



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"



LandScapeCorridors: software para a modelagem de corredores ecológicos funcionais

John Wesley Ribeiro^{1,2}, Juliana Silveira dos Santos¹ e Milton Cezar Ribeiro¹

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Câmpus de Rio Claro
Departamento de Ecologia, Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC)

²Universidade Anhanguera – Câmpus de Rio Claro, Curso de Ciência da Computação
E-mail: jw.ribeiro.rc@gmail.com

Eixo: Número 3. **Título:** Novas tecnologias: perspectivas e desafios

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar um novo software que simula corredores ecológicos funcionais. O LandScape Corridors (LSCorridors) é um software gratuito desenvolvido na linguagem Python, baseado em algoritmos de menor custo e múltiplos caminhos para realizar a simulação de corredores. Diferente de outros softwares disponíveis atualmente o LS permite que sejam simulados corredores em grandes áreas e que sejam realizadas inúmeras simulações simultâneas. Ainda, como principal inovação o software permite que sejam consideradas nas simulações as características das espécies e os padrões da paisagem. Como resultados o LS disponibiliza mapas que podem ser utilizados para estabelecer zonas para a conservação da biodiversidade ou auxiliar na definição de áreas prioritárias para projetos de restauração.

Palavras Chave: algoritmo de múltiplos caminhos, padrões da paisagem, conectividade.

Abstract

The goal of this work is to show a new package for simulating ecological corridors. LandScape Corridors (LSCorridors) is a free package generated in Python library, based in least-cost and multiple paths algorithms. The package is not similar with others package available, because allows simulations in great areas and hundred simultaneous simulations. Besides, as main innovations is possible to use informations as species requirements and landscape patterns for simulations. As a results the LS offers maps that can be used to establish biodiversity conservation areas or defining priority areas for restoration process.

Keywords: multiple paths algorithm, landscape patterns, connectivity.

Introdução

Os corredores ecológicos são vistos como uma alternativa para aumentar a conectividade das áreas de floresta, isto porque podem aumentar o deslocamento e ainda servir como fonte de recurso

para algumas espécies na paisagem (Orrock & Danielson, 2005; Damschen et al. 2006). Entretanto, para garantir a eficiência dos corredores é importante que sejam considerados alguns critérios como: a qualidade dos corredores, a paisagem de



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROGAMA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

entorno e como as espécies respondem a essas estruturas na paisagem (Tischendorf & Fahrig, 2000). Corredores inseridos em ambientes impermeáveis, onde se tem o predomínio de áreas com alto contraste com as áreas de florestas ou ainda isolados na paisagem podem não favorecer a conectividade e acabar inviabilizando a permanência de algumas populações (Rosemberg et al, 1997). Desta forma, devido a importância dos corredores, principalmente em áreas com predomínio de atividades agrícolas é necessário que os corredores sejam bem planejados e que assim, possam desempenhar algum papel ecológico na paisagem.

Uma das principais lacunas atualmente é que faltam softwares que simulem corredores ecológicos considerando a paisagem de entorno, i.e., qualidade das áreas, os requerimentos das espécies, i.e., tolerância a alterações antropogênicas e que permitam um grande número de simulação em áreas extensas. Isto por que cada vez mais tem-se a necessidade de incluir informações reais das espécies e dos padrões das paisagens nas simulações a fim de gerar resultados que possam ajudar a definir estratégias para a conservação da biodiversidade, assim como, auxiliar no desenvolvimento de projetos de restauração que vêm sendo cada vez mais necessários, principalmente em larga escala.

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um software - LandScape Corridors (LSCorridors) para a modelagem de corredores ecológicos funcionais que serve para traçar rotas de deslocamento de espécies.

- Disponibilizar um software livre que permita a modelagem de corredores em áreas extensas e um grande número de simulações simultâneas;
- Permitir que sejam inseridas informações como características das espécies pelo usuário tornando as simulações mais realistas;
- Permitir que o usuário use paisagens reais para a simulação e que sejam observados os padrões da paisagem para simular os corredores.

