PADRÕES FENOLÓGICOS NO DISTRITO FEDERAL: CONGRUÊNCIA ENTRE DADOS DE HERBÁRIO E ESTUDOS EM CAMPO

Juliana Silvestre Silva
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília-DF
e-mail: julissilva@unb.br

Carolyn Elinore Barnes Proença
Docente do Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília-DF
e-mail: cproenca@unb.br.

RESUMO – O comportamento fenológico como ferramenta de detecção dos impactos das mudanças climáticas tem sido um dos métodos preditivos mais adotados recentemente e modelos baseados em grandes bancos de dados, como são os herbários, têm sido propostos. O uso de registros de herbário é uma ferramenta útil para examinar as tendências a longo prazo de eventos fenológicos e a relação destes com o clima. Por este motivo, foi incorporado ao programa BRAHMS o algoritmo PPI ("Phenological Predictability Index") que estabelece padrões fenológicos baseando-se em dados de herbário. O objetivo deste trabalho é consolidar a informação fenológica disponível nos herbários do Distrito Federal para fomentar futuros estudos de monitoramento climático na região, comparar o pico e grau de concentração das fenofases através do cálculo do PPI e identificar ritmos climáticos anuais significativos fenologicamente, utilizando combinações de precipitação, temperatura e balanço hídrico, através de morfometria geométrica aplicada a climatogramas.

Palavras-chave: fenologia, mudanças climáticas, Cerrado.

INTRODUÇÃO

Muitos experimentos sobre mudanças globais têm documentado a crescente influência destas alterações sobre o ritmo de desenvolvimento e fenologia das espécies nos ecossistemas (Peñuelas *et al.* 2004; Cleland *et al.* 2007).

O Brasil apresenta diversos ecossistemas que foram definidos e limitados ao longo do tempo, em decorrência das características climáticas, do solo, da topografia e da biodiversidade. Em alguns desses ecossistemas a variabilidade climática já é suficiente para imprimir sinais significativos, tanto nas condições naturais da biodiversidade quanto nas atividades sócio-econômicas (Salati *et al.* 2002).

O Cerrado brasileiro, formado por fitofisionomias que formam um mosaico vegetacional, e que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas, apresenta grande variação de latitude, com superfícies inferiores a 300 m e longas chapadas que chegam a 1.600 m, além de extensa distribuição em latitude, que conferem ao bioma uma diversificação térmica bastante grande (Ribeiro & Walter 2008). Com os impactos do aquecimento global, o Cerrado pode registrar perda de espécies da fauna e da flora, diminuição no número de espécies arbóreas e sua substituição por espécies herbáceas (Mudanças Climáticas 2011), além de mudanças nos padrões fenológicos das espécies nativas (Batalha & Mantovani 2000). O ritmo da floração é um fator determinante para o sucesso reprodutivo das plantas. Mudanças sazonais podem alterar a taxa de polinização e afetar o sucesso reprodutivo das espécies, se as respostas fenológicas ao aquecimento global diferirem entre plantas e polinizadores (Kudo & Hirao 2006).

O estudo da fenologia tem sido um dos métodos preditivos mais adotados nos últimos anos (Fitter & Fitter 2002; Kudo & Hirao 2006). Desde o início dos anos 90 estudos do comportamento fenológico como ferramenta de detecção dos impactos das mudanças climáticas vêm sendo realizados, servindo para criação de modelos preditivos dos efeitos causados por estas alterações. Pesquisas confirmaram muitas dessas predições e novos modelos baseados em bancos de dados cada vez maiores, como são os herbários, têm sido propostos de maneira a agregar meta-análises, que incluem re-análises dessas redes de dados (Root *et al.* 2003; Parmesan & Yohe 2003).

Os estudos fenológicos em campo permitem balizar e testar a capacidade preditiva de modelos teóricos gerados a partir desses grandes bancos de dados já disponíveis, sendo assim candidatos naturais para a determinação do comportamento fenológico das plantas (MacGillivray *et al.* 2010).

De acordo com Miller-Rushing *et al.* (2006), o uso de registros de herbário é uma ferramenta útil para examinar as tendências a longo prazo de eventos fenológicos e a relação destes com as mudanças climáticas, além de serem dados abundantes e confiáveis. Os autores concluem que a análise dessas coleções deve aumentar drasticamente a compreensão de como a mudança climática afeta os sistemas biológicos. O elevado número de exsicatas e a extensão do período abrangido pelas coletas herborizadas são fatores que dão sustentabilidade aos resultados encontrados (Tannus *et al.* 2006).

