

Morfométrica foliar de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg em populações de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual Mista

Lara Garcia da Silva^{1,2}, Jéssika Horrana de Moraes², João Paulo de Freitas², Mariana Fontes Magalhães², Sabrina do Couto de Miranda³, Plauto Simão De-Carvalho^{3,4}

¹Voluntário de Iniciação Científica da UEG (VIC/UEG), ²Alunos do curso de Agronomia (UEG), ³Botânica, Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Palmeiras de Goiás, ⁴Professor orientador, laragarciasilva@hotmail.com

Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Palmeiras de Goiás

Resumo: *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg ocorre nos biomas Floresta Atlântica e Cerrado e é um organismo de interesse ecológico devido a fatores como distribuição geográfica, aspectos da biologia floral e características ecológicas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição ecológica de caracteres morfológicos em distribuição latitudinal de ocorrência de *B. salicifolius* via estudos morfométricos em função do Bioma de ocorrência e avaliar possíveis características ecológicas e adaptativas desta espécie aos diferentes ambientes. Foram selecionadas oito populações em diferentes estados brasileiros que representam a ampla distribuição desta espécie nos biomas de ocorrência no Brasil. As variáveis avaliadas foram: valores médios de área foliar, comprimento, largura, razão foliar, ângulos do ápice e da base, calculados a partir das folhas de cada voucher escolhido. O estudo ilustrou que a interpretação da evolução e adaptação de traços morfológicos pode contribuir para inferir sobre possíveis padrões biogeográficos testáveis por outros métodos filogenéticos e que podem influenciar padrões de evolução e adaptação de espécies e assembleias em escalas de bioma regional.

Palavras-chave: *Blepharocalyx salicifolius*. Software. Distribuição. Bioma

Introdução

Blepharocalyx salicifolius é árvore ou arbusto e trata-se de uma espécie com ampla distribuição geográfica (Landrum 1986). Diferente das demais espécies do gênero que apresentam distribuição restrita, *B. salicifolius* é encontrada na Argentina, Bolívia, Equador, Paraguai, Uruguai e Brasil nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Bahia, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo (Landrum 1986, Lughadha 1994, Silva Júnior 2012). Portanto, *B. salicifolius* (Kunth) O. Berg ocorre nos biomas Floresta Atlântica e

Cerrado. Neste último, habita fitofisionomias florestais (cerradão e mata de galeria), savânicas (cerrado sentido restrito e vereda) e campestres (campo sujo e campo rupestre) (Mendonça *et al.* 2008, Silva Júnior *et al.* 2001, Silva Júnior 2012). Apesar de sua ampla distribuição latitudinal, em províncias fitogeográficas do Cerrado (Bridgewater *et al.* 2004) esta espécie ocorreu somente nas central e sudeste, região de conexão com biomas litorâneos e da porção sul do Brasil.

A espécie em questão apresenta populações amplamente distribuídas, contudo não é uma espécie frequente nos ecossistemas onde ocorre. O reconhecimento de linhagens genealógicas, com a seleção de marcadores corretos, pode evidenciar possíveis discontinuidades na estrutura genética da espécie. É provável que os padrões de distribuição e diversificação de linhagens de *B. salicifolius* podem fornecer informações importantes sobre a origem e diversificação da família Myrtaceae na região Neotropical. Assim, *B. salicifolius* é um organismo de interesse ecológico devido a fatores como distribuição geográfica, aspectos da biologia floral e características ecológicas comuns a maioria das espécies compartilhadas entre Cerrado e Floresta Atlântica.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição ecológica de caracteres morfológicos em distribuição latitudinal de ocorrência de *B. salicifolius* via estudos morfométricos em função do Bioma de ocorrência e avaliar possíveis características ecológicas e adaptativas desta espécie aos diferentes ambientes de ocorrência.

