

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

CONSERVAÇÃO DE POPULAÇÕES DE *Dalbergia nigra* (Vell.) NO ESPÍRITO SANTO ATRAVÉS DE MODELOS DE RESISTÊNCIA

Marcela Lamas Cosenza, Lara Rodrigues de Andrade, Herval Vieira Pinto Junior, Miriam Cristina Alvarez Pereira.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde (CCENS), Alto Universitário, s/nº, Guararema -29500-000 – Alegre -ES, Brasil, marcelacosenza.99@gmail.com, laraandrade13@outlook.com.

Resumo

A expansão da ocupação antrópica possui como impasse a fragmentação de habitats naturais, dito isso, o bioma Mata Atlântica perdeu 70% de seu território original e combinado com a forte exploração guiada pelo interesse econômico muitas das espécies endêmicas encontram-se ameaçadas de extinção. A *Dalbergia nigra* sofreu perda de diversidade genética e suas populações estão isoladas em fragmentos, o que garante sua colocação na lista de espécies ameaçadas. O Espírito Santo possui uma vasta área de ocorrência natural de *D. nigra* e através de dados do uso de solo combinados com os valores de diversidade genética é possível analisar os efeitos da fragmentação nessas populações e desvendar um caminho para a possível implementação de um corredor ecológico de acordo com a teoria de circuitos elétrico de McRae et al. (2008). Os corredores ecológicos podem aumentar a conectividade entre as populações isoladas e manter o fluxo gênico entre elas, assim, aumentando a diversidade genética e mantendo a funcionalidade das populações. Além disso, as análises genéticas combinadas com as de paisagem podem auxiliar na escolha de áreas prioritárias para a conservação.

Palavras-chave: Conservação. Diversidade genética. Modelos de resistência. Corredores Ecológicos.

Área do Conhecimento: Ecologia.

Introdução

O bioma da Mata Atlântica possui um longo histórico de exploração por recursos que em conjunto com mudanças no uso da paisagem resultam em altas taxas de extinção (SANTO; SILVA, 2016). Considerado um *hotspot* de diversidade, o bioma conta com apenas 12,4% de seu território original de vegetação nativa (RIBEIRO et al., 2009). A *Dalbergia nigra*, endêmica da Mata Atlântica e popularmente conhecida como Jacarandá-da-Bahia, se encontra na lista extensa de espécies ameaçadas (Figura 1). Uma espécie florestal pertencente a família Fabaceae, com altura variando entre 15 e 20 metros e um tronco de 40 a 80 cm de diâmetro (CARVALHO et al., 1994). As populações de *D. nigra* sofreram uma forte exploração por conta da qualidade de sua madeira, e consequente corte seletivo de indivíduos de grande porte (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Figura 1 - *Dalbergia nigra*.



Fonte: Adelson Lemes (2022).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

A forte exploração somada a grande perda de habitat e fragmentação do bioma da Mata Atlântica causou impacto notável nas populações remanescentes, que atualmente encontram-se isoladas e apresentam perda significativa de diversidade (DA SILVA JÚNIOR et al., 2022). No Espírito Santo, a espécie encontra-se distribuída em populações fragmentadas ao decorrer de todo o Estado, principalmente em áreas destinadas a conservação (DA SILVA JÚNIOR et al., 2022).

Muitos estudos focados em biologia da conservação procuram mitigar os efeitos da fragmentação e isolamento das populações, principalmente desenvolvendo formas de elevar a diversidade genética e impedir a extinção. Os corredores ecológicos podem fornecer o requerimento básico para a persistência de qualquer população: o fluxo gênico (RABINOWITZ, 2010). Através da implementação de corredores é possível manter a troca genética entre populações anteriormente isoladas, dessa forma, elevando a diversidade genética dos fragmentos.

