).

Ao reconhecerem-se os valores fundamentais e vitais para a humanidade advindos da geodiversidade, demarcaram-se possíveis impactos e ameaças à mesma, os quais são implicados tanto em escalas locais quanto em contextos mais amplos. Normalmente subestimadas ou sequer reconhecidas, atividades que resultam em perda ou degradação da geodiversidade, devido tanto a processos naturais quanto induzidos pelos humanos, são abundantes. Gray (2013) apresentou uma síntese de 14 grupos de ameaças à geodiversidade, que inclui aquelas advindas da falta de informação/educação. Os impactos à geodiversidade podem ter caráter cumulativo, assim como e as ameaças variam conforme a sensibilidade dos sistemas e os valores outorgados a esses (Gray, 2013; García-Ortiz *et al.*, 2014). Por isso, são necessárias

estratégias de geoconservação por meios legais e culturais.

Define-se como patrimônio geológico a memória do passado da Terra que está registrado em profundidade ou em superfície, nas rochas, nos fósseis e nas paisagens constituindo porções da geodiversidade que contêm valores e singularidades importantes para o conhecimento e aprendizado da história doplaneta, devendo, portanto, ser protegido para o tempo presente e futuro (DD, 1991). Também denominado geopatrimônio, possui caráter material e imaterial, sendo os geossítios sua expressão palpável e os valores atribuídos a estes, o impalpável (Delphin, 2009). Imaterialidade e materialidade têm relação intrínseca, devendo ser compreendidas de forma integrada. Para a UNESCO (2003, p. 3), por exemplo, “*entende-se por ‘patrimônio cultural imaterial’ as práticas, representações, expressões, conhecimentos e competências – bem como os instrumentos, objetos, artefatos e espaços culturais que lhes estão associados – que as comunidades, os grupos e, em alguns casos, os indivíduos reconhecem como parte integrante de seu patrimônio cultural*”. No caso da geodiversidade, os geossítios são considerados as “*unidades básicas do patrimônio geológico*” (Henriques *et al.*, 2011, p. 119) e devem ser claramente delimitados em área, sejam pequenas (p.e., afloramentos), sejam grandes (p.e., morro), incluindo museus e coleções.

Assim como as noções de existência e de necessidade de atenção à biodiversidade antecederam as mesmas noções referentes à geodiversidade também ocorreram tardiamente. Com efeito, exceto por exemplos pontuais, a geoconservação passou a ter conceitos e metodologias próprias para a gestão patrimonial e ambiental apenas a partir dos anos 1990. Definida nas suas origens, a geoconservação “*aponta para a conservação da diversidade das feições e sistemas da Terra (‘Geodiversidade’) e para a concessão da manutenção de seus processos para que esses continuem a funcionar e evoluir na sua forma natural*” (Sharples, 1993, p. 7).

A geoconservação tem sido aplicada tanto legalmente quanto culturalmente. Dentre os exemplos de áreas que podem proteger a geodiversidade estão: a) geossítios,

geomorfossítios, locais/lugares de interesse geológico (LIG), sítios geológicos/geomorfológicos de importância regional - RIGS, sítios de especial interesse científico - SSSI; b) pontos e seções de estratotipos de limite global - GSSP; c) sítios do patrimônio mundial; d) geoparques; e) parques nacionais/estaduais/municipais; f) áreas/reservas/sítios/monumentos naturais/ecológicos; g) áreas de proteção/conservação/interesse ambiental/natural/marinha; h) rios/rotas do patrimônio; i) trilhas/caminhos/itinerários interpretativos/educativos/de lazer; j) museus, ecomuseus, museus a céu aberto; k) paisagem protegida/cultural; etc. Contudo, nem todas essas áreas protegem igualmente a geodiversidade. Por um lado, há instrumentos legais definindo claramente algumas áreas, como um Decreto-Lei de Portugal (DL, 2008) que especifica geossítio e patrimônio geológico. Também nessa direção se coloca um conjunto de leis espanholas que tratam nomeadamente da conservação e gestão do patrimônio geológico e da geodiversidade, incluindo uma lista dos principais contextos geológicos nacionais e as unidades geológicas que os representam (Díaz-Martínez *et al.*, 2008). No caso brasileiro, Nascimento *et al.* (2008) afirmaram que, até o ano de 2006, 42 dos 62 parques nacionais tinham como principais atrativos seus potenciais de geodiversidade, embora sem reconhecer tal fato. Com efeito, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, 2000) não menciona nem o patrimônio geológico nem a geodiversidade e tampouco prevê estratégias de geoconservação. Limita-se em referir genericamente à proteção das características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural (SNUC, 2000).

### **Metodologias de geoconservação pós 1990**

Embora ainda existam discussões quanto aos métodos a serem utilizados, a ideia de que a geoconservação visa conservar a geodiversidade por meio de geossítios tem sido amplamente aceita (Henriques *et al.*, 2011). Por meio da unificação de tendências metodológicas desde as suas origens modernas (Sharples, 1993; Wimbledon *et al.*, 1995),

propôs-se a metodologia da geoconservação em termos de “*implementação de procedimentos específicos de inventariação, valoração, conservação, valorização e monitoração*” (Henriques *et al.*, 2011, p. 117).

Inventariação e valoração relacionam-se à possibilidade de conhecer grande parte da geodiversidade de uma região e hierarquizá-la de modo a definir prioridades de conservação e permitir a posterior comparação dos resultados com os de outras localidades geologicamente distintas (Sharples, 1993; Wimbledon *et al.*, 1995, 2000; Brilha, 2005, 2015; Lima *et al.*, 2010, Henriques *et al.*, 2011). A inventariação deve ser potencializada pela definição de um ou mais objetivos claros, como o de abranger geossítios representativos de áreas temáticas ou enquadramentos geológicos específicos (Wimbledon *et al.*, 1995, 2000; Lima *et al.*, 2010; Dingwall *et al.*, 2005), a exemplo de províncias geotectônicas, eras cronoestratigráficas, história geológica, entre outros. A inventariação pode ser realizada em diferentes escalas, desde a global até a local, a nível de países ou de parques nacionais, etc.

O procedimento de valoração de geossítios tem sido realizado em termos de a) valores de geodiversidade, b) riscos de degradação e c) potenciais de uso (Henriques *et al.*, 2011; Gray, 2013; García-Ortiz *et al.*, 2014). Ainda que a avaliação qualitativa tenha papel fundamental na marcação de premissas da geoconservação, os métodos quantitativos têm sido utilizados (Brilha, 2005, 2015; Reynard *et al.*, 2007; Bruschi, 2007; Bruschi & Cendrero, 2009; Lima *et al.*, 2010; Coratza *et al.*, 2011; Fassoulas *et al.*, 2012; García-Cortés *et al.*, 2014) como “*uma tentativa de reduzir a subjetividade que está sempre envolvida em qualquer seleção ou valoração*” (Henriques *et al.*, 2011, p. 120). Os inventários têm sido elaborados, em geral, por meio de dados e critérios científicos, embora Pena-dos-Reis & Henriques (2009) atentem para a importância da integração dos vieses científico e social a fim de se alcançar políticas de geoconservação mais efetivas.

Os procedimentos relacionados à conservação têm como objetivo a busca por ações de proteção direta da geodiversidade, focando especialmente o enquadramento legal para a proteção do patrimônio geológico. As

legislações variam conforme cada país ou parte administrativa, devendo-se buscar o enquadramento nos âmbitos mais acessíveis possíveis, como em leis municipais antes de nacionais (Brilha, 2005, 2015; Henriques *et al.*, 2011). Os procedimentos de valorização estão associados às estratégias de implementação, divulgação, interpretação e uso dos geossítios (Brilha, 2005, 2015; Hose, 2008), tais como: a) itinerários, rotas de bicicleta, trilhas, percursos interpretativos e/ou educativos, de observação (Burek & Hope, 2006; Conway, 2010; Minvielle & Hermelin, 2011; Fernández-Martínez *et al.*, 2011; Wrede & Mügge-Bartolović, 2012; Belmonte Ribas, 2013a, b; Palladino *et al.*, 2013; Garofano, 2014); b) livros-guia de campo/livros fotográficos (Carballo & Hilário, 2010; Hilário, 2012); c) filmes, recursos digitais, sítios eletrônicos (Gorritiberea & Hilário, 2009; Magagna *et al.*, 2013; Martínez-Graña *et al.*, 2013); d) programas educativos (Catana, 2009; Vegas *et al.*, 2012; AGA, 2013; Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez, 2014); e) interpretação, adaptação da linguagem de material técnico, painel interpretativo, maquetes, réplicas de fósseis (Mansur, 2009; Moreira, 2012; Stewart & Nield, 2013); f) jornais locais, revistas (APRODERVI, 2013; Earth Heritage, 2014); g) museus, ecomuseus, museus a céu aberto, centros interpretativos (Reis *et al.*, 2014); etc. Por fim, os procedimentos de monitoração são propostos para fiscalização desse uso em termos de sua eficácia, impacto local e acompanhamento geral das dinâmicas antrópica e natural que concernem aos geossítios (Buckley, 2003; Brilha, 2005, 2015; Becker, 2008; GGN, 2014).

Embora exista consenso acerca da importância da geoconservação, divergências são observadas quanto à sua finalidade principal. Por um lado, a conservação mais voltada para geossítios com alto valor científico-educativo (Wimbledon *et al.*, 1995, 2000; Brilha, 2005, 2015; Lima *et al.*, 2010) e, por outro, a busca de atenção às funções ecológicas (Sharples, 1993, 2002; Gray *et al.*, 2013; Gray, 2013) e inclusive filosóficas destes locais (Martini, 2009). Ainda assim, as finalidades convergem em um momento histórico no qual a degradação do conjunto humano-natureza é potencializada pela

urbanização excessiva do mundo (UN-DESA, 2014), a qual pode vir a ser amenizada pela geoconservação nos seus distintos enfoques.

### **Iniciativas para geoconservação urbana**

A relação da geoconservação com as cidades tem sido secundária e, de maneira resumida, dir-se-á que a geoconservação tem sido focada prioritariamente para áreas rurais e naturais de altos valores de geopatrimônio, beleza natural e turístico-cultural. O processo de implementação da Rede Global de Geoparques é exemplo dessa relação, tanto em seu estágio inicial (Zouros, 2004), quanto atual. Exceção à regra que ocorreu em 2004, por iniciativa do sistema de geoparques alemão, é o Geoparque Nacional da Área de Ruhr, tido como o “*primeiro no mundo a ser situado em uma área urbana*” (Wrede & Mügge-Bartolović, 2012, p. 109).

Exemplos de geoconservação em áreas urbanizadas vêm ganhando espaço e embora se destinem, em geral, a pequenos centros populacionais, há exemplos aplicados a grandes cidades (Fernández-Martínez *et al.*, 2011; Minvielle & Hermelin, 2011; Carlsen & Heath, 2012; Del Lama *et al.*, 2014). Marcadas frequentemente pela temática da geoeducação, as ações de geoconservação urbana têm utilizado o geoturismo (Palladino *et al.*, 2013; Wrede & Mügge-Bartolović, 2012; Del Lama *et al.*, 2014), a educação escolar formal (Catana, 2009; AGA, 2013; Fernández-

Martínez, 2014; Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez, 2014) e a divulgação das geociências em geral. Burek & Hope (2006) ainda ressaltaram que tem havido um enorme crescimento de trilhas geológicas urbanas, sendo uma maneira bem sucedida de sensibilizar o público para as questões da geoconservação.

