



MÉTODOS DA GEOGRAFIA FÍSICA AOS ESTUDOS DE GEODIVERSIDADE: uma discussão teórica

METHODS OF PHYSICAL GEOGRAPHY TO GEODIVERSITY STUDIES: a theoretical discussion

Diego Geovan dos Reis – UEPG – Ponta Grossa – Paraná – Brasil
diego.gdosreis@gmail.com

Leandro Baptista – UEPG – Ponta Grossa – Paraná – Brasil
leandro.baptista@live.com

RESUMO

Os estudos de Geodiversidade surgem como uma nova área de pesquisa e atuação da ciência geológica, embora suas nuances sejam incorporadas por um campo interdisciplinar que abrange outras ciências, como a ciência geográfica. Neste estudo, busca-se apontar possíveis métodos e abordagens para a Geografia Física no estudo da Geodiversidade. Tendo como foco os aspectos naturais que compõem os sítios de interesse geológicos e geomorfológicos (geossítios e geomorfossítios). Para tanto, este estudo se apoia em um modelo dialético investigativo, com técnicas de levantamento bibliográfico e análise textual para alcançar os resultados apresentados. Os resultados apontaram que abordagem geossistêmica mostra-se promissora na análise direta da relação entre esses sítios e as áreas de pesquisa da Geografia Física. Observou-se por fim que todos os aspectos naturais envolvidos nesse sistema composto pelos geossítios e geomorfossítios, embora de características primariamente geológicas e geomorfológicas, estão em conexão sistêmica aos demais componentes físicos da geografia e compreendê-los por meio de abordagens e metodologias corretas mostra-se como fundamental para sua proteção.

Palavras-Chave: Geodiversidade. Geografia física. Geossistema.

ABSTRACT

Geodiversity studies rise up as a new research field and work in geological science, although its nuances are incorporated by an interdisciplinary field that encompasses other other sciences, such as geographic science. This paper aims to point out the possible methods and approaches for Physical Geography in the Geodiversity studies. Focusing on the natural aspects that make up the sites of geological and geomorphological interest (geosites and geomorphosites). Thus, this study is based on a dialectical investigative model, with bibliographic survey techniques and textual analysis to achieve the results presented. In the end, it was noted that all the natural aspects involved in this system composed of geosites and geomorphosites, although primarily made up from geological and geomorphological features, are systematically connected to the other physical components of geography and in order to understand them through correct approaches and methodologies is considered essential to protect them.

Keywords: Geodiversity. Physical geography; Geosystem.

INTRODUÇÃO

O conceito de geodiversidade refere-se à variedade de elementos do meio abiótico na natureza. Este conceito abrange os processos da dinâmica interna terrestre, os recursos hídricos, o relevo, os minerais, os fósseis, etc., e sua compreensão e estudos permitem o entendimento das condições favoráveis à existência de organismos vivos no planeta. Portanto, para compreender a geodiversidade se faz necessário correlacionar um amálgama de conhecimentos de áreas como a climatologia, geografia, geomorfologia, hidrologia, entre outras, resultando assim numa evidente condição holística e natural para sua interpretação.

Isto posto, torna-se igualmente complexo adotar um método científico único para organizar pesquisas sobre a geodiversidade. Dada a pluralidade de abordagens em sua investigação, o recorte aplicado pelo pesquisador poderá resultar na coleta e análise de dados que não correspondam à totalidade das informações sobre um geossítio, levando a considerações parcialmente corretas.

Assim, neste estudo primeiramente traçamos um levantamento do estado da arte sobre a ciência em si e seus métodos, dialogando com autores clássicos e atuais sobre a epistemologia da ciência, sobretudo para validar nossa tentativa de aproximar o conhecimento produzido por meio da geografia física, para compreendermos a geodiversidade. Neste espectro, concluímos que a Teoria Geossistêmica é a que nos permite uma maior acurácia sobre estudos que envolvem a geodiversidade sob este prisma.

Em seguida, visando corroborar a Teoria Geossistêmica aplicada à geodiversidade, elencamos possibilidades teóricas de técnicas de abordagens em diversos casos, a citar: dinâmica da paisagem, geomorfologia, pedologia, hidrografia, biogeografia e climatologia, a partir de uma abordagem bibliográfica. Por isso, este estudo se apoia em um modelo dialético investigativo, com técnicas de levantamento bibliográfico e análise textual, indicando caminhos que possam contribuir na construção do conhecimento sobre geodiversidade sob o viés da geografia física, servindo como um indicativo para a ampliação de estudos técnicos e mais aprofundados sobre o tema. Tal ação pode

resultar em uma maior valorização acerca do patrimônio geológico, contribuindo para estratégias de educação ambiental e até mesmo de atividades turísticas.