Atualmente, com o uso da paisagem influenciado por ações antrópicas é raro encontrar grandes extensões de florestas, que são os maiores depósitos de biodiversidade. Por isso é de extrema importância que os fragmentos remanescentes sejam conservados pois contém amostras da biodiversidade como um todo e podem contribuir para que não sejam perdidas. Com base em dados de diversidade genética da literatura em junção com a teoria de circuitos elétricos de McRae et al. (2008) é possível inferir o melhor caminho para conectar as populações isoladas e testar qual o efeito do isolamento nestas populações.

Metodologia

Os dados de uso de solo foram extraídos da plataforma de dados do Projeto Mapbiomas v.6.0 (PROJETO MAPBIOMAS, 2022) com uma delimitação ao estado do Espírito Santo. As classes de uso do solo presentes na plataforma foram reagrupadas conforme a semelhança de resistência da paisagem. Baseado na teoria de circuitos elétricos (McRAE et al., 2008), os dados de uso do solo foram reclassificados conforme sua resistência associada a paisagem. Os valores utilizados variaram entre 1 e 100 ou entre 100 e 1000, onde os menores valores de resistência representam baixa resistência de deslocamento dentro da paisagem, enquanto valores maiores indicam elevada resistência ao deslocamento na paisagem. Dessa forma, foram construídos cinco modelos hipotéticos de resistência da paisagem.

Os mapas gerados para cada modelo foram utilizados como entrada no plugin *Linkage Mapper* do software ArcGIS (McRAE et al., 2014) para calcular a distância de resistência entre cada população e consequentemente gerar cinco modelos de resistência. Esses modelos representam a resistência exercida pela paisagem à dispersão de *D. nigra*, onde o custo de deslocamento através das células é afetado pelo valor da resistência atribuída ao pixel (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2020).

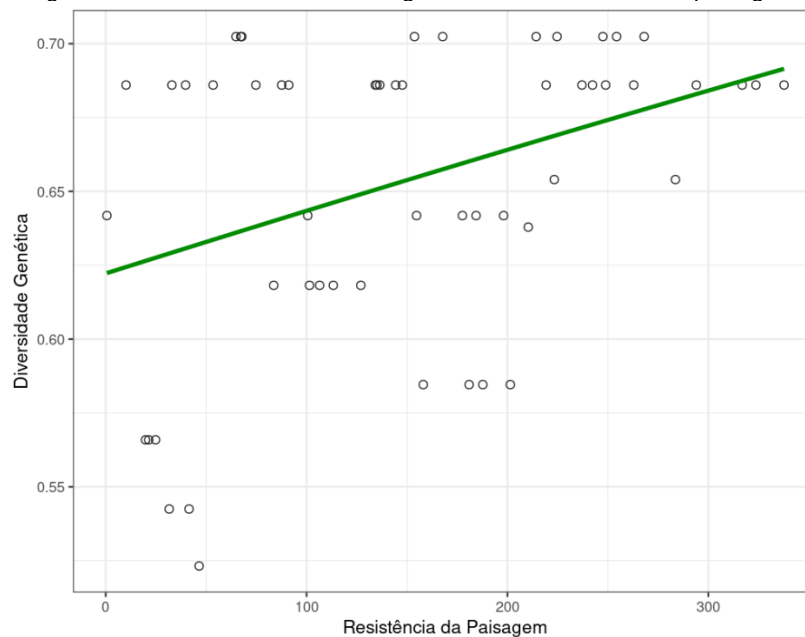
Foram realizadas análises de regressões beta entre as distâncias de resistência par-a-par das populações de *D. nigra* e sua diversidade genética através da função *betareg* (CRIBARI; ZEILEIS, 2010) para testar o efeito da resistência da paisagem na diversidade genética de *D. nigra*. A diversidade genética entre as populações de *D. nigra* foi extraída de Da Silva Júnior et al. (2022). O melhor modelo de resistência da paisagem foi selecionado através do Critério de Informação Akaike (AIC), onde modelos com $\Delta AIC < 2$ são considerados bem explicativos e igualmente plausível de ser selecionado (BURNHAM et al., 2010). Todas as análises foram executadas no software estatístico R (R CORE TEAM, 2022).

