



Sensibilidade e elasticidade em modelos matriciais - Roteiro Google Sheets

Um instrumento importante nas análises de modelos populacionais matriciais é entender como as probabilidades de transição e permanência de cada classe afetam o crescimento da população. As quantidades que expressam isso são chamadas sensibilidade e elasticidade. São ferramentas poderosas tanto para o entendimento de diferentes estratégias de história de vida quanto para o manejo de populações ameaçadas, ou mesmo para o seu uso sustentável.

Sensibilidade e elasticidade referem-se à importância relativa de cada transição (i.e. cada seta no diagrama de ciclo de vida, ou cada elemento na matriz de Leslie ou de Lefkovitch) na determinação do λ . Ambas combinam informações de estrutura de estágio estável e dos valores reprodutivos.

- Sensibilidade: representa a contribuição direta de cada transição no λ .
- Elasticidade: é a sensibilidade ponderada pelas probabilidades de transição. Corresponde ao ajuste das sensibilidades de maneira a levar em conta as magnitudes relativas dos elementos de transição.

Neste exercício vamos utilizar um método numérico de perturbação da matriz de transição para o cálculo da contribuição para a taxa de crescimento de cada probabilidade na matriz. Basicamente, o que faremos é variar um pouco cada um dos valores da matriz de transição de cada vez e ver como a taxa de crescimento assintótica (λ) se modifica. Esse método é chamado por alguns autores de “*the easy brute force method*”. Existem métodos mais robustos e com respostas mais exatas, mas os cálculos são mais complexos e menos intuitivos (veja seção “[para saber mais](#)”).

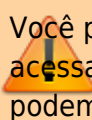
Vamos aplicar as perturbações às mesmas matrizes usadas no roteiro de [introdução aos modelos populacionais matriciais](#). São os dados reais da população de palmito jussara na parcela permanente da Ilha do Cardoso.

Elasticidade e Sensibilidade da população de Palmito

Abrindo a planilha

Para abrir a planilha “**euterpe_elasticidade_2021**” que está em formato Google Sheets no Google Drive da disciplina, clique no link abaixo com o botão direito do mouse e escolha a opção “Abrir link em nova aba”:

[euterpe_elasticidade_2021](#)

 Você precisa estar conectado ao seu e-mail¹⁾ para conseguir acessar a pasta. Somente pessoas com e-mails autorizados podem acessar.

Siga os passos indicados abaixo:

1. Abra o arquivo **euterpe_elasticidade_2021** (**Importante: não modifique nada nesse arquivo!! Ele será usado por todas as outras pessoas**)
2. Vá para o menu “Arquivo” > selecione a opção “Fazer uma cópia”
3. Na caixa de “Nome do arquivo” mantenha o trecho “euterpe_elasticidade_2021” no nome e adicione seu nome ao final
4. Na caixa “Pasta”, localize a pasta “Resultados_Estudantes_2021” e salve esse arquivo dentro dessa pasta²⁾
5. Nesse arquivo com o seu nome você poderá fazer o exercício indicado abaixo
6. Ao finalizar as atividades do exercício, renomeie o arquivo para “euterpe_elasticidade_2021_SeuNome_**finalizado**”
7. Caso queira ficar com uma cópia para consultar depois, faça o download desse arquivo finalizado para o seu computador

Entendendo a planilha e calculando Sensibilidade e Elasticidade

- **1.** Na planilha temos no início a matriz de transição original. Para ter certeza que está visualizando essa matriz, role a tela até a célula A1 da planilha. Logo abaixo temos a “matriz para projeção da população e cálculo do lambda”, na qual todo o procedimento utilizado para calcular a taxa de crescimento (λ) a partir da projeção da população já está implementado.
- **2.** Na “Matriz para projeção da população e cálculo do lambda”, produza uma pequena perturbação (no valor de 0,001) na probabilidade de permanência na classe Jovens 1 (célula C13). Ou seja, modifique o valor da célula adicionando 0,001. Vamos chamar esse valor perturbado de $P_{\text{pert}(1,1)}$. Chamaremos o valor original de $P_{\text{orig}(1,1)}$. Note que ao modificar o valor dessa célula, os valores de projeção irão mudar.
- **3.** Na linha 17 da planilha, na parte marcada em **amarelo**, verifique se ocorre uma estabilização do valor de lambda. O valor estabilizado é a nova taxa de crescimento (λ) da população a partir da perturbação produzida.
- **4.** Para calcular a Sensibilidade: À direita da “Matriz de Sensibilidade” estão as informações que você precisa para calcular a sensibilidade e ao final uma célula com a fórmula já preparada, baseada na seguinte equação³⁾:

$$S_{1,1} = \frac{\lambda_{\text{pert}} - \lambda_{\text{orig}}}{P_{\text{pert}(1,1)} - P_{\text{orig}(1,1)}}$$

- Antes de começar a calcular, observe as fórmulas na planilha e certifique-se de que está entendendo o que está sendo calculado. O valor calculado para a sensibilidade ao modificar a classe 1 (Jovens 1 → Jovens 1) deve ser copiado para a célula 1 da “Matriz de Sensibilidade” usando o recurso do menu “Editar/Colar Especial/Colar somente os **valores**”.

