



# ANÁLISE E ESTUDO DA FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS PLANTADAS NO CAMPUS DA UNESP DE RIO CLARO UTILIZANDO O AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO BETA

Alves - Eigenheer, M. A.<sup>1</sup>

Morellato, L. P. C.<sup>1</sup>; Loibel, S. M. C.<sup>2</sup>; Saraiva Júnior, O.<sup>2</sup>

1 - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Avenida 24<sup>a</sup>, nº1515, Bela Vista, 13506 - 900, Rio Claro, Brasil. Telefone: 55 19 8208 1628-mileneaae@gmail.com 2 - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação; Avenida 24<sup>a</sup>, nº1515, Bela Vista, 13506 - 900, Rio Claro, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Fenologia é o estudo da temporalidade de eventos biológicos cíclicos e sua relação com o meio biótico e abiótico, além das inter - relações entre as fases envolvidas (Morellato *et al.*, 1989). Estudos sugerem que fatores internos determinam a existência de peridiocidade em plantas tropicais, porém são os fatores ambientais que regulam esse ritmo interno e determinam as suas fenofases (Ratcke & Lacey 1985). Estudos fenológicos são considerados essenciais para o estudo da ecologia e evolução nos trópicos e para compreensão da complexa dinâmica dos ecossistemas florestais (Croat, 1969; Fournier & Charpanter, 1975), no entanto, a fenologia de espécies brasileiras é pouca conhecida. A observação das fenofases é provavelmente o caminho mais simples para observar mudanças na ecologia das espécies (Dose & Menzel, 2006).

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é relacionar as variáveis fenológicas reprodutivas (botão, antese, fruto verde e fruto maduro) às variáveis climáticas (temperatura, precipitação, umidade e comprimento do dia) seguindo o ajuste do modelo de regressão Beta.

## MATERIAL E MÉTODOS

- Local de estudo e coleta de dados

O local onde o estudo está sendo desenvolvido é o campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, no município de Rio Claro, SP. O clima local é Cwa, segundo a classificação de Koeppen tendo duas estações bem definidas: uma seca, de abril a setembro e outra chuvosa, de outubro a março (Udulutsch *et. al.*, 2004).

Desde 2002 estão sendo feitas as observações das fenofases das espécies selecionadas: *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex A.DC.), *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo, *Tabebuia roseo - alba* (Ridl.) Sand, *Inga vera* Willd., *Erythrina speciosa* Andrews, *Bauhinia forficata* Link., *Lagerstroemia speciosa* (L.) e *Ceiba glaziovii* (Kuntze) K. Schum, totalizando 94 indivíduos.

É importante ressaltar que os indivíduos foram plantados no local de estudo em blocos da mesma espécie e mesma época, com isso possuindo a mesma idade e sujeitos as mesmas condições de pressões ambientais, o que elimina variáveis como idade dos indivíduos, heterogeneidade ambiental e competição inter - específica que poderia influenciar no padrão fenológico.

A quantificação das fenofases foi feita segundo o método de Fournier (1974) o qual permite estimar a porcentagem de intensidade de fenofases em cada indivíduo com valores estimados de acordo com a seguinte escala: 0 (ausência de característica), 1 (presença de característica em intervalo entre 1% e 25%), 2 (presença de característica em intervalo entre 26% e 50%), 3 (presença de característica em intervalo entre 51% e 75%) e 4 (presença de característica em intervalo entre 76% e 100%). Ao final de cada mês foi feita a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e dividiu - se pelo valor máximo possível, que é o número de indivíduos multiplicado por quatro. Após isto, o valor obtido é multiplicado por cem para que possa ser transformado em percentual (Fournier, 1974; Bencke & Morellato, 2002).

Foram calculadas as médias semanais para os dados climáticos temperatura, umidade e precipitação, que foram fornecidos pela estação meteorológica do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) do campus da UNESP de Rio Claro. Os dados de comprimento do dia seguiram os indicados por Pereira *et. al.* (2002).

- Análise Estatística

O modelo de regressão linear normal é bastante utilizado para analisar a relação existente entre variáveis aleatórias. No entanto, quando a variável resposta está restrita ao intervalo (0,1), como razões e proporções (caso da medida de Fournier), esse modelo pode fornecer valores ajustados fora deste intervalo. Além disso, em geral, medidas de razão têm comportamento assimétrico, não satisfazendo a suposição de normalidade. Ferrari e Cribari - Neto (2004), propuseram o modelo de regressão beta como uma alternativa viável para situações em que a variável dependente Y é contínua pertencente ao intervalo (0,1).

