



Novos Cadernos NAEA

v. 26, n. 2 • maio-ago. 2023 • ISSN 1516-6481/2179-7536




LEVANTAMENTO DOS MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS UTILIZANDO SIG: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

SURVEY OF METHODS FOR DESIGNING ECOLOGICAL CORRIDORS USING GIS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Renan Angrizani de Oliveira  

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, SP, Brasil

Jonilson Michel Fontes Galvão  

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, SP, Brasil

Vanessa Cezar Simonetti  

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, SP, Brasil

Antonio Cesar Germano Martins  

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, SP, Brasil

Darllan Collins da Cunha e Silva  

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

A expansão urbana vem ocasionando processos de fragmentação florestais. Este fato motiva a necessidade de implementação de corredores ecológicos (CE) para atenuar os impactos ambientais negativos. Visto isto, este estudo conduziu uma revisão bibliográfica sistemática sobre pesquisas que propõe a elaboração de CE, buscando identificar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e as principais extensões utilizadas para a proposição do CE, além de apontar o país, a espécie alvo, e ano das publicações destas pesquisas. A revisão foi realizada para os estudos de 2009 a 2021, utilizando-se as bases de dados: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Springer Link* e *Web of Science*. No total, foram selecionados 530 artigos, dos quais após a sistemática de exclusão, restaram 39. O SIG mais utilizado foi o ArcGIS, e o país que apresentou o maior número de estudos foi a China. Dentre os modelos utilizados, se destacou o caminho de menor custo. Também verificou-se carência de estudos sobre a utilização de SIG para proposição de CE, além de ser possível constatar que alguns dos projetos estudados não apresentaram todos os elementos necessários, inviabilizando a sua reprodutibilidade.

Palavras-chave: geoprocessamento; conectividade; fluxo gênico; fragmentação.

ABSTRACT

The urban expansion has been causing forest fragmentation processes. This fact motivates the need to implement ecological corridors (EC) to mitigate these negative environmental impacts. Given the need, this study conducted a systematic bibliographic review to identify methods for the development of EC, aiming to identify the Geographic Information System (GIS), the main extensions, the country, the target species, and the year of publications. The review was carried out for the studies from 2009 to 2021 using the databases: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Springer Link*, and *Web of Science*. In total, 530 articles were selected, of which 39 remained after the exclusion system. The most used GIS was ArcGIS and the country with the largest number of studies was China. Among the models used, the least cost path was highlighted. It was also verified that there is a lack of studies that use GIS to propose an EC, in addition to being possible to verify that some of these projects studied do not present all the necessary elements, impeding their reproducibility.

Keywords: geoprocessing; connectivity; gene flow; fragmentation.

1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana tem provocado profundas modificações na paisagem, ocasionando desmatamentos e processos de fragmentação dos ambientes naturais, levando à redução da resiliência do ambiente e à perda da biodiversidade em habitats (BAZ; GERMEN; ER, 2009; GONZÁLEZ-VARO *et al.*, 2013; HADDAD *et al.*, 2015; TAPIA-ARMIJOS *et al.*, 2015).

A fragmentação dos habitats, por sua vez, pode ocasionar o isolamento das espécies e a redução das populações, já que os processos relacionados a ela influenciam na variabilidade genética vegetal e animal, devido à redução do fluxo gênico, principalmente em espécies com capacidade de dispersão limitada (CÓRDOVA-LEPE; DEL VALLE; RAMOS-JILIBERTO, 2018; CUSHMAN, 2006; YOUNG; BOYLE; BROWN, 1996). Uma das evidências desta afirmação é o estudo realizado por Haddad *et al.* (2015) que, ao contemplar os cinco continentes e múltiplos biomas, conclui que a fragmentação do habitat levou à redução de até 75% da biodiversidade, provocando um desequilíbrio no ecossistema.

É importante, ainda, considerar que este tipo de impacto ambiental negativo é aumentado em fragmentos menores e isolados, e, assim, são necessárias medidas urgentes para a conectividade dos fragmentos. Tal situação evidencia a necessidade da criação dos corredores ecológicos, que podem servir como importantes instrumentos de gestão para a diminuição da fragmentação e, conseqüentemente, aumentar o fluxo gênico entre as espécies, manter a diversidade de espécies nativas e propiciar a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelos fragmentos (HADDAD *et al.*, 2014; LIANG *et al.*, 2018).

Dentro deste contexto de implementação dos CE, a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem sido amplamente utilizada, uma vez que serve para auxiliar na tomada de decisão e redução da subjetividade, por meio da identificação de áreas com necessidade de conectividade de fragmentos (TAKIKAWA *et al.*, 2021). Além disso, o SIG auxilia na proposição de corredores ecológicos por meio de avaliações no contexto espacial (FERRETI; POMARICO, 2013; LOURENÇO *et al.*, 2015; MARULLI; MALLARACH, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

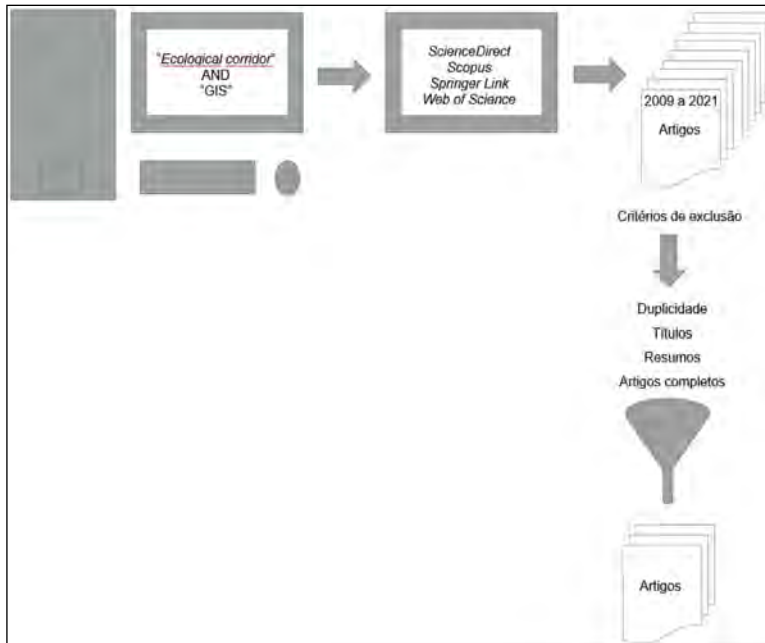
A complexidade desta situação indica a necessidade de identificar métodos confiáveis e reprodutíveis para elaboração de corredores ecológicos no mundo. Assim, este trabalho conduz uma revisão bibliográfica sistemática de estudos realizados entre 2009 a 2021 para a identificação dos Sistemas de

Informações Geográfica (SIG). Foram também contemplados os estudos que utilizam o termo em inglês *Geographic Information System* (GIS) como meios na proposição de corredores ecológicos. Observou-se também, as principais extensões utilizadas, bem como a identificação do respectivo país, a espécie alvo e o ano das publicações. Identificou-se, por fim, as possibilidades de melhoria para a proposição de CE, buscando nortear trabalhos futuros para uma melhor viabilidade de implantação.