Material e Métodos

Amostras botânicas – Foram realizadas coletas de diferentes populações de *Blepharocalyx salicifolius* entre os anos de 2009 e 2012 durante o doutoramento de um dos autores. A partir destas coletas, foram selecionadas 8 populações em diferentes estados brasileiros que representam a ampla distribuição da espécie nos biomas de ocorrência no Brasil: Pouso Alto (Goiás), Cristalina (Goiás), Brasília (Distrito Federal), Paracatú (Minas Gerais), Urubici (Santa Catarina), Santana da Boa Vista (Rio Grande do Sul), Jaquirana (Rio Grande do Sul) e Vacaria (Rio Grande do Sul). Deste conjunto amostral foram utilizadas 84 coletas (Tabela 1), das quais pelo menos cinco folhas expandidas e bem preservadas foram selecionadas aleatoriamente para análise, técnica semelhante à utilizada em estudos similares

que usam imagens digitais de herbários para investigar questões biogeográficas e ecológicas com base na morfologia foliar (Malhado *et al.* 2009). Não foram feitas distinções entre nós, uma vez que uma análise preliminar indicou nenhuma diferença entre as folhas de diferentes nós para esta espécie.

Tabela 1: Amostragem de populações de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg utilizada para estudos de morfometria foliar.

Município (UF)	Código	Vouchers	Coordenadas Geográficas	Bioma
Pouso Alto (GO)	pous	11	13.97 S, 47.48 W	Cerrado
Cristalina (GO)	cris	8	16.87 S, 47.61 W	Cerrado
Brasília (DF)	coub	18	15.76 S, 47.85 W	Cerrado
Paracatú (MG)	para	11	17.25 S, 46.88 W	Cerrado
				Floresta Atlântica
Urubici (SC)	urub	26	28.01 S, 49.60 W	(Sul) Floresta Atlântica
Santana da Boa Vista (RS)	sant	2	30.86 S, 53.45 W	(Sul) Floresta Atlântica
				Floresta Atlântica
Jaquirana (RS)	jaqu	5	28.79 S, 50.42 W	(Sul) Floresta Atlântica
				Floresta Atlântica
Vacaria (RS)	vaca	3	28.51 S, 50.90 W	(Sul)

Hipótese biogeográfica – Os vouchers foram agrupados segundo os domínios biogeográficos (bioma) área de ocorrência, projetando as coordenadas do local de coleta em um arquivo de formato de biomas (IBGE 2004) usando ArcGIS 9.3 software. Estudos conduzidos por um dos autores (De-Carvalho *et al.* 2013) indicaram estruturação biogeográfica de *B. salicifolius* entre Cerrado e Floresta Atlântica, e análises posteriores (De-Carvalho *et al.* 2016, submetido) mostram que esta estruturação corresponde às duas principais linhagens, Cerrado e Floresta

Atlântica na Região Sul. Por este motivo as análises desenvolvidas, buscaram inferir se existe estruturação da variação morfométrica foliar para esta espécie.

Seleção de variáveis morfométricas – As variáveis avaliadas foram: valores médios de área foliar, comprimento, largura, razão foliar (comprimento/largura), ângulos do ápice e da base, calculados a partir das folhas de cada voucher escolhido. Todos os cálculos foram feitos utilizando o software ImageJ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>). O contorno da folha também foi analisado, representado pelos descritores PCA: PC1 e PC2. Foi realizada uma análise de contorno (*outline*) de folhas usando software SHAPE (Yoshioka *et al.* 2004), que utiliza o método de análise Elíptica de Fourier. Foram obtidos os dois componentes de contorno mais importantes (PC1 e PC2). Os valores médios destes componentes foram calculados para cada comprovante e usado como descritores de contorno.

Análises morfométricas – Os descritores de contorno, ou *outline* (PC1 e PC2), foram usados para reconstruir a variação contorno da folha (não o tamanho) de *B. salicifolius*, utilizando o software SHAPE que calcula uma forma média virtual e desvio padrão sob coeficientes gerados. Foram comparados os valores médios de todas as variáveis dos vouchers selecionados pela análise de componentes principais (PCA) usando o programa PC-ORD 5,12 (McCune & Mefford 2006).