A geoconservação em cidades significa a possibilidade de sensibilização para os temas da Terra em larga escala, como é o exemplo da área administrativa da Grande Londres (Carlsen & Heath, 2012), influenciando milhões de pessoas. A pouca importância dada ao registro das cidades em alguns mapas (Folch i Guillén, 2006) é contrastada pelo espaço que os aglomerados urbanos passaram a ocupar na vida humana no século XXI, quando mais da metade da população mundial de sete bilhões de habitantes passou a viver em cidades (UN-DESA, 2014). Embora proposta desde 1961, a *cidade-múndi*, ou *ecumenópolis* (Doxiadis, 1967), é atualmente uma realidade. Menegat (2008) apontou a influência atual da cidade-múndi em todas as esferas planetárias e ressaltou que “*os maiores desafios da geologia urbana estão colocados para o entendimento das megalópoles*” (Menegat, 2008, p. 76), os quais podem ser auxiliados por mecanismos de gestão participativa (Menegat, 2002) embasados em conhecimentos técnico-científicos (Menegat *et al.*, 2006c).

## **ÁREA DE ESTUDO E OBJETIVO**

Com vistas, em especial, à geoconservação em ambientes urbanos populosos, o município de Porto Alegre (30°01'59"S; 51°13'48"W) foi selecionado como área de estudo. A capital do estado do Rio Grande do Sul compõe, em conjunto com outros 31 municípios, a Região Metropolitana de Porto Alegre, a qual alcança uma população total de cerca de 4 milhões de habitantes, com 1,47 milhões residentes em Porto Alegre, sendo atualmente a quarta maior aglomeração urbana do Brasil (IBGE, 2013). Duas premissas foram utilizadas como bases para a pesquisa: 1) entendimento da “*paisagem como totalidade primordial da cognição humana, na qual e com a qual foram desenvolvidos não apenas nossos instrumentos*

*e tecnologias, nossas habitações, aldeias e cidades, mas nossos entendimentos de mundo*” (Menegat, 2006, p. 18); e 2) que “*na sociedade tecnológica contemporânea, imersa e capturada pelas cidades gigantes e megalópoles da tecnourbesfera, nós estamos perdendo essa dimensão*” (Menegat, 2009, p. 92).

### **Porto Alegre como encontro de paisagens**

Estudos interdisciplinares realizados na região foram publicados de maneira integrada na obra Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat *et al.*, 2006c), a qual apresentou o município em 18 capítulos organizados em três seções: 1) sistema natural, 2) sistema

construído e 3) gestão ambiental. Os dados e modelos científicos dessa obra sintetizaram mais de 20 anos de pesquisas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e de levantamentos técnicos da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Os coordenadores da publicação concluíram que “*a região de Porto Alegre configurou-se [...] como um ecótono, isto é, uma região de interface entre grandes ecossistemas e, por isso, um importante laboratório [...] cuja História Natural pode ser narrada*” (Menegat *et al.*, 2006c, p. 8).

Local de interfaces regionais de 1) unidades tectono-geológicas, 2) unidades morfoestruturais, 3) bacias hidrográficas, 4) regiões fitofisionômicas, 5) zonas climáticas e 6) funções e concentrações urbanas, Porto Alegre apresenta diversidade ecológica única no sul do Brasil (Menegat *et al.*, 2006c). Soma-se às características ambientais peculiares da região o fato de o local ter sido visitado e descrito por naturalistas desde o século XIX (Menegat *et al.*, 2006c). Com os desafios de gestão ambiental inerentes às grandes cidades e com registros geológico, paisagístico e cultural significativos, a região de Porto Alegre

constituiu-se em interessante local para pesquisas na área da geodiversidade, em especial da geoconservação urbana.

### **Itinerários geológicos de Porto Alegre como objetivo**

O foco principal desse trabalho é investigar a inserção dos temas da Terra na cultura urbana por meio de itinerários geológicos que auxiliem o entendimento da geopaisagem onde os cidadãos vivem. Com base nessa questão e tendo em vista os pressupostos teóricos da geodiversidade e as características locais da área de pesquisa, trabalhou-se com a hipótese de que itinerários geológicos em ambientes urbanos podem ilustrar a história geológica e geopaisagística da região por meio de geossítios. O objetivo central do presente artigo é, portanto, apresentar os itinerários geológicos de Porto Alegre de maneira que: a) as unidades geológicas-chave do contexto geopaisagístico estejam representadas; b) os geossítios representativos dessas unidades estejam identificados; e c) esses geossítios ilustrem, de modo sequencial, a história geológica regional.

## **METODOLOGIA E RESULTADOS**

Para alcançar o objetivo deste estudo, construiu-se uma metodologia própria, a qual apresenta relações com as tendências gerais de métodos de geoconservação antigos e atuais (Sharples, 1993; Wimbleton *et al.*, 1995, 2000; Brilha, 2005, 2015; Henriques *et al.*, 2011), mas com contribuições novas em termos de teoria, lógica e aplicação para ambientes urbanos. A metodologia foi, assim, construída por meio de três técnicas: 1) valoração integrada de unidades geológicas; 2) identificação de geossítios em contexto urbano; e 3) espacialização lógica e logística de itinerários geológicos.

### **Valoração integrada de unidades geológicas**

As 22 unidades geológicas de Porto Alegre (Menegat *et al.*, 2006b) foram utilizadas como células unitárias básicas da valoração. Com base em métodos indiretos de análise, os passos metodológicos dessa técnica foram: 1) seleção de seis mapas temáticos que ilustrassem relações entre a geologia, em específico, e a

paisagem, em geral; 2) síntese dessas relações em termos de 12 indicadores geopaisagísticos; e 3) proposição de uma matriz de valoração ponderada para relacionar esses 12 indicadores com as 22 unidades geológicas.

### **Atlas Ambiental de Porto Alegre como inventário ecológico**

O Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat *et al.*, 2006c) apresenta vasto cabedal de diagnóstico técnico-científico do meio abiótico e biótico natural do município, bem como do sistema construído. Dentre o universo de 98 mapas temáticos publicados, seis foram selecionados para fins de valoração: 1) Mapa geológico (Menegat *et al.*, 2006b); 2) Mapa geomorfológico (Menegat & Hasenack, 2006); 3) Mapa de drenagens: os arroios de Porto Alegre (Menegat *et al.*, 2006a); 4) Mapa da vegetação natural atual (Porto & Mello, 2006); 5) Mapa do modelo espacial da cidade (Hickel *et al.*, 2006); e 6) Mapa de áreas verdes (Lüdke *et al.*, 2006).

### Indicadores geopaisagísticos

A análise dos seis mapas possibilitou a identificação de 12 indicadores geopaisagísticos relevantes para balizar de forma interdisciplinar os itinerários geológicos de Porto Alegre. Os indicadores foram dispostos em quatro grupos com pesos de valoração de 1 a 4, os quais foram atribuídos conforme as suas importâncias para a lógica dos itinerários geológicos, que é a de ilustrar a história geológica regional. Cada uma das 22 unidades geológicas foi avaliada por índices de valoração de 1 a 5 referentes a cada um dos 12 indicadores. Os grupos de

indicadores, seus pesos e os índices de valoração são os que seguem:

### Indicadores da história geológica

Em número de três, são: 1) singularidade cronoestratigráfica; 2) registro de evidências significativas; e 3) potencial de ocorrência de afloramentos. O grupo recebeu peso quatro e representa qualitativamente a lógica dos itinerários geológicos.

#### Singularidade cronoestratigráfica

Com base no Mapa geológico, cada unidade geológica correspondeu a um evento específico da história geológica regional. Resultou na relação constante no Quadro 1.

**Quadro 1.** Relação das unidades geológicas de Porto Alegre com a história geológica regional.

EVENTO DA HISTÓRIA GEOLÓGICA		UNIDADE GEOLÓGICA
PRINCIPAL	SECUNDÁRIO	
AMALGAMAÇÃO DO GONDWANA Cinturão Dom Feliciano	Colisão continente-continente 730 Ma	Gnaise Chácara das Pedras/Granodiorito Três Figueiras
	Falhamento transcorrente 650 Ma	Granodiorito Lomba do Sabão
	Intrusões pós-tectônicas 550 Ma	Gr Santana; Gr São Caetano; Gr Independência; Gr Saint-Hilaire; Gr São Pedro; Gr Restinga; Gr Santo Antônio; Gr Cantagalo; Gr Pitinga; Gr Passo das Pedras; riolito e riodacito
FRAGMENTAÇÃO DO GONDWANA Bacia do Paraná	Vulcanismo fissural intraplaca – LIP 132-130 Ma	Grupo Serra Geral – diabásios, andesitos e dacitos
FLUTUAÇÕES DO NÍVEL DO MAR Bacia de Pelotas	1ª Transgressão marinha 400 Ka	SLB I – depósitos de leques aluviais; SLB I – depósitos eluvionares
	2ª Transgressão marinha 325 Ka	SLB II – depósitos de cordões litorâneos
	3ª Transgressão marinha 120 Ka	SLB III – depósitos de terraços fluviais; SLB III – depósitos lacustres
	4ª Transgressão marinha 5 Ka	SLB IV – depósitos de planície e canal fluvial; SLB IV – depósitos lacustres; SLB IV – depósitos deltaicos

**LEGENDA:** Ma = mega-ano, milhões de anos; Gr = Granito; LIP = *large igneous province*, grande província ígnea; Ka = quiloano, milhares de anos; SLB = Sistema laguna-barreira

### Registro de evidências significativas

Com base no Mapa geológico e no Mapa geomorfológico, as seguintes evidências da história geológica foram consideradas significativas: a) foliação tectônica; b) lineação tectônica; c) foliação magmática; d) lineação magmática; e) falha dúctil; f) textura não orientada; g) dique; h) planície (várzea) e terraço fluvial; i) borda de terraço fluvial; j) marca de paleocanal distributário; k) terraço lacustre; l) cordão arenoso; m) canal fluvial

perene; n) colina residual convexa; o) crista; p) inselbergue; q) morro isolado; r) vertente abrupta; s) sela; t) ponta; u) enseada.

### Potencial de ocorrência de afloramentos

Com base no Mapa geológico, considerou-se o potencial de ocorrência de afloramento como proporcional à área mapeada da unidade geológica.

Os índices e critérios de valoração resultantes para os indicadores da história geológica são apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2.** Critérios de valoração de unidades geológicas (UG) segundo indicadores geopaisagísticos.