2 METODOLOGIA

Uma revisão bibliográfica sistemática (Figura 1) foi conduzida para identificar as aplicações dos SIG na proposição de corredores ecológicos, contemplando os estudos de 2009 a 2021, utilizando as bases de dados internacionais: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Springer Link* e *Web of Science* para busca de artigos em inglês com as palavras-chave *ecological corridor* e GIS, e utilizando o operador booleano AND, para refinar a busca.

Figura 1 – Desenho esquemático do método utilizado para realização da revisão sistemática



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

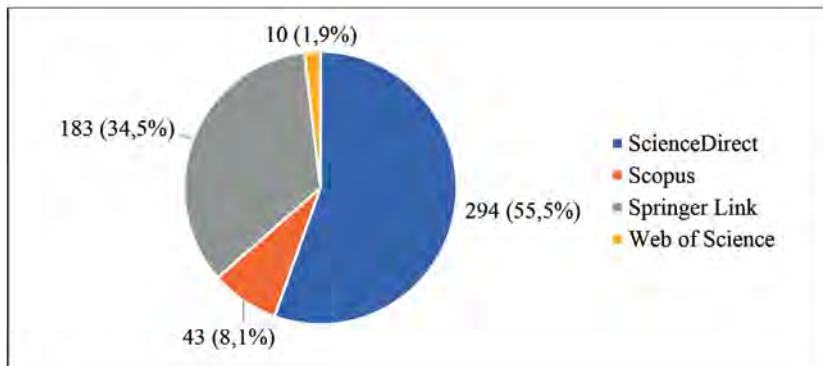
Os dados dos artigos encontrados nas quatro bases foram tabulados no Microsoft Office Excel© - versão 2016. Para a seleção dos artigos, foram adotados critérios de exclusões, sendo gerada uma nova planilha ao iniciar cada etapa. Este método de tabulação possibilitou retornar e verificar todos os procedimentos adotados na revisão sistemática.

Para isso, aplicam-se os critérios de exclusão propostos por França *et al.* (2018), que consistem na exclusão dos estudos em duplicidade que estavam indexados em diferentes bases de dados. Posteriormente, realizou-se uma triagem com a finalidade de analisar os títulos dos artigos e possibilitar uma leitura atenta dos resumos. Nos casos em que não estivessem claros os objetivos do estudo nos títulos ou resumos verificados, os artigos eram mantidos para a etapa final, que consistia na leitura completa dos artigos restantes, sendo consultado um segundo revisor, para os casos em que houvessem dúvidas na exclusão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as buscas realizadas utilizando as palavras-chaves *ecological corridor* e *GIS* e operadores booleanos para refinamento da pesquisa, foram encontrados 530 artigos distribuídos nas quatro bases de dados utilizadas (Figura 2).

Figura 2 – Número de artigos obtidos por bases de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

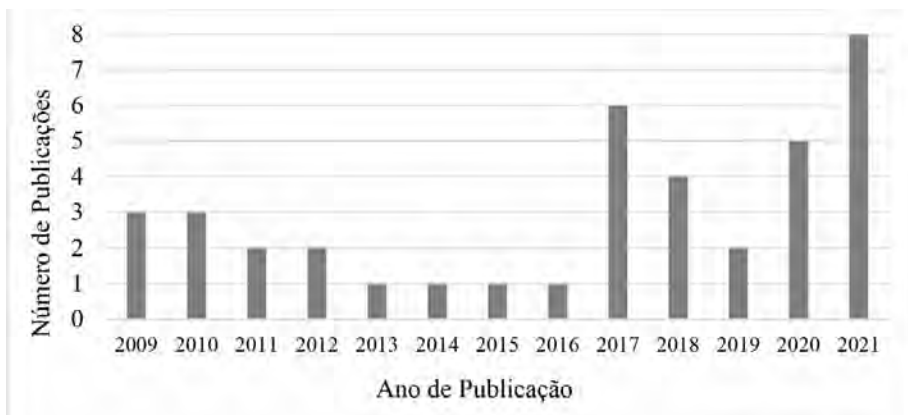
Durante a busca realizada constatou-se que as bases de dados *ScienceDirect* e *Springer Link* são mais adequadas para pesquisas na área de corredores ecológicos. Essas bases de dados apresentam 90% do total de artigos encontrados (Figura 2).

Do total de trabalhos, foram encontrados em duplicidade onze artigos nas bases da *Scopus* e *ScienceDirect*, oito artigos nas bases da *Scopus* e *Springer Link*, dois nas bases da *Scopus* e *Web of Science* e um artigo contido nas em três bases: *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Science*, restando 507 artigos, equivalente à 95,7% do total encontrado.

De acordo com a proposta da etapa seguinte, após analisados os títulos dos artigos. Restaram 242 trabalhos, ou seja, 47,7% dos artigos presentes na etapa anterior; no entanto, quando o título não possibilitava inferir sobre o escopo do conteúdo do artigo, este era mantido para ser analisado na etapa a posteriori.

Sendo assim, após a análise dos resumos dos trabalhos para a exclusão dos que não se enquadraram nos escopos da revisão, restaram 83 artigos, o que corresponde a 34,3% do total da etapa anterior. Após a leitura, na íntegra, dos 83 artigos, verificou-se que apenas 39 deles estavam dentro do escopo da revisão sistemática. Isso permitiu uma visão abrangente do estado da arte das aplicações de SIG, incluindo as metodologias e ferramentas mais utilizadas para elaboração de corredores ecológicos, os países proponentes, as espécies-alvo para conservação e o ano das publicações (Figura 3).