Resultados e Discussão

Foram calculadas as componentes de contorno (*outline*) para todo o conjunto de folhas dos vouchers selecionados. As duas componentes mais importantes foram PC1 e PC2, com 86,8% e 5,22%, respectivamente, do total de variação identificado pelo método de Análise Elíptica de Fourier (Figura 1). Juntas, estas componentes explicam 92,0% do total de variação para contorno foliar das amostras de *B. salicifolius*. A reconstrução da forma média obtida por este método corresponde a uma folha de formato elíptico, com desvio padrão de formas ovadas a largo-elípticas para PC1, e elípticas de ápice agudo a elípticas de ápice acuminado para PC2 (Figura 1). Desconsiderando variações de tamanho, verificou-se que PC1 explicou variações principalmente de largura, que pode ter correspondência com variações de razão foliar, portanto, principalmente variações quanto ao tipo de folha. Já a

componente PC2 absorveu variações de ângulo, principalmente ângulo da base (Figura 1).

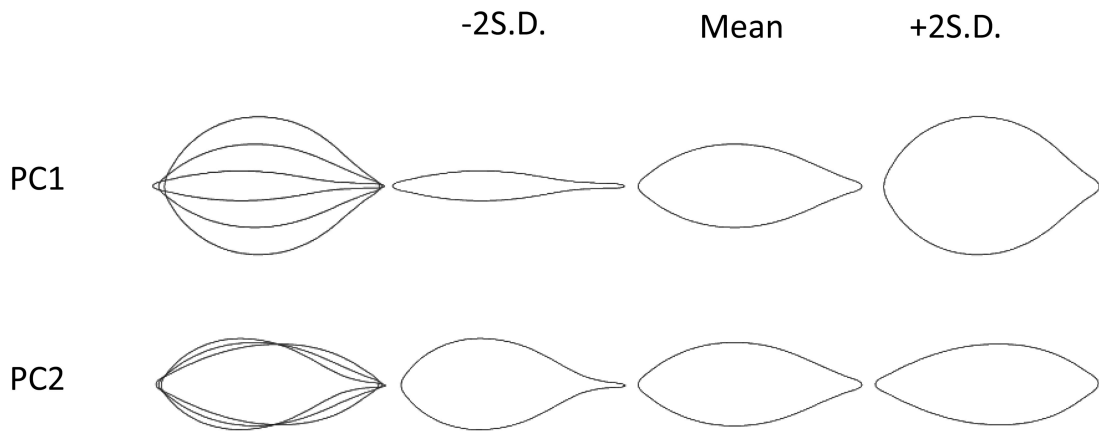


Figura 1: Reconstrução de contorno foliar (*outline*) médio (*Mean*) e desvio padrão (S.D) de 8 populações de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg ocorrentes em Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual Mista baseado nas duas principais componentes (PC1 e PC2) geradas a partir de coeficientes de Análise Elíptica de Fourier.

Ao investigar esta variação dentro de populações avaliadas, observou-se possível distinção entre valores médios dos parâmetros foliares analisados (Tabela 2). Esta análise sugere uma grande plasticidade morfológica para a espécie estudada entre as populações avaliadas. Populações de Cerrado, com o de Brasília e Cristalina, tiveram maiores valores médios de área foliar, largura, comprimento, em ângulos do ápice e da base. Já as populações de Floresta Estacional Semidecidual Mista (Floresta Atlântica no sul do Brasil), tiveram valores expressivos de razão foliar, indicando folhas com predominantemente largo-elípticas (Tabela 2).

A análise de PCA com todas os parâmetros foliares avaliados, mostrou estruturação da distribuição da nuvem de pontos separando nos quadrantes à direita coletas oriundas de Cerrado, explicadas principalmente por maiores valores de área foliar, largura, comprimento, ângulos do ápice e da base e PC1, como indicado pela orientação dos autovetores calculados para estas variáveis (Figura 2). As coletas botânicas em áreas de Floresta Estacional Semidecidual Mista apresentaram distribuições de pontos principalmente dos quadrantes à esquerda, representadas por valores maiores de razão foliar e PC2 (Figura 2).