Material e Métodos

O LSCorridors é um software livre (Figura 1) que foi desenvolvido na linguagem *Python* e funciona a partir da *Graphical User Interface* (GUI). O software é executado a partir do *console* do Sistema de Informação Geográfica (SIG) - GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) que também é

utilizado para carregar e armazenar os dados (Neteler et al. 2012).

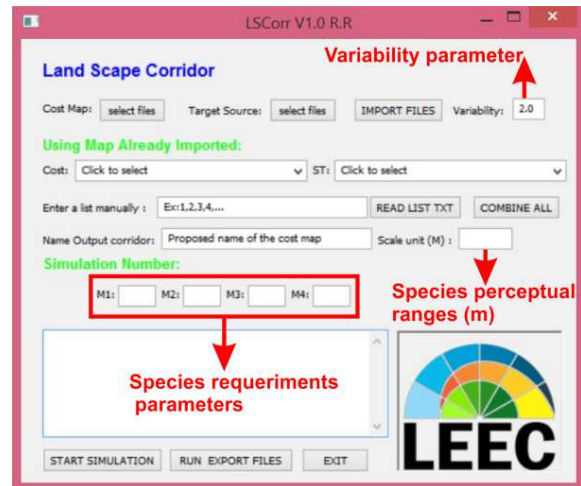


Figura 1. Layout do software LSCorridors que é utilizado para a modelagem de corredores ecológicos funcionais e que serve para análises de ecologia da paisagem.

Dados de entrada do LSCorridors

Para gerar as simulações no LSCorridors o usuário necessita de dois mapas base. O primeiro é denominado de mapa de superfície de resistência e o segundo de mapa *source-target*. A superfície de resistência pode ser um mapa de classificação do uso e cobertura da terra, ou ainda, outros tipos de mapas como mapas de relevo na qual o usuário atribui valores de resistência para as classes do mapa de acordo com as características da espécie, para a qual serão simulados os corredores (Adriassen et al. 2003; Rayfield et al. 2010).

Por exemplo, o mapa pode ter as classes: floresta, cana-de-açúcar, eucalipto, pastagem e citrus, para uma espécie que prefira apenas se locomover na paisagem a partir de áreas com estrutura florestal como as áreas de floresta, eucalipto e citrus, essas áreas devem ter valores mais baixos de resistência, ou seja, 1, 2, 3. As classes cana-de-açúcar e pastagem devem ter valores mais altos na superfície de resistência, como 30 e 50. Desta forma, nesta superfície as regiões com valores mais altos são reconhecidas como barreiras e têm uma menor probabilidade de abrigar rotas de corredores. O mapa *source-target* refere-se às áreas que serão ligadas pelo corredor simulado. Geralmente consideram-se áreas grandes de floresta para serem conectadas. Sendo que para serem reconhecidas como *source-target* no LSCorridors



essas áreas tem que ter uma identificação única (ID) sem repetição.

Algoritmos utilizados pelo LSCorridors

Para simular corredores o LSCorridors utiliza como base dois algoritmos: o algoritmo de menor custo e o algoritmo de múltiplos caminhos (Adriassen et al. 2003; Pinto et al., 2012). O algoritmo de menor custo seleciona na superfície de resistência os valores mais baixos e que são ideais para definir uma rota de corredor, considerando que essas áreas facilitam o deslocamento das espécies em uma determinada região (Figura 2).

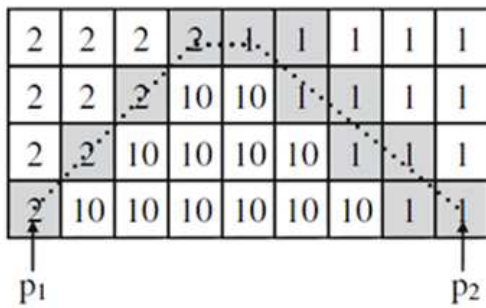


Figura 2. Ilustração dos resultados do algoritmo de menor custo. As áreas do mapa (superfície de resistência) na cor cinza são as áreas que têm os menores valores e, portanto, correspondem as áreas de menor resistência e que são potenciais para abrigar um corredor.

Ainda, o algoritmo de múltiplos caminhos permite que não seja simulado apenas um único corredor a cada simulação (Figura 3).