- **5.** Repita esse procedimento para todas as probabilidades de transição (ou seja, Jovens1→Jovens2; Jovens1→Adultos; etc.) e complete sua Matriz de Sensibilidade.
- **DICA: Lembre-se que você deve perturbar um elemento da matriz por vez. Os outros ficam com seu valor original. Então, quando for repetir o procedimento para a probabilidade de transição seguinte, é importante retornar o valor da célula que estava sendo analisada antes ao valor original. Para se certificar de que está modificando apenas o valor que interessa no momento, utilize a matriz original no topo da planilha para conferir se os demais valores estão iguais.**
- Verifique qual das probabilidades de transição produz o maior efeito sobre a taxa de crescimento populacional (λ).
- **6.** Para o cálculo da elasticidade é só dividir cada diferença da fórmula acima pelo valor original para que as diferenças sejam expressas em proporção. Uma alternativa é multiplicar o valor de Sensibilidade pela razão entre a taxa original e o λ original, que é $\frac{P_{orig(1,1)}}{\lambda_{orig}}$

Portanto a elasticidade é:

$$E_{ij} = \frac{P_{orig(ij)}}{\lambda_{orig}} S_{ij}$$

- **6.** Então, finalmente, na “Matriz de Elasticidade”, monte, para cada célula, uma fórmula para calcular a Elasticidade, de acordo com a equação indicada acima. Verifique agora qual das células produz o maior efeito sobre a taxa de crescimento populacional(λ).



- Quais são os elementos de maior sensibilidade e elasticidade para a população analisada? Que recomendações de manejo você faria usando esses valores?
- Quais vantagens e desvantagens você identifica no uso de elasticidade e sensibilidade?

Para saber mais

Bibliografia básica

Caswell, H. 2001. Matrix Population Models (Second edition), Sinauer Associates, Sunderland.

Freckleton, R.P., Silva Matos, D.M., Bovi, M.L.A & Watkinson, A.R. 2003. Predicting the impacts of harvesting using structured population models: the importance of density-dependence and timing of harvest for a tropical palm tree. Journal of Applied Ecology, 40: 846-858.

Gotelli, N. J. 2007. Ecologia. Cap.3- Crescimento Populacional Estruturado. Pp. 49-82. Ed. Planta.

Gurevitch, J, Scheiner, S.M, Fox, G.A. 2009. Ecologia Vegetal. Cap. 5 - Ed. Artmed, São Paulo.

Silva Matos, D.M., Freckleton, R.P. & Watkinson, A.R. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. Ecology, 80: 2635-2650.

Exemplos de aplicação

[Hal Caswell](#) é o principal pesquisador na área de modelos matriciais em ecologia. Seu [livro](#) é a referência básica sobre o assunto.

Caswell publicou muitas aplicações interessantes de modelos matriciais. Um ótimo exemplo de aplicação de análise elasticidade está [aqui](#).

Programas

Neste roteiro fizemos os cálculos passo a passo e com algumas aproximações numéricas para compreender os conceitos. Na vida real pesquisadores usam ferramentas computacionais que fazem os cálculos precisos e de um jeito mais prático. Para saber mais veja a apresentação ao pacote [popbio](#) do ambiente de programação estatística [R](#):

- Stubben, C., & Milligan, B. (2007). Estimating and analyzing demographic models using the popbio package in R. [Journal of Statistical Software](#), 22(11), 1-23.

1)

o endereço que foi confirmado para a comunicação com a disciplina

2)

lembre-se de clicar duas vezes quando aparecer o nome da pasta para que o arquivo realmente seja salvo dentro dela

3)

a definição matemática de elasticidade é a derivada parcial de λ em relação a P_{ij} . A equação a seguir é uma aproximação numérica que funciona com pequenas perturbações numéricas. Para saber mais, veja a seção ... [Para saber mais](#) 😊

From:

<http://ecovirtual.ib.usp.br/> -

Permanent link:

http://ecovirtual.ib.usp.br/doku.php?id=ecovirt:roteiro:pop_str:pstr_segooogle&rev=1628914543



Last update: **2021/08/14 01:15**