

Planejamento ambiental de corredores ecológicos e o sistema GTP: uma alternativa teórico-metodológica possível

Environmental planning of ecological corridors and the GTL system: a possible theoretical-methodological alternative

Diogo Laércio Gonçalves
Departamento de Geografia e Planejamento, Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos/SP, Brasil



Messias Modesto dos Passos
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, Brasil

RESUMO

Objetivo da Investigação: O presente artigo tem como pressuposto, o planejamento ambiental de corredores ecológicos através do aporte teórico-metodológico do Sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem), por Georges Bertrand, levando em consideração a dinâmica da paisagem na Raia Divisória São Paulo-Paraná-Mato Grosso do Sul.

Metodologia: A metodologia envolve o estudo da paisagem a partir do arcabouço teórico-metodológico do sistema GTP e do tripé geossistêmico composto por Potencial Ecológico + Exploração Biológica + Ação Antrópica, considerando o estudo global do meio ambiente a partir da geografia física. Neste contexto, analisaram-se os fragmentos florestais, Área de Preservação Permanente e Reservas Legais, associadas aos conflitos de uso e cobertura da terra, bem como as áreas atingidas pelos reservatórios artificiais de usinas hidrelétricas nos rios Paraná e Paranapanema, indicando possíveis áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos, tendo em vista as políticas ambientais definidas na legislação brasileira.

Resultados: A partir dos dados produzidos, as informações foram sistematizadas por meio de tabelas e mapas.

Originalidade/Valor: A conclusão traz as indicações das possíveis áreas potenciais para a criação dos corredores ecológicos considerando as unidades do geocomplexo identificadas através da metodologia do sistema GTP, bem como os ganhos ambientais estimados pelo cumprimento da legislação ambiental brasileira ao longo da Raia Divisória, considerando a importância da região na área de transição dos biomas Mata Atlântica e Cerrado.

Palavras-chave: Paisagem; Sistema GTP; Corredores Ecológicos; Legislação Ambiental.

ABSTRACT

Research Purpose: The present article is based on the environmental planning of ecological corridors through the theoretical-methodological contribution of the GTL System (Geosystem-Territory-Landscape), by Georges Bertrand, taking into account the dynamics of the landscape in the Raia Divisória São Paulo-Paraná -Mato Grosso do Sul.

Methodology: The methodology involves the study of the landscape based on the theoretical-methodological framework of the GTL system and the geosystemic tripod composed of Ecological Potential + Biological Exploration + Anthropogenic Action, considering the global study of the environment based on physical geography. In this context, forest fragments, Permanent Preservation Areas and Legal Reserves, associated with land use and cover conflicts, were analyzed, as well as areas affected by artificial reservoirs from hydroelectric plants on the Paraná and Paranapanema rivers, indicating possible potential areas for the creation of ecological corridors, taking into account the environmental policies defined in Brazilian legislation.

Findings: From the data produced, the information was systematized through tables and maps.

Originality/Value: The conclusion brings indications of possible potential areas for the creation of ecological corridors considering the geocomplex units identified through the GTP system methodology, as well as the environmental gains estimated by complying with Brazilian environmental legislation along the Raia Divisória, considering the importance of region in the transition area of the Atlantic Forest and Cerrado biomes.

Keywords: Landscape; GTL System; Ecological Corridors; Environmental Legislation.

1. Introdução

É impossível compreender a dinâmica da paisagem dissociando a figura humana e suas respectivas ações ao longo da história da sociedade. O modo de ocupação das sociedades contemporâneas tendo em vista o modelo socioeconômico vigente, nos obriga uma reflexão árdua sobre as mudanças constantes na paisagem e seus impactos ao meio ambiente. No que se refere ao Brasil, em todo seu território grande parte dos biomas foram completamente devastados, tendo seu espaço substituído paulatinamente pelo uso antrópico, tanto pelo crescimento das cidades, como pela mineração e, principalmente, pelo uso das terras tropicais para a agricultura e pecuária.

No caso da Raia Divisória SP-PR-MS não foi diferente. Inserida no alto curso do rio Paraná, na divisa entre os três estados (São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul) e no encontro de um dos seus principais afluentes o rio Paranapanema, a região foi extremamente explorada ao longo do século passado, inicialmente pela retirada da madeira e inserção de culturas temporárias e de pastagem e, em especial a partir da segunda metade do século XX, devido ao potencial de seus rios na geração de hidroeletricidade. Sendo assim, podemos considerar que as mudanças ocorridas nesta paisagem, não só modificaram sua identidade como também dizimaram sua própria história primitiva e seus respectivos povos originais.

Do ponto de vista natural, a região da Raia Divisória está inserida em uma faixa de transição entre os biomas de Mata Atlântica e do Cerrado, contemplando assim grande diversidade tanto da fauna como da flora. Desta forma, entendemos que a Raia Divisória não pode ser considerada de maneira dividida, uma vez que os processos tanto naturais como sociais que compõem a dinâmica da paisagem não apresentam essas barreiras interestaduais, apresentando relativa homogeneidade em sua estrutura fisionômica: substrato geológico, geomorfologia, pedologia e estrutura vegetal.

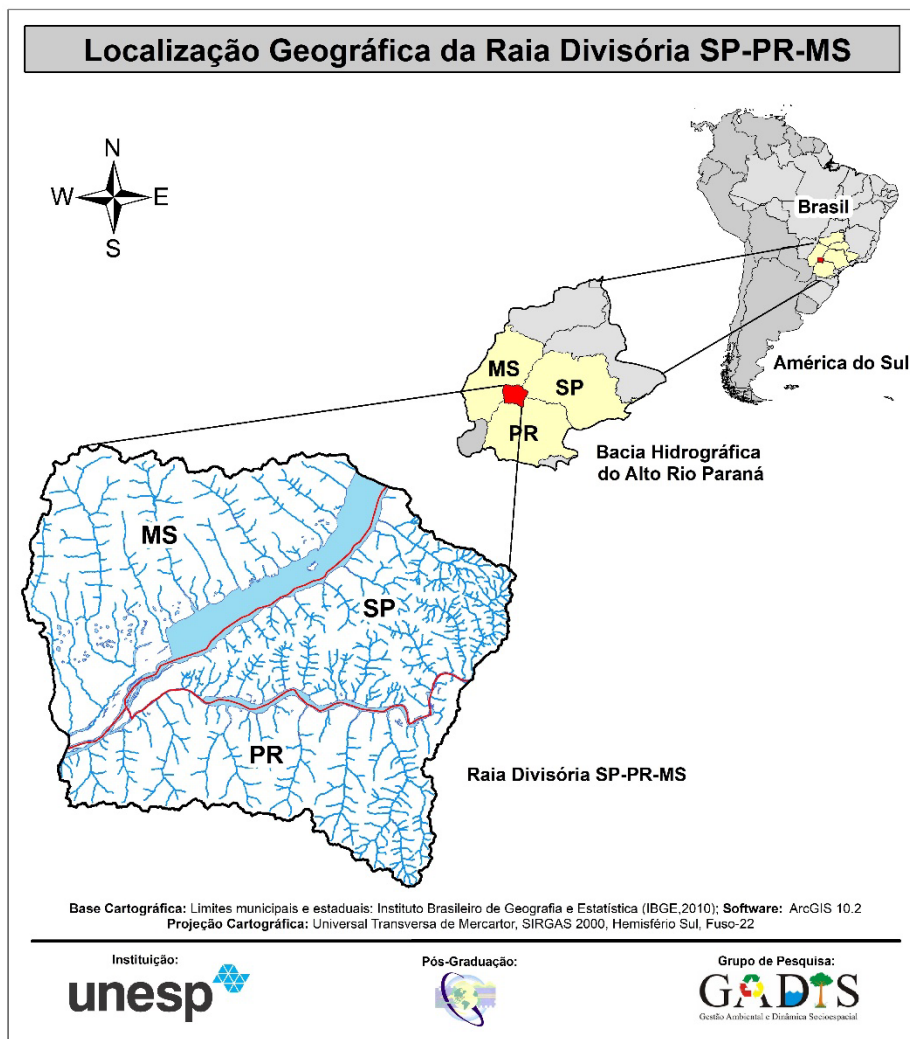
Ao consideramos a semântica que envolve a palavra raia, temos como principal significado os termos demarcação e limites. Embora ambos significados envolvam uma porção do espaço geograficamente delimitada, sabemos que ao retratar a raia enquanto suas demarcações ou limites, isso predispõe um recorte geográfico próprio, tal como seu próprio nome dispõe: Raia Divisória. Todavia, este recorte pode ser amplo e múltiplo à medida que o pesquisador inclina-se para determinado aspecto a ser estudado, bem como os objetivos de cada pesquisa a ser desenvolvido.