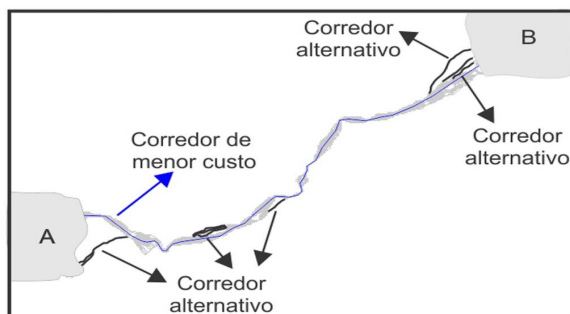


Figura 3. Ilustração dos resultados do algoritmo de múltiplos caminhos, A e B são as áreas que serão ligadas pelo corredor (source-target), a rota na cor azul é a rota de menor resistência e as rotas na cor

preta são as rotas alternativas de menor resistência (múltiplos caminhos).

O objetivo desta abordagem é que seja atribuída maior realidade aos resultados, considerando que nenhuma espécie se desloca apenas por um único caminho e acaba optando por rotas alternativas de menor resistência para se movimentar.

Com base nestes algoritmos, o LSCorridors baseia suas simulações considerando os seguintes critérios: i) a partir do LSCorridors nenhuma simulação começa a partir do mesmo ponto da área source-target. Assim, a cada simulação de um par de corredor é sorteado um ponto aleatório dentro destas áreas source-target (Figura 4).

Esse método além de gerar maior variabilidade nas simulações, permite que sejam consideradas características das espécies, tendo em vista que as espécies não partem do mesmo ponto da área de floresta para procurar outra área mais próxima.

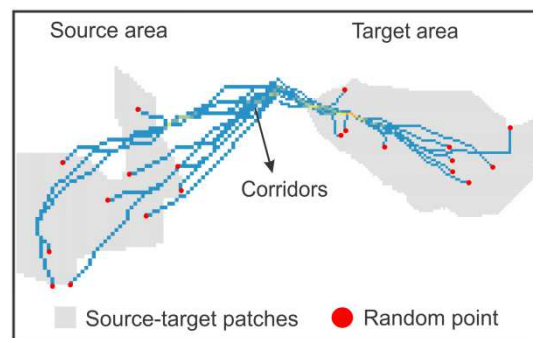


Figura 4. Ilustração das mudanças realizadas no algoritmo de múltiplos caminhos, buscando atribuir maior variabilidade nas simulações. Cada ponto corresponde a uma simulação, neste caso foram realizadas 10 simulações, assim o total de "random points" é 10.

ii) O algoritmo de menor custo do LSCorridors, simula os corredores em 4 etapas e considera 4 métodos diferentes para as simulações. O primeiro deles e também o mais simples é o método M1 que será descrito a seguir:

- É gerado um mapa de superfície de resistência com valores aleatórios que variam de 0 a 1;
- Multiplica-se esse mapa aleatório por um parâmetro de variabilidade;
- Soma-se 1 a esse mapa;
- Na sequência multiplica-se esse mapa pelo mapa de superfície de resistência que é disponibilizado pelo usuário.



O valor do parâmetro de variabilidade utilizado como *default* pelo LS é 2.0 e serve para atribuir maior variabilidade as rotas de corredores. Desta forma, se o usuário quiser traçar rotas de corredores espacialmente diferentes deve informar valores maiores que 2.0 e diferentes de zero. Essas operações são realizadas para considerar as variações dos valores atribuídos aos pixels do mapa da superfície de resistência, onde valores mais baixos são áreas com maior probabilidade e valores mais altos são áreas com menor probabilidade de rotas de corredores. Os métodos M2, M3 e M4 são outras opções de simulações de corredores. Nestes métodos são realizados os mesmos passos do método M1, entretanto, não é utilizada a superfície de resistência informada pelo usuário como base. Nestes métodos a superfície de resistência é alterada, na qual são calculadas algumas métricas a partir deste mapa.

