

Plantas de corredeiras: reprodução e conservação de Podostemaceae

River-rapid plants: reproduction and conservation of Podostemaceae

Inara C Silva¹, Claudia P Bove^{1*} e Cristiana Koschnitzke¹

Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista s.n., CEP 20940-040, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

*Autor para correspondência: cpbove@hotmail.com

Resumo Rios com corredeiras são ambientes de forte pressão seletiva, o que limita o estabelecimento de muitas angiospermas. Nestes habitats se encontra uma família de angiospermas aquáticas de hábito herbáceo, aderidas às rochas em locais expostos ao sol, com uma morfologia única, Podostemaceae. Está essencialmente distribuída nos trópicos e apresenta alto grau de endemismos. No Brasil as espécies ocorrem em todos os domínios fitogeográficos, com mais de 53 espécies endêmicas. Realizamos aqui uma retrospectiva do estado-da-arte da biologia reprodutiva para a família, a fim de detectar as lacunas para o direcionamento de estudos futuros, sua importância na preservação de ecossistemas aquáticos lóticos, assim como um incentivo para o investimento nesta área de estudo. Os aspectos reprodutivos em Podostemaceae foram parcialmente estudados para menos de 20% da diversidade da família. A longevidade floral pode variar de poucas horas até 5 dias. A dicogamia está presente em algumas espécies, sendo a protoginia mais frequente. A autopolinização espontânea é o principal modo de polinização, sendo que em apenas duas espécies não foi observada a autopolinização espontânea. A polinização pelo vento é descrita como a mais comum, devido às flores inconspícuas, pólen leve e seco. A polinização por abelhas é relatada para as espécies que apresentam flores com odor, coloração rosa ou lilás, numerosos estames e oferecem pólen como recurso aos polinizadores. A polinização por díptera é relatada como acidental. Pode haver combinação entre diversos tipos de polinização, dentre as quais a autopolinização é acompanhada pela polinização por abelhas e/ou pelo vento e/ou por moscas. O sistema reprodutivo foi estudado em três espécies e todas são autocompatíveis. Infelizmente, os rios brasileiros sofrem grande pressão antrópica, principalmente pela construção de hidrelétricas, que afetam diretamente o desenvolvimento ou até mesmo levam ao desaparecimento de comunidades de Podostemaceae. Apesar da grande ameaça de extinção, de sua importância ecológica e da alta taxa de endemismo, poucas espécies de Podostemaceae constam em listas vermelhas ou apresentem estratégias de conservação. Os

dados advindos da reprodução podem fornecer fontes importantes para o estabelecimento de estratégias de conservação, pois são fatores que influenciam diretamente as populações. Ademais, a manutenção *in situ* é a única forma viável de conservação para Podostemaceae.

Palavras-chaves: reprodução, conservação, reófitas, plantas aquáticas, Podostemaceae.

Abstract Rapids are strong selective environment, limiting the establishment of many angiosperms. This habitat has an herbaceous aquatic angiosperms family, attached to rocks in places exposed to the sun with unique morphology, Podostemaceae. The family is mainly distributed in the tropics and has a high endemism. In Brazil the species occur in all phytogeographical areas and more than 53 endemic species are endemic. In this paper we performed a retrospective of the reproductive biology to this family, in order to identify gaps for directing future studies, the importance to the preservation of lotic aquatic ecosystems, as well as an incentive to more studies. The reproductive aspects were surveyed in less than 20% of the family diversity. The floral longevity can last a few hours to 5 days. The dichogamy occurs in some species, being protogyny the most frequent. The spontaneous self-pollination is the main pollination type. The wind pollination is described as the most common, due to the inconspicuous flowers and pollen without pollenkit. The bee pollination is reported to flowers with odor, pink or lilac, numerous stamens and offer pollen as a resource for pollinators. Fly pollination is reported as accidental. There is a combination with different pollination types, the self-pollination can occur with bee and/or wind and/or fly pollination. The breeding system was studied for three species and all are self-compatible. Unfortunately, Brazilian rivers suffer great human pressure mainly by the construction of hydroelectrics, which directly affect the development or even lead to death Podostemaceae species. Despite the great

threat of extinction, their ecological importance and the high endemism, few Podostemaceae species had their conservation status analyzed and no conservation strategies were suggested. The data can provide important information for establishing conservation strategies, because these factors may influence directly the populations. Furthermore, the in situ maintenance is the only viable way for the conservation of Podostemaceae.