O presente trabalho está organizado nas seguintes seções: a primeira trata-se de descrição do estudo; a segunda tem como objetivo elucidar o conceito de geodiversidade sob um olhar dialógico com correntes de pensadores científicos e por fim, apresentar possibilidades de investigar a geodiversidade sob o viés da teoria geossistêmica.

DESENVOLVIMENTO

Desenvolvimento econômico e preservação dos recursos naturais, eis o binômio que compõe um dos maiores desafios e paradigmas da ciência no século XXI. Para se criar ações protetivas efetivas do meio natural é preciso que haja conhecimento sobre diversos aspectos naturais, sejam eles químicos, físicos, biológicos ou geológicos, tanto por parte da comunidade científica quanto pela comunidade endógena envolvida.

Neste aspecto, as geociências ganham uma nova perspectiva de atuação, na qual o passado geológico e os recursos minerais caracterizam uma nova concepção além da econômica, a de patrimônio natural-geológico, parte integrante da geodiversidade do planeta e que pertence a toda a humanidade e como tal, deve ser preservado.

Geólogos e geomorfólogos começaram a usar o termo geodiversidade nos anos 90 para descrever a variedade existente na natureza abiótica (GRAY, 2004), que pode ser mais especificamente assim definida:

Geodiversidade: a extensão natural (diversidade) de características geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (relevo, processos externos) e do solo. Inclui seus conjuntos, relacionamentos, propriedades e sistemas interpretativos. (GRAY, 2004, p. 8).

Assim, a geodiversidade é o contraposto abiótico da biodiversidade. Brilha (2005) de forma símile caracteriza a geodiversidade como um conjunto de rochas e minerais da Terra, que ao serem influenciados pelo clima, hidrografia e biologia, originam as paisagens que hoje vemos e, por meio destas, podemos contar a história dos 4.6 bilhões de anos da Terra. No Brasil a geodiversidade é definida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008, p. 12) como:

o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima 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.

Por essa definição observa-se que o conceito adotado pela CPRM (2008) não leva em consideração apenas os aspectos abióticos da natureza física, mas também os contextos culturais e sócio-econômicos neles envolvidos.

Por muitos anos tratou-se quase que exclusivamente das temáticas relacionadas à proteção da biodiversidade, contudo tendo em mente este aspecto intrínseco entre os aspectos geológicos e a evolução da vida como um todo, pode-se dizer que ambas habitam o mesmo patamar. Aliás, é válido argumentar que a própria biodiversidade se assenta sobre a geodiversidade, uma vez que a vida biológica tem por base as rochas que, uma vez que tenham passado pelo processo de intemperismo por todo ciclo hidro-climático do planeta proporcionam a existência da vida, ou seja, a existência de vida em um planeta rochoso depende em primazia, das próprias rochas.

Foi na ciência geológica que a geodiversidade despontou como um novo campo de estudos científicos, contudo, dada a abrangência epistemológica e a variedade de objetos e fenômenos contidos em seu campo, diferentes ciências se debruçaram sobre estes estudos. Popper (1972) afirma que existem muitas fontes de conhecimento, mas nenhuma delas tem absoluta autoridade sobre o fenômeno, ou seja, não foi unicamente à Geologia que recaiu a tarefa de desenvolver os estudos de geodiversidade.

Segundo Feyerabend (1975), os elementos complexos e a imprevisibilidade do meio demandam procedimentos complexos, e isso não permite o apego a um único sistema epistemológico e que no caminho de construção do conhecimento, ignorar regras fundamentais ou até mesmo adotar regras contrárias é essencial na produção do conhecimento científico.

Assim entende-se que adotar outros modelos de análise na geodiversidade contribui para seu enriquecimento epistemológico e sua definição como um campo científico mais abrangente e completo. Ainda segundo Feyerabend (1975) não há uma

única teoria que explique por completo todos os fatos ou objetos de seu domínio, o que ele chama de hipóteses que contestam observações. Isso mostra que um campo específico vai se construindo por meio de diversas interpretações de diferentes ciências que ao invés de se distanciarem em suas observações, podem trazer díspares perspectivas ao fenômeno.

Kuhn (1998) chama de incomensurabilidade as diferenças que afastam determinadas ciências, ou seja, suas maneiras distintas de ver o mundo, e não necessariamente seus modelos metodológicos. Afinal, métodos são critérios de análise e não ideologias restritivas.

Para Demo (1995) como a realidade estudada é objetiva, cabe a qualquer cientista tentar ser neutro em relação ao fenômeno estudado, motivo este do uso de métodos. Assim, segundo o autor, indiferente de como se observa um fenômeno, caso seja observado com método adequado, é científico. Busca-se aqui não afastar, não criar incomensurabilidades entre a ciência geológica e a geográfica, até porque ambas pertencem ao campo das geociências, contudo, fazendo uso de diferentes metodologias elas podem trazer contribuições diferentes na análise do objeto, que nesse caso se constitui do que convencionou-se chamar de geossítios e geomorfossítios, ou seja, sítios de interesse geológico e geomorfológico.