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão (D.P.), valores mínimos e valores máximo – das variáveis morfométricas de folhas de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg. Variáveis: Área foliar, Largura (L), Comprimento (C), Razão foliar, ângulo do Ápice, ângulo da Base, e componentes descritivos de contorno (*outline*), PC1 e PC2.

População		área média (cm)	L média (cm)	C médio (cm)	razão (C/L)	ângulo ápice	ângulo base	PC1 médio (contorno)	PC2 médio (contorno)
Brasília (DF)	Media	12.09	2.96	6.52	2.22	38.63	86.80	73,671.08	-2,309.01
	D.P.	2.03	0.33	0.46	0.22	7.53	8.03	51,072.24	10,816.01
Cristalina (GO)	Media	13.45	3.36	5.96	1.79	59.32	98.31	203,855.17	923.94
	D.P.	1.52	0.23	0.39	0.17	9.52	5.96	58,232.56	6,091.14
Jaquirana (RS)	Media	6.16	1.89	5.66	3.02	24.50	65.44	-66,201.15	4,135.33
	D.P.	1.44	0.24	0.77	0.28	3.32	8.23	33,023.54	11,543.00
Paracatu (MG)	Media	9.61	2.65	5.36	2.03	50.57	97.48	135,778.44	461.43
	D.P.	3.17	0.57	1.25	0.25	10.13	8.94	62,246.79	9,143.46
Pouso Alto (GO)	Media	3.41	1.34	3.97	3.06	31.71	74.00	-46,909.19	4,015.53
	D.P.	0.73	0.19	0.36	0.36	5.75	9.70	46,261.19	12,400.10
Santana da Boa Vista (RS)	Media	6.49	2.00	4.68	3.24	41.50	75.51	11,555.73	-7,844.63
	D.P.	6.08	1.53	0.66	2.21	30.53	52.42	313,192.34	22,189.37
Urubici (SC)	Media	5.36	1.76	5.20	3.01	26.25	63.81	-64,968.42	-1,401.71
	D.P.	1.46	0.28	0.74	0.34	7.85	8.58	51,648.23	11,771.97
Vacaria (RS)	Media	9.17	2.36	6.54	2.80	28.69	73.15	-33,475.20	-9,230.04
	D.P.	1.14	0.25	0.56	0.35	5.12	4.92	46,098.60	4,583.74
Total	Media	8.08	2.27	5.48	2.60	36.30	78.47	21,868.86	-524.66
	D.P.	3.95	0.76	1.05	0.61	13.83	16.69	112,682.40	10,937.17