Keywords: aquatic plants, conservation, reophytes, reproduction, Podostemaceae.

Introdução

Podostemaceae é a família mais diversa de angiospermas exclusivamente aquáticas. Está essencialmente distribuída nos trópicos e apresenta alto grau de endemismo, no qual muitas das espécies podem ocorrer somente em uma localidade ou até mesmo em apenas um rio (e.g. Philbrick *et al.* 2010). O Brasil apresenta a maior diversidade da família, com 16 gêneros e cerca de 87 espécies distribuídas em todos os domínios fitogeográficos, das quais 53 são endêmicas (Bove 2014). Seus representantes apresentam hábito herbáceo com estruturas vegetativas altamente modificadas, cuja distinção entre raiz, caule e folhas, em muitos casos, é complexa (Philbrick 1984). As espécies ocorrem aderidas ao substrato rochoso dos rios, em locais com forte correnteza e expostas ao sol (Philbrick 1984). Seu ciclo de vida está intimamente ligado à variação do nível da água: em épocas de maior pluviosidade, as plantas estão submersas e atingem o ápice do crescimento vegetativo, enquanto nos períodos de menor pluviosidade, as plantas tornam-se expostas e inicia-se o ciclo reprodutivo (e.g. Royen 1954, Philbrick e Novelo 1995).

A família pertence à Ordem Malpighiales, sendo estreitamente relacionada com Hypericaceae (Kita e Kato 2001, APG III 2009, Rufhel

et al. 2011). Os trabalhos de filogenia para a família confirmam a divisão em três subfamílias proposta por Engler e Prantl (1930): Tristichoideae, Weddellinoideae e Podostemoideae, sendo Tristichoideae o grupo irmão das demais (Kita e Kato 2001, Rufhel *et al.* 2011, Koi *et al.* 2012).

As flores de Podostemaceae são bissexuadas, actinomorfas ou zigomorfas, sésseis ou pediceladas, solitárias ou dispostas em inflorescências. O perianto é composto por tépalas, às vezes fixas em apenas um lado da flor e de número variável. Os botões podem ser protegidos por uma estrutura membranosa não vascularizada, a espatela, exclusivamente em Podostemoideae. Os estames podem ser de um a numerosos, livres, às vezes unidos na base ou dois sobre um andropódio (Podostemoideae). As anteras são rimosas, introrsas ou raramente extrorsas, com grãos de pólen liberados em mônades, díades ou raramente em tétrades. O ovário é súpero, bi ou tricarpelar, uni a trilocular, com placentação axial e óvulos bitegmentados. O fruto é do tipo cápsula septicida, com duas ou três valvas iguais ou desiguais, onde uma ou mais são persistentes. As sementes são pequenas, numerosas, sem endosperma e possuem uma camada externa mucilaginosa (Cook e Rutishauser 2007).

Reprodução

Os aspectos reprodutivos em Podostemaceae foram estudados em apenas três espécies de Tristichoideae, uma de Weddellinoideae e 25 de Podostemoideae (Grubert 1974, Philbrick 1984, Kosla e Moham Ram, 1993, Jäger-Zürn 1997, Philbrick e Novelo, 1997, Rutishauser 1997, Tavares 1997, Rutishauser e Grubert 1999, Kosla *et al.* 2000, Okada e Kato 2002, Philbrick *et al.* 2006, Gupta e Seghal 2009, Philbrick *et al.* 2009, Sobral-Leite 2009, Sá-Haiad *et al.* 2010, Seghal *et al.* 2010, Sobral-Leite *et al.* 2011, Luna *et al.* 2012, Khanduri *et al.* no prelo). O levantamento dos dados obtidos nos referidos trabalhos está detalhado na Tabela 1. Muitos deles focam apenas um aspecto, por exemplo, a

Tabela 1 Estado do conhecimento em biologia da reprodução em Podostemaceae.