Figura 3 – Número de publicações sobre corredores ecológicos por ano



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Portanto, conforme apresentado na Figura 3, os anos compreendidos entre 2017 e 2021 detiveram 64% das publicações do período analisado. Neste sentido, é possível constatar que o avanço das tecnologias da informação promoveu o avanço do SIG, além de ampliar os horizontes acerca do tema, revertendo assim, em um maior potencial de publicações (GOODCHILD, 2018; SONG; WU, 2021).

Outro acontecimento que também pode ser atribuído ao aumento da sensibilidade com as questões concernentes à conservação da biodiversidade, sustentabilidade e mudanças climáticas é a criação de agendas universais, como a *International Union for Conservation of Nature (IUCN)*, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ODS), o acordo do Clima; além de importantes encontros, como o Fórum Mundial sobre Biodiversidade, o Congresso Mundial de Conservação da IUCN, a 13ª reunião da Conferência das Partes (COP) da Convenção sobre Conservação de Espécies Migratórias de Animais Silvestres, entre diversos outros encontros (IUCN, 2020).

Portanto, esses movimentos ambientais e o fomento de políticas em escala local e global favorecem o interesse em pesquisas que tenham como proposta o uso de tecnologias na conservação da biodiversidade (QI; DAUVERGNE, 2022).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Constatou-se, na revisão bibliográfica sistemática realizada para os artigos de 2009 a 2021, que dos 39 artigos analisados, o ArcGIS© foi o SIG mais utilizado, correspondendo a 74,4% dos estudos (Quadro 1).

Quadro 1 – Resultados da revisão bibliográfica sistemática de 2009 a 2021

SIG	Espécie alvo	País	Artigo
ArcGIS©	<i>Iberian lynx</i>	Espanha	Barbero-Bermejo <i>et al.</i> (2020)
ArcGIS©	Não mencionado	Itália	Cannas <i>et al.</i> (2018)
Não mencionado	Não mencionado	Polônia	Cegielska <i>et al.</i> (2017)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Chuangsheng <i>et al.</i> (2021)
ArcGIS©	Plantas associadas ao ecossistema cárstico mediterrânico degradado, como: <i>Pinus brutia</i> Tem, <i>Juniperus drupacea</i> , <i>Styrax officinalis</i> L., <i>Pistacia terebinthus</i> L., <i>Laurus nobilis</i> L. e <i>Cerasus mahaleb</i> L.	Turquia	Dindaroglu (2021)
Não mencionado	<i>Lullula arborea</i>	França	Duflot <i>et al.</i> (2018)

QGIS	Não mencionado	Itália	Fenu e Pau (2018)
ILWIS© e IDRISI™	Não mencionado	Itália	Ferreti e Pomarico (2013)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Guo e Liu (2017)
ArcGIS©	Mamíferos grandes e médios, como: <i>Capreolus capreolus</i> , <i>Sus Scrofa</i> e <i>Cervus elaphus</i> e carnívoros médios, como: <i>Martes martes</i> , <i>Felis silvestris</i> , <i>Genetta genetta</i> , <i>Meles meles</i> e <i>Martes foina</i> .	Espanha	Gurrutxaga, Lozano e Del Barrio (2010)
ArcGIS©	Não mencionado	Turquia	Hepcan e Özkan (2011)
ArcGIS©	<i>Hyaena hyaena</i> , <i>Lynx lynx</i> , <i>Caracal caracal</i> e <i>Felis chaus</i>	Turquia	Hepcan <i>et al.</i> (2009)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Hou <i>et al.</i> (2021)
ArcGIS©	<i>Canis lupus</i> e <i>Lynx lynx</i>	Polônia	Huck <i>et al.</i> (2010)
ArcGIS©	<i>Vipera ursinii</i>	França, Itália, Áustria e Hungria	Iannella <i>et al.</i> (2021)
Não mencionado	Não mencionado	China	Jin <i>et al.</i> (2020)
Não mencionado	Não mencionado	China	Li <i>et al.</i> (2019)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Li <i>et al.</i> (2021)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Liu <i>et al.</i> (2014)
ArcGIS©	<i>Elephas maximus</i>	China	Liu <i>et al.</i> (2017)
ArcGIS©	<i>Capreolus capreolus</i>	Espanha	Loro <i>et al.</i> (2015)
ArcGIS©	Não mencionado	Brasil	Morandi <i>et al.</i> (2020)
ArcGIS©	<i>Passer montanus</i> e <i>Pycnonotus goiavier</i>	Filipinas, Indonésia e Malásia	Nor <i>et al.</i> (2017)

QGIS	Grupos de espécies, tais como: anfíbios, reptéis, serpentes, insetos e micromamíferos.	Itália	Pierik <i>et al.</i> (2016)
Não mencionado	Não mencionado	Espanha	Pino e Marull (2012)
ArcGIS©	Não mencionado		Roy <i>et al.</i> (2010)
ArcGIS©	Não mencionado	Brasil	Salviano, Gardon e Santos (2021)
ArcGIS©	Não mencionado	Brasil	Santos <i>et al.</i> (2018)
ArcGIS©	Não mencionado	Brasil	Santos <i>et al.</i> (2020)
ArcGIS©	Pássaros e pequenos mamíferos	China	Teng <i>et al.</i> (2011)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Tong <i>et al.</i> (2020)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Wang, Li e Huang (2021)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Wei <i>et al.</i> (2009)
ArcGIS©	<i>Nomascus concolor</i>	China	Wu <i>et al.</i> (2021)
ENVI© e ArcGIS©	Não mencionado	China	Yu <i>et al.</i> (2017)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Yue <i>et al.</i> (2009)
Não mencionado	Não mencionado	China	Zhang <i>et al.</i> (2017)
ArcGIS©	Não mencionado	China	Zhang <i>et al.</i> (2019)
Não mencionado	<i>Bison bonasus</i>	Áustria, Eslováquia, República Tcheca, Hungria, Polônia, Ucrânia, Romênia e Sérvia	Ziółkowska <i>et al.</i> (2012)