<b>HISTÓRIA GEOLÓGICA – HG</b>				
<b>ÍNDICE</b>		<b>SINGULARIDADE CRONOESTRATIGRÁFICA</b>	<b>REGISTRO DE EVIDÊNCIA SIGNIFICATIVA</b>	<b>POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE AFLORAMENTOS</b>
5	<b>Muito alto</b>	UG representa exclusivamente um evento principal ou secundário	UG apresenta exclusivamente mais de uma evidência	Área da UG > 25 km <sup>2</sup>
4	<b>Alto</b>	Duas UG representam um evento	UG apresenta exclusivamente uma evidência	16 < área da UG ≤ 25 km <sup>2</sup>
3	<b>Médio</b>	Três UG representam um evento	Duas UG compartilham uma ou mais evidências	7 < área da UG ≤ 16 km <sup>2</sup>
2	<b>Baixo</b>	Quatro UG representam um evento	Mais de duas UG compartilham uma ou mais evidências	1 < área da UG ≤ 7 km <sup>2</sup>
1	<b>Muito baixo</b>	Mais de quatro UG representam um evento	UG sem evidência	Área da UG ≤ 1 km <sup>2</sup>
<b>LOGÍSTICA URBANA – LU</b>				
		<b>MOBILIDADE URBANA DE ACESSO</b>	<b>POTENCIAL DE VISITAÇÃO</b>	<b>POTENCIAL DE DIFUSÃO LOCAL</b>
5	<b>Muito alto</b>	UG à curta distância do centro e com vias de capacidade alta	UG que apresenta duas ou mais CT do grupo A	UG com CT do grupo A em mais de 50% da área
4	<b>Alto</b>	UG à curta distância do centro e com vias de capacidade baixa	UG que apresenta uma CT do grupo A	UG com CT do grupo A em menos de 50% da área
3	<b>Médio</b>	UG à média ou longa distância do centro e com vias de capacidade alta	UG que apresenta duas ou mais CT do grupo B e ausência de A	UG com CT do grupo B em mais de 50% da área
2	<b>Baixo</b>	UG à média distância do centro e com vias de capacidade baixa	UG que apresenta uma CT do grupo B e ausência de A	UG com CT do grupo B em menos de 50% da área
1	<b>Muito baixo</b>	UG à longa distância do centro e com vias de capacidade baixa, ou sem vias de acesso	UG que apresenta uma ou mais CT do grupo C e ausência de A de B	UG com CT do grupo C
<b>GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA – GH</b>				
		<b>SINGULARIDADE EM DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL REGIONAL</b>	<b>REPRESENTATIVIDADE DE MODELADO LOCAL</b>	<b>RELEVÂNCIA EM FEIÇÃO HIDROGRÁFICA SIGNIFICATIVA</b>
5	<b>Muito alto</b>	UG representa exclusivamente um domínio	UG representa exclusivamente mais de uma geoforma de modelado	UG que inclui toda uma feição
4	<b>Alto</b>	Duas UG representam um domínio	UG representa exclusivamente uma geoforma de modelado	UG de origem lacustre e em contato como lago
3	<b>Médio</b>	Associações de três a sete UG representam um domínio	Duas UG representam uma geoforma de modelado	UG em contato com o lago e outra feição
2	<b>Baixo</b>	Associações de mais de sete UG representam um domínio	Três UG representam uma geoforma de modelado	UG em contato com o lago ou outra feição
1	<b>Muito baixo</b>	UG sem representatividade significativa	Mais de quatro UG representam uma geoforma de modelado; UG sem representatividade	UG sem contato com uma feição
<b>ÁREA VERDE E CULTURA – AC</b>				
		<b>OCORRÊNCIA DE PAISAGEM NATURAL E CONSTRUÍDA</b>	<b>ESCALA DE FRUIÇÃO DA PAISAGEM</b>	<b>USO CULTURAL</b>
5	<b>Muito alto</b>	UG com duas ou mais CT dos dois grupos	UG com CT de ambos os grupos	UG com CT da margem do Lago; ou do Delta; ou CT de três grupos
4	<b>Alto</b>	UG com mais de uma CT de um grupo e uma CT do outro	UG na margem do lago	UG com CT de área verde e de patrimônio urbano
3	<b>Médio</b>	UG com uma CT de cada grupo	UG com duas ou mais CT de um grupo	UG com CT de área verde e de ambiental e cultural
2	<b>Baixo</b>	UG com uma ou mais CT de um grupo	UG com uma CT de um grupo	UG com CT de área verde
1	<b>Muito baixo</b>	UG sem CT	UG sem CT	UG sem CT

### **Indicadores de logística urbana**

Três indicadores foram considerados: 1) mobilidade urbana de acesso; 2) potencial de visitação; e 3) potencial de difusão local. O grupo recebeu peso três e relaciona-se a critérios de viabilidade dos itinerários geológicos, bem como da sua potencial eficácia socioeducativa.

### **Mobilidade urbana de acesso**

Com base no Mapa do modelo espacial da cidade, foram definidos dois grupos de parâmetros de mobilidade urbana para acessar uma unidade geológica. As especificações desses grupos constam no Quadro 3.

**Quadro 3.** Mobilidade urbana em termos de deslocamento a partir do Centro e capacidade das vias.

TEMPO DE DESLOCAMENTO	CONVENÇÃO TEMÁTICA – CT
Curto	Av. Brasil a Norte; Avenidas da Terceira Perimetral a Leste; Ponta do Dionísio a Sul
Médio	Delta do Jacuí e Av. Sertório a Norte; prolongamento das avenidas Ary Tarragô e Antônio de Carvalho com limite de área intensiva a Leste; Ponta da Serraria a Sul
Longo	Ilha da Pintada; demais áreas dos extremos Norte, Leste e Sul do município.
CAPACIDADE DAS VIAS DE ACESSO	CONVENÇÃO TEMÁTICA – CT
Alta	Rodovia; via de transporte coletivo segregado; via de carga; via de transporte de alta capacidade
Baixa	Eixo de rua

### **Potencial de visitação**

Com base no Mapa do modelo espacial da cidade e no Mapa das áreas verdes, foram

definidos três grupos de potencial de visitação, os quais são apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4.** Grupos de potencial de visitação e de potencial de difusão local.

GRUPO	POTENCIAL DE VISITAÇÃO	POTENCIAL DE DIFUSÃO LOCAL
	CONVENÇÃO TEMÁTICA – CT	
A	Parque; unidade de conservação; margem do Guaíba com acesso por eixo de rua	Centro Histórico; corredor de urbanidade; área predominantemente residencial (limitadas pela 3ª perimetral, e segmento a norte da Ponta do Dionísio)
B	Praça; área de interesse institucional; margem do Guaíba sem acesso por eixo de rua	Demais áreas predominantemente residenciais (excluídas aquelas especificadas acima)
C	Área verde particular; ausência de áreas verdes públicas; ausência de áreas de interesse institucional	Áreas de ocupação rarefeita; área predominantemente produtiva; área mista; corredor de produção

### **Potencial de difusão local**

Com base no Mapa do modelo espacial da cidade, três grupos de potencial de difusão local foram definidos. Esses grupos são relacionados proporcionalmente à densidade da ocupação urbana e são apresentados no Quadro 4.

Os índices e critérios de valoração resultantes para os indicadores da logística urbana são apresentados no Quadro 2.

### **Indicadores de geomorfologia e hidrografia**

Em número de três, são: 1) singularidade em domínio morfoestrutural regional; 2) representatividade de modelado local; e 3)

relevância em feição hidrográfica significativa. Esse grupo de indicadores recebeu peso dois e apresenta relações das unidades geológicas com a geomorfologia regional e local, bem como do escoamento da água no município.

### **Singularidade em domínio morfoestrutural regional**

Com base no Mapa geomorfológico, foram definidas relações das geoformas locais com os quatro domínios morfoestruturais do estado do Rio Grande do Sul e, para além, a relação das unidades geológicas com essas geoformas. O Quadro 5 apresenta as relações resultantes.

**Quadro 5.** Domínios morfoestruturais do RS e modelados da paisagem de Porto Alegre relacionados às unidades geológicas e geoformas locais.

DOMÍNIO	GEOFORMA	UNIDADE GEOLÓGICA
Escudo Sul-Rio-Grandense	Colinas, cristas, morros isolados, pontas rochosas, selas	Gn Chácara das Pedras; Gd Lomba do Sabão; Gr Passo das Pedras; Gr Independência; Gr Saint-Hilaire; Gr Pitinga; Gr Santana; Gr Santo Antônio; Gr Restinga; Gr São Pedro; Gr Cantagalo; Gr São Caetano; Riolito e riolítico; SLB

		I – dep. eluvionares
Depressão Periférica	Planícies e terraços fluviais	SLB IV – dep. planície e canal fluvial; SLB III – dep. terraços fluviais
Planalto Meridional	Não representativa (i.e., diques)	Grupo Serra Geral
Província Costeira	Delta, terraços lacustres, cordões arenosos, pontas arenosas, enseadas	SLB IV – dep. deltaicos; SLB IV – dep. lacustres; SLB IV – dep. planície e canal fluvial; SLB III – dep. lacustres; SLB II – dep. cordões litorâneos; SLB II – dep. eluvionares; SLB I – dep. leques
<b>MODELADO</b>	<b>GEOFORMA</b>	<b>TOPONÍMIA</b>
Residual das terras altas	Colinas	Do Norte; do Leste
	Crista	Da Matriz; Primavera; de Porto Alegre
	Morro isolado	Da Tapera; Abertas; São Pedro; da Extrema; Belém-Espíndola
	Sela	Da Goethe; do Cavalhada; do Dilúvio
De acumulação das terras baixas	Planície e terraço fluviais	Do Gravataí; do Dilúvio
	Delta	Do Jacuí
	Cordões arenosos	De Ipanema; do norte de Belém Novo; do Leblon; do Arado; das Garças; da Boa Vista; do Lami
	Terraço lacustre	Da zona sul-extremo sul
De margem lacustre	Ponta	Do Gasômetro; do Melo; do Dionísio; dos Cachimbos; Pedra Redonda; da Serraria; Grossa; da Cuíca; do Arado; dos Coatis; das Canoas; do Cego
	Enseada	De Ipanema; do norte de Belém Novo; do Leblon; do Arado; das Garças; da Boa Vista; do Lami

#### *Representatividade de modelado local*

Com base no Mapa geomorfológico, três modelados de paisagem de Porto Alegre são identificados. O Quadro 5 apresenta os modelados e as relações destes com as geoformas. Nesse indicador, as geoformas foram avaliadas separadamente, sendo identificadas pelos topônimos (p.e., Crista de Porto Alegre). Diz-se que uma geoforma representa um modelado quando sua área está predominantemente ou totalmente nele inclusa. Para fins de valoração, as unidades geológicas foram relacionadas com os modelados por meio das geoformas, considerando-se que uma unidade geológica constitui uma geoforma quando a área desta está predominantemente ou totalmente inclusa na área da UG.

#### *Relevância em feição hidrográfica significativa*

Com base no Mapa de drenagem, foram selecionadas quatro feições hidrográficas significativas para o contexto local, a saber: a) Lago Guaíba; b) Delta do Jacuí; c) anel de nascentes; e d) curso d'água. Dentre essas

feições, destaca-se o Lago Guaíba uma vez que, para além de seus aspectos estéticos e recreativos, é o manancial responsável pela quase totalidade do abastecimento da população do município.

Os índices e critérios de valoração resultantes para os indicadores da geomorfologia e hidrografia são apresentados no Quadro 2.

#### *Indicadores de área verde e cultura*

Em número de três, são: a) ocorrência de paisagem natural e construída; b) escala de fruição da paisagem; e c) uso cultural. O grupo recebeu peso um e apresenta relações entre a geopaisagem e outros elementos naturais e/ou da cultura local.