Taxa	Início da antese	Duração da antese	Dico	Autop	Polinização Abiótica (vento)	Polinização biótica	Sistema reprodutivo	Cleisto	Referência
<i>Apinagia sp.1</i>	-	-	Protan	Ausente	-	Himenoptera (abelhas)	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Apinagia sp. 2</i>	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>A. multibranchiata</i> (Matthiesen) P.Royen	-	1 dia	-	-	-	-	-	-	Cook e Rutishauser (2007)
<i>A. longifolia</i> (Tul.) P.Royen	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Castelnavia spp.</i>	-	-	-	-	-	?	-	-	Philbrick <i>et al.</i> (2009)
<i>Cladopus taiensis</i> C.Cusset	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Dalzellia zeylanica</i> (Gardner) Wight	-	3 a 4 horas	Protog	Primeiros estádios da antese	?	-	-	-	Mukkada (1976); Seghal <i>et al.</i> (2010)

Dico-Dicogamia; **Auto**-Autopolinização; **Cleisto**-Cleistogamia; **Protan**-Protandria; **Protog**-Protoginia; (-) Ausência de dado; (?) Possivelmente; ²Sistema reprodutivo inferido pela proporção pólen-óvulo.

Tabela 1 cont. Estado do conhecimento em biologia da reprodução em Podostemaceae.

Taxa	Início da antese	Duração da antese	Dico	Autop	Polinização Abiótica (vento)	Polinização biótica	Sistema reprodutivo	Cleisto	Referência
<i>Griffithella hookeriana</i> (Tul.) Warm.	-	-	-	No botão	-	-	Autogamia	Presente	Khosla <i>et al.</i> (2001)
<i>Hanseniella heterophylla</i> C.Cusset	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Hydrobryopsis sessilis</i> (Willis) Engl.	-	-	-	No botão	-	-	-	Presente	Seghal <i>et al.</i> (2009)
<i>Hydrobryum griffithii</i> (Wall. ex Griff.) Tul.	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Indotristicha ramosissima</i> (Wight) P. Royen	Pela manhã	3 a 4 horas	Protog	Primeiros estádios da antese	?	-	-	-	Gupta e Seghal (2009)
<i>Marathrum foeniculaceum</i> Humb. & Bonpl.	Ao longo do dia	3 a 4 dias	Protog	Primeiros estádios da antese	Presente	Diptera	Autogamia e Alogamia	-	Philbrick e Novelo (1997); Philbrick e Novelo (1998); Luna <i>et al.</i> (2012)
<i>Marathrum tenue</i> Liebm.	-	-	-	-	-	Diptera	-	-	Philbrick e Novelo (1997)
<i>Marathrum plumosum</i> (Novelo & C.T.Philbrick) C.T.Philbrick & C.P.Bove	-	-	-	-	-	Diptera	-	-	Philbrick e Novelo (1997)
<i>Mourera fluviatilis</i> Aubl.	Ao longo do dia	12 a 18 horas	Protog	No final da antese	Presente	Himenoptera (abelhas)	Autogamia e Alogamia	-	Rutishauser e Grubert (1999); Okada e Kato (2002); Sobral-Leite <i>et al.</i> (2011)
<i>Podostemum ceratophyllum</i> Michx.	Ao longo do dia	3 a 4 dias	Protog	No botão ou nos primeiros estádios da antese	-	-	-	Presente	Philbrick (1984); Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. comatum</i> Hicken	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004) Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. distichum</i> (Cham.) Wedd.	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004); Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. irgangii</i> Philbrick & Novelo	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004); Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. muelleri</i> Warm.	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004) Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. ovatum</i> Philbrick & Novelo	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004) Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. rutifolium</i> Warm.	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004); Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. scaturiginum</i> Warm.	-	-	Protog	-	-	-	-	Ausente	Philbrick e Novelo (2004); Philbrick <i>et al.</i> (2006)
<i>P. weddellianum</i> (Tul.) C. Philbrick & Novelo	-	-	Protog	No botão	-	-	-	Presente	Philbrick & Novelo (2004); Philbrick <i>et al.</i> (2006); Sâ-Haiad <i>et al.</i> 2010
<i>Polypleurum elongatum</i> (Gardner) J.B.Hall	-	-	-	-	-	-	-	Provável	Okada e Kato (2002)
<i>P. stylosum</i> (Wight) J.B. Hall	-	-	-	Primeiros estádios da antese	-	-	Autogamia ²	-	Kosla <i>et al.</i> (2000)