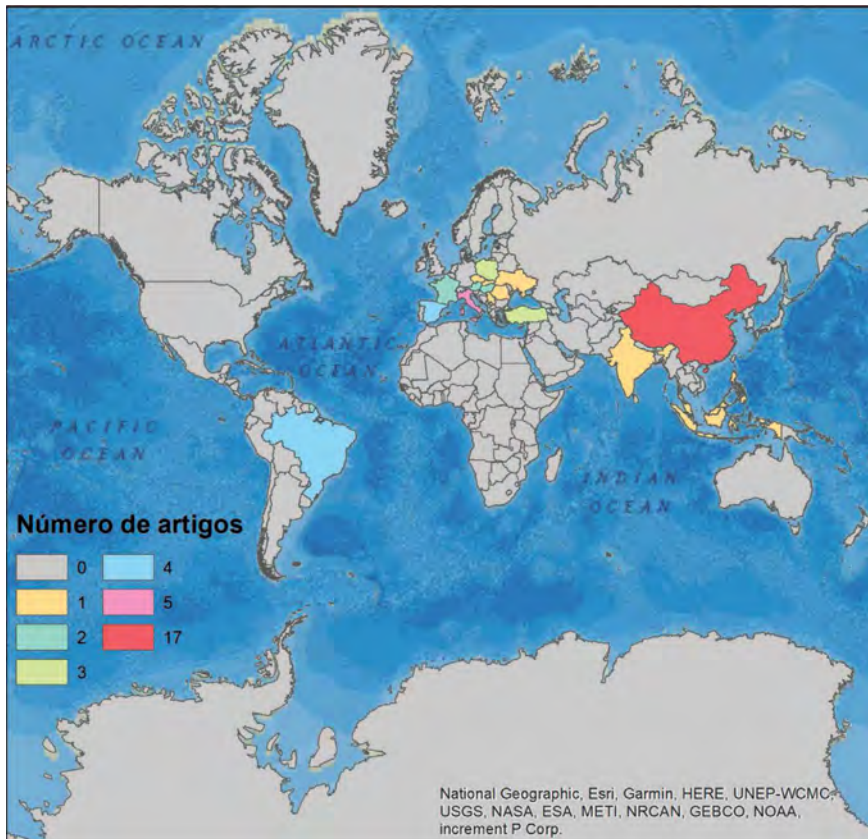
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Como aponta o Quadro 1 também foram utilizados, em dois estudos, o QGIS, um software livre com código-fonte aberto, além de serem utilizados também em apenas um estudo o ENVI©, ILWIS© e IDRISI™. Além disso, 18% dos estudos mencionam que foram utilizados um SIG, no entanto, não informam qual o software utilizado, o que dificulta a reprodutibilidade dos métodos propostos.

Quanto às espécies alvo relatadas nos artigos, foram mencionadas aquelas que apresentam risco de extinção devido a sua vulnerabilidade ou espécies guarda-chuvas que podem beneficiar outras espécies, conforme Branton e Richardson (2010). Também é enfatizada a importância das aves, uma vez que podem ser utilizadas como indicadores de abundância de biodiversidade e agem como importantes dispersores de sementes (MONTIS *et al.*, 2016).

Constatou-se que muitos artigos não mencionam a espécie alvo, isso se deve a incerteza da espécie que estará apta a sua utilização, visto que são necessários mais estudos *in loco* para que se possa estabelecer um corredor ecológico que possibilite a mobilidade do maior número de espécies. Ainda, nos artigos analisados, foi observada uma maior predominância de estudos na União Europeia e China (Figura 4).

Figura 4 – Número de artigos publicados com propostas de corredores ecológicos por país



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A Figura 4, possibilita verificar que 13 trabalhos estão presentes na União Europeia (UE), o que pode ser explicado pela adoção de políticas e legislações que exigem que os Estados-membros criem medidas para formação de uma rede ecológica. Esta rede ecológica é parte de uma grande iniciativa de conservação de habitats e espécies vulneráveis em diversos biomas, por meio das diretivas europeias de Habitats e Aves, que formam o Programa Natura 2000, que integra conceitos de conectividade ecológica, conservação da biodiversidade e multifuncionalidade dos ecossistemas (LEIBENATH; BLUM; STUTZRIEMER, 2010; SUNDSETH; CREED, 2008).

Para que os esforços na União Europeia tenham efetividade na redução da fragmentação dos ambientes, as medidas devem ser transfronteiriças. Leibenath, Blum e Stutzriemer (2010) apresentam a cooperação transfronteiriça para formação de conexões de habitats nas fronteiras dos países pertencentes à União Europeia, por meio de uma revisão bibliográfica e entrevistas.

Neste sentido, Ziólkowska *et al.* (2012) apresenta medidas de conexão de habitats. Os autores utilizaram a combinação da análise de menor custo, teoria dos grafos e modelagem de adequação de habitats, com o software Conefor Sensinode© 2.2, para o Bisonte-europeus (*Bison bonasus*). Estudaram a maior cadeia de montanhas da Europa, os Cárpatos, que em sua extensão ocupam a Áustria, Eslováquia, República Checa, Hungria, Polônia, Ucrânia, Romênia e Sérvia, sendo o local de maior predominância dos Bisontes-europeus, corroborando com a necessidade das medidas transfronteiriças adotadas na União Europeia.

Ainda, conforme apresentado na Figura 4, é possível verificar que, para o período analisado, 17 artigos estão presentes na China. Esta evidencia pode estar relacionada ao constante e crescente processo de expansão urbana, à exploração irracional dos recursos naturais e ao crescimento econômico no país. Portanto, torna-se mais evidente a necessidade de estudos que possibilitem o planejamento urbano e a conservação das espécies, a fim de minimizar a atual crise de biodiversidade (DAI *et al.*, 2011; FOLEY *et al.*, 2005; HONG *et al.*, 2017).

Segundo Hong *et al.* (2017), o controle do uso do solo na China, refere-se principalmente à terrenos agrícolas e terrenos para construção, no entanto, a partir de 2015 o governo chinês vem propondo um maior controle ambiental. Observa-se ainda, que 76,5% dos artigos analisados da China são posteriores a 2015, o que indica que a proposta adotada pelo governo chinês tem apresentado resultados positivos. E, conforme apontam Qi e Dauvergne (2022), a China está reformulando suas políticas, a fim de melhorar sua

imagem internacionalmente. Por isso, desde 2019, é considerada um dos principais países proponentes de soluções para a gestão ambiental global.

4.1 MODELOS MAIS UTILIZADOS

De acordo com os artigos analisados neste estudo, verificou-se uma pequena variação de SIG utilizados, o que pode estar relacionado a baixa variabilidade de modelos adotados, uma vez que grande parte das ferramentas está presente nos SIG.

Neste sentido, verificou-se uma tendência no uso da modelagem do caminho de menor custo (CMC), do inglês *least-cost path* (LCP), utilizada em 72% dos estudos analisados.