O modelo de regressão beta é baseado na suposição de que a variável dependente Y possui distribuição beta, na qual a resposta média é relacionada a um preditor linear que incorpora as covariáveis e parâmetros desconhecidos através de uma função de ligação. A distribuição beta é bastante flexível para modelar proporções, pois sua densidade pode assumir diferentes formas dependendo dos valores dos dois parâmetros que indexam a distribuição podendo ser muito útil em aplicações práticas. Para a aplicação destes métodos a suposição de independência entre as observações é necessária e neste trabalho fizemos esta simplificação (Ferrari e Cribari, 2004; Sant'Anna, 2006; Espinheira *et al.*, 2008).

Neste trabalho propõe - se, como um teste de metodologia de análise de fenologia, o ajuste do modelo de regressão Beta para identificar quais variáveis climáticas têm relação significativa com cada fenofase para cada espécie, utilizando o software livre R (versão 2.9.0). A identificação de qual fator (variável climática) interfere mais significativamente na intensidade das fenofases em cada espécie pode ser feita utilizando os resultados da regressão beta.

## RESULTADOS

Considerando para os testes de significância o nível de 5%, os fatores (ou variáveis climáticas) que se relacionam mais significativamente com as intensidades das fenofases são:

Para a espécie *Bauhinia forficata*, a umidade é o fator mais influente para botão, antese e fruto verde.

Para a espécie *Ceiba glaziovii*, a temperatura é o fator mais influente para botão e fruto verde e a precipitação é o fator mais influente para fruto maduro.

Para a espécie *Lagerstroemia speciosa*, a umidade é o fator mais influente para botão e antese, a temperatura é o fator mais influente para fruto verde e comprimento do dia é o fator mais influente para fruto maduro.

Para a espécie *Inga vera*, o comprimento do dia é o fator mais influente para fruto verde e a precipitação é o fator mais influente para fruto maduro.

Para a espécie *Erythrina speciosa*, o comprimento do dia é o fator mais influente para botão e a umidade é o fator mais influente para antese, fruto verde e fruto maduro.

Para a espécie *Tabebuia heptaphylla*, a umidade é o fator mais influente para botão e o comprimento do dia é o fator mais influente para antese e fruto verde.

Para a espécie *Tabebuia roseo - alba*, o comprimento do dia é o fator mais influente para fruto maduro.

Para a espécie *Tabebuia impetiginosa*, o comprimento do dia é o fator mais influente para antese e a temperatura é o fator mais influente para fruto verde.

## CONCLUSÃO

Apesar de este estudo estar em fase inicial, é possível concluir que o método de regressão Beta é capaz de identificar qual variável climática influi mais significativamente na intensidade das fenofases. Sendo assim, esta análise estatística pode ser uma boa alternativa para o uso do coeficiente de correlação de Spearman, pois este é muito criticado por não considerar a influência simultânea do conjunto das variáveis, fornecendo apenas medidas de correlação para pares de variáveis aleatórias.

O uso de método de regressão beta é recomendável por fornecer a idéia global da relação entre as fenofases e as variáveis climáticas e por permitir a previsão das intensidades das fenofases através dos modelos ajustados.

Agradecimento: Pibic/CNPq

## REFERÊNCIAS

- Bencke, C. S. C.; Morellato, L. P. C. 2002.** Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, 3: 269 - 276.
- Croat, T. B. 1969.** Seasonal flowering behaviour in Central Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 56: 295 - 307.
- Dose, V.; Menzel, A. 2004.** Bayesian analysis of climate change impacts in phenology. *Global Change Biology*, 10: 259 - 272.
- Espinheira, P. L., Ferrari, S. L. P., Cribari, F. 2008.** Influence diagnostics in beta regression. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52: 4417 - 4431.
- Ferrari, S. L. P. Cribari, F. 2004.** Beta regression for modeling rates and proportions. *Journal of Applied Statistics*, 31: 799 - 815.
- Fournier, L. A.; Charpenter, C. 1975.** El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25(1): 45 - 48.
- Fournier, L. A. 1976.** Observaciones fenológicas en el bosque húmedo premontano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. *Turrialba*, 26: 54 - 59.
- Morellato, L. P. C.; Rodrigues, R. R.; Leitão - Filho, H. S.; Joly, A. C. 1989.** Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, 12: 85 - 98.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2002.** *Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*. Livr. e Ed. Agropecuária Ltda, Guaíba, 86p.
- Rathke, B. Y.; Lacey, E. P. 1985.** Phenological patterns of terrestrial plants. *Ann. Rey. Ecol. Syst.* , 16: 179 - 214.

**Sant'Anna, A. M. O. 2006.** *Método de orientação à modelagem de dados mensurados em proporções.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Udulutsch, R. G.; Assis, M. A.; Picchi, D. G. 2004.** Florística de trepadeiras numa floresta estadual semidecídua, Rio Claro-Araras, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 1: 125 - 134.