Dico-Dicogamia; **Auto**-Autopolinização; **Cleisto**-Cleistogamia; **Protan**-Protandria; **Protog**-Protoginia; (-) Ausência de dado; (?) Possivelmente; ²Sistema reprodutivo inferido pela proporção pólen-óvulo.

Tabela 1 cont. Estado do conhecimento em biologia da reprodução em Podostemaceae.

Taxa	Início da antese	Duração da antese	Dico	Autop	Polinização Abiótica (vento)	Polinização biótica	Sistema reprodutivo	Cleisto	Referência
<i>P. wallichii</i> (<i>R. Br. ex Griff.</i>) Warm.	-	-	-	-	-	-	Autogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Rhyncholacis sp.1</i>	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Rhyncholacis sp.2</i>	-	-	Protan	Ausente	-	Himenoptera (abelhas)	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>R. penicillata</i> Matthiesen	-	1 dia	-	-	-	-	-	-	Grubert (1954)
<i>Synstylis micranthera</i> (P.Royen) C.Cusset	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Torrenticola queenslandica</i> (Domin) Domin	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Tristicha trifaria</i> (Bory ex Willd.) Spreng.	-	-	-	Primeiros estádios da antese	-	-	Autogamia ²	-	Okada e Kato (2002)
<i>Weddellina squamulosa</i> Tul.	-	4 a 5 horas	Protan	Primeiros estádios da antese	-	Himenoptera (Abelhas)	Alogamia ²	-	Grubert (1956); Rutishauser (1997); Jäger- Zürn (1997)
<i>Willisia arekaliana</i> Shivam. & Sadanand	-	-	-	-	-	-	Autogamia	-	Khanduri et al. no prelo
<i>Zeylanidium subulatum</i> (Gardner) C. Cusset	-	-	-	-	-	-	Alogamia ²	-	Okada e Kato (2002)

Dico-Dicogamia; **Auto**-Autopolinização; **Cleisto**-Cleistogamia; **Protan**-Protandria; **Protog**-Protoginia; (-) Ausência de dado; (?) Possivelmente; ²Sistema reprodutivo inferido pela proporção pólen-óvulo.

polinização ou proporção pólen/óvulo (Philbrick e Novelo, 1997, Okada e Kato 2002, Philbrick et al. 2006) ou foram baseados em observações esporádicas de campo). Apenas cinco espécies brasileiras possuem dados de biologia reprodutiva, todas da Mata Atlântica (Sobral-Leite 2009, Sobral-Leite et al. 2011, Silva 2014).