Segundo Guo e Liu (2017), embora não haja um consenso sobre o melhor método na proposição de corredores ecológicos, o modelo CMC é o mais amplamente utilizado, assim como observado neste estudo. E conforme Teng *et al.* (2011), o CMC pode ser considerado o modelo mais eficaz na proposição de corredores ecológicos.

O CMC está disponível como uma ferramenta em SIG, e é altamente flexível para calcular o custo cumulativo mínimo em cada ponto nas proximidades, com base na distância euclidiana (m). Sendo a principal informação para a aplicação do modelo em SIG. Além disso, o CMC fornece um plano de informação com os custos da superfície para o deslocamento entre os fragmentos de habitat com base em informações geográficas (ADRIAENSEN *et al.*, 2003; GUO; LIU, 2017).

Dentre os parâmetros utilizados nos planos de informações para a elaboração de CE, destaca-se a utilização do uso do solo, topografia, atividades humanas, hidrografia, distância de rodovias, dentre outros (HEPCAN *et al.*, 2009; LORO *et al.*, 2015). Neste sentido, alguns autores elaboraram, ainda, um índice com os planos de informações.

Pino e Marull (2012) desenvolveram um índice de conectividade ecológica em ambiente SIG com o objetivo de criar um mapa de distância de custo. Os autores levaram em consideração a afinidade ecológica e os efeitos de barreiras das áreas urbanas e de infraestrutura, a fim de propor um zoneamento para conservação e formação de uma rede ecológica na Região Metropolitana de Barcelona.

Por sua vez, Dufлот *et al.* (2018) utilizaram o algoritmo MaxEnt© como modelo de conexão de habitats da cotovia-arbórea (*Lullula arborea*) na França. Os autores utilizaram os dados de entrada de uso e ocupação do

solo e densidade urbana e, posteriormente, transformando os dados em um mapa de resistência ao movimento utilizando SIG, aplicando o algoritmo para identificação da distância de menor custo para conexão dos fragmentos de habitats da espécie.

A fim de ponderar os valores dos planos de informações utilizados, são relatados o uso do Processo Hierárquico Analítico (PHA) ou do inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto por Saaty (2004). O PHA consiste em um método de análise multicritério, destacado pela sua simplicidade e eficácia, e que segundo Afolayan, Ojokoh e Adetunmbi (2020), Fang e Partovi (2021) e Silva *et al.* (2022) é um método robusto e confiável no auxílio da tomada de decisão.

Loro *et al.* (2016) realizaram uma análise de resistência à dispersão de corços (*Capreolus capreolus*) na Espanha. Eles utilizaram a análise de menor custo para os planos de informações e ponderaram os custos por meio do PHA e lógica *fuzzy*. Essas abordagens podem, ainda, ser aplicada no subsídio à proposição de corredores ecológicos.

O método do PHA pode ser utilizado, ainda, com auxílio do software de tomada de decisão *Super Decisions*, como aplicado por Ferreti e Pomarico (2013) na análise multicritério espacial na região do Piemonte. Os autores utilizaram os softwares ILWIS© 3.3 e IDRISI™ 3.2 para a elaboração dos mapas temáticos e a construção dos bancos de dados contendo informações das distâncias de áreas protegidas, parques, zonas úmidas, corpos de água, áreas urbanas e rodovias, além da distribuição da fauna, qualidade da água, elevação do terreno, densidade populacional e índices de naturalidade e fragmentação. Com base nos resultados encontrados pelos autores foram identificados potenciais corredores ecológicos ao considerar a distância de menor custo em SIG.

Liu *et al.* (2014), Zhang *et al.* (2017) e Ziótkowska *et al.* (2012) utilizaram em seus estudos o software Conefor Sensinode© disponível gratuitamente, e que segundo Saura e Torné (2009), quantifica a importância de manchas de habitats para manter ou melhorar a conectividade baseado na teoria dos grafos.

Quanto à utilização de softwares gratuitos, Pierik *et al.* (2016) desenvolveram uma ferramenta utilizando softwares gratuitos que empregou o sistema de inferência *fuzzy* com o modelo de Sugeno. Para isso, os autores geraram uma base de dados com informações dos pontos de interesse e uso do solo no QGIS 2.2.0. Em seguida, foi calculada a permeabilidade e o índice de agregação utilizando o FRAGSTATS© 4.2. A aplicação do método

de inferência *fuzzy* foi realizada no R 3.1.0., para então os dados serem analisados no Circuitscape 4.0.5 e elaborado um mapa de conectividade. De acordo com os autores, a ferramenta proposta foi capaz de identificar conexões ecológicas e destacar áreas prioritárias para conservação.

No entanto, Guo e Liu (2017), Hepcan e Özkan (2011) e Nor *et al.* (2017) relatam a utilização do ERDAS© para o processamento digital das imagens, auxiliando na obtenção dos resultados do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) ou do inglês *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

4.2 DISCUSSÕES PARA ADAPTAÇÕES FUTURAS

Observou-se que poucos estudos avaliados apresentam soluções práticas aplicadas aos tomadores de decisão, com o objetivo de auxiliar em políticas públicas e implementar o corredor ecológico sem margem para a subjetividade na tomada de decisão. Isso ocorre devido às propostas apresentarem múltiplas opções de traçados de corredores ecológicos para conectar um único fragmento florestal, o que, do ponto de vista prático, em cidades com grande densidade demográfica, dificulta sua implantação.

Neste sentido, há uma necessidade em verificar a sustentabilidade a partir do prisma econômico, social e ambiental ao realizar uma proposta de corredor ecológico, visto que, os estudos avaliados não contemplam todos os pilares da sustentabilidade, e, desta forma, dificilmente irão deixar o papel para se tornar de fato implantado.

Outro aspecto observado é em relação a largura definida para os corredores ecológicos propostos nos estudos, que é muito variável, visto que não há uma definição ou consenso da largura ideal. E ainda, segundo Guo e Liu (2017) a largura depende da situação requerida.

No Brasil, a Resolução Conama nº 9 de 1996 define a largura mínima para os CE entre remanescentes do Bioma da Mata Atlântica, disposto no artigo 225 da Constituição Federal como Patrimônio Nacional. A resolução leva em consideração as necessidades fisiológicas mínimas da fauna que poderá utilizar o CE, e estabelece que a largura mínima dos CE deve ser de 10% do comprimento total do corredor ecológico, não podendo ser inferior a 100m de largura. Além disso, quando em faixas marginais, a largura mínima estabelecida se aplica a ambas as margens do rio (BRASIL, 1988; CONAMA, 1996; SANTOS *et al.*, 2018).