Analisados em conjunto, os estudos acima atestam uma forte associação entre o momento de ocorrência dos eventos fenológicos das plantas e as variáveis climáticas nos ecossistemas. Espera-se, assim, que as mudanças climáticas provocadas pela ação humana possam determinar alterações nos ciclos biológicos das plantas, cujas consequências para produtividade dos ecossistemas e para a manutenção das populações vegetais e da fauna associada não são ainda inteiramente conhecidas.

Nosso objetivo, portanto, é consolidar a informação fenológica contida nas coleções botânicas disponíveis nos herbários do Distrito Federal para fomentar futuros estudos de monitoramento climático na região; comparar o pico e grau de concentração das fenofases através do cálculo do PPI e identificar ritmos climáticos anuais significativos fenologicamente, utilizando combinações de dados sobre precipitação, temperatura e balanço hídrico através de morfometria geométrica aplicada a climatogramas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi incorporado ao programa BRAHMS ("Botanical Research And Herbarium Management System") um algoritmo interno denominado PPI ("Phenological Predictability Index"), que estabelece padrões fenológicos baseando-se em dados de herbário. Posteriormente, foram inseridas no banco de dados dos herbários da Universidade de Brasília, do Jardim Botânico de Brasília, do IBGE e da Embrapa Cenargen informações relativas à fenologia das espécies de interesse deste estudo, coletadas no Distrito Federal (DF) e entorno, a partir da observação das exsicatas e das informações obtidas nos respectivos rótulos. A função PPI permite a identificação das espécies com maior previsibilidade fenológica (sempre nos mesmos períodos), e indica uma possível sincronia climática. Estas espécies potencialmente indicadoras poderão ser utilizadas para monitorar os efeitos das mudanças climáticas no DF sobre o comportamento sazonal da flora. Para o cálculo do índice foram usados apenas o nome da espécie, a data da coleta e o estado fenológico em que o indivíduo se encontra.

O PPI constitui um índice robusto e intuitivamente compreensível que varia de 0,02 a 1, sendo a fidelidade fenológica da espécie diretamente proporcional ao valor do índice. O valor do PPI é calculado através da fórmula: PPI= [$\sum$ (Vmês) / f] x {[(A-n) + 1] / A}, descrita em Proença *et al.* (2012).

Além dos dados de herbário, serão utilizados dados coletados em campo, realizado no Parque Nacional de Brasília e na Estação Ecológica de Águas Emendadas. Cada espécie tem de 15 a 20 indivíduos acompanhados quinzenalmente por 12 meses – novembro/2011 a outubro/2012.

Os dados climatológicos foram fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a partir deles, serão confeccionados climatogramas anuais circulares no DF, sendo utilizado o programa Oriana 4.01 (Kovach Computing Services 2012), como exemplificados na **figura 1**. Os polígonos anuais, com início em 1 de julho, serão reduzidos a fórmulas através de morfometria geométrica e submetidos a análises de similaridade e agrupamento.

Para a análise do contorno ("outline") dos climatogramas será utilizada a Análise Elíptica de Fourier, descrita por Kuhl & Giardina (1982), e utilizada no estudo de contornos fechados complexos (Iwata *et al.* 2002), através do pacote computacional gratuito SHAPE (Iwata & Ukai 2002). Estas análises podem indicar padrões climáticos e discriminação de espécies que respondem aos diferentes parâmetros climáticos testados, sendo eles: (a) temperaturas média, máxima e mínima; (b) precipitação; e (c) déficit/excesso hídrico, todos por decêndios.

O cálculo do PPI será então refeito restringindo-se apenas aos anos similares. O aumento significativo do valor do índice, indicando maior sincronização entre anos similares do que entre anos diferentes - em relação a determinado parâmetro climático - será interpretado como uso da espécie deste parâmetro para sincronizar sua fenologia.