Sendo assim considerado, partimos da perspectiva não só de uma Raia Divisória, como de uma Raia Socioambiental (Souza, 2015), levando em consideração os limites geográficos que delimitaram as ações antrópicas em cada parcela da raia, além dos pontos comuns que convergiram para considerá-la uma região, onde os processos geográficos apresentam-se de maneira interligada, manifestados de acordo com a descontinuidade objetiva da paisagem.

Considerando este mosaico paisagístico, formado por diversos geocomplexos, que constituem esta porção do

espaço geográfico, chamaremos para este trabalho de Raia Divisória a porção bem delimitada envolvendo o Oeste do estado de São Paulo, o Noroeste do estado do Paraná e o Sudeste do estado do Mato Grosso do Sul, formada por um conjunto de bacias hidrográficas no alto curso do rio Paraná através, em especial, da bacia do rio Paranapanema em seu baixo curso, principal afluente do rio Paraná neste percurso, tendo como epicentro o município de Rosana no Estado de São Paulo, por constituir-se na área de confluência entre os dois grandes rios, sendo assim uma região de contato imediato entre os três estados concomitantemente (Figura 1)

Figura 1
Localização da área de estudo



Fonte: os autores (2023)

Leal (2000) aponta que a adoção da bacia hidrográfica no contexto do planejamento ambiental tem sido uma experiência recorrente em todo globo. Outrossim, com o advento da teoria sistêmica e sua influência direta na ciência geográfica pelo conceito de geossistema proposto por Bertrand, este corrobora com esta acepção, uma vez que a bacia hidrográfica congrega os fatores naturais e sociais.

No âmbito da proposta de Bertrand (1968) com a redefinição do conceito de geossistema e posteriormente com a criação do modelo tripolar Geossistema-Território-Paisagem (Bertrand, 1991), considerar a bacia hidrográfica

enquanto unidade de planejamento ambiental impõe estudar todos os seus elementos (Potencial Ecológico + Exploração Biológica + Ação Antrópica), e suas entradas (Naturalista, Socioeconômica, Sociocultural).

Considerando assim a paisagem como ponto de partida para o planejamento ambiental, partiremos como pressuposto desta pesquisa, de uma análise sobre as políticas ambientais na região da Raia Divisória São Paulo-Paraná-Mato Grosso do Sul, bem como a análise biogeográfica da vegetação nesta porção do espaço geográfico, indicando possíveis áreas potenciais para a instalação de corredores ecológicos, com o intuito de garantir o fluxo gênico das espécies de fauna e flora, tendo como aporte teórico-metodológico o sistema GTP Geossistema-Território-Paisagem).

2. Fundamentação Teórica:

2.1. Corredores Ecológicos: aspetos conceituais

O termo *corredor ecológico* surgiu no final da década de 1930, através de um estudo do paleontólogo e biólogo estadunidense George Gaylord Simpson, sobre a distribuição de mamíferos ao longo do globo através da teoria da deriva continental, por meio de evidências arqueológicas. Estes corredores ou pontes intercontinentais ou *land bridges*, constituem-se em áreas de grande importância devido seu poder de conexão biológica principalmente no que concerne à fauna local, visto que vários animais silvestres se deslocam entre regiões e até mesmo através de continentes inteiros.

Com o avanço das discussões acerca do meio ambiente e da constante degradação dos recursos naturais, sobretudo das formações vegetais ao redor do globo, o conceito de corredor ecológico foi então reformulado e introduzido a uma abordagem ecológica, frente ao processo de fragmentação das paisagens.

Ficou a cargo da ecologia da paisagem, bem como da biogeografia, propor medidas mitigadoras para amenizar os processos de fragmentação, bem como do efeito de borda, através da conectividade dos fragmentos florestais. O processo de fragmentação das paisagens naturais, consiste na transformação do habitat natural em pequenos trechos de menor área, isolados uns dos outros por uma matriz. Dentro do mosaico estrutural da paisagem do ponto de vista ecológico, os corredores representam áreas de conectividade entre os fragmentos florestais (manchas), dispersos em uma matriz, formando um extenso mosaico.

Considerando a estrutura da paisagem através do conceito de mancha-corredor-matriz, o planejamento ambiental a partir da ecologia da paisagem deve figurar entre os dois primeiros componentes, tendo em vista a conexão de manchas de vegetação ou fragmentos. A conectividade destes ocorre quando a paisagem possibilita um melhor fluxo entre os seus elementos.

As ligações ecológicas são reconhecidas como um princípio fundamental no ordenamento do território e na gestão de terras que serão eficazes na conservação da biodiversidade, reduzindo os impactos referentes aos

processos de fragmentação e do efeito de borda. De acordo com Bennett (2003), o aumento da conectividade pode facilitar a dispersão, aumentando o intercâmbio entre as populações vegetais e animais, ou seja reduzindo os riscos de depressão por endogamia.

Cabe ressaltar que a estrutura e dispersão das manchas ao longo de uma matriz é que determina os processos que resultam na fragmentação e no efeito de borda, bem como o potencial para a conectividade entre elas. Para Hilty, Lidicker Jr e Merenlender (2006) alguns fatores são determinantes para a conectividade dentro de um mosaico de paisagem (mancha-corredor-matriz) como:

- 1) distância entre as manchas em relação à capacidade de um organismo de se movimentar;
- 2) pela qualidade das próprias manchas;
- 3) pela hospitalidade da matriz que deve ser percorrida;
- 4) pela presença de corredores ou caminhos de menor resistência.

Forman (1995) classificou as manchas a partir de três fatores que influenciam a sua distribuição/função ao longo de uma paisagem, sendo estes: tamanho/número; forma e número/perturbação. Neste contexto, o autor elencou cinco tipos principais de manchas que podem ocorrer em uma paisagem, sendo estas:

- **Manchas Remanescentes (Remnant Patches):** de origem natural, são áreas de perturbação, interrompidas por barreiras tanto antrópicas como naturais, interrompendo o fluxo gênico (a exemplo de estradas ou cursos d'água);
- **Manchas Regeneradas (Renegeration Patches):** áreas que liberadas de um setor de perturbação crônica, conseguem se regenerar;
- **Manchas Introduzidas (Introduced Patches):** manchas que sofreram a introdução humana de organismos, tanto plantados (atividades agrícolas, florestais e jardins), quanto casas e habitações, perturbação esta que pode levar à eliminação parcial ou total do ecossistema natural;
- **Manchas de Recurso Ambiental (Environmental Resource Patche):** áreas que não passaram por nenhum tipo de perturbação, constituem-se em áreas colonizadoras e de manutenção de espécies;
- **Manchas de Perturbação (Disturbance Patches):** ocorrem quando várias perturbações estão em sua origem, tais como: deslizamentos, temporais, exploração florestal, queimadas, minas a céu aberto, etc.

Elementos referentes à estrutura e métrica das manchas também influenciam no desenvolvimento das espécies perante o habitat. Fragmentos de diferentes formas, possuem respostas diferentes a processos como por exemplo no efeito de borda. A exemplo disto, Richklefs (2001) é de opinião que em fragmentos de formato circular, a quantidade de borda é menor, enquanto em fragmentos com formato longo e esguio, mesmo com área idêntica, a proporção de borda é muito maior.