Outro ponto a ser considerado, é que os corredores, embora sejam projetados para restaurar a conectividade e reduzir os impactos ambientais negativos da fragmentação da paisagem, ainda são raramente testados *in loco*, e, por isso, sugere-se uma melhor avaliação de sua efetividade, conforme relatado por Liu *et al.* (2017).

As observações apresentadas se devem a falta estudos relacionados a corredores ecológicos, uma vez que, nesta revisão, foram encontrados apenas 39 artigos entre os anos de 2009 a 2021. Portanto, sugere-se a consulta em novas bases de dados, utilizando também palavras-chave em outros idiomas e períodos mais abrangentes, a fim de identificar possíveis lacunas e mudanças nos resultados, relacionadas à temporalidade e localização dos estudos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os artigos analisados, verificou-se que o Sistema de Informação Geográfica (SIG) mais utilizado na proposição de corredores ecológicos foi o ArcGIS©, correspondendo à 74,4% dos estudos. Alguns estudos levantados também se utilizam de softwares gratuitos.

O modelo que teve a maior aplicação foi o caminho de menor custo, com grande variedade de planos de informações, tais como uso do solo, topografia, atividades humanas, hidrografia, distância de rodovias, dentre outros.

As espécies alvo, relatadas nos artigos com propostas de CE, mencionam espécies com risco de extinção, devido à sua vulnerabilidade, ou espécies guarda-chuvas. No entanto, muitos artigos não mencionam a espécie alvo.

O país que apresentou o maior número de estudo na área foi a China, o que pode ser atribuído ao seu processo de expansão urbana e necessidade de planejamento para a conservação das espécies. Neste cenário, também se destaca a União Europeia, que vem exigindo que os Estados-membros criem medidas de conservação de habitats e espécies vulneráveis em diversos biomas.

Foi verificado que, ainda, há uma carência de estudos sobre a temática, além de que, e alguns estudos existentes, não apresentam todos os elementos necessários para a implantação de um corredor, tais como a sua largura e uma definição clara do melhor caminho para que este seja implantado.

Portanto, sugere-se que trabalhos futuros apresentem soluções práticas aplicadas aos tomadores de decisão, com todos os pilares da sustentabilidade (ambiental, social e econômico), além de apresentarem traçados delimitados de forma clara, contemplando a largura e o custo para implantação.

Desta forma, as pesquisas futuras devem possuir maior potencial de contribuir com os tomadores de decisão na efetivação de políticas públicas que favoreçam na implantação de corredores ecológicos, sem margem para a subjetividade ou interpretação equivocada, considerando que muitos gestores públicos podem não ter conhecimento técnico nessa temática.

REFERÊNCIAS

ADRIAENSEN, F.; CHARDON, J. P.; BLUST, G.; SWINNEN, E.; VILLALBA, S.; GULINCK, H.; MATTHYSEN, E. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and urban planning*, [s. l.], v. 64, n. 4, p. 233-247, 2003.

AFOLAYAN, A. H.; OJOKOH, B. A.; ADETUNMBI, A. O. Performance analysis of fuzzy analytic hierarchy process multi-criteria decision support models for contractor selection. *Scientific African*, [s. l.], v. 9, p. e00471, 2020.

BARBERO-BERMEJO, I.; CRESPO-LUENGO, G.; HERNÁNDEZ-LAMBRAÑO, R. E.; LACRUZ, D. R.; SÁNCHEZ-AGUDO, J. Á. Natural protected areas as providers of ecological connectivity in the landscape: the case of the iberian lynx. *Sustainability*, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 41, 2020.

BAZ, I.; GEYMEN, A.; ER, S. N. Development and application of GIS-based analysis/synthesis modeling techniques for urban planning of Istanbul Metropolitan Area. *Advances in Engineering Software*, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 128-140, 2009.

BRANTON, M.; RICHARDSON, J. S. Assessing the value of the umbrella-species concept for conservation planning with meta-analysis. *Conservation Biology*, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 9-20, 2011.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, [1988]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 10 jun. 2023.

CANNAS, I.; LAI, S.; LEONE, F.; ZOPPI, C. Green infrastructure and ecological corridors: A regional study Concerning Sardinia. *Sustainability*, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 1265, 2018.

CEGIELSKA, K. M.; SALATA, T.; GAWRONSKI, K.; ; RÓZYCKA-CZAS, R. Level of spatial differentiation of anthropogenic impact in Małopolska. **Journal of Ecological Engineering**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 200-209, 2017.

CHUANGSHENG, X.; LONG, C.; JIE, S.; HAIWEI, Y.; YIQIANG, G. Developing Regional Ecological Networks Along the Grand Canal based on an Integrated Analysis Framework. **Journal of Resources and Ecology**, [s. l.], v. 12 n. 6, p. 801-813, 2021.

CONAMA. **Resolução nº 9, de 24 de outubro de 1996**. Define “corredores remanescentes” citado no artigo 7º do Decreto nº 750/93. Brasília, DF: Presidência da República, [1996]. Disponível em: <https://www.sembras.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Resolu%C3%A7%C3%B5es-do-CONAMA-1984-2012.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CÓRDOVA-LEPE, F.; DEL VALLE, R.; RAMOS-JILIBERTO, R. The process of connectivity loss during habitat fragmentation and their consequences on population dynamics. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 376, p. 68-75, 2018.

CUSHMAN, S.A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. **Biological conservation**, [s. l.], v. 128, n. 2, p. 231-240, 2006.

DAI, X.; LI, Z.; LIN, S.; XU, W. Assessment and zoning of eco-environmental sensitivity for a typical developing province in China. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, [s. l.], v. 26, n. 8, p. 1095-1107, 2012.

DINDAROGLU, T. Determination of ecological networks for vegetation connectivity using GIS & AHP technique in the Mediterranean degraded karst ecosystems. **Journal of Arid Environments**, [s. l.], v. 188, p. 104385, 2021.

DUFLOT, R.; AVON, C.; ROCHE, P.; BERGÈS, L. Combining habitat suitability models and spatial graphs for more effective landscape conservation planning: An applied methodological framework and a species case study. **Journal for Nature Conservation**, [s. l.], v. 46, p. 38-47, 2018.