Brilha (2005) define esses sítios como os elementos mais representativos das feições e formações geológicas e geomorfológicas de um determinado local, com considerável valor científico, cultural, pedagógico, cênico ou turístico. Esses geossítios e geomorfossítios são importantes pois dadas as suas características guardam em si a história do planeta e por isso em meio a outros de não tão notáveis características, devem ser preservados, pois são a memória da Terra e conseqüentemente, da vida e cultura humanas.

Popper (1972) afirma que Francis Bacon defende que a natureza é um livro aberto e qualquer um que a ler com pureza de mente jamais a interpretará de forma errada, a isso ele chamou de *veracitas naturae*, ou verdade da natureza, termo que faz referência à autenticidade intrínseca da natureza (POPPER, 1972).

Mas restringir-se, necessariamente, à uma única ciência para estudar os geossítios e geomorfossítios poderia ser uma forma deturpada da compreensão da realidade natural, afinal "na busca da realidade, talvez seja melhor começar pela crítica de nossas crenças mais enraizadas" (POPPER, 1972, p. 34). Isto posto e tendo em mente que Brilha (2005) define que a proteção dos sítios é importante não apenas por seu aspecto natural, mas também pela sua relevância para a vida e cultura humanas, entende-se que sintetizar esses elementos em todos os seus fatores é algo fundamental na compreensão do todo.

Para Morin (1982) a ciência não pode se afastar totalmente de sua concepção de elaboração, mas não pode se prender a ela, ou seja, mesmo as ciências naturais possuem um construto social, por outro lado, toda constituição social existe sobre a gênese natural. Muito embora o foco desse trabalho seja a abordagem natural aos geossítios e geomorfossítios, seu aspecto social é condição *sine qua non* no que concerne à sua proteção, afinal eles serão protegidos para contar a história da Terra, mas essa história será contada às próximas gerações humanas.

Lakatos e Marconi (2003) fazem uma distinção entre método de abordagem e método de procedimento, sendo o primeiro referente à sua inspiração filosófica mais abstrata e o segundo com finalidade menos abstrata, ou seja, mais voltado aos procedimentos metodológicos e não à sua inspiração teórica. As autoras não classificam a abordagem sistêmica como um método em si, contudo este trabalho concorda com a opinião de Boulding (1956), que sustenta que a Teoria Sistêmica não é apenas o uso da noção de sistemas voltados à observação de fenômenos, ela é sim uma composição teórica e estratégica com o objetivo de gerar o entendimento desse fenômeno físico. Ela é uma abordagem global que considera a totalidade dos elementos envolvidos em uma situação, sendo adotada tanto como método quanto como procedimento para descrever a complexidade organizada e a interdependência de elementos em um sistema.

Estagnar a geodiversidade unicamente a seus aspectos naturais ou a uma única ciência seria torná-la paradigmática. Kuhn (1998, p. 113) considera como paradigma "as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo,

fornece problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.". Analisar, definir e descrever todas as características geológicas de um geossítio ou geomorfossítio é incumbência da Geologia, no entanto, estabelecer-se-ia um paradigma caso outras perspectivas de análise não fossem utilizadas, afinal, todos esses sítios estão de alguma forma interconectados a um sistema físico-natural o qual, por fim, sofrerá influência antrópica. Aqui aponta-se a Geografia Física e seus modelos de análise do meio natural.

Cabe destacar que não se realiza neste estudo nenhuma análise dos conceitos e temas da ciência geográfica em si, embora seja sim possível apontar que sítios específicos compõem o Espaço Geográfico, que estão em uma Região, delimitada por um Território, muitas vezes escalonado e conectado em Redes e que pode vir a constituir um Lugar para determinados sujeitos, no entanto este não é escopo deste trabalho, que é definir de que formas as metodologias utilizadas na Geografia Física podem ser utilizadas na geodiversidade por meio da análise física dos geossítios e geomorfossítios. Pelo fato de que a geodiversidade e seus sítios se organizam de forma sistêmica que envolve a ação antrópica também como entrada de energia, a Teoria Geral dos Sistemas, mais especificamente a Teoria Geossistêmica, é o embasamento teórico e modelo metodológico central e os procedimentos metodológicos específicos serão os de cada área da Geografia Física.

Desenvolvida inicialmente pelo geobotânico e geógrafo russo Viktor Borisovich Sotchava em 1960, a Teoria Geossistêmica se baseia nos preceitos da Teoria Geral dos Sistemas, ou TGS. A TGS é caracterizada por estudar o objeto levando em consideração a relação dinâmica existente entre os diversos elementos que o compõe, tendo em vista que as partes se comportam de maneiras diferentes quando estudadas isoladamente (BERTALANFFY, 1973).