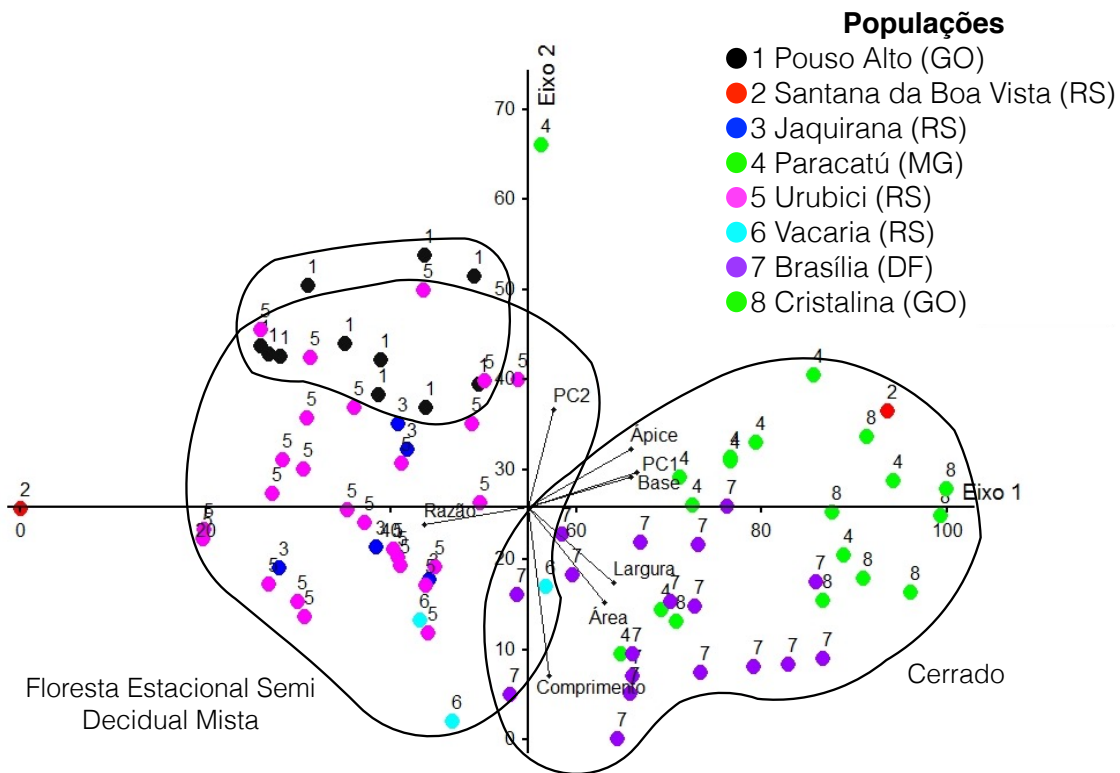


Figura 2: Análise de componentes principais de 8 parâmetros foliares médios (área foliar, largura, comprimento, razão foliar, ângulos do ápice e base, componentes de reconstrução de contorno baseado em baseados em autovalores obtidos por Análise Elíptica de Fourier – PC1 e PC2) de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg provenientes de 8 localidades em Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual Mista no Brasil.

Duas exceções se aplicam para as populações de Santana da Boa Vista (RS) e Pouso Alto (GO). As duas coletas provenientes de Santana da Boa Vista são morfologicamente muito distintas, uma foi coletada em área de mata de galeria, que ficou agrupada juntamente com as coletas de Cerrado e a segunda, coletada em uma mancha de Floresta Estacional Semidecidual Mista, que se separou na extremidade esquerda do eixo 1 (Figura 2). As coletas de Pouso Alto ficaram agrupadas no quadrante superior esquerdo, próximas do grupo das coletas de Floresta Atlântica por apresentarem principalmente largas e áreas foliares menores (Figura 2).

Blepharocalyx salicifolius apresentou folhas essencialmente elípticas, conforme observado na forma média reconstruída pela análise elíptica de Fourier. Neste mesmo resultado mostrou uma variação pelos desvios padrão da reconstrução de forma para folhas do tipo largo-elípticas, ovadas ou obovadas, padrão reconhecido para a espécie na última revisão do gênero (Landrum 1986). Portanto, este método de reconstrução de contorno foliar produzido pela análise de contorno por meio da Análise Elíptica de Fourier foi eficiente para explorar variações biológicas de forma foliar para *B. salicifolius*.

O tamanho da folha foi importante para estruturar coletas oriundas de Cerrado, principalmente as populações de Cristalina e Brasília que apresentaram as maiores áreas foliares, comprimentos e ângulos, respectivamente. Apesar do tamanho da folha ser um dos traços mais plástico de uma árvore, uma vez que não é raro observar uma grande variabilidade dentro de gêneros, espécies e indivíduos dentro de uma espécie (Malhado *et al.* 2009), esta variação pode muitas vezes responder à associações significativas com uma gama de variáveis ambientais (Malhado *et al.* 2009, Givnish *et al.* 2005).

Os valores médios das variáveis estudadas observadas para diferentes populações analisadas mostrou que diferenças entre as populações poderiam estruturar variações significativas entre coletas de indivíduos oriundos de diferentes ecossistemas. Este resultado foi corroborado na análise de componentes principais das médias estandardizadas das variáveis consideradas, que mostrou uma tendência de estruturação entre populações de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual Mista. As exceções observadas, principalmente para a população de

Pouso Alto (GO), que está inserida dentro do domínio do Bioma Cerrado, pode ter explicações fisiológicas decorrentes de estresses hídricos e grandes amplitudes de variação de temperatura por se tratar de uma área de grande altitude, pertencente à Chapada dos Veadeiros, em local de grandes afloramentos rochosos. Estas variações de forma foram também observadas por Landrum (1986).