#### *Ocorrência de paisagem natural e construída*

Com base no mapa de vegetação natural atual e no mapa da organização espacial da cidade, definiram-se dois grupos de interesse de ocorrências paisagísticas específicas. O Quadro 6 apresenta os grupos.

**Quadro 6.** Grupos de interesse dos indicadores de área verde e cultura.

GRUPO DE INTERESSE	CONVENÇÃO TEMÁTICA
OCORRÊNCIA DE PAISAGEM NATURAL E CONSTRUÍDA	
Natural	Manchas expressivas de vegetação natural atual; área de proteção ao ambiente natural; parque e unidade de conservação
Construída	Centro Histórico; corredor de urbanidade; área de interesse ambiental e cultural; área predominantemente residencial de Belém Velho e Belém Novo
ESCALA DE FRUIÇÃO DA PAISAGEM	

Em terras altas	Ponto de fruição da paisagem em morro; crista; inselbergue; colina residual convexa; morro isolado; ponta
Em terras baixas	Pontes do Delta do Jacuí; e áreas da margem do Lago Guaíba dos tipos praça, parque, unidade de conservação e margem lacustre
<b>USO CULTURAL</b>	
Margem do lago	Áreas na margem do Lago Guaíba dos tipos praça; parque; unidade de conservação; margem lacustre; área de interesse ambiental e cultural
Delta do Jacuí	Unidade de conservação (do Delta do Jacuí)
Área verde	Excluídas as áreas da margem do Lago Guaíba e do Delta do Jacuí: praça; parque; unidade de conservação
Ambiental e cultural	Área de interesse ambiental e cultural
Patrimônio urbanístico	Centro Histórico; corredor de urbanidade

### *Escala de fruição da paisagem*

Com base no Mapa de vegetação natural atual e no Mapa da organização espacial da cidade, no mapa geomorfológico e no mapa das áreas verdes, foram considerados dois grupos de interesse de escala de fruição da paisagem. O Quadro 6 apresenta esses grupos.

### *Uso cultural*

Com base no Mapa das áreas verdes e no Mapa da organização espacial da cidade foram propostos cinco grupos de interesse de uso cultural. O Quadro 6 apresenta esses grupos.

Os índices e critérios de valoração resultantes para os indicadores de áreas verdes e cultura são apresentados no Quadro 2.

### *Matrizes de valoração integrada das unidades geológicas*

Ao final, os índices de valoração atribuídos às 22 unidades geológicas foram dispostos em uma matriz, a qual é apresentada no Quadro 7.

Com base nos índices de valoração da matriz, procedeu-se ao tratamento desses dados em termos de: a) média aritmética dos índices

de valoração por grupo de indicadores, valor que permite a visualização parcial do desempenho de cada uma das unidades geológicas; e b) média aritmética ponderada pelos pesos dos grupos, valor que foi denominado de índice de valoração total. Os resultados gerados por ambas as médias estão apresentados no Quadro 8.

Com base em intervalos numéricos do índice de valoração total, foram definidos quatro significados das unidades geológicas para os IGPOA: baixo (0–1,3), médio (1,4–2,5), alto (2,6–3,6) e muito alto (3,7–5). Esses significados são referentes a intervalos percentuais do índice de valoração máximo (i.e., cinco): baixo (0-24%), médio (25-49%), alto (50-74%) e muito alto (75-100%). Continuando a valoração, procedeu-se à seleção final das unidades para compor os itinerários por meio dos seguintes critérios: a) seleção de unidades geológicas de significado muito alto; e b) seleção de unidades geológicas representativas das três eras cronoestratigráficas.

**Quadro 7.** Matriz de índices de valoração das unidades geológicas de Porto Alegre.

UNIDADE GEOLÓGICA		INDICADORES GEOPAISAGÍSTICOS											
		HISTÓRIA GEOLÓGICA (Peso 4)			LOGÍSTICA URBANA (Peso 3)			GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA (Peso 2)			ÁREA VERDE E CULTURA (Peso 1)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Nº	NOME	Índices de valoração											
1	SLB IV - DD	3	5	5	3	4	2	3	4	5	2	4	5
2	SLB IV - DL	3	4	4	3	5	2	3	5	4	5	4	5
3	SLB IV - DPCF	3	4	5	5	4	5	4	3	5	5	5	5
4	SLB III - DL	4	2	3	3	2	2	3	2	2	2	1	2
5	SLB III - DTF	4	3	3	5	4	4	4	3	2	4	1	5
6	SLB II - DCL	5	3	5	3	3	2	3	2	3	4	1	2
7	SLB I - DE	4	2	5	4	4	4	3	3	3	4	4	2
8	SLB I - DLA	4	2	3	5	5	4	3	1	2	3	2	3

9	Gp Serra Geral	5	3	1	3	4	2	5	1	2	2	3	2
10	Riolito e riolacito	1	3	1	3	4	2	2	1	2	2	3	2
11	Gr Passo das Pedras	1	2	1	3	2	3	2	1	2	1	2	2
12	Gr Pitinga	1	2	2	3	4	1	2	2	2	2	2	1
13	Gr Cantagalo	1	2	3	1	1	1	2	2	2	2	3	1
14	Gr Santo Antônio	1	2	2	5	3	5	2	2	2	1	3	2
15	Gr Restinga	1	2	3	3	4	2	2	5	3	4	5	5
16	Gr São Pedro	1	2	3	1	4	1	2	5	3	2	5	5
17	Gr Saint-Hilaire	1	2	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2
18	Gr Independência	1	3	4	5	5	5	2	5	3		5	5
19	Gr São Caetano	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
20	Gr Santana	1	5	5	5	5	4	2	5	3	5	5	5
21	Gd Lomba do Sabão	5	5	4	3	5	3	2	2	2	4	3	3
22	Gd Três Figueiras/ Gn Chácara das Pedras	5	5	4	5	5	4	2	3	3	2	5	5

**LEGENDA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS: Abreviaturas** - SLB = Sistema Laguna-barreira; DD = depósitos deltaicos; DL = dep. lacustres; DPCF = dep. de planície e canal fluvial; DTF = dep. de terraços fluviais; DCL = dep. de cordões litorâneos; DE = dep. eluvionares; DLA = dep. de leques aluviais; Gp = Grupo; Gr = Granito; Gd = Granodiorito; Gn = Gnaiss; **Cores** - Eras cronoestratigráficas – alaranjada (Neoproterozoico); verde (Paleozoico); acinzentada (Mesozoico); e amarela (Cenozoico).

**LEGENDA DOS INDICADORES:** **A** - Singularidade cronoestratigráfica; **B** - Registro de evidência significativa; **C** - Potencial de ocorrência de afloramentos; **D** - Mobilidade urbana de acesso; **E** - Potencial de visitação; **F** - Potencial de difusão local; **G** - Singularidade em domínio morfoestrutural regional; **H** - Representatividade de modelado local; **I** - Relevância em feição hidrográfica significativa; **J** - Ocorrência de paisagem natural e construída; **K** - Escala de fruição da paisagem; **L** - Uso cultural.

**Quadro 8. Matriz de resultados de valoração e unidades geológicas chave de Porto Alegre.**

UNIDADE GEOLÓGICA		INDICADORES GEOPAISAGÍSTICOS				ÍNDICE DE VALORAÇÃO TOTAL	SIGNIFICADO PARA O IGPOA	UG CHAVE
		HG	LU	GH	AC			
Nº	NOME	Média dos índices de valoração						
1	SLB IV - DD	4,3	3,0	4,0	3,7	3,8	Muito alto	X
2	SLB IV - DL	3,7	3,3	4,0	4,7	3,7	Muito alto	X
3	SLB IV - DPCF	4,0	4,7	4,0	5,0	4,3	Muito alto	X
4	SLB III - DL	3,0	2,3	2,3	1,7	2,5	Médio	
5	SLB III - DTF	3,3	4,3	3,0	3,3	3,6	Alto	
6	SLB II - DCL	4,3	2,7	2,7	2,3	3,3	Alto	
7	SLB I - DE	3,7	4,0	3,0	3,3	3,6	Alto	
8	SLB I - DLA	3,0	4,7	2,0	2,7	3,3	Alto	
9	Gp Serra Geral	3,0	3,0	2,7	2,3	2,9	Alto	X
10	Riolito e riolacito	1,7	3,0	1,7	2,3	2,1	Médio	
11	Gr Passo das Pedras	1,3	2,7	1,7	1,7	1,8	Médio	
12	Gr Pitinga	1,7	2,7	2,0	1,7	2,0	Médio	
13	Gr Cantagalo	2,0	1,0	2,0	2,0	1,7	Médio	
14	Gr Santo Antônio	1,7	4,3	2,0	2,0	2,6	Alto	
15	Gr Restinga	2,0	3,0	3,3	4,7	2,8	Alto	
16	Gr São Pedro	2,0	2,0	3,3	4,0	2,5	Médio	
17	Gr Saint-Hilaire	2,0	3,0	2,0	2,0	2,3	Médio	
18	Gr Independência	2,7	5,0	3,3	5,0	3,7	Muito alto	X
19	Gr São Caetano	1,7	1,0	2,0	2,0	1,6	Médio	
20	Gr Santana	3,7	4,7	3,3	5,0	4,0	Muito alto	X
21	Gd Lomba do Sabão	4,7	3,7	2,0	3,3	3,7	Muito alto	X
22	Gd Três Figueiras/ Gn Chácara das Pedras	4,7	4,7	2,7	4,0	4,2	Muito alto	X

**LEGENDA DE UNIDADES E INDICADORES:** ver Quadro 7.

**LEGENDA DE TOTAIS:** (a) Média dos índices de valoração = média aritmética =  $[(x+y+z)/3]$  calculada para os índices de cada grupo de indicadores (Quadro 7); (b) Índice de valoração total = média aritmética ponderada =  $[(\text{média da HG} \times 4) + (\text{média da LU} \times 3) + (\text{média de GH} \times 2) + (\text{média de AC} \times 1)]/10$ ; (c) Significado para o IGPOA = Baixa (0 - 1,3); Média (1,4 - 2,5); Alta (2,6 - 3,6); e Muito Alta (3,7 - 5).

Finalizando a primeira técnica da metodologia, definiram-se, então, oito unidades geológicas-chave que possuem qualidades tanto geopaisagísticas quanto cronoestratigráficas para compor os IGPOA (ver Quadro 8). Essas unidades representam um enquadramento geológico temático (Wimbledon *et al.*, 1995, 2000; Dingwall *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2010; Henriques *et al.*, 2011) referenciado na história geológica regional e com base nelas, partiu-se para a próxima técnica da metodologia.

### **Identificação de geossítios em contexto urbano**

Esta técnica envolveu primeiramente métodos indiretos e, posteriormente, métodos diretos de análise, sendo composta por: a) delimitação de áreas de busca por geossítios; e b) uso de imagens de satélite e campanhas de campo. Como resultado final desta técnica, foi feito um inventário de possíveis geossítios representativos das unidades geológicas-chave.