Nessa perspectiva, Sotchava (1978, p. 292) define um geossistema como uma "dimensão do espaço terrestre na qual os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana". A teoria do geossistema

busca explicar como a superfície terrestre funciona como um todo, um sistema unificado e interdependente que agrega os elementos naturais e a ação humana.

A Teoria Geossistêmica surge então como um método específico da Geografia Física, adotada como referência por muitos geógrafos físicos como modelo de compreensão da paisagem e do sistema no qual esta se insere, permitindo a definição das relações entre seus elementos constituintes, tendo como denominador comum o elemento natural na perspectiva antropocêntrica que modifica e descaracteriza as relações internas do sistema. Bolós (1981) define que o geossistema compreende o somatório das inter-relações entre os elementos físicos (geologia, clima, solos, relevo, etc.) e os biológicos da natureza, em interação com as intervenções humanas, fazendo com o que o sistema esteja em constante transformação.

Para Christofolletti (1999) o geossistema se expressa na superfície de forma dinamizada pela interação entre os fluxos de matéria e energia entre seus elementos bióticos ou abióticos, permitindo o equilíbrio sistêmico. Quando há a introdução de um novo elemento na estrutura esse equilíbrio é afetado e o sistema precisa então absorver esse impacto pelo princípio da isostasia para reajustar o balanço inicial.

Os estudos geossistêmicos permitiram à Geografia Física a compreensão da interação de seus objetos de estudo, como por exemplo, as análises na geomorfologia e climatologia. Há várias hierarquias no estudo dos geossistemas a depender do modelo utilizado, modelos esses que carregam nomenclaturas diversas, como *landsystem*, paisagem, geocomplexos, etc. O fundamento da praxis geossistêmica paira sobre a observação da paisagem e nesse viés a obra de Bertrand (1971) define uma escala analítica da paisagem como um sistema dinâmico, em constante mudança e evolução, com entradas e saídas de energia. Assim, para Bertrand (1971, p. 141):

a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

A paisagem não é unicamente natural, pois integra todas as ações antrópicas que caracterizam o sistema. Bertrand (1971) define níveis específicos de classificação da

paisagem, que são a zona, o domínio e a região como macro unidades, e o geossistema, as geofácies e os geótopos como micro unidades. Muito embora ele tenha optado mais tarde por abrir mão de suas definições para fazer uso das de Sotchava (1978), seus conceitos ainda são válidos e incorporam o potencial ecológico, representando os aspectos da geomorfologia, do clima e da hidrologia, que interagem diretamente com a exploração biológica, representando a vegetação, o solo e a fauna local. Estes estão em interação direta com a ação antrópica, compondo assim o geossistema.

Dessa forma a paisagem se torna a fisionomia do geossistema, retratando a biosfera, a litosfera, a hidrosfera e a antroposfera de modo integrado, tendo como elementos constituintes do sistema os aspectos geológicos, geomorfológicos, hídricos, edáficos, bióticos e antrópicos como determinantes do sistema e por conseguinte, da paisagem. Compreende-se assim que a abordagem geossistêmica permite a inteligência de como os elementos físicos e ambientais interagem em sua relação espacial, dando respaldo para orientar a ação humana no sistema para que o equilíbrio natural permaneça harmônico, evitando que uma introdução antrópica cause desajustes nos fluxos de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Especificamente neste estudo os geossítios e geomorfossítios são observados por meio da abordagem geossistêmica, pois suas características intrínsecas, sejam geofácies ou geótopos, constituem elementos de um geossistema que define a fisionomia da paisagem. Dentre as áreas da Geografia Física, cinco foram selecionadas para esta análise pelo fato de estarem diretamente relacionadas aos geossítios e geomorfossítios em sua constituição e em processos transformastes, são elas: Geomorfologia; Pedologia; Hidrografia; Biogeografia; e Climatologia. Como constituinte na própria nomenclatura dos sítios, convém iniciar pela Geomorfologia, pois de suas características provém os geomorfossítios.

Segundo Suertegaray e Nunes (2001) as composições geomorfológicas são o resultado de processos do passado e do presente ou da coexistência de tempos, sendo que a morfogênese é o conjunto de processos geomorfológicos, sejam eles endógenos ou exógenos, que constituem o relevo a partir da escala de tempo geológico. A Geomorfologia, assim, é a ciência que estuda a formação e composição do relevo

terrestre. Os geomorfossítios são caracterizados como tal justamente pelo seu intrínseco valor geomorfológico que pode constituir, por exemplo, exuberantes paisagens naturais de alto valor cênico/estético.

No estudo dos sítios é importante aplicar a metodologia geomorfológica para que se realize o mapeamento geomorfológico do local, instrumento indispensável para inventariação genética do relevo. Para poder realizar a carta geomorfológica é preciso fornecer os elementos da descrição do relevo, identificar a natureza geomorfológica de todos os elementos do terreno e datar as formas (ROSS; FIERZ; VIEIRA, 2011).

As informações geomorfológicas podem ser extraídas de cartas topográficas e complementadas com trabalho de campo nos geomorfossítios. É importante estudar os sítios em escalas específicas, como uma escala grande e de maior detalhamento para identificar as formas esculturais, que são grandezas inferiores a algumas dezenas de km², e escalas pequenas, com menor detalhamento mas que representem fenômenos morfoestruturais como bacias sedimentares ou cinturões orogenéticos. Tricart (1965) lembra que uma carta geomorfológica detalhada deve ser composta de dados morfométricos, informações morfográficas, dados morfogenéticos e cronologia.

Entre as ferramentas que podem ser utilizadas para o estudo dos sítios estão as imagens de satélites, fotografias aéreas, cartas topográficas e geológicas. Outro aspecto importante é a composição da cartografia geomorfológica digital e a digitalização de feições geomorfológicas por meio de método anaglifo, fazendo uso de estereoscópios e espelhos. A morfometria é outra técnica de análise que pode ser aplicada aos sítios em seu estudo, analisando-se a declividade das vertentes por meio de clinômetros ou bússolas geológicas que possibilitarão a elaboração de mapas isoclinográficos (ROSS, FIERZ, VIEIRA, 2011).

Nesse sentido, o trabalho de campo do geomorfólogo é essencial na análise dos locais onde estão os sítios, no intuito de compreender a dinâmica local pode-se fazer uso de Calhas de Gerlach, Pinos de erosão, Penetrômetros e Técnica do GPR. A depender de onde estão os sítios é possível verificar a condutividade hidráulica por meio de técnicas de mensuração.

A segunda abordagem da Geografia Física aplicada aos sítios é a Pedologia, que é o estudo dos solos em seu ambiente natural e que tem por objetivo a descrição do perfil e da morfologia do solo, a transcrição entre horizontes, cores, texturas, porosidade, cerosidade, cimentação, nódulos, concreções, etc. (OLIVEIRA, 2011). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018, p. 27), o solo é

uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferência antrópica.

Ainda segundo a Embrapa (2018) os solos podem ser classificados em: Argissolos; Cambissolos; Chernossolos; Espodossolos; Gleissolos; Latossolos; Luvisolos; Neossolos; Nitossolos; Organossolos; Planossolos; Plintossolos; e Vertissolos. Essa classificação pode variar a depender da região, bem como a classificação dos horizontes principais do solo, que segundo Lepsch (2010) são: O - Orgânico; A - Mineral com acúmulo de Húmus; E - Claro de máxima remoção de argila ou óxidos de ferro; B - Máxima expressão de cor e agregação (Bw) ou de concentração de materiais removidos de A e E; C - Material inconsolidado de rocha alterada semelhante ao que originou o solum; R - Rocha não alterada.

A metodologia aplicada consiste na abertura de perfil de solo e coleta de material em pedocompactador e posterior análise laboratorial. Os solos estão estritamente conectados aos geossítios e geomorfossítios e compreender a sua composição é essencial para a conservação e proteção desses sítios. Aliás, dada a importância que os solos representam para a humanidade, deveriam também ser alocados em aspectos de preservação e sugere-se aqui a necessidade da criação de mais pedossítios nos estudos de geodiversidade.

No que concerne a Hidrografia, é preciso observar também que grande parte dos geossítios e geomorfossítios estão localizados em bacias hidrográficas, que são áreas drenadas por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto (CHRISTOFOLETTI, 1980). Os sítios estão inclusos neste sistema e podem

alterá-lo ou por ele ser alterados sendo que sua preservação depende também do gerenciamento da bacia, pois considera-se que ela “deve ser adotada como sendo o espaço adequado para o gerenciamento dos demais recursos naturais.” (PIROLI, 2013, p. 21).

Cada um dos elementos, matérias e energias presentes neste sistema apresentam funções próprias, inclusive os geossítios e geomorfossítios, e estão assim intrinsecamente relacionados entre si. O que acontecer a qualquer um deles refletirá sobre os demais. Tudo o que acontece na bacia hidrográfica repercute direta ou indiretamente nos rios e por consequência em todo o sistema. Assim, estudar os sítios e tentar preservá-los unicamente pelas suas características geológicas, incorre em ingenuidade científica, uma vez que eles estão inseridos em um sistema maior, e como agravante há o fato de que a visitação antrópica a esses locais irá afetar ainda mais o equilíbrio sistêmico.