Resultados

Dentre os cinco modelos de resistência da paisagem, todos os modelos apresentaram significância estatística ($p > 0.05$) em relação às regressões entre a distância de resistência e a diversidade genética, ou seja, em todos os modelos hipotéticos a resistência da paisagem aumenta a diversidade genética entre as populações de *D. nigra*. Dentre esses modelos, dois apresentaram $\Delta AIC < 2$: o modelo 3 ($\Delta AIC = 0$) e o modelo 5 ($\Delta AIC = 0.33$), dessa forma escolhemos o modelo 3 como tendo o melhor ajuste igualmente parcimonioso (Figura 2).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

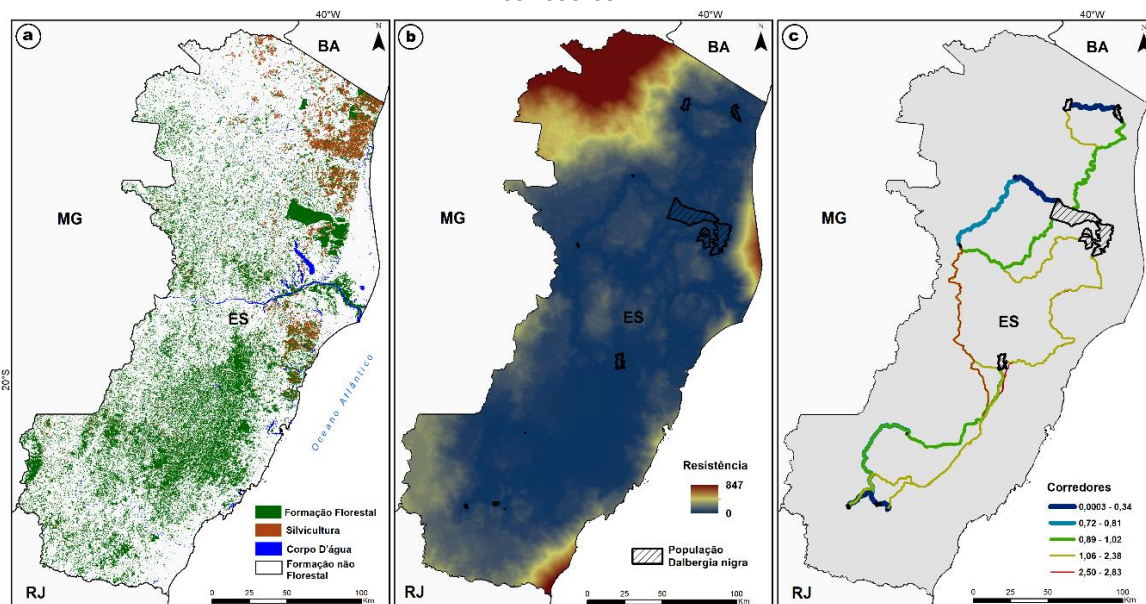
Figura 2 - Regressão beta entre a diversidade genética e a resistência da paisagem (modelo 3).



Fonte: Autora.

A partir da escolha do modelo foi possível plotar o mapa conectando as populações de *D. nigra* (Figura 3). Os corredores de maior espessura representam uma maior resistência para conectar as populações, e os mais finos com as cores alaranjadas representam resistências menores.

Figura 3 - (A) Valores de resistência nos principais usos do solo do Espírito Santo. (B) Mapa de temperatura da resistência das paisagens do Espírito Santo. (C) Populações de *D. nigra* interligadas pelos possíveis corredores.



Fonte: A autora.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

Os diferentes usos da paisagem possuem diferentes valores de resistência, quanto mais dificuldade as paisagens apresentam para a troca genética entre populações ou para sua dispersão, maiores serão os valores de resistência. No Espírito Santo, a resistência se apresenta de maneira recorrente em áreas urbanizadas e em áreas destinadas para a agropecuária. Outras áreas são resistentes apenas por não serem o habitat ideal para o desenvolvimento da *D. nigra*, que possui desenvolvimento restrito à Mata Atlântica (DA SILVA JÚNIOR et al., 2022). Como as populações da espécie se encontram em áreas de reservas naturais e protegidas é pouco provável a possibilidade de aumentar a extensão dessas áreas, por isso a conexão se torna importante.

O centro do Espírito Santo possui muitos fragmentos que podem auxiliar esta conectividade. De acordo com os dados de diversidade genética, disponibilizados por Da Silva Júnior et al. (2022), os fragmentos maiores demonstram menos os efeitos negativos do isolamento. A fragmentação pode levar a uma diminuição da capacidade de uma população ser funcional (SANTO SILVA et al., 2016). Os níveis de deriva genética e endogamia atuam drasticamente em populações menores e mais isoladas, podendo causar um efeito irreversível na diversidade da espécie e no estabelecimento das populações. Os fragmentos menores são os mais afetados por estes fatores, correndo um maior risco de extinção que as populações encontradas em fragmentos maiores (RIBEIRO et al., 2009).

Estes pequenos fragmentos, muitas vezes negligenciados, podem conter uma diversidade genética satisfatória e contribuir para a conservação da população como um todo (MARTINS et al., 2016). Segundo Ribeiro et al. (2019) através dos fragmentos menores é possível reduzir o isolamento espacial entre os fragmentos maiores, uma função denominada de *stepping stones*, em vista disso, as prioridades para conservação não devem ser medidas apenas pelo tamanho das populações, e os resultados deste projeto podem auxiliar a priorizar unidades que se mantenham funcionais através da conectividade.

O corredor ecológico também é uma plataforma de movimento para outras espécies se beneficiarem (RABINOWITZ; ZELLER, 2010). Os dispersores das espécies vegetais têm a possibilidade de melhorar sua dinâmica populacional em consequência da conexão das populações florestais. A conservação das espécies endêmicas da Mata Atlântica é um grande passo para a manutenção da biodiversidade deste bioma de tamanha importância.

Conclusão

A escolha do modelo foi o primeiro passo para implementar o corredor ecológico e mitigar os efeitos da fragmentação das populações de *D. nigra* no Espírito Santo, mostrando quais são os prováveis melhores caminhos.

Referências

- CARVALHO, P. E. R. et al. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. **Colombo**: EMBRAPA-CNPQ, 1994.
- CRIBARI-NETO, F; ZEILEIS, A. Beta Regression in R. **Journal of Statistical Software** 34: 1-24. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v034.i02>. 2010.
- DA SILVA JÚNIOR, Adelson Lemes et al. Molecular markers applied to the genetic characterization of *Dalbergia nigra*: implications for conservation and management. **Trees**, p. 1-19, 2022.
- MARTINELLI, G; MORAES, MA. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, 1100p.
- McRAE, BH; DICKSON, BG; KEITT, TH; SHAH, VB. Using circuit theory to model connectivity in ecology and conservation. **Ecology** 10: 2712-2724. <https://doi.org/10.1890/07-1861.1>. 2008.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

McRAE, B; SHAH, V; MOHAPATRA, T. **Linkage Mapper**. Circuitscape. URL /linkage-mapper/ (accessed 9.18.20). 2014.

OLIVEIRA-JÚNIOR, ND et al. Prioritizing landscape connectivity of a tropical forest biodiversity hotspot in global change scenario. **Forest Ecology and Management** 472. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118247>.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção v.6.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, acessado em 15/08/2022 através do link: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lcu/coverage/brasil_coverage_2022.tif.

RABINOWITZ, Alan; ZELLER, Kathy A. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological conservation*, v. 143, n. 4, p. 939-945, 2010.

R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SANTO-SILVA, Edgar E. et al. Habitat fragmentation and the future structure of tree assemblages in a fragmented Atlantic forest landscape. **Plant ecology**, v. 217, p. 1129-1140, 2016.