### ***Delimitação de áreas de busca por geossítios***

Com base no Mapa da organização espacial da cidade e no Mapa das áreas verdes, foram delimitados dois tipos de área de interesse de busca por geossítio em ambiente urbano: a) preferencial 1, compreendendo áreas verdes públicas dos tipos praça, parque e unidade de conservação, áreas de interesse institucional e áreas de interesse ambiental e cultural; e b) preferencial 2, compreendendo áreas do Centro Histórico e do corredor de urbanidade, áreas predominantemente residenciais do Belém Velho e do Belém Novo e áreas de proteção ao ambiente natural. Pela sobreposição entre as áreas de interesse de busca e aquelas das unidades geológicas-chave, se obteve um universo reduzido de áreas de busca por geossítios, sendo esse passo metodológico aplicado para todo o município (Figura 1).

### ***Uso de imagens de satélite e campanhas de campo***

A técnica referente à investigação e levantamentos de áreas preferenciais de busca por afloramentos é uma técnica típica das atividades geológicas de campo, sendo de grande valia a sua aplicação na geoconservação

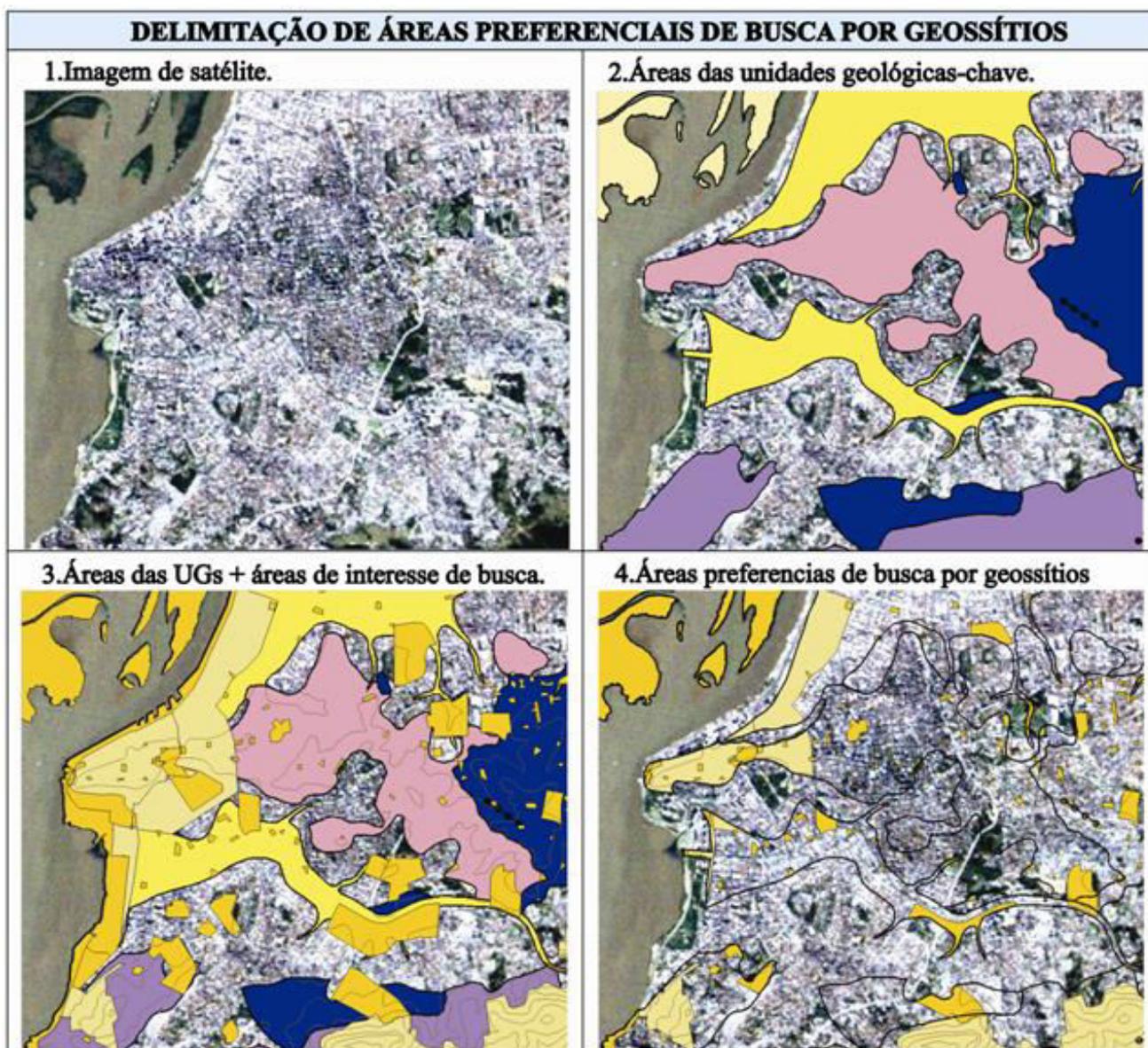
em ambientes urbanos. Por meio da delimitação de áreas pouco urbanizadas e/ou vegetadas em imagem de satélite Landsat-8 (USGS, 2014), composta para cor verdadeira (RGB: 4 3 2), bem como do uso das áreas preferenciais de busca por geossítios, se empreenderam campanhas de campo para inventariação de possíveis geossítios. Essa inventariação partiu da premissa de que os locais dos geossítios estivessem preferencialmente em áreas verdes públicas (Lüdke *et al.*, 2006). Tal premissa corrobora o procedimento específico de conservação (Brilha, 2005, 2015; Henriques *et al.*, 2011), ou seja, aquele que visa mecanismos legais de proteção da geodiversidade. Ao total, foram identificados 55 possíveis geossítios na área municipal de Porto Alegre, os quais abrangem regiões especificamente das unidades geológicas-chave (Figura 2). Nesses sítios, procedeu-se a uma documentação básica, uma vez que o principal objetivo dessa etapa foi o de criar a base de dados para a posterior distribuição espacial dos sítios, a qual se refere à próxima técnica.

### **Espacialização lógica e logística de itinerários**

A última técnica da contribuição metodológica proposta está vinculada ao procedimento de valorização da geodiversidade (Brilha, 2005; Henrique *et al.*, 2011). Tendo como objetivo a proposição dos itinerários geológicos como tecnologia socioeducativa a fim de ilustrar a história geológica da região, partiu-se para o estudo das possibilidades de encadeamento espacial de geossítios, garantindo a lógica dos itinerários e a logística de deslocamento de maneira simultânea.

### ***Representação da história geológica***

A espacialização embasou-se na visitação sequenciada das unidades geológicas-chave, começando por aquela mais antiga e seguindo (i.e., subindo na estratigrafia) até alcançar o tempo atual. Essa lógica visou implementar didática ao itinerário, uma vez que previamente explicada, ela conduz toda a visitação e possibilita um maior entendimento da relação de continuidade entre os geossítios e, portanto, da compreensão da história geológica.