A autopolinização espontânea é muito frequente na família (Philbrick 1984, Jäger-Zürn 1997, Kosla et al. 2000, Okada e Kato 2002, Philbrick et al. 2006, Sehgal et al. 2010, Sá-Haiad et al. 2010). Em algumas espécies ela pode ocorrer no botão, pois as anteras já estão deiscendo e os estigmas receptivos (Philbrick et al. 2006, Sehgal et al. 2010, Sá-Haiad et al. 2010). A autopolinização também pode acontecer nos primeiros estádios da antese, no momento em que as anteras se tornam deiscendo. Em algumas espécies os filetes crescem e posicionam as anteras acima dos estigmas e, no momento da deiscência das anteras, o pólen cai diretamente sobre os estigmas receptivos. Em outras, as anteras se posicionam na mesma altura dos estigmas (Okada e Kato 2002, Gupta e Sehgal 2009, Sehgal et al. 2010). A autopolinização no final da antese ocorre somente em *Mourera fluviatilis* Aubl. Nesta espécie os filetes sofrem uma torção fazendo com que as anteras e os estigmas se toquem (Sobral-Leite et al. 2011).

A polinização pelo vento é descrita como a mais comum para a família (Philbrick 1984, Rutishauser 1997, Gupta e Sehgal 2009). Isto se deve às estruturas florais bem expostas, estigmas papilosos, grãos de pólen leves e secos que podem ser liberados em grande quantidade em forma de nuvem (Mukkada

1969, Philbrick 1984, Philbrick e Novelo 1997, Rutishauser 1997, Philbrick e Novelo 1998, Gupta e Sehgal 2009, Marinho 2013).

A polinização biótica mediada por abelhas pode ocorrer em algumas espécies dos gêneros *Apinagia* Tul., *Mourera* Aubl., *Rhyncholacis* Tul. e *Weddellina* Tul. Estas espécies possuem flores com odor, coloração rosa ou lilás e numerosos estames e suas flores oferecem pólen como recurso às abelhas das famílias Apidae e Halictidae (Grubert 1979, Okada e Kato 2002, Sobral-Leite 2009, Sobral-Leite et al. 2011). A polinização mediada por moscas é relatada para três espécies de *Maratbrum* Bonpl., no entanto, foram consideradas polinizadores acidentais, pois foram observadas coletando pólen esporadicamente (Philbrick e Novelo 1997). Pode haver uma combinação entre os tipos de polinização: a autopolinização pode ser acompanhada da polinização por abelhas e/ou vento e/ou moscas (Philbrick e Novelo 1997, Philbrick e Novelo 1998, Sobral-Leite 2009, Sobral-Leite et al. 2011, Silva 2014).

A abertura das flores pode ocorrer pela manhã ou ao longo do dia (Okada e Kato 2002, Sobral-Leite et al. 2011, Silva 2014, Gupta e Sehgal 2009, Sehgal et al. 2010). O início da antese em tempos diferentes propicia a disponibilidade de pólen para a polinização cruzada ao longo de todo o dia (Silva 2014). A longevidade floral pode ser de poucas horas até quatro dias (Philbrick e Novelo 1998, Gupta e Sehgal 2009, Sehgal et al. 2010, Sobral-Leite et al. 2011).

A dicogamia ocorre em Podostemaceae podendo ser completa ou incompleta. Na dicogamia completa, as fases feminina e

masculina ocorrem sem sobreposição e na dicogamia incompleta há sobreposição entre as fases (Loyd e Webb 1986). A protoginia foi relatada em quatro espécies e a protandria em três (Jäger-Zürn 1997, Philbrick e Novelo 1998, Philbrick e Novelo 2004, Okada e Kato 2002, Sobral-Leite *et al.* 2011, Silva 2014).

As espécies estudadas até o momento são autocompatíveis e apresentam tanto autogamia como xenogamia (Sobral-Leite *et al.* 2011, Luna *et al.* 2012, Khanduri *et al.* no prelo). A maioria das espécies teve seu sistema reprodutivo inferido através da proporção pólen óvulo (Okada e Kato 2002). A cleistogamia foi registrada apenas para três espécies de Podostemoideae, as mesmas onde há autopolinização dentro do botão (Sehgal *et al.* 2000, Philbrick *et al.* 2006, Sehgal *et al.* 2009, Sá-Haiad *et al.* 2010).