O tamanho das manchas também indica a dinâmica das espécies e o funcionamento do habitat. A exemplo disto, elementos evidenciados pela teoria da biogeografia das ilhas e pelo debate SLOSS (Single large or several small reserves of equal area), destacaram a importância da manutenção de manchas maiores devido ao menor índice de fragmentação e, conseqüentemente, menor efeito de borda. Embora a recomendação de grande parte dos ecologistas seja da preservação de grandes espaços, em áreas com o uso consolidado pela ação antrópica, a sobrevivência dos habitats naturais é dada pelas manchas pequenas, que cumprem bem o seu papel de manutenção das espécies, especialmente se constituírem corredores para interligá-las.

Efeitos relativos à dimensão fractal também são importantes para compreender a dinâmica das manchas de habitat. A dimensão fractal é caracterizada pela relação entre as espécies de áreas interiores e as das bordas das manchas. Desta maneira a forma geométrica que corresponde à mancha influencia diretamente na dimensão fractal, uma vez que manchas compreendidas em formas geométricas simples, tais como quadrados e retângulos tendem a possuir dimensão fractal pequena, enquanto manchas de habitats de formas geométricas mais complexas possuem dimensão fractal maior.

A dimensão fractal é também um importante indicativo para analisar o grau de antropização na paisagem. Segundo Forman (1995), áreas antropizadas, sobretudo de uso agrícola, apresentam formas geométricas mais simples, e, portanto, com menor dimensão fractal, ao contrário de áreas naturais, onde as manchas de vegetação apresentam formatos mais complexos.

Neste contexto, considerando os diferentes tipos de manchas de habitats dispersos nas paisagens atualmente, uma das alternativas que proporciona o fluxo gênico das espécies, frente ao processo de fragmentação são os corredores. Os corredores caracterizam-se como quaisquer espaços (geralmente lineares), de origem natural ou antrópica, utilizados como área de movimentação entre uma mancha de paisagem outra podendo abranger áreas de vegetação alteradas ou naturais fornecendo a conectividade que permita que a biota se espalhe ou se mova entre fragmentos de habitat.

Ao longo das últimas décadas, a literatura científica como um todo, desde a ecologia da paisagem à biogeografia, tem apresentado diversas nomenclaturas que foram introduzidas nos últimos anos para a definição destes tipos de corredores que interligam as paisagens fragmentadas, tais como: *landscape linkages*, *corridor ecology*, *land bridges*, *wildlife corridors*, *greenways*, *shelterbelts* (Hess & Fischer, 2001). Em todos estes conceitos, discutidos e apresentados pela literatura nos últimos anos, fica claro o apreço pela conectividade da paisagem.

Bennett (2003) considera que a conectividade da paisagem pode ser alcançada através de duas formas principais: o gerenciamento de todo o mosaico da paisagem para promover a continuidade e o movimento da população; a gestão de alguns habitats específicos dentro do mosaico paisagístico considerados como *áreas core*. Outrossim, levam-se em consideração os componentes estruturais e comportamentais das espécies em cada habitat disperso na matriz.

O componente estrutural é determinado pelo arranjo espacial de cada habitat fragmentado em uma paisagem, dentre os quais consistem: a continuidade, a extensão e o comprimento total de cada habitat. Sendo assim, a geometria de cada mancha (patch) é essencial para entender este componente. Em ambientes com manchas mais largas, o efeito de borda é menor do que ambientes de manchas circulares, além disso, manchas maiores costumam ter mais diversidade e resistência à extinção do que manchas menores e mais fragmentadas.

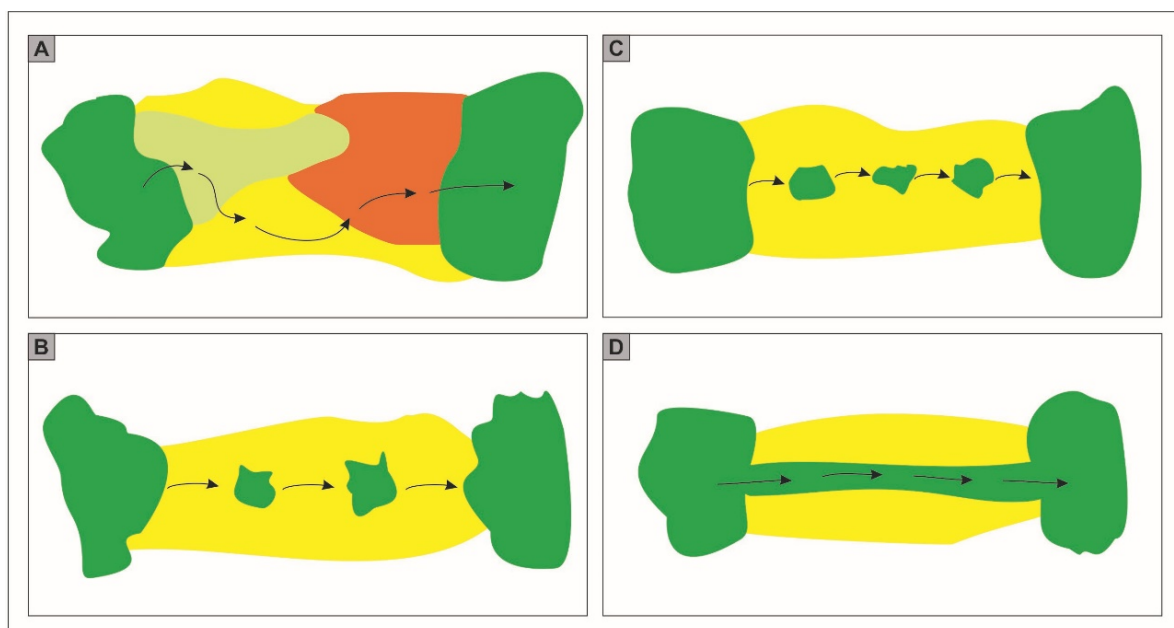
Já o componente comportamental da conectividade é dado através da resposta comportamental de indivíduos e espécies face à estrutura física da paisagem. Cada espécie ou indivíduo possui uma dispersão própria dentro do habitat e desta forma a escala de paisagem de cada uma delas é diferente. Além disso, algumas espécies possuem maior resistência a habitats perturbados, além de conseguirem se deslocar mais facilmente pela matriz, a exemplo das aves. Elementos como a competição e predação também fazem parte do aspecto comportamental das espécies dentro da paisagem (Bennett, 2003). Sendo assim, espécies com respostas comportamentais contrastadas terão diferentes níveis de conectividade.

É mister ressaltar que o processo de conectividade pode ser aumentado por uma série de padrões de habitat e não apenas por corredores contínuos do habitat. Estas ligações podem ocorrer em três maneiras distintas, sendo por meio de: corredores, pela própria permeabilidade da matriz através de mosaicos de habitats pelos quais determinadas espécies possuem mais facilidade para passar, ou através de fragmentos *trampolins*, ou pontos de ligação denominados *stepping stones*, sendo estes compostos por pequenas “ilhas” ao longo da matriz entre uma mancha de habitat e outra, servindo de ocupação temporária aos organismos relativamente móveis que podem se mover entre uma mancha e outra (Hilty et al., 2006).

Em cada um dos casos a efetividade do efeito de conectividade depende da configuração e dos elementos da paisagem, tais como: os tamanhos e formas dos fragmentos de habitat, os elementos da matriz e dos tipos de espécies locais, bem como da escala. Todavia, a formação de corredores ecológicos tem sido a alternativa mais utilizada na restauração de habitats fragmentados, haja visto seu alto grau de conectividade ao longo de uma matriz antropizada. A figura 2 demonstra uma sequência de modelos de paisagem e diferentes tipos de conectividade entre as manchas, onde correspondem: A: Conectividade pela permeabilidade da matriz e diferentes mosaicos de habitats; B e C: de áreas trampolins (*stepping stones*) de diferentes configurações; D: através de corredores ecológicos.