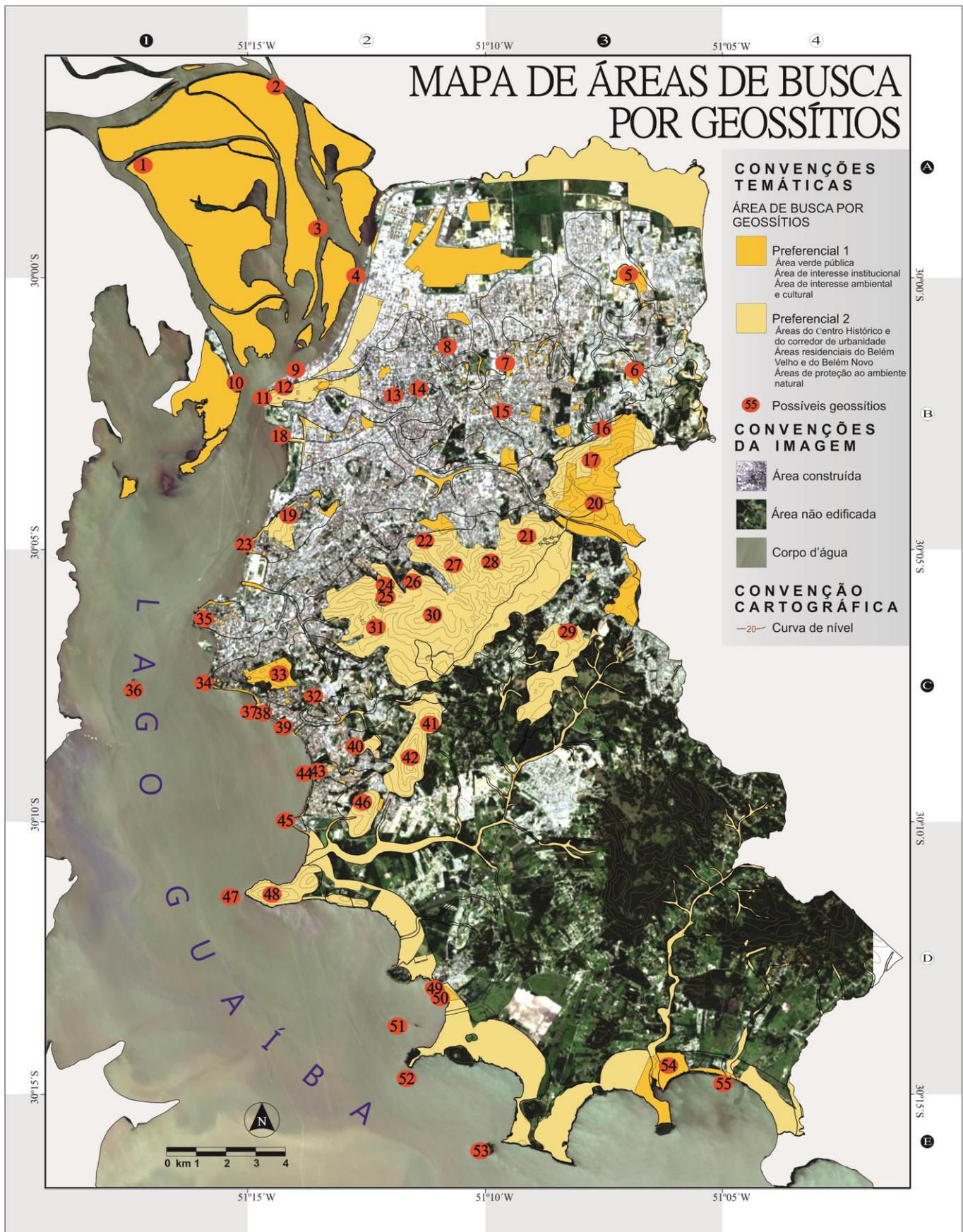


**Figura 1.** Explicação visual da técnica de busca por geossítios em ambientes urbanos.

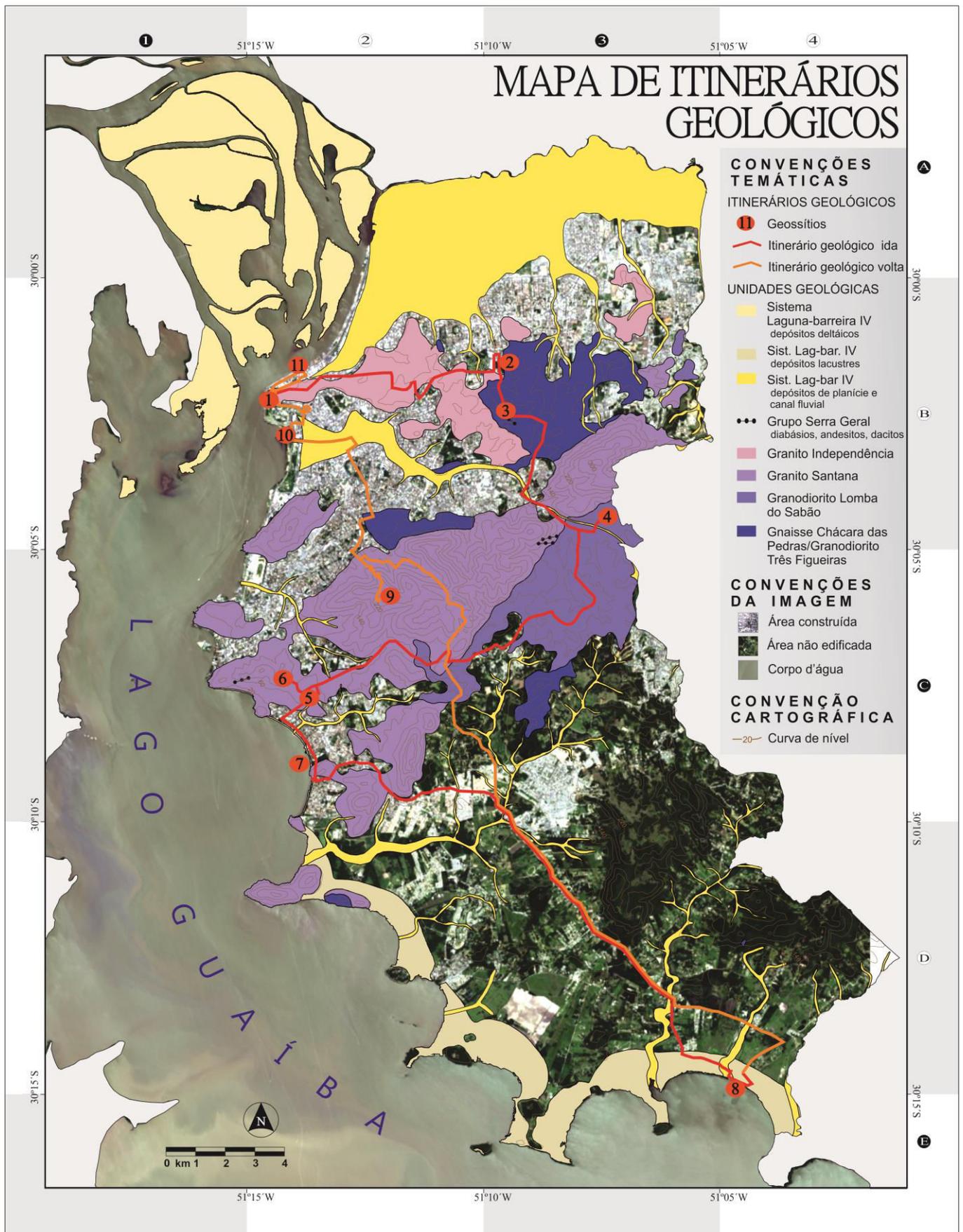
### ***Condições logísticas de visitação***

Em conjunto com o encadeamento da história geológica, foram considerados também critérios de logística de mobilidade urbana, tempo de visitação, escala de fruição da paisagem e acesso público. Assim, levaram-se em conta os tipos de vias de acesso, as distâncias em relação ao Centro Histórico, a preferência por percorrer áreas tanto da margem do Lago Guaíba quanto dos topos de morro e a utilização preferencial de áreas verdes públicas. Pelo fato de terem sido propostos 55 possíveis geossítios e devido aos prováveis interesses distintos dos visitantes, os itinerários geológicos de Porto Alegre são uma ferramenta

passível de adaptação. Assim, possibilita que sejam montados diferentes itinerários (por isso o nome no plural) que encadeiem geossítios respeitando a lógica proposta, mas com diferentes relações de tempos de duração, interesses preferenciais dos visitantes, acessibilidades dos geossítios, etc. Aqui são apresentados os itinerários geológicos de Porto Alegre no seu conjunto, formado pelo encadeamento de 11 geossítios com tempo aproximado de duração de um dia inteiro (Figura 3). O mapa de itinerários é acompanhado pelo Quadro 9, o qual sintetiza as informações de cada geossítio.



**Figura 2.** Mapa de áreas de busca por geossítios.



**Figura 3.** Mapa de itinerários geológicos de Porto Alegre.

**Quadro 9.** Geossítios dos itinerários geológicos de Porto Alegre.

GEOSSÍTIO	LOCALIZAÇÃO	TIPO-	UG	EVENTO DA	PARTICULARIDADE
-----------	-------------	-------	----	-----------	-----------------

			LOGIA		HG	
1	<i>Terraço da Usina do Gasômetro</i>	Av. Presidente João Goulart, 551. Centro Histórico (30°02'03"S; 51°14'29"O)	Mirante	Ausente	Localização geográfica	Mirante para domínios morfoestruturais do RS
2	<i>Parque Germânia</i>	Av. Túlio de Rose, s/n°. Passo d'Areia (30°01'24"S; 51°09'24"O)	Ponto	Gn Chácara das Pedras	Colisão continente-continente	Matacão, estruturas de foliação e lineação tectônica
3	<i>Praça Dr. Lopes Trovão</i>	Praça Dr. Lopes Trovão, s/n°. Chácara das Pedras (30°02'19"S; 51°09'30"O)	Ponto	Gn Chácara das Pedras	Colisão continente-continente	Matacão, estruturas de foliação e lineação tectônica
4	<i>Campus do Vale da UFRGS</i>	Av. Bento Gonçalves, 9500. Agronomia (30°04'14"S; 51°07'17"O)	Seção	Gr Lomba do Sabão	Falhamento transcorrente	Matações, estruturas de foliação e lineação magmáticas
5	<i>Praça Dr. Paulino de Vargas Vares</i>	Rua Fernando Cunha, s/n°. Cavalhada (30°07'35"S; 51°13'31"O)	Mista	Gr Santana	Intrusões pós-tectônicas	Matações, textura não orientada
6	<i>Parque Morro do Osso</i>	Rua Irmã Jacobina Veronese, s/n°. Ipanema (30°07'18"S; 51°14'00"O)	Mista e mirante	Gr Santana	Intrusões pós-tectônicas; vulcanismo fissural intraplaca	Matações, textura não orientada; mirante para Depressão Periférica e Planalto Meridional (Gp Serra Geral)
7	<i>Praia de Ipanema/ Guarujá</i>	Av. Guaíba, s/n°. Ipanema (30°08'55"S; 51°13'32"O)	Seção e mirante	SLB IV – dep. de planície e canal fluvial; SLB IV – dep. lacustre	4ª Transgressão marinha	Sedimentos dos arroios (areia e lama); Lago Guaíba e cor da água (argila em suspensão); pontas rochosas e enseadas arenosas
8	<i>Praia do Lami</i>	Av. Beira Rio, s/n°. Lami (30°14'34"S; 51°04'42"O)	Mista e mirante	SLB IV – dep. de planície e canal fluvial; SLB IV – dep. lacustres	4ª Transgressão marinha	Sedimentos, lago e enseada vide geossítio 7; cordões arenosos lacustres
9	<i>Morro Teresópolis</i>	Praça Frei Celso Brancher, s/n°. Teresópolis (30°05'43"S; 51°12'44"O)	Mirante	Mirante para SLB IV – dep. deltaicos; Gr Santana	4ª Transgressão marinha; Antropoceno	Mirante para o Delta do Jacuí/ ocupações rarefeitas a Sul e intensivas a Norte
10	<i>Foz do Arroio Dilúvio</i>	Av. Edvaldo Pereira Paiva, s/n°. Praia de Belas (30°02'50"S; 51°13'59"O)	Ponto e mirante	SLB IV – dep. de planície e canal fluvial	Antropoceno	Transposição e retificação da foz do Arroio Dilúvio; utilização do Gr Santana em edificações
11	<i>Cais do Porto</i>	Av. Mauá, 1050. Centro Histórico (30°01'38"S; 51°13'55"O)	Mirante	Mirante para SLB IV – dep. deltaicos e Gr Independência	Antropoceno	Delta do Jacuí; usos culturais do cais; utilização dos granitos Santana e Independência em edificações históricas

**LEGENDA:** UG = unidade geológica; HG = História Geológica (ver Quadro 1); Gn = gnaisses; Gr = granito; Gp = Grupo; SLB = Sistema Laguna-Barreira; Antropoceno: tempo marcado por intensa atividade humana na superfície da Terra (Gradstein *et al.*, 2012).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescente impacto humano na geosfera, o qual vem sendo estudado cientificamente há mais de 40 anos, não resta dúvida de que o surgimento da temática da geodiversidade e da geoconservação tem sua justificação muito bem estabelecida. Embora

tenham tardado a emergir, tais temas mostram-se como importantes contribuições para o futuro humano no planeta. Além disso, a geodiversidade e a geoconservação têm sido amplamente debatidas e progridem substancialmente em termos conceituais e

metodológicos, mostrando o interesse e o empenho da comunidade geocientífica em realizar a discussão referente aos novos papéis das geociências para o século XXI. Deve-se enfatizar a questão das funções ecossistêmicas da geodiversidade como fundamental para a evolução aprofundada da relevância com que se apresenta a temática em relação à sociedade moderna. Cresce, assim, a percepção da existência de espaços estratégicos para a sociedade que podem e devem ser ocupados por profissionais das geociências. Exemplos destes espaços vão desde a evolução dos estudos e pesquisas na área acadêmica e técnica até a atuação em mecanismos políticos de gestão ambiental e territorial. Também são apontados campos de atuação envolvendo ações diretas e indiretas em prol de uma culturalização generalizada em relação aos assuntos da Terra, seja na educação formal de base, seja nos inúmeros mecanismos de resignificação sociocultural para a temática do ambiente. Nesse contexto, as cidades mostram-se como locais onde se colocam imperativas as necessidades de intervenção social e atuação profissional emergentes nas geociências da atualidade.

Os itinerários geológicos de Porto Alegre mostram-se como marco dos estudos na área da geodiversidade e geoconservação desenvolvidos nesse município, além de preencher a lacuna até então existente no que diz respeito a mecanismos interativos de se conhecer a geopaisagem do município, tanto turisticamente quanto educacionalmente. Metodologicamente, os itinerários aqui propostos apresentam contribuição à geoconservação em ambientes urbanos, traçando parâmetros gerais em especial com relação aos indicadores de logística urbana, fundamentais para a adaptação e aprimoramento do tema primeiramente desenvolvido em zonas rurais. Inserido dentro das técnicas metodológicas atuais da geoconservação, apontam-se as seguintes questões: a) o uso de uma base científica interdisciplinar como inventário para a pesquisa mostrou-se como algo positivo; b) esse uso expôs os autores à temáticas diversas e, portanto, enriquecedoras; c) dentro do possível, buscou-se trazer à luz da pesquisa a interdisciplinaridade, a qual se refletiu nos 12

indicadores geopaisagísticos propostos; d) para além desses 12 temas, uma série de outros ficou nesse trabalho secundada, como, por exemplo: rotas e relictos da evolução urbana e dos materiais construtivos; elementos do clima urbano; atividades impactantes do sistema urbano como medidores da qualidade do ar e do ruído da cidade; serviços de saneamento e ciclo urbano da água; indicadores de criminalidade; etc. Isso apenas demonstra a fertilidade do tema frente à complexidade das cidades contemporâneas.