Conservação

Os rios brasileiros sofrem grande pressão antrópica, principalmente pela construção de hidrelétricas, represas e desvios em seu curso. Desta maneira, algumas espécies de Podostemaceae encontram-se criticamente ameaçadas, outras estão provavelmente extintas (Philbrick *et al.* 2010). Como exemplo, pode-se citar *Devillea flagelliforme* Tul. & Wedd., conhecida somente pelo espécime-tipo, coletado em 1844 em localidade desconhecida no Rio Tocantins (GO/TO), região onde diversas hidrelétricas foram construídas, mas com apenas uma população encontrada recentemente (Bove e Philbrick 2014). Devido a tais fatos *Devillea flagelliforme* foi citada na lista vermelha da IUCN como criticamente ameaçada (Philbrick e Bove 2011).

Apesar da grande ameaça de extinção e o seu alto endemismo, poucas espécies de Podostemaceae tiveram o seu estado de conservação avaliado, algumas, no entanto, foram classificadas como criticamente ameaçadas, vulneráveis ou apresentam dados insuficientes (Bove *et al.* 2013, Philbrick e Bove 2014a, 2014b, 2014c, 2014d). A extinção das espécies de Podostemaceae causa um grande dano ambiental, uma vez que estas plantas são importantes na manutenção da estrutura biótica dos rios tropicais, pois provem alimento e refúgio para os organismos que ali habitam, principalmente peixes e insetos (Philbrick e Novelo 1998).

O conhecimento das características reprodutivas e de polinização podem fornecer dados importantes para manejo, planejamento e/ou implementação de ações conservacionistas (Primack e Rodrigues 2003, Moza e Bhanagar 2007), pois devido às peculiaridades do seu ciclo vital, a conservação *ex situ*, mostrou-se inviável, conforme diversas tentativas infrutíferas. Logo, a conservação *in situ* é a principal ou única forma de preservação para as espécies de Podostemaceae, o que justifica a urgência do conhecimento da reprodução destas espécies.

Considerações finais

Poucas espécies de Podostemaceae estão adaptadas à polinização cruzada. Aquelas polinizadas por abelhas apresentam odor e coloração rosa, lilás ou branco, diferente da maioria das espécies de Podostemaceae que apresentam cores esmaecidas (esverdeadas ou amarronzadas). A polinização por dípteros é relatada como acidental, no entanto é possível que eles sejam polinizadores efetivos de algumas espécies, pois o pólen pode ser oferecido como recurso floral. A polinização pelo vento é descrita como a mais frequente, entretanto não foram realizados experimentos com metodologia adequada para ratificar essa hipótese. Provavelmente a autocompatibilidade, autopolinização espontânea e autogamia ocorram na maioria das espécies de Podostemaceae. Elas podem ser estratégias adotadas, devido ao habitat de forte pressão seletiva (corredeiras e cachoeiras), para garantir a formação de sementes.

Levando-se em consideração a diversidade da família Podostemaceae, sua biologia da reprodução é pouco conhecida. Em todo o mundo existem cerca de 280 espécies e apenas 39 tiveram alguns desses aspectos investigados, o que significa menos de 20% de sua diversidade, e de forma incompleta (inferências de observações esporádicas ou síndromes de polinização deduzidas de proporção pólen-óvulo). No que tange às espécies neotropicais esta lacuna se mostra mais evidente, pois, apesar de conter a maior diversidade da família, apenas seis espécies têm dados reprodutivos publicados disponíveis. Fazem-se necessários mais estudos sobre a reprodução, uma vez que estas informações podem auxiliar o estabelecimento de estratégias de conservação assim como na elaboração de listas vermelhas.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq (Projeto REFLORA e bolsa de produtividade de C.P.B.) e CAPES (bolsa de mestrado de I.C.S.).