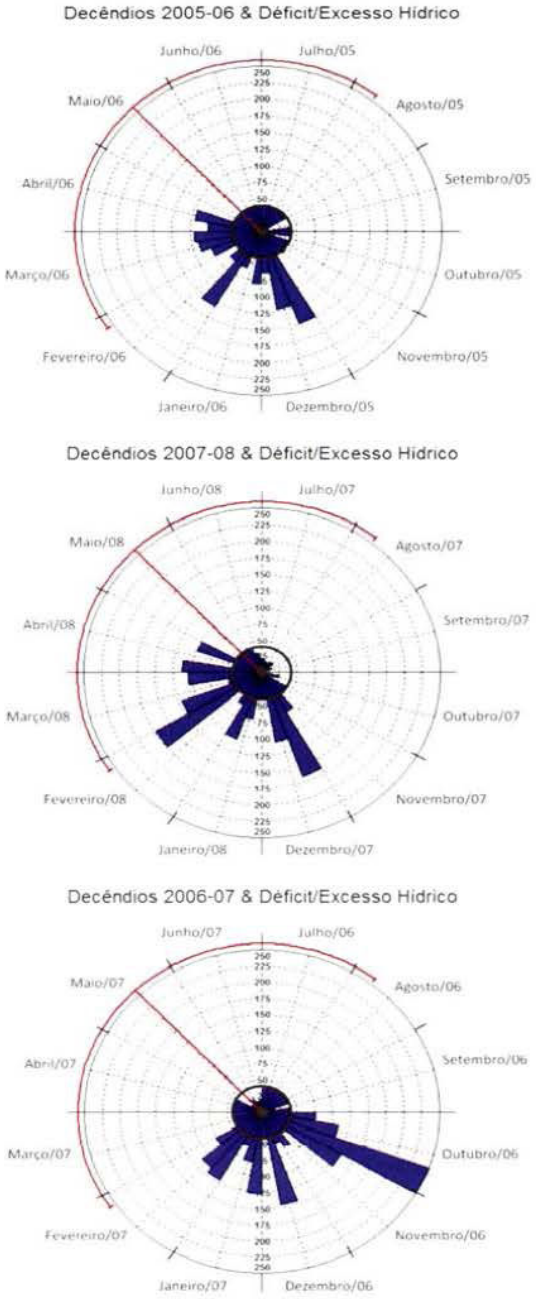

Figura 1. Climatograma de balanço hídrico (déficit e excesso) dos anos de (A) 2005-2006, (B) 2006-2007 e (C) 2007-2008, no Distrito Federal. Os valores representados no interior do círculo preto interno referem-se ao déficit hídrico (valores menores que zero).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATALHA, M.A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Botânica,** 60: 129-145, 2000.

CLELAND, E.E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H.A.; SCHWARTZ, M.D. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends in Ecology and Evolution,** 22: 357-365, 2007.

FITTER, A.H.; FITTER, R.S.R. Rapid changes in flowering time in British plants. **Science**, 296: 1689-1691, 2002.

IWATA, H.; UKAI, Y. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. **Journal of Heredity**, 93: 384-385, 2002.

IWATA, H.; NESUMI, H.; NINOMIYA, S.; TAKANO, Y.; UKAI, Y. Diallel analysis of leaf shape variations of *Citrus* varieties based on ellipitc Fourier descriptors. **Breeding Science**, 52: 89-94, 2002.

KOVACH COMPUTING SERVICES. http://www.kovcomp.co.uk/oriana, 2012.

KUDO, G.; HIRAO, A.S. Habitat-specific responses in the flowering phenology and seed set of alpine plants to climate variation: implications for global-change impacts. **Population Ecology**, 48: 49-58, 2006.

KUHL, F.P.; GIARDINA, C.R. Elliptic Fourier features of a closed contour. **Computer Graphics and Image Processing**, 18: 259-278, 1982.

MACGILLIVRAY, F.; HUDSON, I.L.; LOWE, A.J. Herbarium collections and photographic images: alternative data sources in phenological research. *In*: HUDSON I.L.; KEATLEY M. (EDS.). **Phenological Research: methods for environmental and climate change analysis**. Dordrecht: Springer, 2010, p.: 425-461.

MILLER-RUSHING, A.J.; PRIMACK, R.B.; PRIMACK, D.; MUKUNDA, S. Photographs and herbarium specimens as tools to document phenological changes in response to global warming. **American Journal of Botany**, 93(11): 1667–1674, 2006.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **A agonia do Cerrado**. Disponível em: http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/779 (Acesso em: 20 mar. 2011).

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, 421: 37-42, 2003.

PEÑUELAS, J.; FILELLA, I.; ZHANG, X.; LLORENS, L.; OGAYA, R.; LLORET, F.; COMAS, P.; ESTIARTE, M.; TERRADAS, J. 2004. Complex spatiotemporal phenological shifts as a response to rainfall changes. **New Phytologist**, 161: 837-846.

PROENÇA, C.E.B., FILER, D.L., LENZA, E., SILVA, J.S., HARRIS, S.A. Phenological Predictability Index in BRAHMS: a tool for herbarium- based phenological studies. **Ecography**, 35(4): 289–293, 2012.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA S.P.; RIBEIRO J.F. (EDS.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. v.2. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008, p. 151-212.

ROOT, T.L.; PRICE, J.T.; HALL, K.R.; SCHNEIDER, S.H.; ROSENZWEIG, C.; POUNDS, J.A. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. **Nature**, 421: 57-60, 2003.

SALATI, E.; SANTOS, A.A.; NOBRE, C. **As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros**. Disponível em: http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm#4 (Acesso em: 20 mar. 2012).

TANNUS, J.L.S.; ASSIS, M.A.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de Cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina - SP. **Biota Neotropica**, 6 (3). Disponível em: http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article+bn02806032006 (Acesso em: 12 fev. 2011), 2006.