As cidades são sistemas ecológicos e sociais com fluxos de matéria e energia, são grandes processadoras de alimentos, combustíveis e matérias-primas que tendem a gerar problemas ambientais de muitas ordens conforme seus estágios de desenvolvimento. Cidades são, também, importantes geradoras de fluxos de informação-comunicação, os quais influenciam as decisões humanas e, por sua vez, os fluxos de matéria e energia. Tais fluxos envolvem escalas tanto das cidades quanto das regiões circunvizinhas, sendo, portanto, desejável e necessário o desenvolvimento de mecanismos informativos que visem conhecer, pensar e projetar as cidades com base em uma gestão o mais sustentável possível desses ambientes.

Os itinerários geológicos de Porto Alegre foram definidos de acordo com uma lógica balizada pela evolução geológica regional, sendo, portanto, as unidades geológicas-chave referentes à mesma lógica. Evidentemente, outras lógicas seriam possíveis, dependendo dos objetivos cognitivos a serem atingidos, como, por exemplo, demonstrar como a cidade cresceu ao longo do tempo em função das contingências geomorfológicas. As matrizes de valoração integrada publicadas pelo presente estudo servem, portanto, como base para proposições futuras que utilizem diferentes pesos ou, ainda, que adicionem novos parâmetros de valoração de acordo com outras lógicas de interesse.

As áreas verdes públicas se mostraram como fundamentais para a estruturação dos itinerários aqui propostos pois permitem o amplo acesso à visitação dos geossítios. Nesse tema em especial, abre-se outra possibilidade de atuação socioprofissional das geociências, a qual é relacionada à proposição de novas áreas de conservação, praças e parques que levem em

conta a geodiversidade. Os itinerários percorrem tanto áreas urbanas quanto áreas ainda pouco urbanizadas do município e atentam para a diversidade geopaisagística existente em ambas as condições de urbanização. Afloramentos pequenos em praças podem, portanto, ser tanto ou mais significativos para a culturalização local do que grandes áreas de afloramentos distantes do cotidiano da população. Com a possibilidade de haver mais importância no apelo do lazer e divertimento das pessoas em contato com a paisagem do que em estudos e aprendizados, questiona-se o foco eventualmente excessivo para o valor científico supostamente balizador da definição de patrimônios geológicos e da geoconservação. A relevância é um atributo relativo e os critérios de inventariação e valoração mostram-se assim com possibilidades de adaptações.

A crescente atenção à interdisciplinaridade, já apontada como positiva, mostra-nos que valores da geodiversidade podem estar sendo

investigados e propostos por profissionais que não apenas geocientistas. Nesse sentido, as geociências mostram potencial integrador importante para a abordagem do ambiente, podendo afastar-se de uma posição centralizadora e colocar-se como interface crítica para a construção de uma interlocução científica integrada. Para além, pela possibilidade de abordar de forma integrada o ambiente em que as pessoas vivem, tal interlocução científica se demonstra, ao mesmo tempo, potencializadora de uma ação cidadã em prol do cuidado e da melhoria ambiental. Por fim, reitera-se o papel estratégico que a gestão das cidades tem a desempenhar para a sustentabilidade humana pois como bem afirmou o pesquisador Folch i Guillén (2006, p. 192) “*o espaço urbano é uma parte muito importante do território real, com tanto ou mais significado ecológico que os bosques ou os afloramentos geológicos*”.

## REFERÊNCIAS

1. AGA. Associação Geoparque Arouca. *Programas Educativos Arouca Geopark 2013/2014 – Estudo do Meio (1º Ciclo)*. Paz, A. & Rocha, D. (coord.). Arouca, 29 p. 2013
2. APRODERVI. Asociación para la Promoción y El Desarrollo Rural de la Comarca Villuercas Ibores Jara. *El Periódico del Geoparque VilluercasIboresJara*, nº1, 24 p. 2013.
3. Baretino, D., Wimbledon, W.A.P. & Gallego, E. (Eds). *Geological Heritage: Its Conservation and Management*. ITGE, Madrid, 212 p. 2000.
4. Becker, E. *Lost in the Travel Pages: The Global Industry Hiding Inside the Sunday Newspaper*. President and Fellows of Harvard College. 50 p. 2008.
5. Belmonte Ribas, A. *Itinerarios Educativos en el Geoparque de Sobrarbe: 550 millones de años bajo tus pies (Guía del Profesor)*. Departamento de Educación, Universidad, Cultura y Deporte. Gobierno de Aragón. Geoparque de Sobrarbe. 47 p. 2013a.
6. Belmonte Ribas, A. *Itinerarios Educativos en el Geoparque de Sobrarbe: 550 millones de años bajo tus pies (Guía del Alumno)*. Departamento de Educación, Universidad, Cultura y Deporte. Gobierno de Aragón. Geoparque de Sobrarbe. 47 p. 2013b.
7. Bennett, M.R. & Doyle, P. (eds). *Issues in Environmental Geology: A British Perspective*. Geological Society, London. 1998.
8. Brilha, J. *Património geológico e geoconservação*. Palimage Editores, Viseu, 190 p. 2005.
9. Brilha, J. *Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review*. Geoheritage. DOI 10.1007/s12371-014-0139-3. 2015
10. Bruschi, V.M. & Cendrero, A. *Direct and parametric methods for assessment of geosites and geomorphosites*. In: Reynard, E., Coratza, P. & Regolini-Bissig, G. (eds). *Geomorphosites*. Verlag, München, pp 73–88. 2009.
11. Bruschi, V.M. *Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad*. Santander. 264p. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, España. 2007.
12. Buckley, R. *Research Note Environmental Inputs and Outputs in Ecotourism: Geotourism with a Positive Triple Bottom Line?*. Journal of Ecotourism Vol. 2, No. 1, 2003.
13. Burek, C. V. & Prosser, C. D. (eds). *The History of Geoconservation*. Geological Society, London, Special Publications, 300 p. 2008.
14. Burek, C.V. & Hope, M. *The use of town trails in raising awareness of urban geodiversity*. IAEG2006 Paper number 609. 2006.
15. Carballo, J. & Hilário, A. *Flysch Algorri Mendata: denboran zehar bidaiatuz – un viaje a través del tiempo*. Gipuzkoako Parketxe Sarea Fundazioa – Fundación Gipuzkoako Parketxe Sarea. 271 p. 2010.
16. Carcavilla, L., Durán, J.J., García-Cortés, A. & López-Martínez, J. *Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present, and Future*. Geoheritage, 1:75–91. 2009.
17. Carlsen, J. & Heath, P. *Green infrastructure and open environments - London's foundations: protecting the geodiversity of the capital, supplementary planning guidance*. London: GLA, 261 p. 2012.
18. Catana, M.M. Os Programas Educativos do Geopark Naturtejo: ensinar e aprender geociências em rotas, geomonumentos, museus e na escola. In: Neto de Carvalho, C. e Rodrigues, J. C. (Eds.) 2009. *Geoturismo & Desenvolvimento Local*, Idanha-a-Nova, pp. 291-307. 2009.
19. Conway, J.S. *A Soil Trail?—A Case Study from Anglesey, Wales, UK*. Geoheritage, 2:15–24. 2010.
20. Coratza, P., Bruschi, V.M., Piacentini, D., Saliba, D. & Soldati, M. *Recognition and Assessment of Geomorphosites in Malta at the Il-Majjistral Nature and History Park*. Geoheritage, 3:175–185. 2011.

21. DD. Digne Declaration. *Declaration of the Rights of the Memory of the Earth*. Proceedings of the 1st International Symposium on the Conservation of our Geological Heritage (Digne-les-Bains, 11–16 June 1991) – Mémoires de la Soc. Géol. de France, Nouvelle Série, No. 165, 1991.
22. Del Lama, E.A., Bacci, D.C., Martins, L., Garcia, M.G.M. & Dehira, L.K. *Urban Geotourism and the Old Centre of São Paulo City*, Brazil. Geohéritage: DOI 10.1007/s12371-014-0119-7. 2014.
23. Delphim, C.F.M. Patrimônio Cultural e Geoparque. Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 75-83. 2009.
24. Díaz-Martínez, E., Guillén Mondéjar, F., Mata Perelló, J.M., Muñoz Barco, P., Nieto Albert, L.M., Pérez Lorente, F. & Santisteban Bové, C. *Nueva legislación española de protección de la Naturaleza y desarrollo rural: implicaciones para la conservación y gestión del patrimonio geológico y la geodiversidad*. Geo-Temas 10, pp. 1311-1314, (ISSN: 1567-5172). 2008.
25. Dingwall, P., Weighell, T. & Badman, T. *Geological World Heritage: a global framework. A contribution to the global theme study of World Heritage Natural Sites*. Protected Area Programme, IUCN, 51 p. 2005.
26. DL. Decreto-Lei n.º 142/2008 - de 24 de Julho. *Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional*. Diário da República, 1.ª série — N.º 142. 2008.
27. Doxiadis, C.A. *The coming world-city: ecumenopolis*. In: Toynebee, A. (ed.) 1967. *Cities of destiny*. McGraw-Hill, Nova York, p.: 336-358. 1967.
28. Earth Heritage, *Earth Heritage: the geological and landscape conservation magazine*. Issue 42, 35 p. 2014.
29. Fassoulas, C., Mouriki, D., Dimitriou-Nikolakis, P. & Iliopoulos, G. *Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geohéritage Management*. Geohéritage, 4:177–193. 2012.
30. Fernández-Martínez, E., Castaño, R., García, L. , Molero, J. & García-Ortiz, E. *Viejas y nuevas formas de divulgar el patrimonio paleontológico: el caso de los Fósiles Urbanos de León*. In: Fernández-Martínez, E. & Castaño de Luis, R. (eds) 2011. *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España*. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidade León; pp. 125-132. 2011.
31. Folch i Guillen, R. A cidade nos atlas ambientais. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, p. 191-192. 2006.
32. Fuertes-Gutiérrez, I. & Fernández-Martínez, E. *Inventariar para conocer, conocer para valorar - Trabajando con el patrimonio geológico en el entorno de los centros educativos*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (22.1), Pags. 38-48. 2014.
33. García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz- Martínez, E. & Vegas, J. *Documento Metodológico para la Elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España, 64 p. 2014.
34. García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I., & Fernández-Martínez, E. *Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: fragility and natural vulnerability, a case study*. Proceedings of the Geologists' Association 125, 463–479. 2014.
35. Garofano, M. *Geowatching, a Term for the Popularisation of Geological Heritage*. Geohéritage, DOI 10.1007/s12371-014-0114-z. 8 p. 2014.
36. GGN. Global Geoparks Network. *Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN)*. 12 p. 2014.
37. Gordon, J.E. & Barron, H.F. *Scotland's geodiversity: development of the basis for a national framework*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 417. 2011.
38. Gorritiberea, A.J. & Hilário, A. *Flysch, Haitzen Hitza – The Whisper of the Rocks – El Susurro de las Rocas*. Alberto J. Gorritiberea / TVE / ETB. 73 min. 2009.
39. Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Scmitz, M.D. & Ogg, G.M. *The Geologic Time Scale 2012* (v.1 e 2). Amsterdam, Elsevier. 2012
40. Gray, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2ed. England: Ed. John Wiley & Sons Ltd, 495 p. 2013.
41. Gray, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. England: Ed. John Wiley & Sons Ltd, 448 p. 2004.
42. Gray, M., *Geodiversity: A New Paradigm for Valuing and Conserving Geohéritage*. Geoscience Canada, 35, 51-58. 2008.
43. Gray, M., Gordon, J.E. & Brown, E.J. *Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management*. Proceedings of the Geologists Association, 124(4):659–673. 2013.
44. Henriques, M.H., Pena dos Reis, R., Brilha, J.B.R. & Mota, T. *Geoconservation as an Emerging Geoscience*. Geohéritage, 3:117–128. 2011.
45. Hickel, H.T., Albano, M.T.F., Pavlick, I.M.B. & Bettiol, D.L. Mapa do modelo espacial da cidade. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, p. 108. 2006.
46. Hilário, A. *El Biotopo Del Flysch – un viaje por la vida y el tiempo: guía de campo y recorridos para comprender los secretos de un biotopo muy geológico*. GPA. Berrikuntza, Landa Garapenaeta Turismoko Departamendua. 244 p. 2012.
47. Hose, T.A. *Towards a history of geotourism: definitions, antecedents and the future*. In: Burek, C.V. & Prosser, C.D. (eds) 2008. *The History of Geoconservation*. Geological Society, London, Special Publications, 300, 37–60. 2008
48. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas do censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 156 p. 2013.
49. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de satélite Landsat-8, órbita 221, ponto 81, data 2014-12-07. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br>. 2014
50. IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. 2013.
51. Lima, F.F., Brilha, J.B.R. & Salamuni, E. *Inventoring geological heritage in large territories: a methodological proposal applied to Brazil*. Geohéritage, 2: 91-99. 2010.
52. Lüdke, M.C., Mohr, F.V. & Menegat, R. Mapa de áreas verdes. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. p. 131. 2006.
53. Magagna, A., Ferrero, E., Giardino, M., Lozar, F. & Perotti, L. *A Selection of Geological Tours for Promoting the Italian Geological Heritage in the Secondary Schools*. Geohéritage DOI 10.1007/s12371-013-0087-3. 2013.
54. Mansur, K.L. *Projetos Educacionais para a Popularização das Geociências e para a Geoconservação*. Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 63-74. 2009.
55. Mansur, K.L., Rocha, A.J.D., Pedreira, A. (In Memoriam), Schobbenhaus, C., Salamuni, E., Erthal, F.C., Piekarz, G., Winge, M., Nascimento, M.A.L. & Ribeiro, R.B. *Iniciativas institucionais de valorização do patrimônio geológico do Brasil*. Boletim Paranaense de Geociências 70, 02-27. 2013.
56. Martínez-Graña, A.M, Goy, J.L. & Cimarra, C.A. *A virtual tour of geological heritage: Valourising geodiversity*