Considerações Finais

Os resultados obtidos neste estudo ilustram como que a interpretação da evolução e adaptação de traços morfológicos podem contribuir para inferir sobre possíveis padrões biogeográficos testáveis por outros métodos filogenéticos e que podem influenciar padrões de evolução e adaptação de espécies e assembleias em escalas de bioma regional. A tendência de estruturação de populações de diferentes biomas brasileiros para esta espécie pode indicar uma resposta adaptativa a diferentes envelopes ecológicos e bioclimáticos que podem ter correspondência evolutiva no reconhecimento de possíveis linhagens genealógicas intraespecíficas.

Referências

- ACKERLY, D. D. 2004. Adaptation, niche conservatism, and convergence: comparative studies of leaf evolution in the California chaparral. *Am. Nat.* 163: 654–71. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15122485>.
- BRIDGEWATER, S., J. A. RATTER, and J. FELIPE RIBEIRO. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodivers. Conserv.* 13: 2295–2317. Available at: <http://www.springerlink.com/index/G77028R538855658.pdf> [Accessed November 6, 2013].
- GIVNISH, T. J., J. C. PIRES, S. W. GRAHAM, M. A. MCPHERSON, L. M. PRINCE, T. B. PATTERSON, H. S. RAI, E. H. ROALSON, T. M. EVANS, W. J. HAHN, K. C. MILLAM, A. W. MEEROW, M. MOLVRAJ, P. J. KORES, H. E. O'BRIEN, J. C. HALL, W. J. KRESS, and K. J. SYTSMA. 2005. Repeated evolution of net venation and fleshy fruits among monocots in shaded habitats confirms a priori predictions: evidence from an ndhF phylogeny. *Proc. Biol. Sci.* 272: 1481–90. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1559828&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> [Accessed November 18, 2010].
- IBGE. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Available at: <http://www.ibge.gov.br/> [Accessed August 16, 2012].

LANDRUM, L. R. 1986. Campomanesia, Pimenta, Blepharocalyx, Legrandia, Acca, Myrrhinium, and Luma (Myrtaceae). *Flora Neotrop.* 45: 1–178. Available at: <http://www.jstor.org/stable/4393795> [Accessed May 9, 2011].

LUGHADHA, E. N. 1994. Notes on the Myrtaceae of the Pico das Almas, Bahia, Brazil. *Kew Bull.* 49: 321. Available at: <http://www.jstor.org/stable/4110268?origin=crossref> [Accessed August 19, 2011].

MALHADO, A. C. M. ET AL. 2009. Spatial trends in leaf size of Amazonian rainforest trees. *Biogeosciences Discuss.* 6: 2125–2162.

MCCUNE, B., and M. J. MEFFORD. 2006. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. MjM Software Design.

MENDONÇA, R. C., J. M. FELFILI, B. M. T. WALTER, M. C. SILVA-JÚNIOR, A. V. REZENDE, T. . S. FILGUEIRA, and P. E. NOGUEIRA. 2008. Flora vascular do Cerrado. *In* S. M. Sano, S. P. Almeida., and F. Ribeiro (Eds.) *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados, Brasília - DF.

SILVA JÚNIOR, M. C. 2012. 100 árvores do cerrado – sentido restrito: guia de campo 2a ed.

SILVA JÚNIOR, M. C., J. M. FELFILI, B. M. T. WALTER, P. E. NOGUEIRA, A. V. REZENDE, R. O. MORAIS, and M. G. G. NÓBREGA. 2001. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. *In* J. F. Ribeiro, C. E. L. Fonseca, and J. C. Sousa-Silva (Eds.) *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Planaltina: Embrapa Cerrados. pp. 159–173.

YOSHIOKA, Y., H. IWATA, R. OHSAWA, and S. NINOMIYA. 2004. Analysis of petal shape variation of *Primula sieboldii* by elliptic fourier descriptors and principal component analysis. *Ann. Bot.* 94: 657–64. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15374833> [Accessed June 30, 2010].