Para calcular essas métricas o LS disponibiliza o parâmetro "scale" que deve ser informado pelo usuário, e que, permite a simulação a partir dos métodos M2, M3 e M4. Recomenda-se que esse valor seja atribuído de acordo com a capacidade de deslocamento da espécie. Desta forma, o LS transforma esse valor em uma janela com tamanho referente a número de pixels e são calculados dentro desta janela os valores de moda, máximo e média da superfície de resistência, respectivamente que equivalem aos métodos M2, M3 e M4.

A partir destas operações foi incluída maior variabilidade nas rotas e os usuários podem definir se desejam gerar rotas mais ou menos restritivas dependendo do perfil da espécie. Rotas de corredores originárias do método M3 que usa o valor máximo dos pixels dentro do tamanho de janela estabelecido gera como resultados rotas restritivas de corredores onde dependendo da paisagem e da espécie escolhida, a área potencial de uso e de percepção da espécie terá valores altos na nova superfície de resistência e provavelmente as rotas escolhidas serão as áreas com o valor mínimo definido a partir dos valores mais altos da superfície de resistência.

A partir destes métodos foram incluídos nas análises mapas funcionais, uma vez que, o usuário pode definir algumas características das espécies para gerar novos mapas com diferentes níveis de permeabilidade e de heterogeneidade a partir dos padrões da paisagem original.

Além disso, nestas novas abordagens foi evidenciada a capacidade de percepção da paisagem pela espécie, uma vez que, várias espécies percebem a paisagem circundante e tem

diferentes respostas as condições do habitat, não considerando somente a área de menor resistência adjacente para se deslocar na paisagem, características que são intrínsecas as espécies e essenciais para determinar a dinâmica das populações (Ye et al., 2014).

Dados de saída do LSCorridors

Como *output* o LS disponibiliza arquivos no formato ".txt" na qual são correspondentes ao número de simulações realizadas e quantos pares de corredores foram simulados. Desta forma, se o usuário tem 5 áreas *source-target* e definiu 100 simulações para cada par, o LS calcula quantas combinações são possíveis entre esses pares, neste caso 15 pares de simulações e disponibiliza 15 arquivos ".txt", sendo que em cada arquivo tem o mesmo par de *source-target* simulado 100 vezes. Ainda nestes arquivos o LS disponibiliza qual método (M1, M2, M3 ou M4) o usuário escolheu para realizar as simulações, o número de simulações e medidas que são denominadas de distância euclidiana, custo e comprimento do vetor (Figura 5).

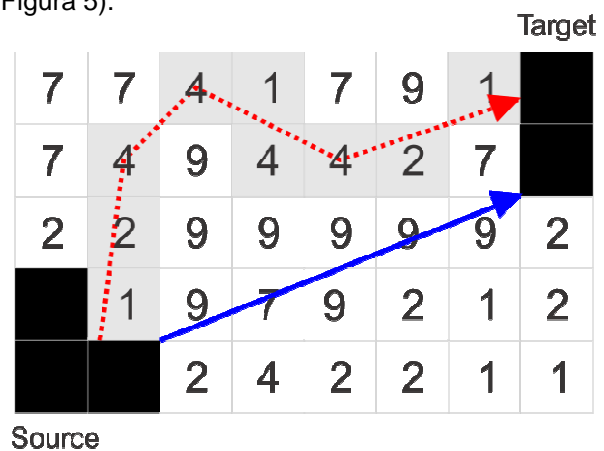


Figura 5. Ilustração dos resultados que são disponibilizados pelo LS e que podem ser utilizados para calcular métricas como a conectividade da paisagem. Os valores representam a superfície de resistência, a linha azul representa a medida de distância euclidiana que é realizada para cada par de *source-target*. A linha vermelha é o comprimento do vetor que corresponde ao comprimento da rota de menor resistência de acordo com as características biológicas das espécies. Na maioria das vezes o comprimento do vetor é maior que a distância euclidiana, pois representa a menor resistência de acordo com as características da espécie e não a menor distância geográfica que corresponde a distância euclidiana. As áreas em



cinza são os valores do custo que representam os valores dos pixels do mapa na qual o comprimento do vetor foi simulado.