Figura 2

Diferentes tipos de conectividade da paisagem ao longo de uma matriz.



Fonte: Bennett (2003) e Pereira & Cestaro (2016). Adaptado pelos autores (2023).

2.2. O sistema GTP no planejamento ambiental para a criação de corredores ecológicos

Considerando a análise epistemológica do Sistema GTP, bem como dos principais conceitos relacionados aos corredores ecológicos na recomposição de paisagens fragmentadas, temos como questionamento primordial: afinal de contas, é possível aplicar o sistema GTP para o planejamento ambiental na indicação de áreas potenciais para criação de corredores ecológicos? Indo mais além, o que a geografia física em seu caráter global (geomorfologia, biogeografia, climatologia, pedologia, hidrologia etc.), pode contribuir no âmbito de pesquisas voltadas à conexão de paisagens fragmentadas?

Numa visão geral, vemos que o conceito de corredor ecológico claramente aponta para uma visão da ecologia (o próprio nome “ecológico” responde a este questionamento). Todavia, ao analisarmos a ecologia da paisagem, como ramo da ecologia que sustenta a tese da paisagem enquanto um conceito biocêntrico pautado no mosaico: mancha-corredor-matriz, vemos que suas matrizes apontam para uma herança geográfica, mais precisamente da biogeografia de Carl Troll, que em 1939, lançou as bases para a criação da *ecologia da paisagem*, posteriormente denominando como *geoecologia das paisagens*.

De fato, o caráter científico da paisagem advém da geografia, inicialmente por Humboldt, depois pela geografia francesa de La Blache, da geografia anglo-saxônica de Sauer e, posteriormente, pelo movimento de renovação da geografia e influência direta da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanffy, nas conceituações do próprio Troll na Alemanha, de Sochava e do seu Geossistema enquanto modelo teórico da paisagem, na antiga União Soviética, e de Bertrand com a ressignificação da paisagem e do geossistema em Toulouse, na França.

Ao passo que a TGS influencia a geografia a pensar sistemicamente, o mesmo ocorre com a ecologia, que anteriormente ao conceito de geossistema, propõe através de Arthur Tansley o conceito de ecossistema. A diferença substancial entre o geossistema e ecossistema está no caráter biocêntrico do modelo ecológico, ao passo que o modelo geográfico se atenta ao fator antrópico como item indispensável na análise global.

Esta “separação” de conceitos e modelos sistêmicos, permitiu à geografia analisar o fator antrópico em conjunto com a geografia física global. Entretanto, a ecologia tomou o protagonismo do tema “meio ambiente” uma vez que as questões ambientais suscitadas em debates, conferências, palestras e outros eventos relacionados à esta natureza, pós Estocolmo, criaram uma visão ecológica do meio ambiente, muitas vezes associando a ecologia como um sinônimo de meio ambiente.

De fato, faltava à geografia uma abordagem mais assertiva sobre as questões ambientais, que privilegiasse uma análise globalizada dos elementos naturais e as perturbações de ordem antrópica. Bertrand, tentou incluir, através do sistema GTP, uma análise global que incluísse a geografia na discussão da temática meio ambiente e fornecesse um intercâmbio direto com outras ciências correlatas como a própria ecologia.

Pensando desta maneira, a utilização do GTP pode sim trazer subsídios importantes para o planejamento ambiental de corredores ecológicos, haja visto que a análise dos elementos geográficos (clima, solo, vegetação, relevo e água), associados aos fatores antrópicos, podem indicar as áreas mais vulneráveis, com potenciais para a conectividade das paisagens.

Nesta tentativa de abarcar o GTP do ponto de vista geográfico, com o conceito de corredor ecológico, do ponto de vista ecológico, também temos a questão da legalidade envolvida na legislação ambiental brasileira, particularmente na que respeita as áreas protegidas, tanto de proteção integral como de uso sustentável: como Áreas de Preservação Permanente (APP), Reservas Legais, Unidades de Conservação e corredores ecológicos já existentes, como ponto de partida para o planejamento e conexão das paisagens.

Cabe um parêntesis quanto ao termo “conectividade”. Aqui temos a questão da conexão das paisagens não só como um elemento biocêntrico pautado no fluxo gênico de espécies, mas também do ponto de vista geográfico, considerando a preservação de áreas verdes e a conexão destas no equilíbrio dos geocomplexos.

3. Resultados e discussões

Neste íterim, temos como exemplo a análise da paisagem da Raia Divisória SP-PR-MS, sob a perspectiva teórico-metodológica de Bertrand, propomos uma taxonomia que leve em consideração as características relativamente homogêneas que compõem cada unidade geossistêmica, as quais denominaremos como ***unidades de geocomplexos***.

Como pressuposto, partiremos da análise geossistêmica pela tríade Potencial Ecológico + Exploração

Biológica + Ação Antrópica, realizada no item anterior e os referidos mapas do meio físico (geologia, hipsometria, declividade, hidrografia, clima, vegetação, solos) e de uso e cobertura da terra, para o cruzamento de informações que definirão tais unidades de geocomplexos.

Em um primeiro momento as informações de morfometria do relevo compostas pelo cruzamento entre hipsometria e declividade, são responsáveis pelas unidades principais de primeiro e segundo nível, sendo o primeiro formado pelos grandes grupos de relevo presentes na Raia Divisória, que são: **1 - Cana Fluvial, Planícies Aluviais e Terraços Fluviais; 2- Planalto Baixo e 3 - Planalto Médio**, dos quais subdividem-se em sete compartimentos geomorfológicos oriundos deste cruzamento.

O cruzamento dos dados de morfometria (hipsometria e declividade) juntamente com os dados de litologia, clima e da junção com a rede hidrográfica e massa d'água (grandes rios, represamentos e lagos), deu origem ao conjunto de Potencial Ecológico, que posteriormente foi cruzado com os dados dos tipos de solos e de vegetação (Exploração Biológica), que se formou a entrada naturalista. Por fim, os dados de uso e cobertura da terra, serviram de base para a distribuição da Ação Antrópica (entrada socioeconômica) na Raia Divisória, que ao ser cruzada com os dados anteriores, gerou o mapa das unidades de geocomplexos (Figura 3).