A maioria dos estudos em bacias hidrográficas focam em aspectos hidrodinâmicos e morfométricos. A metodologia de análise hidrodinâmica se pauta por dados gerados por observações de campo e experimentos laboratoriais que envolvem os diversos fluxos hídricos, que ajudarão na criação de modelos e simulações físicas, matemáticas e conceituais e são realizados com base no levantamento de variáveis hidrodinâmicas e hidrológicas relacionadas a entrada e circulação hídrica no sistema.

Uma das ferramentas para os estudos hidrológicos e da geomorfologia fluvial é o levantamento de velocidade e cálculo de vazão e para tal podem ser utilizados molinetes, velocímetros acústicos ou a laser, construção de vertedouros artificiais e curva-chave. Outra ferramenta é a análise morfométrica, que segundo Christofolletti (1980) envolve o uso de cartas topográficas digitais e fotografias aéreas para reconhecimento de limites externos, como a delimitação de bacias hidrográficas, bem como estimativas areolares e identificação de ordens hierárquicas de seus cursos fluviais.

A análise morfométrica pode ser linear, areal, hipsométrica e tipológica. Por meio desses procedimentos é possível realizar a delimitação de bacias hidrográficas, identificar seus padrões de drenagem, estabelecer sua hierarquia e traçar o perfil

longitudinal e curva hipsométrica. Com todas essas informações definidas, preservar, proteger e gerir a visitação nos geossítios e geomorfossítios tornará o balanço do sistema mais harmônico.

Intui-se lembrar que a vida se assenta sobre a geodiversidade, ou seja, o aspecto biológico acontece no e em relação ao geológico e geográfico, implicando na correlação com a Biogeografia, que é:

o campo da Geografia que estuda a espacialidade da vida, busca compreender os diferentes padrões de distribuição dos animais e das plantas na Terra e analisa as alterações morfológicas dos seres vivos e os padrões que se refletem espacialmente nos agrupamentos biológicos em diferentes escalas e tempos (FURLAN, 2011, p. 136).

Em outras palavras, Biogeografia é a ciência que estuda a distribuição geográfica dos seres vivos.

A Biogeografia divide-se em Ecológica e Histórica. Na Ecológica estuda-se principalmente como as espécies reagem aos diferentes tipos de solos, climas e formas de relevo, enfocando suas interações biológicas. A Histórica enfatiza a compreensão da formação das paisagens, do endemismo, da raridade, dos mecanismos competitivos e na espacialidade dos grandes ecossistemas (FURLAN, 2011).

O biogeógrafo fará a análise das ocorrências obtidas em campo para a criação de mapas de ocorrências e distribuição de espécies, comunidades e ecossistemas. Para descrever uma área de distribuição de uma determinada espécie e transcrevê-la em um mapa é preciso definir suas fronteiras, que pode ser feito por meio de algumas técnicas, como a de nuvens e pontos, realizada por coletas georreferenciadas. Também podem ser utilizadas técnicas aerográficas, com maior detalhamento e apoio do GPS. Segundo Furlan (2011), metodologias que fazem uso de softwares de modelagem de nicho ecológico permitem estimar a ocorrência de forma indireta a partir da reunião de variáveis biogeofísicas específicas, o que permite transformar um mapa de pontos em mapa de áreas. Isto posto, é possível identificar a dinâmica da área de uma espécie e as modificações da área de distribuição. A pesquisa biogeográfica precisa considerar como fatores de influência ou limitantes o clima, o solo, a geomorfologia, a hidrografia e alterações ambientais.

A Biogeografia ainda divide-se em algumas subáreas, sendo uma delas a Fitogeografia, que é o estudo da cobertura vegetal, que considera diferentes escalas como regiões fitogeográficas, biomas, domínios, geótopos, etc. O estudo sistematizado da Fitogeografia consiste na observação in situ da área de estudo, o levantamento florístico e fitossociológico, o estudo da estrutura e fisionomia da vegetação, o desenho do perfil, coleta de material e análise laboratorial (FURLAN, 2011). Outra sub-área da Biogeografia é a Zoogeografia, que consiste no estudo da fauna e sua distribuição geográfica. Diferentemente da Fitogeografia, aqui procura-se realizar o mínimo possível de captura e focar no modelo de observação de espera e de percurso de animais.

Por mais distante que possa parecer, não é possível afirmar que não existe relação entre a Biogeografia e a Geodiversidade, afirmar isso seria o mesmo que afirmar a separação, a incomensurabilidade entre Biologia e Geologia. Um cinturão orogênico pode separar ou extinguir espécies, os aspectos biológicos não estão separados dos geológicos no espaço geográfico, o mesmo é válido para os sítios em questão, pois embora apresentem intrinsecamente características geológicas, estão em ambiente natural que na maioria das vezes está rodeado pela biodiversidade. Compreender os aspectos biogeográficos é essencial para a geodiversidade, não somente pelo aspecto cênico que representam aos sítios, mas pela própria preservação biológica do geossistema.

Em um primeiro momento é possível pensar que a área da Geografia Física que menos se relaciona aos estudos de Geodiversidade seja a Climatologia, contudo esse não é exatamente o cenário, visto que o clima é agente ativo no processo de intemperismo e erosão das rochas, bem como regente do ciclo hidrológico de um determinado ambiente. Ao se compreender os aspectos paleoclimáticos do local onde estão os sítios compreende-se também de que forma o clima ajudou a definir as formações geológicas ou geomorfológicas que estão sendo vistas, como elas foram formadas e possivelmente erodidas, bem como explicar o motivo da grande ou pequena variação biológica ali existente.

A Climatologia é a ciência que estuda o clima, mais especificamente,

aborda a física do sistema climático, incluindo os principais processos que determinam a estrutura e o clima da atmosfera, do oceano e da superfície. Busca compreender a variabilidade natural do clima tanto no presente quanto no passado e a sensibilidade do clima a forças externas. Busca explicar também as eras do gelo, bem como as mudanças climáticas antrópicas. Utiliza de princípios físicos e modelos computacionais para compreender o paleoclima e prever o clima no futuro (HARTMANN, 1994, p. 28, tradução nossa).

A título de análise é preciso observar a distinção que se faz entre clima e tempo. As condições temporais podem se alterar em um único dia, sendo este o estudo da Meteorologia. A Climatologia Geográfica trabalha com uma escala temporal maior, que a depender da teoria utilizada pode variar de um mínimo de 10 a 50 anos, ou seja, não se pode dizer que o clima de um ambiente se altere em período inferior a esses valores. No caso de um local que contenha geossítios e geomorfossítios, compreender ambas as escalas é importante. As condições meteorológicas vão definir diversos fatores como o próprio grau de erosão, ao qual os sítios estão expostos e para alguns tipos de rocha essa compreensão é essencial.

O conhecimento paleoclimático também é fundamental, saber como foi o clima desse ambiente no passado poderá auxiliar a traçar análises matemáticas de como esse clima foi alterado e de como ele poderá ser no futuro, o que poderá afetar significativamente a paisagem dos sítios.

Os elementos básicos da análise do tempo e do clima são o comportamento da temperatura, a umidade, a precipitação de chuva, neve ou granizo, a pressão atmosférica e o vento, sua velocidade e direção, bem como a radiação, ou nível de insolação. Nesse sentido podem-se realizar estudos de direção de escoamento do ar, definição de tipologia das nuvens, instalações de abrigos meteorológicos e fazer uso de psicrômetros, termógrafos, termômetros de máxima e mínima, baterias de Geotermômetros (relva seca, natural e solo nu), barógrafos, barômetros, anemógrafos, heliógrafos, piranógrafos, tanques, pluviômetros, pluviógrafos, entre outros utilizados nas análises climáticas (AZEVEDO; GALVANI, 2011). Logicamente, cada análise demandaria um estudo específico por profissionais específicos, o que é latente é a necessidade da compreensão climática do local no qual os sítios estão.

CONCLUSÕES

Quando do afloramento de um novo campo de estudos científico, é inviável pensar em unidisciplinaridade. A compreensão da realidade está cada vez mais pluralizada e para que o conhecimento científico seja livre de dogmas, precisa ser exposto a diversos métodos e analisado por diversos prismas. A geodiversidade, mesmo sendo de caráter essencialmente geológico, pode ter significativas contribuições de outras ciências, como a Geografia Física.

Claramente que outros aspectos poderiam ser analisados, mas nesse estudo em específico analisou-se de que forma os métodos de análise e teorias da Geografia Física podem contribuir para os estudos da geodiversidade. Quando fala-se de geossítios e, principalmente, de geomorfossítios, a compreensão dos aspectos que ditam a gênese do relevo, bem como sua atual transformação, é de vital importância tanto para a preservação dos sítios como para a transposição do conhecimento científico por meio de contextos interpretativos, afinal, é o relevo que dá forma a paisagem natural.

Da mesma forma a compreensão dos solos e sua importância é aqui enfatizada. Rochas, relevo e solo, a tríade temporal da dinâmica terrestre concentrada na paisagem observada. Os solos são recursos naturais limitados, pois levam de milhares a milhões de anos para serem formados e defende-se aqui que deveriam também ter mais ênfase nos estudos de geodiversidade, visando sua proteção e sensibilização por parte dos visitantes de um sítio, sugerindo-se até mesmo o fortalecimento do termo pedossítio.

Muitos sítios de interesse geológico, geomorfológico e pedológico estão situados em Bacias Hidrográficas. Foi aqui destacada a importância que fator hidrológico tem na delimitação e, muitas vezes na própria composição de um geossítio, afinal uma cachoeira sem água logo perderá sua atratividade. Proteger a Bacia é proteger seus componentes, nesse caso os sítios, pois em um geossistema nada está isolado. Nesse aspecto pode-se incluir também os aspectos biogeográficos, afinal em muitos desses locais a relação entre a biosfera e a litosfera torna-se a gênese da paisagem e compõe a atratividade endógena. Tanto os aspectos bióticos quanto abióticos podem fazer parte de um sítio, é

a vida que se sustenta pela geodiversidade e compreender a delimitação espacial dessa vida é fundamental para garantir que o aspecto antrópico não seja prejudicial a um sítio.

Por último mas não menos importante é a compreensão de todos os aspectos climáticos envolvidos no ambiente no qual localizam-se os sítios, pois não há como isolar o clima do geossistema, sendo ele agente fundamental e regulador de todos os demais processos.

Portanto, defendemos que todos os sítios de interesse geológico, geomorfológico ou pedológico fazem parte de um sistema maior, o geossistema. Compreender o geossistema é a única forma de assegurar a preservação desses locais e para compreendê-lo faz-se necessária uma abordagem que relacione estudos de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrografia, Biogeografia e Climatologia. Obviamente que, estando cada pesquisador em sua área, suas pesquisas conjuntas poderão levar a compreensão do todo, que nesse caso é o geossistema. Com isso será possível, além de ampliar o campo da geodiversidade, estipular métodos e técnicas mais eficientes para proteger esses sítios e salvaguardar o geossistema.

Conclui-se com este ensaio que todos os sítios de interesse geológico, geomorfológico ou pedológico fazem parte de um sistema maior, o geossistema, e que compreendê-lo na sua totalidade, através de suas diversas faces, é a única forma de assegurar a preservação desses locais. Com isso será possível ampliar o campo da geodiversidade, estipular métodos e técnicas mais eficientes para proteger esses sítios e salvaguardar o geossistema.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, T. R de.; GALVANI, E. Técnicas de Climatologia. *In*: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 107-134.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, 1971, 13, p. 1-27.

BOLÓS, M. **Manual de ciência del paisaje**. Teoria, métodos y aplicaciones. Barcelona: Masson, 1992.

BOULDING, K. E. General systems theory: the skeleton of science. **Management science**, 1956, 2(3), p. 197-208.

BRILHA, J. B. **Patrimônio geológico e geoconservação**: a Conservação da Natureza na sua vertente geológica. Palimage Editores, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo. Edgard Blucher, 1999.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil - **Geodiversidade do Brasil**: Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas S.A, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília/DF, 2018.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora S.A., 1975.

FURLAN, S. A. **Técnicas de Biogeografia**. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Geografia**: práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 135-170.

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

HARTMANN, D. L. **Global Physical Climatology**. London: Elsevier Science, 1994.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LEPSCH, I. L. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1982.

OLIVEIRA, D. de. Técnicas de Pedologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Geografia**: práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 83-106.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 136 f. Tese (Livre-Docência) – Unidade de Ourinhos, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos.

POPPER, K. R.. **Conjecturas e Refutações**. 4. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1972.

ROSS, L. J. S.; FIERZ, M. de S. M.; VIEIRA, B. C. Técnicas de Geomorfologia. *In*: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 29-54.

SOTCHAVA, V.B. **Introdução à Teoria do Geossistema**. Novasibéria: Nauka, 1978.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, 2001, 17(2). São Paulo: Associação dos Geógrafos Brasileiros. p. 11-24.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la geomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

Diego Geovan dos Reis – Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Mestre em Educação pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Graduado em Turismo pela UNICENTRO. Graduado em Geografia pelo Centro Universitário Internacional. Especialista em Metodologia do Ensino na Educação Superior pela UNINTER. Possui experiência de pesquisa em estudos patrimoniais interpretativos, educação informal e fenomenologia aplicada. Seu interesse de pesquisa atual concerne à área de Geociências, especificamente Geografia Física (Geomorfologia), Geodiversidade, Geoconservação, Geoturismo e Geoparques, com ênfase nos estudos de Interpretação do Patrimônio Geológico e o ensino de Geociências. Atua também com pesquisas na área de GameStudies por meio de abordagens geográficas representacionais e não representacionais de Ambientes Geográficos Virtuais.

Leandro Baptista - Possui graduação em Bacharelado em Turismo pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008), Mestrado em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2013) e Doutorado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2019). Atualmente é professor e pesquisador na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Turismo, com ênfase nos seguintes temas: GameStudies, Gameficação, educação e interpretação ambiental, unidades de conservação e patrimônio.

Recebido para publicação em 14 de dezembro de 2021.

Aceito para publicação em 01 de março de 2022.

Publicado em 04 de março de 2022.