Referências

- APG III (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.
- Bove CP (2014) Podostemaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB194>. Acesso em: 01 Fev. 2014.
- Bove CP, Santos-Filho LAF, Reis-Junior JS, Abreu MB (2013) Podostemaceae. In: Martinelli G e Moraes MA (org) **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro, Andrea Jacobson, pp 884-886.
- Bove CP, Philbrick CT (2014) Rediscovery of a neotropical rheophyte (Podostemaceae) after 160 years: Implications for the location of conservation unit boundaries (Tocantins, Brazil). *Checklist* 10: 1170-1173.
- Cook CDK, Rutishauser R (2007) Podostemaceae. In: Kubitzki K (ed) **The Families**

- and Genera of Vascular Plants. Berlin, Springer Verlag. 9: 304-344.
- Engler HGA, Prantl AE (1930) Podostemaceae. In: **Die natürlichen Pflanzenfamilien**. Leipzig, Wilhelm Englemann 18: 1-61.
- Gupta CK, Sehgal A (2009) Pollination biology of *Indotristicha ramosissima* (Podostemaceae: *Tristichoidae*). **Aquatic Botany** 91: 51-56.
- Grubert M (1974) Untersuchungen über die Verankerung der Samen von Podostemonaceen. **International Review Hydrobiology** 55: 83-114.
- Jäger-Ziörn I (1997) Embryological and floral studies in *Weddellina squamulosa* Tul. (Podostemaceae, *Tristichoidae*). **Aquatic Botany** 57: 151-182.
- Khanduri P, Chaudhary A, Uniyal PU, Tandon R. (no prelo) Reproductive biology of *Willisia arekaliana* (Podostemaceae), a freshwater endemic species of India. **Aquatic Botany**.
- Khosla C, Mohan Ram HY (1993) Morphology of flower, fruit and seed in *Polypleurum stylosum*. **Aquatic Botany** 46: 255-262.
- Khosla C, Shivanna KR, Mohan Ram HY (2000) Reproductive biology of *Polypleurum stylosum* (Podostemaceae). **Aquatic Botany** 67: 143-154.
- Koi S, Kita Y, Hirayama Y, Rutishauser R, Huber KA, Kato M (2011) Molecular phylogenetic analysis of Podostemaceae: implications for taxonomy of major groups. **Botanical Journal of the Linnean Society** 169: 461-492.
- Kita Y, Kato, M (2001) Intrafamilial phylogeny of the aquatic angiosperm Podostemaceae inferred from the nucleotide sequences of the matK gene. **Plant Biology** 3: 156-163.
- Lloyd DG, Webb CJ (1986) The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms I. Dichogamy. **New Zealand Journal of Botany** 24: 135-162.
- Luna R, Guzmán-Merodio D, Núñez-Farfán J, Philbrick CT, Collazo-Ortega M., Márquez-Guzmán J. (2012) Cross compatibility between *Maratbrum rubrum* and *Maratbrum schiedeanum* (Podostemaceae), two closely related species of the Pacific Mexican Coast. **Aquatic Botany** 102: 1-7.
- Marinho, EB (2013) **Palinotaxonomia dos gêneros neotropicais de Podostemaceae**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro/Museu Nacional. Rio de Janeiro, Brasil.
- Moza MK, Bhanagar AK (2007) Plant reproductive biology studies crucial for conservation. **Current Science** 92: 1207.
- Mukkada AJ 1969. Some aspect of the morphology, embryology and biology of *Terniola zeylanica* Gardner Tulasne. **New Phytologist** 68: 1145-1158.
- Okada H, Kado M (2002) Pollination systems inferred from pollen – ovule ratios of some species of Podostemaceae. **Acta Phytotaxonomica et Geobotanica** 53: 51-61.
- Philbrick CT (1984) Aspects of floral biology, breeding system, and seed and seedling biology in *Podostemum ceratophyllum* (Podostemaceae). **Systematic Botany** 9: 166-174.
- Philbrick CT, Bove CP (2014a) *Castelnavia monandra*. In: IUCN 2014. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 07 Junho 2014.