Além destas medidas o LSCorridors disponibiliza mapas no formato ".tiff" para cada rota de menor custo simulada para cada par de source-target. Como mapa final, gera um mapa referente a soma de todas as simulações realizadas para cada par e também a soma de todos os pares de source-target para a região onde os corredores foram simulados. A partir deste mapa é gerado o *Route Selection Frequency Index* (RSFI) que corresponde ao número de vezes em que cada parte do mapa foi escolhida como rota de menor resistência. Os valores deste índice variam de acordo com o número de simulações definido pelo usuário, para 100 simulações as áreas que tiveram na soma esse total, correspondem as áreas com maior probabilidade de abrigar corredores.

A grande vantagem neste processo é que o LS não disponibiliza como resultados apenas estruturas lineares em uma paisagem, na qual muitos softwares denominam de corredores ecológicos. A partir dos resultados do LS o usuário tem acesso a zonas permeáveis na paisagem e que podem ser utilizadas como critério para definir áreas para a conservação.

Resultados e Discussão

Para demonstrar as aplicações do LSCorridors foram simulados corredores ecológicos em uma paisagem de 20 x 20 km localizada na Mata Atlântica do Estado de São Paulo. Essa paisagem é degradada e apresenta predominantemente a ocupação por cana-de-açúcar e áreas de pastagem. A simulação foi realizada para um grupo de pequenos mamíferos, basicamente roedores que tem como característica viver especificamente em áreas de floresta e uma maior afinidade com culturas agrícolas que também tem a estrutura florestal.

As simulações foram realizadas para 5 source-target, onde foram simulados 15 pares de combinações e para cada par 100 simulações. Na sequência foram comparados os valores de custo e do comprimento do vetor para cada par de simulação para os diferentes métodos. Os resultados demonstram que os métodos geraram rotas de corredores espacialmente distintas.

Para essas análises os métodos M1 e M2 geraram rotas mais parecidas e são os mais adequados para simular corredores para espécies mais sensíveis e que toleram apenas se deslocar em áreas de

floresta nativa ou em algumas culturas agrícolas com estrutura parecida. O método M3 e M4 geraram rotas espacialmente distintas dos dois primeiros métodos, sendo que principalmente o método M3 buscou rotas diferentes por que a paisagem tinha poucas áreas de floresta nativa. Entretanto, os resultados variam de acordo com as características das espécies e da paisagem (Figura 6).

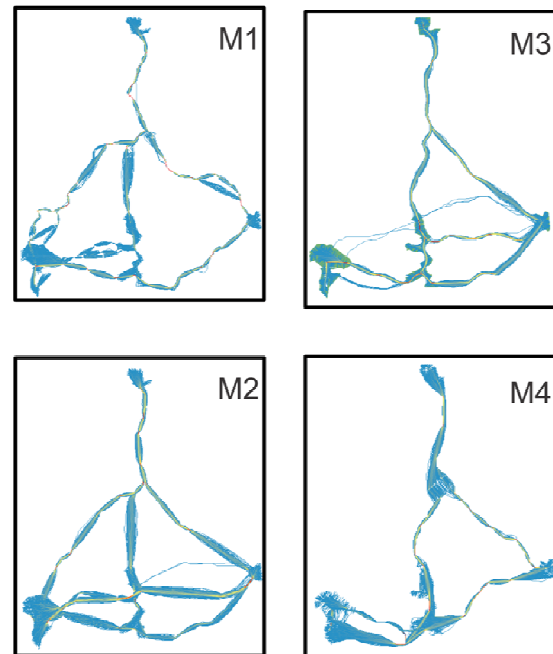


Figura 6. Resultados da simulação de corredores obtidos a partir do LSCorridors. Os diferentes métodos geram rotas espacialmente distintas.

A partir das simulações do LS e com os resultados disponibilizados pelo RSFI foram obtidos resultados como zonas potenciais para estabelecer a conservação da biodiversidade ou ainda aplicações como rotas potenciais de restauração na paisagem analisada (Figura 7).

O LSCorridors está disponível para download gratuito no site: www.leec.eco.br/software/lscorr. Junto com o arquivo executável do software podem ser obtidos o tutorial e o banco de dados demonstrativo para executar o software.