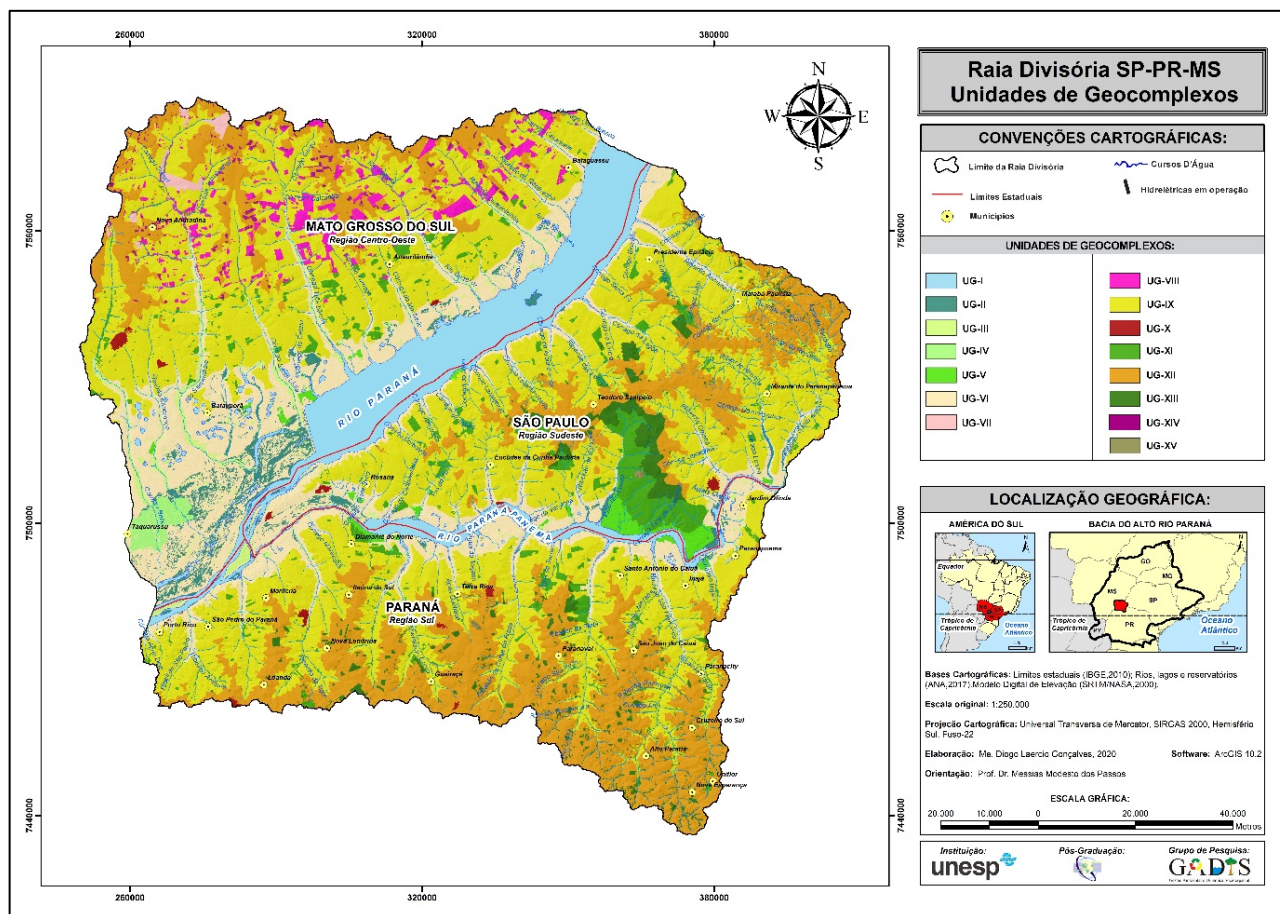
Ao todo, foram identificados quinze unidades de geocomplexos ao longo da Raia Divisória SP-PR-MS. Cabe ressaltar que este conjunto de informações, sistematizadas em mapa, são relativas à escala 1:250.000 e, portanto, demonstra apenas um panorama baseado na análise regional-local que correspondente à IV e V grandezas dentro da taxonomia das paisagens de Bertrand (1968), com exceção dos dados dos fragmentos florestais que compõem parte dos geocomplexos naturais e que foram preservados em sua totalidade, independentemente da sua escala de representação ideal.

O geocomplexo I refere-se à massa d'água dos grandes rios (Paraná e Paranapanema) composta predominantemente pela área de represamento das hidrelétricas da CESP (UHE Rosana e Porto Primavera) e das lagoas naturais presentes principalmente na porção sul-mato-grossense na várzea do único trecho de leito regular do rio Paraná da Raia. Já o geocomplexo II, diz respeito às áreas de planícies e terraços compostas por vegetação campestre tipicamente de várzea (formações pioneiras), como no caso do varjão do rio Paranapanema no município de Rosana.

Os geocomplexos III, IV e V, correspondem às áreas de planícies e terraços dos grandes rios e de seus afluentes compostas pela cobertura vegetal de três níveis distintos de acordo com a hipsometria, sendo: da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), sendo estes: Aluvial (Fa), das Terras Baixas (Fb) e Montana (Fm). A unidade VI, por sua vez, caracteriza-se pela utilização dos terrenos de planície e terraço para atividades agrícolas baseadas em mosaicos de agricultura e principalmente pastagem, sendo um geocomplexo predominante nesta faixa do relevo.

Figura 3

Mapa de Unidades de Geocomplexos da Raia Divisória SP-PR-MS



Fonte: os autores (2023)

As áreas de planalto baixo (até 400 metros de altitude), constituem boa parte do relevo raiano, no qual foi possível identificar cinco geocomplexos distintos. Os geocomplexos VII e VIII, correspondem aos terrenos de planalto baixo com cobertura vegetal do bioma Cerrado (Savana), presentes na porção sul-mato-grossense da Raia em duas faciações, sendo estas: Savana Floresta (Sd) ou cerradão, áreas de vegetação mais densa e fechada, com espécies arbóreas até 12 metros e Savana Arborizada (Sa) ou campo cerrado, áreas mais abertas, com predomínio de vegetação herbácea e pequenos árvores e arbustos espaçados entre si.

O geocomplexo IX, corresponde às áreas de planalto baixo de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs), cobertura vegetal típica do Bioma Mata Atlântica, predominante na Raia Divisória. Já as unidades de geocomplexos X e XI, correspondem às áreas de planalto baixo com uso consolidado, sendo a primeira pelas áreas urbanizadas e a segunda por mosaicos de agricultura (culturas anuais e perenes e culturas semi-perenes) e pastagem (pecuária extensiva), sendo o geocomplexo mais expressivo de toda Raia Divisória.

Por fim, nas áreas de planalto médio temos as últimas quatro unidades de geocomplexos sendo a primeira (unidade XII) composta pelas áreas de uso consolidado em colinas médias com topos aplainados e alongados e vertentes com perfis retilíneos a convexo em altitudes acima de 400 metros.

As unidades XIII e XIV correspondem à distribuição de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Savana Florestada, respectivamente, neste tipo relevo; enquanto o geocomplexo XV, corresponde a Relevos Residuais (Morros Testemunhos) formados pela silicificação dos arenitos Bauru, que constituem os dois monumentos geológicos da Raia Divisória: O Morro do Diabo no município de Teodoro Sampaio-SP e o Morro Três Irmãos (Três Morrinhos) no município paranaense de Terra Rica, onde temos a cobertura vegetal de Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Montana, diferenciação decorrente das altitudes distintas do terreno.

Tendo em vista os resultados apresentados pela pesquisa, bem como as metodologias utilizadas, apresentaremos um panorama inicial das áreas com potencialidades à conectividade. Este esforço inicial se baseia na construção do conhecimento sobre a área e a temática ao longo da construção da tese de doutorado de Gonçalves (2020) e está estruturado em três eixos, que contemplem os objetivos e a hipótese traçadas no projeto de pesquisa.

O primeiro deles, tido como a base deste trabalho, é a análise da paisagem da área de estudo estruturada na visão da geografia física global no aporte da teoria geossistêmica sob a égide bertrandiana, baseada no tripé: potencial ecológico + exploração biológica + ação antrópica e do modelo GTP (Geossistema, Território e Paisagem), contemplando a análise da Raia Divisória a partir de três entradas: naturalista, socioeconômica e sociocultural, sistematizadas no mapa de unidades de geocomplexos.

Como suporte à teoria geográfica, o segundo eixo contempla a análise da paisagem sob o ponto de vista biológico, notadamente, através do modelo ecossistêmico e das contribuições da ecologia da paisagem, na identificação de processos antrópicos que causam o desequilíbrio na manutenção da fauna, flora e ictiofauna, tais como a fragmentação de áreas de habitat e o efeito de borda.

Por fim, as propostas de intervenção na área de estudo na indicação das áreas potenciais para conectividade, especialmente por meio de corredores ecológicos, se baseiam também nos aspectos legais, propostos pela legislação ambiental brasileira, seja por meio do Código Florestal ou pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, para que estas possam garantir a efetividade das sugestões apontadas para o planejamento ambiental.

Considerando a análise geossistêmica por meio do mapeamento dos geocomplexos, inicialmente propomos uma reclassificação destas unidades, através da qual avaliamos seus graus de vulnerabilidade. Esta reclassificação leva em consideração todos os atributos de cada geocomplexo, dando ênfase a três elementos principais no que concerne à visão tripolar entre potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, sendo estes, respectivamente: a geomorfologia, a vegetação remanescente e o uso e cobertura da terra.