- Philbrick CT, Bove CP (2014b) *Devillea flageliformis*. In: IUCN (2014) **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 07 Junho 2014.
- Philbrick CT, Bove CP (2014c) *Diamentina lombardii*. In: IUCN (2014) **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 07 Junho 2014.
- Philbrick CT, Bove CP (2014d) *Podostemum saldanbanum*. In: IUCN (2014) **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 07 Junho 2014.
- Philbrick CT, Bove CP, Edson Jr TC (2009) Monograph of *Castelnavia* (Podostemaceae). **Systematic Botany** 34: 715-729.
- Philbrick CT, Bove CP, Stevens HI (2010) Endemism in tropical Podostemaceae. **Annal Missouri Botanical Garden** 97: 425-456.
- Philbrick CT, Novelo AR (1995) New world Podostemaceae: Ecological and evolutionary enigmas. **The New York Botanical Garden** 47: 210-222.
- Philbrick CT, Novelo AR (1997) Ovule number, seed number and seed size in Mexican and North American species of Podostemaceae. **Aquatic Botany** 57: 182-200.
- Philbrick CT, Novelo AR (1998) Flowering phenology, pollen flow, and seed production in *Maratbrum rubrum* (Podostemaceae). **Aquatic Botany** 62: 199-206.
- Philbrick CT, Novelo AR (2004) Monograph of *Podostemum* (Podostemaceae). **Systematic Botany Monographs** 70: 1-106.
- Philbrick CT, Vomela M, Novelo AR (2006) Preanthesis cleistogamy in the genus *Podostemum* (Podostemaceae). **Rhodora** 108: 195-202.
- Primack RB, Rodrigues E (2003) **Biologia da conservação**. Londrina, Editora Planta.
- Royen P (1954) The Podostemaceae of the New World. Part III. *Acta Botanica Neerlandica* 3: 215-263.
- Rufhel BR, Bittrich V, Bove, CP, Gustafsson MHG, Philbrick CT, Rutishauser R, Zhenxiang XI, Davis CC (2011) Phylogeny of clusoid clade (Malpighiales): evidence from plastids and mitochondrial genomes. **American Journal of Botany** 98: 306-325.
- Rutishauser R (1997) Structural and developmental diversity in Podostemaceae (river-weeds). **Aquatic Botany** 57: 29-70.
- Rutishauser R, Gruber M (1999) The architecture of *Mourera fluviatilis* (Podostemaceae): developmental morphology of inflorescences, flowers and seedlings. **American Journal of Botany** 86: 907-922.
- Sá-Haiad B, Torres CA, Abreu VHR, Gonçalves MR, Mendonça CBF, Santiago-Fernandes LDR, Bove CP, Gonçalves-Esteves V (2010) Floral structure and palynology of *Podostemum weddellianum* (Podostemaceae: Malpighiales). **Plant Systematics and Evolution** 290: 141-149.
- Sehgal A, Khurana JP, Sethi M, Ara H (2010) Occurrence of unique three-celled megagametophyte and single fertilization in an aquatic angiosperm – *Dalzellia zeylanica* (Podostemaceae-*Tristichoidae*). **Sexual Plant Reproduction** 24: 199-210.
- Silva, I.C. (2014) **Características Reprodutivas de Três Espécies Neotropicais de Podostemaceae e suas Implicações Filogenéticas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brasil.
- Sobral-Leite M, Siqueira Filho JA, Erbar C, Machado IC (2011) Anthecology and reproductive system of *Mourera fluviatilis* (Podostemaceae): polination by bees and xenogamy in a predominantly anemophilous and autogamous family. **Aquatic Botany** 95: 77-87.
- Sobral-Leite M (2009) **Antecologia de *Apinagia richardiana* (Tul.) van Royen**: múltiplas estratégias reprodutivas em Podostemaceae neotropical. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.
- Tavares AS (1997) **A família Podostemaceae de Alguns Rios de Água Preta do Estado do Amazonas**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, Brasil.