FANG, J.; PARTOVI, F. Y. Criteria determination of analytic hierarchy process using a topic model. **Expert Systems with Applications**, [s. l.], v. 169, p. 114306, 2021.

FENU, G.; PAU, P. L. Connectivity analysis of ecological landscape networks by cut node ranking. **Applied Network Science**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 22, 2018.

FERRETTI, V.; POMARICO, S. An integrated approach for studying the land suitability for ecological corridors through spatial multicriteria evaluations. **Environment, Development And Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 859-885, 2013.

FOLEY, J. A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, [s. l.], v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FRANÇA, J. F.; OLIVEIRA, R.A.; GERENUTTI, M.; JOZALA, A. F.; GROTTTO, D. High performance liquid chromatography applied in hormone contaminations detection: A scoping review in ecotoxicology. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, [s. l.], v. 41, n. 7, p. 377-383, 2018.

GONZÁLEZ-VARO, J. P. *et al.* Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 28, n. 9, p. 524-530, 2013.

GOODCHILD, M. F. Reimagining the history of GIS, **Annals of GIS**, [s. l.], v. 24, n.1, 1-8, 2018.

GUO, Y.; LIU, Y. Connecting regional landscapes by ecological networks in the Greater Pearl River Delta. **Landscape and Ecological Engineering**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 265-278, 2017.

GURRUTXAGA, M.; LOZANO, P. J.; DEL BARRIO, G. GIS-based approach for incorporating the connectivity of ecological networks into regional planning. **Journal for Nature Conservation**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 318-326, 2010.

HADDAD, N. M. *et al.* Potential negative ecological effects of corridors. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 28, n. 5, p. 1178-1187, 2014.

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 1-9, 2015.

HEPCAN, Ç. C.; ÖZKAN, M. B. Establishing ecological networks for habitat conservation in the case of Çeşme–Urla Peninsula, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 174, n. 1-4, p. 157-170, 2011.

HEPCAN, Ş.; HEPCAN, Ç. C.; BOUWMA, I.M.; JONGMAN, R.H.; ÖZKAN, M.B. Ecological networks as a new approach for nature conservation in Turkey: a case study of Izmir Province. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 90, n. 3-4, p. 143-154, 2009.

HONG, W.; GUO, R.; SU, M.; TANG, H.; CHEN, L.; HU, W. Sensitivity evaluation and land-use control of urban ecological corridors: A case study of Shenzhen, China. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 62, p. 316-325, 2017.

HOU, Q.; DU, Y.; DONG, W.; ZENG, Z.; ZHANG, L.; DUAN, Y.; HOU, X. Smart city oriented ecological corridor layout of Sanshui River Basin in arid area of Loess Plateau. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 44, p. 100993, 2021.

HUCK, M. *et al.* Habitat suitability, corridors and dispersal barriers for large carnivores in Poland. **Acta Theriologica**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 177-192, 2010.

IANNELLA, M.; CONSOLE, G.; CERASOLI, F.; SIMONE, W.; D'ALESSANDRO, P.; BIONDI, M. A step towards SDMs: a couple and weigh framework based on accessible data for biodiversity conservation and landscape planning. **Diversity and Distributions**, [s. l.], v. 27, n. 12, p. 2412-2427, 2021.

IUCN. **International Union for Conservation of Nature annual report 2019**. Gland: IUCN, 2020. Disponível em: <https://www.iucn.org/about/programme-work-and-reporting/annual-reports>. Acesso em: 28 jan. 2022.

JIN, X.; WEI, L.; WANG, Y.; LU, Y. Construction of ecological security pattern based on the importance of ecosystem service functions and ecological sensitivity assessment: a case study in Fengxian County of Jiangsu Province, China. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 563-590, 2020.

LEIBENATH, M.; BLUM, A.; STUTZRIEMER, S. Transboundary cooperation in establishing ecological networks: The case of Germany's external borders. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 94, n. 2, p. 84-93, 2010.

LI, S.; XIAO, W.; ZHAO, Y.; XU, J.; DA, H.; LV, X. Quantitative analysis of the ecological security pattern for regional sustainable development: case study of Chaohu Basin in Eastern China. **Journal of Urban Planning and Development**, [s. l.], v. 145, n. 3, p. 04019009, 2019.

LI, Y. Y.; ZHANG, Y. Z.; JIANG, Z. Y.; GUO, C. X.; ZHAO, M. Y.; YANG, Z. G.; GUO, M. Y.; WU, B. Y.; CHEN, Q. L. Integrating morphological spatial pattern analysis and the minimal cumulative resistance model to optimize urban ecological networks: a case study in Shenzhen City, China. **Ecol Process**, [s. l.], v. 10 n. 63, p. 63, 2021.

LIANG, J. *et al.* Integrating priority areas and ecological corridors into national network for conservation planning in China. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 626, p. 22-29, 2018.

LIU, S.; DENG, L.; DONG, S.; ZHAO, Q.; YANG, J.; WANG, C. Landscape connectivity dynamics based on network analysis in the Xishuangbanna Nature Reserve, China. **Acta Oecologica**, [s. l.], v. 55, p. 66-77, 2014.

LIU, S.; DONG, Y.; CHENG, F.; ZHANG, Y.; HOU, X.; DONG, S.; COXIXO, A. Effects of road network on Asian elephant habitat and connectivity between the nature reserves in Xishuangbanna, Southwest China. **Journal for Nature Conservation**, [s. l.], v. 38, p. 11-20, 2017.

LORO, M.; ORTEGA, E.; ARCE, R. M.; GENELETTI, D. Ecological connectivity analysis to reduce the barrier effect of roads. An innovative graph-theory approach to define wildlife corridors with multiple paths and without bottlenecks. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 139, p. 149-162, 2015.

LORO, M.; ORTEGA, E.; ARCE, R. M.; GENELETTI, D. Assessing landscape resistance to roe deer dispersal using fuzzy set theory and multicriteria analysis: a case study in Central Spain. **Landscape and Ecological Engineering**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 41-60, 2016.

LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; MARTINS, A. C. G.; SALES, J. C. A.; ROVEDA, S. R. M. M.; ROVEDA, J. A. F. Use of fuzzy systems in the elaboration of an anthropic pressure indicator to evaluate the remaining forest fragments. **Environmental Earth Sciences**, [s. l.], v. 74, n. 3, p. 2481-2488, 2015.

MARULLI, J.; MALLARACH, J. M. A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 71, n. 2-4, p. 243-262, 2005.

MONTIS, A. D. *et al.* Urban–rural ecological networks for landscape planning. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 50, p. 312-327, 2016.

MORANDI, D. T.; FRANÇA, L. C. J.; MENEZES, E. S.; MACHADO, E. L. M.; SILVA, M. D.; MUCIDA, D. P. Delimitation of ecological corridors between conservation units in the Brazilian Cerrado using a GIS and AHP approach. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 115, p. 106440, 2020.

NOR, A. N. M.; CORSTANJE, R.; HARRIS, J. A.; GRAFIUS, D. R.; SIRIWARDENA, G. M. Ecological connectivity networks in rapidly expanding cities. **Heliyon**, [s. l.], v. 3, n. 6, p. e00325, 2017.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. C. C.; SIMONETTI, V. C.; STROKA, E. A. B.; SABONARO, D. Z. Proposição de Corredor Ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 32, p. 61-71, 2016.

PIERIK, M. E.; DELL'ACQUA, M.; CONFALONIERI, R.; BOCCHI, S.; GOMARASCA, S. Designing ecological corridors in a fragmented landscape: A fuzzy approach to circuit connectivity analysis. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 67, p. 807-820, 2016.

PINO, J.; MARULL, J. Ecological networks: are they enough for connectivity conservation? A case study in the Barcelona Metropolitan Region (NE Spain). **Land Use Policy**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 684-690, 2012.

QI, J. J.; DAUVERGNE, P. China and the global politics of nature-based solutions. **Environmental Science & Policy**, [s. l.], v. 137, p. 1-11, 2022.

- ROY, A.; DEVI, B. S. S.; DEBNATH, B.; MURTHY, M. S. R. Geospatial modelling for identification of potential ecological corridors in Orissa. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 387-399, 2010.
- SAATY T. L. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1-35, 2004.
- SALVIANO, I. R.; GARDON, F. R.; SANTOS, R. F. Ecological corridors and landscape planning: a model to select priority areas for connectivity maintenance. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 36, p. 3311–3328, 2021.
- SANTOS, A. R.; ARAÚJO, E. F.; BARROS, Q. S.; FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; MOREIRA, T. R.; SOUZA, K. B.; SILVA, E. F.; SILVA, J. P. M.; SANTOS, J. S. Fuzzy concept applied in determining potential forest fragments for deployment of a network of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 115, p. 106423, 2020.
- SANTOS, J. S. *et al.* Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 88, p. 414-424, 2018.
- SAURA, S.; TORNÉ, J. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. **Environmental Modelling & Software**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 135-139, 2009.
- SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SIMONETTI, V. C.; TONIOLO, B. P.; SALES, J. C. A. LOURENÇO, R. W. Creation of an environmental sustainability index for water resources applied to watersheds. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 24, p. 1-21, 2022.
- SONG, W.; WU, C. Introduction to advancements of GIS in the new IT era. **Annals of GIS**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 1-4, 2021.
- SUNDSETH, K., CREED, P. **Natura 2000: Protecting Europe's Biodiversity**. Oxford: Information Press, 2008.
- TAKIKAWA, B. Y.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Proposta metodológica para elaboração de um indicador de fragilidade ambiental para fragmentos florestais. **Revista do Departamento de Geografia, São Paulo**, v. 41, p. e170587, 2021.
- TAPIA-ARMIJOS, M. F.; HOMEIER, J., ESPINOSA, C. I., LEUSCHNER, C.; DE LA CRUZ, M. Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. **PloS one**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. 1-18, 2015.
- TENG, M.; WU, C.; ZHOU, Z.; LORD, E.; ZHENG, Z. Multipurpose greenway planning for changing cities: A framework integrating priorities and a least-cost path model. **Landscape And Urban Planning**, [s. l.], v. 103, n. 1, p. 1-14, 2011.

TONG, H. L.; SHI, P. J. Using ecosystem service supply and ecosystem sensitivity to identify landscape ecology security patterns in the Lanzhou-Xining urban agglomeration, China. **Journal Of Mountain Science**, [s. l.], v. 17, n. 11, p. 2758-2773, 2020.

WANG, T.; LI, H.; HUANG, Y. The complex ecological network's resilience of the Wuhan metropolitan area. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 130, p. 108101, 2021.

WEI, W.; ZHAO, J.; WANG, X. F.; ZHOU, Z. Y.; LI, H. L. Landscape pattern MACRS analysis and the optimal utilization of Shiyang River Basin based on RS and GIS approach. **Acta Ecologica Sinica**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 216-221, 2009.

WU, J.; DELANG, C. O.; LI, Y.; YE, Q.; ZHOU, J.; LIU, H.; HE, H.; HE, W. Application of a combined model simulation to determine ecological corridors for western black-crested gibbons in the Hengduan Mountains, China. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 128, p. 107826, 2021.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 413-418, 1996.

YU, Q. *et al.* The optimization of urban ecological infrastructure network based on the changes of county landscape patterns: a typical case study of ecological fragile zone located at Deng Kou (Inner Mongolia). **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 163, p. S54-S67, 2017.

YUE, D.; WANG, J.; LIU, Y.; ZHANG, X.; LI, H.; WANG, J. Ecologically based landscape pattern optimization in northwest of Beijing. **Journal of Geographical Sciences**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 359-372, 2009.

ZHANG, L.; PENG, J.; LIU, Y.; WU, J. Coupling ecosystem services supply and human ecological demand to identify landscape ecological security pattern: A case study in Beijing–Tianjin–Hebei region, China. **Urban Ecosystems**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 701-714, 2017.

ZHANG, Z.; LIU, R.; WANG, G.; JIA, Z.; ZHOU, Y.; CAO, L.; ZHOU, S. The Construction of Ecological Network under the Stress of Road Landscape in Dafeng, A Coastal County in China. **Journal Of Coastal Research**, [s. l.], v. 91, n. 1, p. 276, Aug. 2019.

ZIÓŁKOWSKA, E.; OSTAPOWICZ, K.; KUEMMERLE, T.; PERZANOWSKI, K.; RADELOFF, V.C.; KOZAK, J. Potential habitat connectivity of European bison (*Bison bonasus*) in the Carpathians. **Biological conservation**, [s. l.], v. 146, n. 1, p. 188-196, 2012.

Submissão: 16/06/2022 • Aprovação: 24/05/2023