A partir destes elementos é possível indicar as áreas com maior vulnerabilidade a processos ambientais (tabela 1): como a erosão e o assoreamento dos cursos fluviais que, por consequência, atingem diretamente o funcionamento e a qualidade de vida dos organismos dentro daquele geocomplexo. Desta forma, as quinze

unidades de geocomplexos apresentadas anteriormente foram reagrupadas de acordo com os fatores supracitados, em quatro graus de vulnerabilidade, de acordo com a relação de equilíbrio e desequilíbrio entre os componentes do geocomplexo, variando de muito baixa (para ambientes naturais), baixa, média e alta (para ambientes antrópicos de acordo com as condições do relevo e o grau de antropização).

Tabela 1

Graus de vulnerabilidade para cada unidade de geocomplexo

Unidades de Geocomplexos	Tipo	Grau de Vulnerabilidade	Descrição dos principais processos atuantes
I, II, III, IV, VII, VIII, XI, XIII, XIV e XV	Natural	Muito Baixa	Geocomplexos em equilíbrio, porém sujeitos a perturbações de acordo com o grau de antropização e as condições de vulnerabilidade ambientais presentes ao seu redor.
VI	Antrópica	Baixa	Geocomplexos em áreas de deposição aluvial, com relevos planos e predominância de solos hidromórficos. Terrenos com baixa atividade erosiva, porém sujeitos a inundações periódicas.
IX, V	Antrópica	Média	Geocomplexos em áreas de colinas amplas, com declividade predominante suave. Predominância de latossolos e argissolos, respectivamente. Alta ação erosiva.
X e XII	Antrópica	Alta	Geocomplexos de áreas urbanizadas, com forte ação antrópica e de áreas de colinas médias, com declividade suave a ondulada. Relevos mais dissecados e com maior densidade de drenagem. Predominância de latossolos e argissolos, respectivamente. Ação erosiva, muito alta.

Fonte: os autores (2023)

Como podemos ver, os geocomplexos naturais são predominantes, apresentando-se relativamente estáveis, porém por estarem distribuídos em fragmentos ao longo da paisagem, maciçamente marcada por áreas antropizadas, podem ser passivos de ações antrópicas em suas adjacências. As áreas de vulnerabilidade baixa, indicam um geocomplexo de uso antrópico, mas com pouca ação geomorfológica, dada a topografia, sujeita apenas a inundações periódicas devido ao regime fluvial.

Nas áreas de média e alta vulnerabilidade, a diferenciação está associada à rugosidade do relevo e da sua topografia, o que influencia diretamente a densidade de drenagem e o grau de suscetibilidade à erosão que, em conjunto com a ausência de matas ciliares, podem resultar em processos como o assoreamento, especialmente em adensamentos urbanos onde a pressão antrópica é constante.

Posteriormente, para a composição das áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos, analisamos o cálculo do percentual de cobertura florestal, estabelecendo alguns critérios, baseados no Código Florestal Brasileiro, no que se refere especificamente à composição de áreas de APP e RL em propriedades rurais com o uso já consolidado, em consonância com o inciso IV do artigo 3º da Lei 12.651/12, que concede anistia aos proprietários rurais que desmataram as suas terras até ao dia 22 de julho de 2008, instalando edificações,

benefitorias ou atividades agrossilvopastoris.

Com efeito da lei, considerando que maior parte das propriedades rurais da região já apresentava uso consolidado anterior a 2008, é permitido o cômputo das Áreas de Preservação Permanente, no percentual estabelecido por propriedade para a composição de Reservas Legais (que para a Raia Divisória é de 20%). Cabe ressaltar que para RL já existentes, a lei não permite sua supressão ou diminuição, sendo obrigatória sua manutenção, independentemente da existência de APP dentro da propriedade.

Neste contexto, estabeleceu-se uma escala de percentual de análise dos fragmentos florestais existentes, contemplando os casos específicos citados pelo Código Florestal Brasileiro, onde definiu-se:

- **Muito Baixo:** para áreas com percentual de até 5% de cobertura florestal;
- **Baixo:** para áreas entre 5% a 10%;
- **Médio:** para áreas entre 10% a 15%;
- **Adequado:** para áreas entre 15% e 20%, considerando o cômputo de RL em áreas de APP em imóveis rurais com uso consolidado anteriormente a 2008;
- **Preservado:** para áreas com mais de 20% de cobertura florestal, nas quais as áreas de RL e APP encontram-se preservadas e/ou há a presença de Unidades de Conservação.

Esta análise por estimativa, nos permitiu identificar as regiões que mais necessitam da composição de áreas de conectividade, bem como a regularização das áreas de APP e RL, de acordo com o percentual mínimo estabelecido. A espacialização dos dados seguiu duas etapas, nas quais inicialmente analisamos os percentuais para cada propriedade rural a partir da grade fundiária disponibilizada pelo Sistema do Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

Com relação ao percentual de cobertura florestal por imóvel, a situação mais crítica é na porção paulista, especialmente nas bacias hidrográficas dos ribeirões: Santo Antônio, Anhumas e Cuiabá (esta última próxima ao Parque Estadual Morro do Diabo), onde o percentual de cobertura florestal predominante é de apenas cerca de 5%. Este panorama se estende para algumas regiões do Paraná, especialmente nas bacias do Ribeirão São Pedro, Córrego Maracanã, Água do Trajano, Água Guaiçará, Ribeirão Coroa do Frade e no baixo curso do Ribeirão São Francisco.

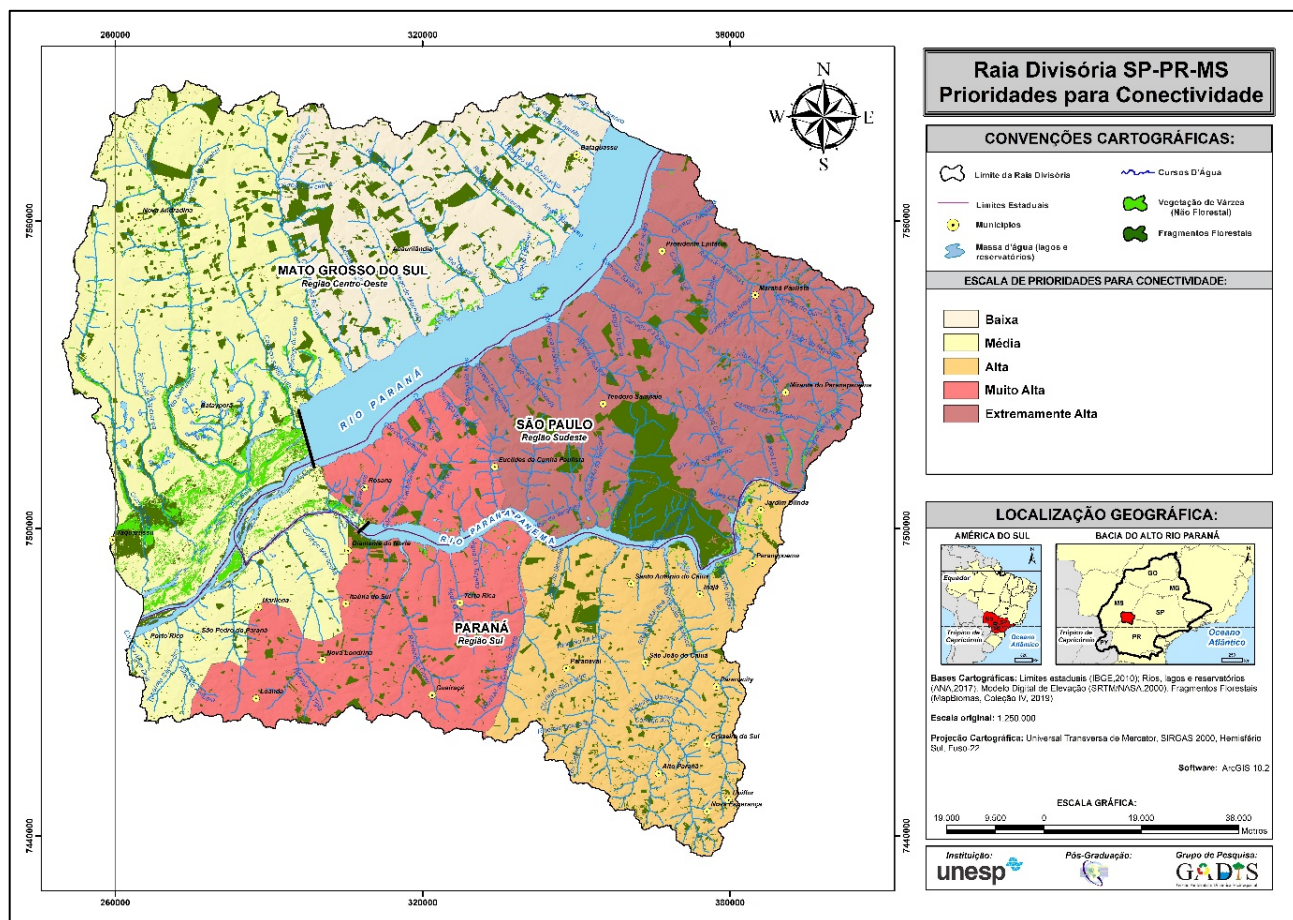
No Mato Grosso do Sul, as áreas com menor percentual estão localizadas no alto e médio curso da bacia do Córrego do Baile e Ribeirão Esperança, próximo ao núcleo urbano de Nova Andradina. É também nesta porção, onde encontram-se as áreas com maior percentual de cobertura florestal por propriedade, sendo consideradas preservadas (acima de 20%), especialmente no alto e médio curso de bacias hidrográficas como dos córregos: Três Barras, Fumaça e Machado, além do Rio Quiterói e algumas áreas dos ribeirões: Quiteroizinho e Quebracho.