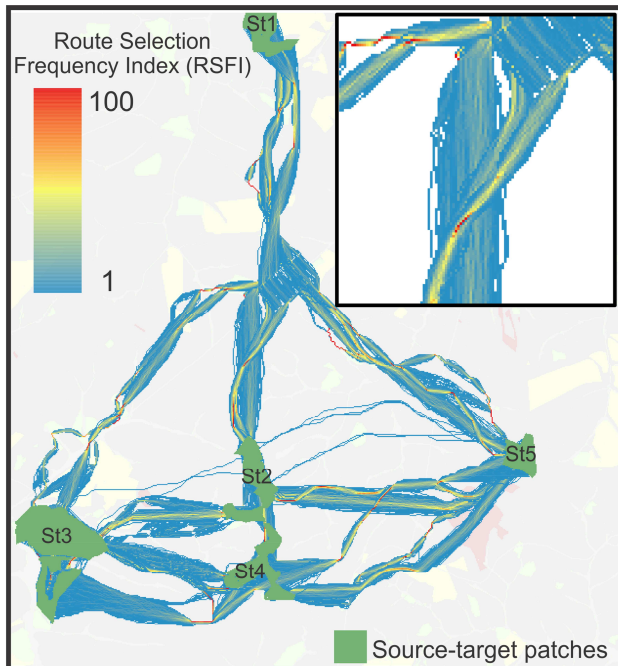


Figura 7. Resultados disponibilizados pelo LSCorridors que permitem obter zonas potenciais de rotas de espécies e que podem ser definidas como áreas prioritárias para conservação.

Conclusões

O LSCorridors é um software livre que permite a simulação em grandes áreas e também realizar centenas de simulações. O software incluiu melhorias e inovações nos algoritmos de menor custo e múltiplos caminhos, permitindo considerar informações das espécies e dos padrões da paisagem, deixando as simulações mais realistas. Caracterizando-se como uma ferramenta potencial

para realizar análises ecológicas e, consequentemente descrever processos ecológicos.

Agradecimentos

À Fapesp pelo financiamento do trabalho projeto 2013/50421-2 e a Microsoft Azure Cloud Computing for Research por disponibilizar ferramentas que permitiram testar o uso do software. Juliana Silveira dos Santos recebeu bolsa de pós-doutorado do CNPq para colaborar com o trabalho. Os autores agradecem aos membros do Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC) pelas ideias ao longo do desenvolvimento do software e pela colaboração nos testes e divulgação.

- ADRIASEN, F.; CHARDON, J. P.; DE BLUST, G.; SWINEM, E.; VILLALBA, S.; GULINK, H.; MATTHYSEN. The application of "least-cost" modelling as a function landscape model. **Landscape and Urban Planning**, v. 64, p. 233-247, 2003.
- DAMSCHEIN, E.I.; HADDAD, N.M.; ORROCK, J.L.; TEWKSBURY, J.J.; LEVEY, D. J. Corridors increase plant species richness at large scales. **Science**, v. 313, p. 1284-1286, 2006.
- ORROCK, J.L., DANIELSON, B. J. Patch shape, connectivity, and foraging by oldfield mice (*Peromyscus Polionotus*). **Journal of Mammalogy**, v. 86, p. 569-575, 2005.
- PINTO, N., KEITT, T.H., WAINRIGHT, M. (2012) Loracs: java software for modeling landscape connectivity and matrix permeability. **Ecography**, 35, 388-392
- RAYFIELD, B.; FORTIN, M.-J.; FALL, A. The sensitivity of least-cost habitat graphs to relative cost surface values. **Landscape Ecology**, v. 25, p. 519-532. DOI 10.1007/s10980-009-9436-7, 2010.
- ROSENBERG, D. K., NOON, B. R., MESLOW, C. Biological corridors: form, function, and efficacy. **BioScience**, v. 47, p. 677-687, 1997.
- TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the usage measurement of landscape connectivity. Copenhagen, **OIKOS**, v. 90, p. 7-19, 2000. ISSN: 0030-1299.
- YE, X., SKIDMORE, A.K. & WANG, T. (2014) Joint Effects of Habitat Heterogeneity and Species' Life-History Traits on Population Dynamics in SpatiallyStructuredLandscapes. **Plos one**, 9, 1-10.