- using Google Earth and QR code. *Computers & Geosciences* 61, 83–93. 2013.
57. Martini, G. *Geoparks... A Vision for the Future*. Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 85-90. 2009.
58. Meadows, D., Meadows, D. & Randers, J. *Limits to growth: the 30-year update*. White River, Vt.: Chelsea Green Publishers, 362 p. 2004.
59. Meadows, D., Meadows, D., Randers, J. & Behrens, W. *The Limits to growth*. New York: Universe Books, 205 p. 1972.
60. Menegat, R. & Hasenack, H. Mapa geomorfológico. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, p. 30. 2006.
61. Menegat, R. A emergência da tecnourbesfera e os novos desafios da geologia urbana. In: Machado, R. (Org). 2008. *As ciências da Terra e sua importância para a humanidade*. Curitiba: SBG, p. 76-91. 2008.
62. Menegat, R. A matriz do lugar na interpretação das cidades incas de Machu Picchu e Ollantaytambo: um estudo de ecologia de paisagem e a reconstrução de processos civilizatórios. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 351 p. 2006.
63. Menegat, R. *Participatory democracy and sustainable development: integrated urban environmental management in Porto Alegre, Brazil*. *Environment and Urbanization*, 14: 181-206. 2002.
64. Menegat, R. Transcrição da Palestra Proferida em 24 de julho de 2009 - Geoparques como Laboratórios de Inteligência da Terra. *Geol. USP, Publ. Espec.*, São Paulo, v. 5, p. 91-103. 2009.
65. Menegat, R., Carraro, C.C., Mohr, F.V. & Kirchheim, R.E. Mapa de drenagens: os arroios de Porto Alegre. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, p. 42. 2006a.
66. Menegat, R., Koester, E., Kraemer, G., Fernandes, L.A.D., Scherer, C.M.S. & Bachi, F. Mapa Geológico. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, p. 11-24. 2006b.
67. Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.). *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, 228 p. 2006c.
68. Minvielle, C.A. & Hermelin, M. *Geometro or How to Discover a Valley's Geomorphology by an Integrated Transportation System in Medellín (Colombia)*. *Geoheritage*, 3:73–81. 2011.
69. Moreira, J.C. *Interpretative Panels About the Geological Heritage—a Case Study at the Iguassu Falls National Park (Brazil)*. *Geoheritage*, 4:127–137. 2012.
70. ONU. Organização das Nações Unidas. Agenda 21: resumo. In: *Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento*, Rio de Janeiro, 3 a 14 de junho de 1992. Rio de Janeiro: Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil; São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1993.
71. Palladino, G., Prosser, G. & Bentivenga, M. *The Geological Itinerary of Sasso di Castalda: A Journey into the Geological History of the Southern Apennine Thrust-belt (Basilicata, Southern Italy)*. *Geoheritage*, 5:47–58. 2013.
72. Pena dos Reis, R. & Henriques, M.H. *Approaching an Integrated Qualification and Evaluation System for Geological Heritage*. *Geoheritage*, 1:1–10. 2009.
73. Porto, M.L. & Mello, R.S.P. Mapa de vegetação natural atual. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. (coord.) 2006c. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Edufrgs, p.53. 2006.
74. Prosser, C. *William Archibald Macfadyen (1893–1985): the 'father of geoconservation'?*. *Proceedings of the Geologists' Association* 123, 182–188. 2012.
75. Reis, H.J., Póvoas, L., Barriga, F.J.A.S., Lopes, C., Santos, V.F., Ribeiro, B., Cascalho, J. & Pinto, A. *Science Education in a Museum: Enhancing Earth Sciences Literacy as a Way to Enhance Public Awareness of Geological*. *Geoheritage*, DOI 10.1007/s12371-014-0105-0. 2014.
76. Reynard, E., Coratza, P. & Regolini-Bissig, G. (eds). *Geomorphosites*. Verlag, München. 2009.
77. Schobbenhaus, C. & Silva, C.R. (orgs.). *Geoparques do Brasil: propostas*. Rio de Janeiro: CPRM, v. 1, 748 p. 2012.
78. Sharples, C. *A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes*. Report to The Forestry Commission, Tasmania, 31p. 1993.
79. Sharples, C. *Concepts and principles of geoconservation*. Tasmanian Parks and Wildlife Service, electronic publication, 81p. 2002.
80. Silva, C.R. (ed). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro*. Rio de Janeiro: CPRM, 264 p. 2008.
81. Nascimento, M.A.L., Ruchkys, U.A. & Mantesso-Neto, V. *Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: Trinômio importante para a proteção do Patrimônio Geológico*. Sociedade Brasileira de Geologia, 82 p. 2008.
82. SNUC. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Lei Nº 9.985, De 18 De Julho De 2000. 17 p. 2000.
83. Stanley, M. *Geodiversity and why we need it*. *Earth Heritage*, Issue 14, pp. 15-18. 2000.
84. Stewart, I. & Nield, T. *Earth stories: context and narrative in the communication of popular geosciences*. *Proceedings of the Geologists' Association* 124, 699–712. 2013.
85. UN-DESA. United Nations - Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights* (ST/ESA/SER.A/352). 2014.
86. UNEP. United Nations Environmental Programme. *Global Environment Outlook 5 (GEO5): Environment for the future we want*. Progress Press Ltd: Valeta, Malta, 528 p. 2012.
87. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Convenção para a salvaguarda do patrimônio cultural imaterial*. Paris, 17 de Outubro de 2003.
88. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Use and Conservation of the Biosphere: proceedings of the intergovernmental conference of experts on the scientific basis for rational use and conservation of the resources of the biosphere, Paris, 4-13 September 1968*. 1970.
89. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *UNESCO Geoparks Programme - A new initiative to promote a global network of geoparks safeguarding and developing selected areas having significant geological features*, Paris. 4 p. 1999.
90. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *The Madonie Declaration between the Division of Earth Sciences of UNESCO and the European Geoparks Network*. 2004.
91. USGS. United States Geological Survey. Imagem de satellite Landsat 8, sensor OLI, órbita 221, ponto 81, data 2014-12-07. Disponível em <http://landsatlook.usgs.gov.html>. 2014.
92. Vegas, J., Gutiérrez, I., Díez, A. “Apadrina una roca”, una iniciativa de voluntariado popular para la conservación del patrimonio geológico. *Congreso Nacional del Medio Ambiente – CONAMA*, 16 p. 2012.
93. WCED. World Commission on Environment and Develop. *Report of the World Commission on Environment and Develop: Our Common Future*. Nairobi: United Nations, 374 p. 1987.
94. Wilson, C. (ed). *Earth Heritage Conservation*. Geological Society London & Open University, Milton Keynes. 1994.

95. Wimbledon, W.A.P., Benton, M.J., Bevins, R.E., Black, G.P., Bridgland, D.R., Cleal, C.J., Cooper, R.G. & May, V.J. *The development of a methodology for the selection of British geological sites for conservation: Part 1, ProGEO*. *Modern geology* 20:159–202. 1995.
96. Wimbledon, W.A.P., Ishchenko, A.A., Gerasimenko, N.P., Karis, L.O., Suominen, V., Johansson, C.E. & Freden, C. *GEOSITES - an IUGS initiative: science supported by conservation*. In: Baretino, D., Wimbledon, W.A. & Gallego, E. (Eds.) 2000. *Geological Heritage: its conservation and management*. Madrid (Spain), pp.69-94. 2000.
97. Wrede, V. & Mügge-Bartolović, V. *GeoRoute Ruhr—a Network of Geotrails in the Ruhr Area National GeoPark, Germany*. *Geoheritage*, 4:109–114. 2012.
98. Xun, Z., & Ting, Z. *The socio-economic benefits of establishing National Geoparks in China*. *Episodes*, Vol. 26, no. 4. 2003.
99. Zouros, N. *The European Geoparks Network: geological heritage protection and local development*. *Episodes*, Vol.27, no.3, pp. 165-171. 2004.

*Manuscrito recebido em: 16 de Janeiro de 2015*  
*Revisado e Aceito em: 13 de Agosto de 2015*