Considerando a base de dados produzida, conduzimos nossa análise final para a identificação das áreas potenciais para a conectividade, com base em critérios geográficos e ecológicos, sendo estes: a vulnerabilidade dos geocomplexos (de acordo com os critérios já elencados), o percentual de cobertura florestal e o grau de distanciamento entre os fragmentos florestais. A partir das análises feitas, indicamos as áreas potenciais em cinco níveis de prioridade, sendo:

- **Baixa:** para áreas com percentual de cobertura florestal relativamente preservada, mesmo considerando o uso da terra no entorno e as condições do terreno. Esta área restringe-se a uma parcela na porção sul-mato-grossense entre os municípios de Anaurilândia e Bataguassu;
- **Média:** para áreas com baixa cobertura florestal, porém, com importantes geocomplexos naturais de vegetação de várzea, que envolve boa parte da área da APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, além das áreas de savana (cerrado) entre as bacias do Córrego do Baile até o Três Barras na porção sul-mato-grossense;
- **Alta:** localiza-se na porção paranaense em sua parte central na área que envolve a bacia do Ribeirão São Francisco até ao Ribeirão Coroa do Frade, atingindo a região do monumento geológico Três Morrinhos (ou Morro Três Irmãos) em Terra Rica-PR;
- **Muito Alta:** importantes áreas fragmentadas, com áreas de baixo percentual de cobertura florestal que vai da porção paulista entre Rosana e Euclides da Cunha Paulista até à paranaense, envolvendo municípios como: Nova Londrina, Diamante do Norte, Loanda, Guairaçá, Itaúna do Sul, Marilena e Terra Rica, onde há a possibilidade de conexões entre núcleos de unidades de conservação como a APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná e a ESEC do Caiuá;
- **Extremamente Alta:** áreas no entorno de unidades de conservação importantes como o Parque Estadual Morro do Diabo e ESEC Mico Leão Preto, com alta fragmentação e baixo índice de percentual de vegetação florestal. Estas áreas apresentam Alta vulnerabilidade nos geocomplexos presentes, especialmente pela rugosidade e topografia do relevo.

O mapa a seguir (Figura 4) mostra a distribuições das áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos de acordo com o grau de prioridade estabelecidos pelas variáveis analisadas:

Figura 4
 Prioridades para conectividade na Raia Divisória SP-PR-MS

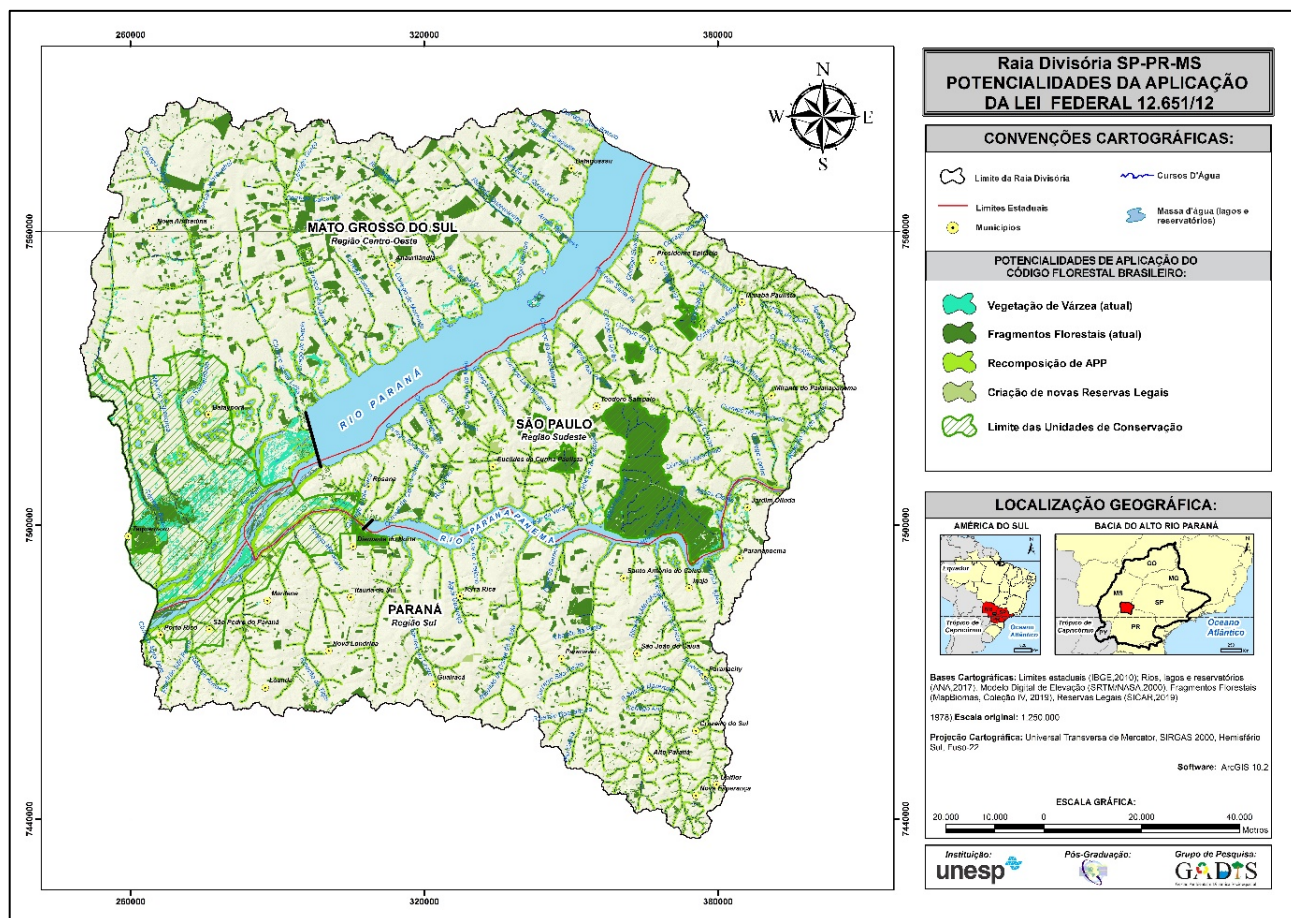


Fonte: os autores (2023)

Ademais, paisagens importantes como o Morro Três Irmãos, em Terra Rica-PR, poderiam ganhar áreas de preservação ao seu entorno, seja por meio de RL, RPPN ou até mesmo a criação de uma unidade de conservação, contribuindo para ações socioambientais e educativas na região. Nos núcleos com prioridade muito alta, tanto no Paraná como no Mato Grosso do Sul, a recomposição das APP e averbação de RL, são fundamentais para a conectividade destas áreas, que compõem dois biomas distintos: Mata Atlântica e Cerrado, respectivamente.

Já nas áreas indicadas com média prioridade, a ideia passa pela preservação dos geocomplexos de áreas de várzea, a maior parte destes incluídos na APA Ilhas e Várzeas do rio Paraná, com vegetação em diferentes níveis. Por fim, a área mais estável localizada no Mato Grosso do Sul, indica um panorama de preservação associado à manutenção das APP e RL bem como da recomposição das mesmas quando indicadas, considerando a sua importância como uma zona de transição Mata Atlântica/Cerrado. Vejamos o mapa de cenário ideal (Figura 5), considerando os fragmentos florestais existentes, as APP, RL e UC existentes

Figura 5
Prioridades para conectividade na Raia Divisória SP-PR-MS



Fonte: os autores (2023)

A partir do conjunto: Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal e Unidades de Conservação, sua distribuição de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651/2012) e as potencialidades emergentes identificadas neste trabalho, temos a condição de mensurar os ganhos ambientais decorrentes do cumprimento da Legislação Ambiental Brasileira e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Raia Divisória SP-PR-MS .

Através dos ganhos obtidos na recomposição das Áreas de Preservação Permanente em consonância à Lei 12.65/2012, teríamos um acréscimo de 237,62 km², o que corresponde à um ganho de 13,4 % nas áreas destinadas à floresta. Cabe ressaltar que as APP, especialmente ao longo dos cursos d’água e ao redor das nascentes, se transformariam em corredores ecológicos naturais, facilitando a dispersão das espécies ao longo de uma bacia hidrográfica.

Para as áreas de Reserva Legal, a área total de ganhos ambientais deverá ser de 800,94 km² correspondendo a um acréscimo de 46,3% no total das áreas de fragmentos florestais. Ao todo, a área dos ganhos ambientais, somadas as APPs e RLs, é de 1038,56 km², consistindo um percentual de acréscimo de 60,04% na classe de

florestas na Raia Divisória, o que contabiliza 6,35% da área total da Raia em ganhos de preservação ambiental, somente com o cumprimento da legislação ambiental.

4. Considerações finais

Do ponto de vista ambiental, a diminuição da cobertura vegetal nativa em decorrência do uso e cobertura da terra, sobretudo pela pastagem e agricultura, trouxe desequilíbrios aos geocomplexos locais, dado a fragilidade dos solos areníticos presentes em maior número na Raia Divisória.

No tocante à fauna e flora local, processos como a fragmentação dos habitats também foram responsáveis pela diminuição das espécies nativas. Destacam-se as áreas alagadas pelas usinas hidrelétricas da CESP, que destruíram boa parte dos habitats de várzea presentes nas planícies do rio Paraná, especialmente na porção sul-mato-grossense.

As consequências atreladas ao processo de fragmentação, fazem emergir a necessidade de ações imediatas para a reconexão destas paisagens, contribuindo para o fluxo gênico das espécies de fauna e flora, aproveitando as potencialidades naturais exercidas pelo próprio ambiente. A existência de unidades de conservação, sejam elas de proteção integral ou uso sustentável, como o Parque Estadual Morro do Diabo, as Estações Ecológicas Mico Leão Preto e do Caiuá, exercem um papel fundamental na manutenção das espécies nativas.

Ao analisar as políticas ambientais brasileiras e suas potencialidades, encontramos subsídios legais para fomentar o debate acerca da preservação e restauração dos recursos naturais, através das Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais, assim como o próprio Sistema Nacional de Unidades de Conservação que permite a conexão das áreas via corredores ecológicos.

Considerando o atual panorama das APP e RL, se faz necessária uma ampla discussão com a comunidade envolvida, especialmente os produtores rurais, para que o diálogo fomente ações de restauração florestal em áreas de APP e RL com uso consolidado, haja vista que além da preservação de fauna e flora, o manejo e preservação destas áreas contribuem para a sustentabilidade dos recursos hídricos disponíveis na Raia, seja pelo rio Paraná, seja pelo rio Paranapanema e demais afluentes.

Ademais, áreas consideradas com maiores potencialidades de conectividade, principalmente pela existência de grandes fragmentos florestais em suas adjacências, podem servir para a criação de Reservas Particulares de Patrimônio Cultural por parte dos proprietários de imóveis rurais nestas localidades, agregando novas Cotas de Reserva Ambiental a estes proprietários que podem comercializá-las em bolsas de mercadorias no âmbito nacional ou em sistemas de registro e de liquidação financeira de ativos devidamente autorizadas pelo Banco Central do Brasil.

Com efeito do aporte teórico-metodológico desta pesquisa, salientamos a importância da análise geossistêmica sob a ótica do modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem), uma vez que este oferece uma análise do ponto de vista da geografia física global, proporcionando um conhecimento geral de todos os componentes presentes na paisagem da Raia Divisória SP-PR-MS, agregando a esta pesquisa uma visão sociopolítica, ambiental e territorial.

Espera-se que, com este estudo, possamos oferecer os subsídios necessários à efetiva implementação de um planejamento ambiental pautado especialmente na teoria geossistêmica bertrandiana, com o suporte da ecologia da paisagem e o subsídio legal da legislação ambiental que, somados à participação da comunidade local, possam conduzir ao desenvolvimento sustentável em todas as porções estaduais da Raia Divisória, de forma descentralizada e participativa, que conduza ao êxito neste processo.

Informação Suplementar

Autores

Diogo Laércio Gonçalves – Departamento de Geografia e Planejamento, Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos/SP, Brasil.

Endereço de email: diogo.goncalves@unesp.br

ORCID: 0000-0002-0647-6283

Messias Modesto dos Passos – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, Brasil

Endereço de email: modesto.passos@unesp.br

ORCID: 0000-0002-0360-7612

Nota

Artigo resultante da Tese de Doutorado em Geografia intitulada: “Políticas Ambientais na Raia Divisória SP-PR-MS: estudo das áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos”. Disponível em:

<http://hdl.handle.net/11449/194383>

Data de submissão: 2023-01-10

Data de aceitação: 2023-11-28

Data de publicação: 2024-06-30

Referências

- Bennett (2003), A. F. – *Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in Wildlife Conservation*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge.
- Bertrand, G. (1968) *Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique*. *Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272. <https://doi.org/10.3406/rgpso.1968.4553>
- Bertrand, G. (1991) *La nature en géographie: un paradigme d'interface*. *Géodoc*, Toulouse, n. 34, p. 1-16.
- Forman, R. T. T. (1995) *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gonçalves, D. L. (2020) *Políticas Ambientais na Raia Divisória SP-PR-MS: estudo das áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos*. [Doctoral thesis] Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP.
- Hess, G. R. & Fischer, R. A. (2001) *Communicating clearly about conservation corridors* – *Landscape and Urban Planning* 55, pág. 195-208. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00155-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00155-4)
- Hilty, J. A.; Lidicker Jr, W. Z.; Merelender, A. M. (2006) – *Corridor Ecology: The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation*. Island Press, Washington-DC.
- Leal, A. C. (2000) *Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema*. [Doctoral thesis] Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.
- Pereira, V. H. C.; Cestaro, L. A. (2016) *Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais*. *Caminhos de Geografia Uberlândia* v. 17, n. 58 p. 16-33 <https://doi.org/10.14393/RCG175802>
- Souza, R. J. de (2015) *Raia Divisória ou Raia Socioambiental? Uma redefinição baseada na análise da paisagem através do sistema GTP*. [Doctoral thesis] Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP.