

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Gabriel Conti Dalló

**INTERAÇÕES ENTRE ESPÉCIES DE ABELHAS SEM FERRÃO (APIDAE:
MELIPONINI) DO RIO GRANDE DO SUL E PLANTAS MELITÓFILAS NATIVAS**

Porto Alegre

2018

INTRODUÇÃO

Interações entre abelhas e plantas com flores datam de milhões de anos e, por consequência destas interações, diversas adaptações surgiram no decorrer do processo evolutivo, de ambos os lados. As abelhas desenvolveram uma morfologia que aperfeiçoou suas coletas de recursos florais, como corbículas, glossas longas, escopas e comportamento de forrageio adequado (ROUBIK, 1998; MICHENER, 2000). As plantas, por outro lado, desenvolveram adaptações específicas para a atração dos visitantes como, por exemplo, formas diferenciais de disponibilização de recursos, coloração, produção de néctar ou óleos florais, estreitando assim as relações com estes animais (PROCTOR; YEO; LACK, 1996; ENDRESS, 1998).

Essas interações estritas com as plantas, além da ampla distribuição e diversidade fazem com que as abelhas representem um grupo chave em um dos processos mais importantes para manutenção dos ecossistemas: a polinização (SCHLINDWEIN, 2000). Esta se caracteriza pelo transporte dos grãos pólen desde a antera, onde são produzidos, até o estilete que em contato com o estigma e consequente formação do tubo polínico resulta na transferência gamética, fecundação e formação do zigoto (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007).

A polinização viabiliza o fluxo gênico (diversidade genética) e a formação de frutos e sementes dentro do ecossistema, relacionada tanto com a regeneração natural da vegetação quanto à resiliência do restante da fauna dependente destes processos consequentes (JANZEN, 1980; RAMALHO; BATISTA, 2005). Desta forma, o inventário de abelhas e de suas interações com as plantas constituem o primeiro passo para definir estratégias de conservação destes polinizadores e consequentemente dos recursos biológicos de um ecossistema (KEVAN; BAKER, 1983; PROCTOR; YEO; LACK, 1996; IMPERATRIZ-FONSECA; SARAIVA; DE JONG, 2006; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

Acredita-se que o surgimento e proliferação de abelhas na Terra aconteceram simultaneamente ao aparecimento das Angiospermas, que, segundo registro fóssil, deu-se no Cretáceo Inferior, cerca de 130 milhões de anos atrás, com diversidade e dominância ascendente durante o Cretáceo Superior (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Em dado momento deste período houve insetos, semelhantes às vespas atuais, que em sua dieta predavam outros artrópodes como alimento. Quando fêmeas dessas vespas começaram a coletar pólen e néctar diretamente nas flores para alimentação de suas crias, substituíram a proteína animal pela vegetal, iniciando uma história de vida

própria (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; WILSON, 1972). Dessas vespas originaram-se as abelhas.

As abelhas pertencem à família de himenópteros aculeados denominada Apidae e fazem parte de um grupo monofilético conhecido como Apoidea, composta pelas abelhas e pelas vespas Heterogynaidae, Crabronidae, Sphecidae e Ampulicidae (MICHENER, 2007). A família Apidae é composta por 4 tribos, com destaque para Apini e Meliponini, que, junto com Bombini, estão num estágio social avançado, apresentando complexos hábitos sociais. Dentre os Apíneos, a única espécie que vive no Brasil é a *Apis mellifera* L. introduzida em 1839 (NOGUEIRA-NETO, 1997).

No total são conhecidas mais de 16.000 espécies de abelhas incluídas em mais de 400 gêneros e sete subfamílias, porém especula-se que o grupo pode ser muito maior, com estimativas indicando 30.000 espécies (MICHENER, 2000; DANFORTH *et al.*, 2006). No Brasil se tem conhecimento de 1.678 espécies (MOURE; URBAN; MELO, 2007), dentro de cinco subfamílias: Andreninae, Apinae, Coletinae, Halictinae e Megachilinae (MICHENER, 1979; SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002) Porém é estimado que totalizem até 3.000 espécies, desconhecidas devido à escassez de inventários na maioria das regiões brasileiras (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MOURE; URBAN; MELO, 2007).

Pertencentes à subtribo Meliponina, as abelhas meliponíneas apresentam tamanho que varia de muito pequeno a médio, e estão agrupadas na família Apidae, assim como as demais abelhas sociais (SILVEIRA *et al.* 2002). Os meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão, possuem um ferrão atrofiado, sendo assim, incapazes de ferocar (SILVEIRA *et al.* 2002). Também são conhecidas como “abelhas indígenas” ou “abelhas nativas” em virtude da criação dos indígenas, realizada por muitos séculos (RODRIGUES, 2005). Sendo por este motivo, a razão com que muitas das denominações científicas desse grupo de abelhas sejam de origem linguística indígena, o tupi (NOGUEIRA-NETO, 1970).

Estas abelhas são nativas de regiões tropicais, inclusive do Brasil. Produtoras de mel e altamente sociais, elas ocupam grande parte das regiões de clima tropical e algumas de clima temperado subtropical, sendo encontradas na maior parte da América Neotropical (NOGUEIRA-NETO, 1997). Atualmente existem mais de 400 espécies de meliponíneos no mundo, sendo 300 só no Brasil e 24 no Rio Grande do Sul de acordo com a Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (WITTER; BLOCHTEIN, 2007).

As redes de interação plantas e abelhas visitantes florais têm sido utilizadas para analisar a relação planta-polinizador e demonstrar a presença de mutualismo especialista e generalista na comunidade estudada, sendo uma ferramenta para reconhecimento de possíveis processos de aninhamento ou compartimentação dessas comunidades (MEMMOTT 1999, VÁZQUEZ & SIMBERLOFF 2002, BASILIO et al. 2006). Estas redes são descrições das interações observadas que ocorrem entre plantas e visitantes florais em um determinado local e tempo (OLESEN & JORDANO, 2002), e podem, portanto, revelar as vias de tráfego dos nutrientes e o funcionamento dos ecossistemas.

O objetivo do presente estudo é o desenvolvimento e análise de uma rede de interações entre espécies de abelhas sem ferrão (apidae: meliponini) do rio grande do sul e plantas melitófilas nativas, utilizando como base o banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consistiu no levantamento de uma matriz de dados ligando cada abelha nativa com as plantas que conhecidamente ela visita. Os dados foram retirados do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A).

As informações sobre interações desse banco de dados foram obtidas de levantamentos de abelhas nas flores (coletas realizadas por, no mínimo, um ano), que utilizaram a metodologia proposta por Sakagami e colaboradores (1967), às vezes com algumas modificações, e de trabalhos que utilizaram a análise polínica como ferramenta para identificação de fontes florais utilizadas por abelhas (também por coletas por, no mínimo, um ano), realizados em diversas regiões do país, disponíveis em dissertações, teses e artigos delas resultantes, no âmbito do projeto "Biodiversidade e uso sustentável dos polinizadores com ênfase em abelhas".

Os dados disponíveis no banco foram triados para que só as plantas nativas do Estado do Rio Grande do Sul ficassem na lista, equiparando os parâmetros regionais para abelhas e plantas. Para tal as espécies vegetais foram conferidas no site Flora Digital do RS e, quando não suficiente, no site Flora do Brasil.

As sete espécies de abelhas que não possuíam nenhuma interação documentada com plantas nativas do RS (*Lestrimelitta limao*, *L. sulina*, *Plebeia catamarcensis*, *P. meridionalis*, *P. nigriceps*, *Scaptotrigona tubiba*, *Tetragonisca fiebrigi*) não foram incluídas nas estatísticas do estudo pela inexistência de estudos atestando tais interações.

Depois de triados e tabelados, os dados compuseram uma matriz binária de abelhas em colunas vs. plantas em linhas. A rede de interação foi ilustrada e analisada com auxílio do pacote *bipartite* (DORMANN *et al* 2009) do programa *R* (*R* versão 3.4.3, R Core Team 2017). Dentre as métricas disponíveis para a descrição de uma rede de interações qualitativa, foram utilizadas as métricas para calcular a conectância (C), o grau médio para plantas (P) e animais (A), sendo também medidos a distribuição dos graus e o índice de aninhamento. A conectância (C), que mede a proporção das conexões que de fato são observadas, é a razão entre o número de interações observadas (E) e o número de interações possíveis, que por sua vez é dado pelo produto do número plantas (P) e animais (A) da rede: $C = E/A.P$. Para valores percentuais, o valor de C foi multiplicado por 100. O grau médio das plantas foi obtido a partir da média aritmética

dos graus de todas as espécies vegetais, sendo o grau, o número de interações em que cada espécie esteve envolvida. O mesmo foi feito para as abelhas.

O aninhamento em redes de interação é uma medida estrutural na qual se espera que elementos (espécies) que tenham poucos itens (interações) associados possuam apenas um subconjunto dos itens daqueles com maior número. Em outras palavras, espécies pouco interagentes de um nível trófico interagem com espécies muito interagentes do outro nível trófico. Redes de interação envolvendo polinizadores são muito comumente aninhadas, justificando o detalhamento desta estrutura de rede em especial.

Para avaliar o grau de aninhamento da rede de interações abelhas vs. plantas, foram selecionados dois índices de aninhamento, dentre os existentes: o *T* e o *NODF* (Nestedness metric based on Overlap and Decerasing Fill). O índice *T* foi selecionado por ser amplamente utilizado em estudos anteriores, sendo útil quando se deseja comparar os dados obtidos no estudo com dados já publicados. O índice *NODF* foi selecionado por ser um índice com propriedades estatísticas consideradas mais consistentes. O índice *T* foi originalmente proposto e desenvolvido por Atmar & Patterson (1993) para análise de padrões de distribuição de espécies em ilhas ou habitats fragmentados. Como o índice *T* é inversamente proporcional ao grau de aninhamento, tem sido utilizado o índice *N* (métrica proposta por BASCOMPTE *et al.* 2003) através do índice *T*: $N = (100 - T)/100$.

Ambos os índices foram calculados no programa ANINHADO (GUIMARÃES & GUIMARÃES, 2006), através do qual se pode selecionar o modelo de aleatorização (modelo nulo) para testar a significância da métrica de aninhamento. Um dos modelos oferecidos assume que cada célula na matriz de interações tem a mesma probabilidade de ser ocupada, sendo puramente aleatório, no qual a chance de ocorrência de interação é a mesma para todas as células da matriz. Em outro modelo, a chance de ocorrência de interação é proporcional aos graus de generalidade da planta e do animal associados à célula na matriz. Esse modelo é mais conservador e há uma menor chance de ocorrer erro estatístico tipo I, ou seja, de rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira, de maneira que se apresenta biologicamente mais plausível, pois respeita as diferenças de generalidade muito provavelmente intrínsecas às espécies, sendo, portanto, preferido para o presente estudo.

RESULTADOS

De acordo com o banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil, dentre as 24 espécies de abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) do RS só 17 possuem dados observados de visitação floral em plantas nativas do estado. Para as sete espécies restantes, duas apresentam dados de interações com plantas de outras regiões do Brasil, e cinco não apresentam nenhuma informação de interação floral publicado.

A rede de interações estabelecidas para o RS foi composta pelas 17 espécies de abelhas com interações com plantas do estado (Tabela 1) e 184 espécies de plantas (*P*) (Tabela 2), sendo, teoricamente, possíveis 3128 interações (*E*) entre a flora melitófila e a apifauna associada. No entanto, dentre essas interações apenas 451 (conectância, $C = 0,144 = 14,4\%$) foram observadas.

Tabela 1. Espécies de abelhas sem ferrão nativas do Rio Grande do Sul visitantes de plantas nativas de acordo com informações do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A), compiladas em dezembro 2017. As abreviaturas para os nomes das abelhas estão constantes das demais tabelas e figuras deste trabalho.

Espécies de Abelhas	Abreviatura
<i>Melipona bicolor schencki</i>	Meli_bico
<i>Melipona obscurior</i>	Meli_obsc
<i>Melipona quadrifasciata</i>	Meli_quad
<i>Mourella caerulea</i>	Mour_caer
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	Nann_test
<i>Paratrigona subnuda</i>	Para_subn
<i>Plebeia droryana</i>	Pleb_dror
<i>Plebeia emerina</i>	Pleb_emer
<i>Plebeia remota</i>	Pleb_remo
<i>Plebeia saiqui</i>	Pleb_saiq
<i>Plebeia wittmanni</i>	Pleb_witt
<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	Scap_bipu
<i>Scaptotrigona depilis</i>	Scap_depi
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	Schw_quad
<i>Tetragona clavipes</i>	Tetr_clav
<i>Tetragonisca angustula</i>	Tetr_angu
<i>Trigona spinipes</i>	Trig_spin

Tabela 2. Espécies de plantas nativas do Rio Grande do Sul visitadas por abelhas nativas sem ferrão de acordo com informações do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A), compiladas em dezembro 2017. As abreviaturas para os nomes das plantas estão constantes das demais tabelas e figuras deste trabalho.

Espécies de Plantas	Abreviatura	Espécies de Plantas	Abreviatura
<i>Abutilon amoenum</i>	Abut_amoe	<i>Echinopsis oxygona</i>	Echi_oxyg
<i>Abutilon spp.</i>	Abut_spp	<i>Elephantopus mollis</i>	Elep_moll
<i>Acacia bonariensis</i>	Acac_bona	<i>Erechtites valerianifolius</i>	Erec_vale
<i>Acacia caven</i>	Acac_cave	<i>Eryngium eburneum</i>	Eryn_ebur
<i>Acca sellowiana</i>	Acca_sello	<i>Eryngium horridum</i>	Eryn_horr
<i>Achyrocline satureioides</i>	Achy_satu	<i>Eryngium nudicaule</i>	Eryn_nudi
<i>Adesmia riograndensis</i>	Ades_riog	<i>Eryngium pandanifolium</i>	Eryn_pand
<i>Agalinis communis</i>	Agal_comm	<i>Eryngium spp.</i>	Eryn_spp
<i>Allophylus edulis</i>	Allo_edul	<i>Escallonia bifida</i>	Esca_bifi
<i>Aloysia gratissima</i>	Aloy_grat	<i>Eugenia uniflora</i>	Euge_unif
<i>Anchietea parvifolia</i>	Anch_parv	<i>Euterpe edulis</i>	Eute_edul
<i>Angelonia integerrima</i>	Ange_inte	<i>Geonoma gamiova</i>	Geon_gami
<i>Araujia megapotamica</i>	Arau_mega	<i>Glandularia pulchella</i>	Glan_pulc
<i>Aspilia montevidensis</i>	Aspi_mont	<i>Glechon thymoides</i>	Glec_thym
<i>Baccharis anomala</i>	Bacc_anom	<i>Gochnatia polymorpha</i>	Goch_poly
<i>Baccharis articulata</i>	Bacc_arti	<i>Grindelia spp.</i>	Grin_spp
<i>Baccharis cylindrica</i>	Bacc_cyli	<i>Gymnocalycium denudatum</i>	Gymn_denu
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Bacc_drac	<i>Heimia myrtifolia</i>	Heim_myrt
<i>Baccharis tridentata</i>	Bacc_trid	<i>Herbertia pulchella</i>	Herb_pulc
<i>Baccharis trimera</i>	Bacc_trim	<i>Hypochaeris brasiliensis</i>	Hypo_bras
<i>Bathysa meridionalis</i>	Bath_meri	<i>Hypochaeris microcephala</i>	Hypo_micr
<i>Berberis laurina</i>	Berb_laur	<i>Hyptis mutabilis</i>	Hypt_muta
<i>Bidens pilosa</i>	Bide_pilo	<i>Hysterionica filiformis</i>	Hyst_fili
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Blep_Sali	<i>Ilex paraguariensis</i>	Ilex_para
<i>Blumenbachia eichleri</i>	Blum_eich	<i>Ilex spp.</i>	Ilex_spp
<i>Bomarea edulis</i>	Boma_edul	<i>Ipomoea cairica</i>	Ipom_cair
<i>Borreria verticillata</i>	Borr_vert	<i>Ipomoea indivisa</i>	Ipom_indi
<i>Borreria spp.</i>	Borr_spp	<i>Jacaranda puberula</i>	Jaca_pube
<i>Buddleja stachyoides</i>	Budd_stach	<i>Justicia carnea</i>	Just_carn
<i>Buddleja thyrsoides</i>	Budd_thyr	<i>Lantana camara</i>	Lant_cama
<i>Butia capitata</i>	Buti_capi	<i>Leandra regnellii</i>	Lean_regn
<i>Calliandra tweediei</i>	Call_twee	<i>Ligaria cuneifolia</i>	Liga_cune
<i>Campomanesia aurea</i>	Camp_aure	<i>Lithraea brasiliensis</i>	Lith_bras
<i>Cerastium commersonianum</i>	Cera_comm	<i>Lithraea molleoides</i>	Lith_moll
<i>Clematis ulbrichiana</i>	Clem_ulbr	<i>Ludwigia elegans</i>	Ludw_eleg
<i>Commelina erecta</i>	Comm_erec	<i>Ludwigia peruviana</i>	Ludw_peru
<i>Conyza bonariensis</i>	Cony_bona	<i>Ludwigia sericea</i>	Ludw_seri
<i>Crotalaria lanceolata</i>	Crot_lanc	<i>Ludwigia spp.</i>	Ludw_spp
<i>Croton dracunculoides</i>	Crot_drac	<i>Luehea divaricata</i>	Lueh_diva
<i>Croton gnaphalii</i>	Crot_gnap	<i>Macfadyena unguis-cati</i>	Macf_ungu
<i>Croton montevidensis</i>	Crot_mont	<i>Manihot grahamii</i>	Mani_grah
<i>Croton thernarum</i>	Crot_ther	<i>Mikania catharinensis</i>	Mika_cath
<i>Cunila incisa</i>	Cuni_inci	<i>Mikania cordifolia</i>	Mika_cord
<i>Cunila microcephala</i>	Cuni_micr	<i>Mimosa daleoides</i>	Mimo_dale
<i>Cupania vernalis</i>	Cupa_vern	<i>Mimosa dolens</i>	Mimo_dole
<i>Cuphea linarioides</i>	Cuph_lina	<i>Mimosa paraguayana</i>	Mimo_para
<i>Cuphea racemosa</i>	Cuph_race	<i>Mimosa scabrella</i>	Mimo_scab
<i>Daphnopsis racemosa</i>	Daph_race	<i>Modiolastrum lateritium</i>	Modi_late
<i>Discaria americana</i>	Disc_amer	<i>Mutisia coccinea</i>	Muti_cocc
<i>Dyckia maritima</i>	Dyck_mari	<i>Myrceugenia ovata</i>	Myrc_ovat

<i>Myrcia glabra</i>	Myrc_glab	<i>Senecio selloi</i>	Sene_sell
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	Myrr_atro	<i>Senna corymbosa</i>	Senn_cory
<i>Nicotiana langsdorffii</i>	Nico_lang	<i>Senna scabriuscula</i>	Senn_scab
<i>Nothoscordum bonariense</i>	Noth_bona	<i>Sida rhombifolia</i>	Sida_rhom
<i>Ocotea puberula</i>	Ocot_pube	<i>Sinningia macrostachya</i>	Sinn_macr
<i>Opuntia monacantha</i>	Opun_mona	<i>Sinningia warmingii</i>	Sinn_warm
<i>Opuntia viridirubra</i>	Opun_viri	<i>Sisyrinchium spp.</i>	Sisy_spp.
<i>Oxalis brasiliensis</i>	Oxal_bras	<i>Solanum megalochiton</i>	Sola_mega
<i>Oxalis conorrhiza</i>	Oxal_cono	<i>Solanum paniculatum</i>	Sola_pani
<i>Oxalis eriocarpa</i>	Oxal_erio	<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	Sola_sanc
<i>Oxalis floribunda</i>	Oxal_flor	<i>Solanum sisymbriifolium</i>	Sola_sisy
<i>Oxalis linarantha</i>	Oxal_lina	<i>Solidago chilensis</i>	Soli_chil
<i>Oxalis niederleinii</i>	Oxal_nied	<i>Struthanthus uraguensis</i>	Stru_urag
<i>Oxalis sellowiana</i>	Oxal_sell	<i>Styrax leprosus</i>	Styr_lepr
<i>Oxalis subvillosa</i>	Oxal_subv	<i>Symplocos uniflora</i>	Symp_unif
<i>Parodia langsdorffii</i>	Paro_lang	<i>Terminalia australis</i>	Term_aust
<i>Parodia mammulosa</i>	Paro_mamm	<i>Tibouchina cerastifolia</i>	Tibo_cera
<i>Parodia ottonis</i>	Paro_otto	<i>Tibouchina dubia</i>	Tibo_dubi
<i>Parodia scopa</i>	Paro_scop	<i>Tibouchina gracilis</i>	Tibo_grac
<i>Paspalum notatum</i>	Pasp_nota	<i>Tibouchina ramboi</i>	Tibo_ramb
<i>Passiflora alata</i>	Pass_alat	<i>Tibouchina sellowiana</i>	Tibo_sell
<i>Passiflora caerulea</i>	Passi_caer	<i>Tradescantia spp.</i>	Trad_spp
<i>Passiflora spp.</i>	Passi_spp	<i>Trixis praestans</i>	Trix_prae
<i>Pavonia sepium</i>	Pavo_sepi	<i>Valeriana scandens</i>	Vale_scan
<i>Pavonia spp.</i>	Pavo_spp	<i>Verbena litoralis</i>	Verb_lito
<i>Pfaffia tuberosa</i>	Pfaf_tube	<i>Verbena montevidensis</i>	Verb_mont
<i>Piper gaudichaudianum</i>	Pipe_gaud	<i>Vernonia flexuosa</i>	Vern_flex
<i>Pluchea sagittalis</i>	Pluc_sagi	<i>Vernonia nudiflora</i>	Vern_nudi
<i>Poiretia tetraphylla</i>	Poir_tetr	<i>Vernonia puberula</i>	Vern_pube
<i>Polygonum punctatum</i>	Poly_punc	<i>Vitex megapotamica</i>	Vite_mega
<i>Prunus myrtifolia</i>	Prun_myrt	<i>Wahlenbergia linarioides</i>	Wahl_lina
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Raph_raph	<i>Wissadula glechomifolia</i>	Wiss_glec
<i>Richardia brasiliensis</i>	Rich_bras	<i>Vernonia flexuosa</i>	Vern_flex
<i>Ritterocactus uebelmannianus</i>	Ritt_uebe	<i>Vernonia nudiflora</i>	Vern_nudi
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Rupr_laxi	<i>Vernonia puberula</i>	Vern_pube
<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagi_mont	<i>Vitex megapotamica</i>	Vite_mega
<i>Salix humboldtiana</i>	Sali_humb	<i>Wahlenbergia linarioides</i>	Wahl_lina
<i>Scutellaria racemosa</i>	Scut_race	<i>Wissadula glechomifolia</i>	Wiss_glec
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Seba_bras	<i>Vernonia puberula</i>	Vern_pube
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Seba_comm	<i>Vitex megapotamica</i>	Vite_mega
<i>Senecio bonariensis</i>	Sene_bona	<i>Wahlenbergia linarioides</i>	Wahl_lina
<i>Senecio pinnatus</i>	Sene_pinn	<i>Wissadula glechomifolia</i>	Wiss_glec

O grau das abelhas variou de 1 a 139 espécies de plantas visitadas, sendo o grau médio para a comunidade de abelhas igual a 26,5 links por abelha (desconsiderando as espécies sem interações registradas). Vale destacar que apenas 5 (29,4%) espécies de abelhas utilizaram mais plantas do que a média (Figura 1). Das interações observadas, 139 (30,8%) foram apenas para a espécie de abelha *Trigona spinipes*, espécie de maior distribuição dentre as abelhas sem ferrão do estado.

As espécies *Melipona obscurior* (VU – vulnerável), *M. bicolor schencki* (EN – em perigo), *M. quadrifasciata quadrifasciata* (EN – em perigo) se encontram na Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul (MARQUES et al. Lista de Referência da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul, 2014) e interagiram com 14, 8 e 8 plantas, respectivamente, juntas somando 6,65% das interações totais.

O grau das plantas variou entre 1 e 8 links, sendo o grau médio para a comunidade vegetal de 2,4 links. Sessenta e nove espécies (37,5%) receberam número de espécies visitantes acima da média, enquanto que 66 (35,8%) receberam apenas uma espécie de abelha visitante (Figura 2). A família Asteraceae foi a mais visitada, possuindo 32 (17,39%) espécies de plantas registradas somando 116 interações (25,72%), com uma média de 3,65 interações por espécie. Fabaceae possui 12 espécies (6,5%) somando 29 interações (6,4%). O gênero com maior número de representantes dentre as plantas foi *Oxalis* (8), seguido por *Baccharis* e *Senecio*, ambos com 6.

Dentre as plantas que obtiveram maior grau, quatro são da Família Asteraceae, sendo três pertencentes ao gênero *Baccharis*, duas delas sendo as únicas com 8 interações (*B. anomala* e *B. dracunculifolia*). *Baccharis articulata* e *Solidago chilensis* ficam ao lado de *Lithraea molleoides* (Anacardiaceae) e *Calliandra tweediei* (Fabaceae) com 7 interações. Juntas estas seis espécies representam 9,75% do total de interações.

Não houve modularidade detectável na rede, todas as espécies pertencendo a um único módulo, sem formação de compartimentações na matriz. Esta característica aponta uma coesão entre o grupo de abelhas nativas do RS e as plantas visitadas, sem que se formem comunidades mais associadas entre si e afastadas de outros grupos.

A rede de interações apresentou-se fortemente aninhada, com índice (temperatura) $T = 11,72$; aninhamento $N = 0,88$ ($100-T/100$) e NODF = 16,39. Ambas as variáveis (T e NODF) resultam estatisticamente significativas (T simulado = 34,94; NODF simulado = 44,26; $P < 0,001$) e atestam que a rede é fortemente aninhada.

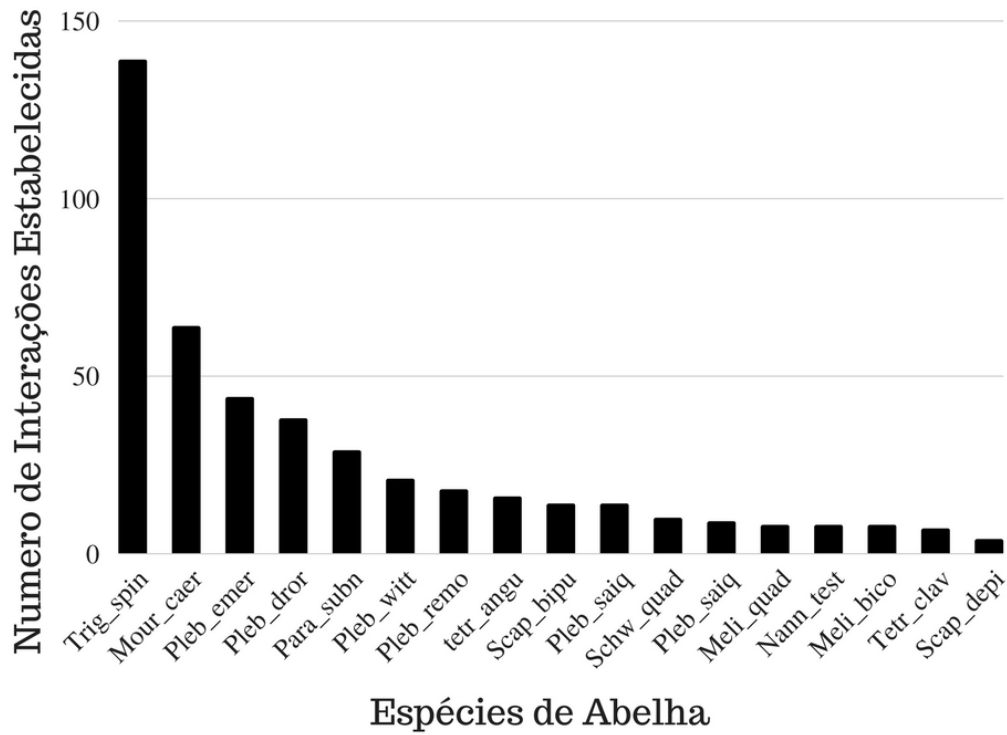


Figura 1. Distribuição do grau (número de interações) das espécies de abelhas nativas sem ferrão interagentes com plantas nativas do RS conforme os dados do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil.

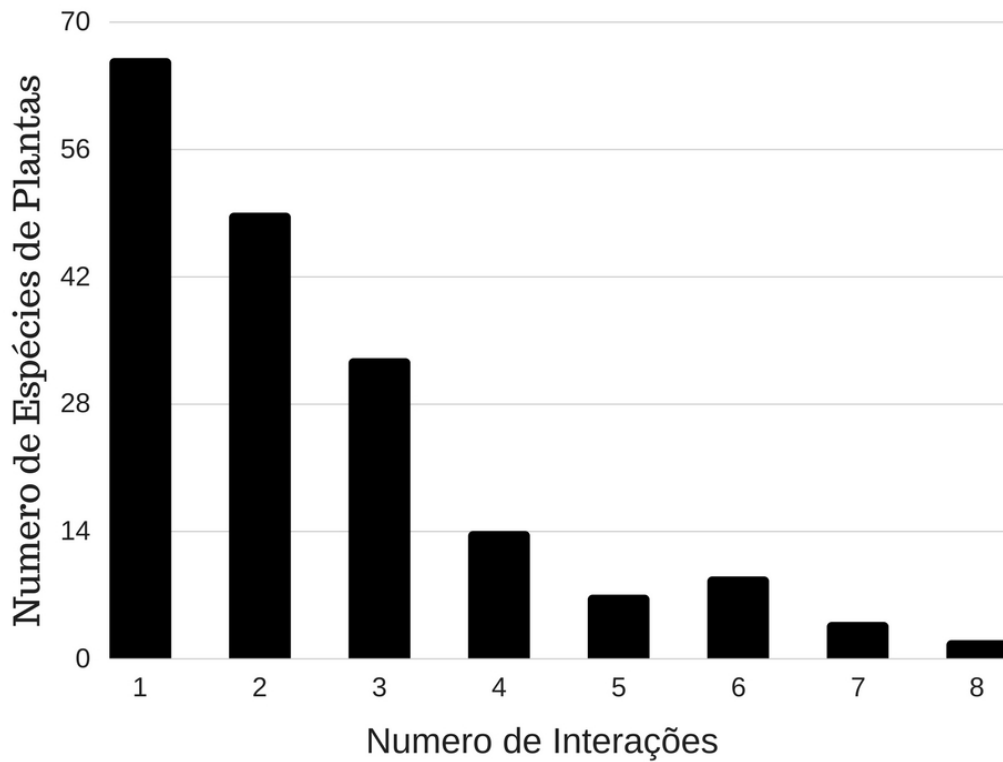


Figura 2. Distribuição do grau (número de interações) das espécies de plantas nativas do RS interagentes com abelhas nativas sem ferrão conforme os dados do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil.

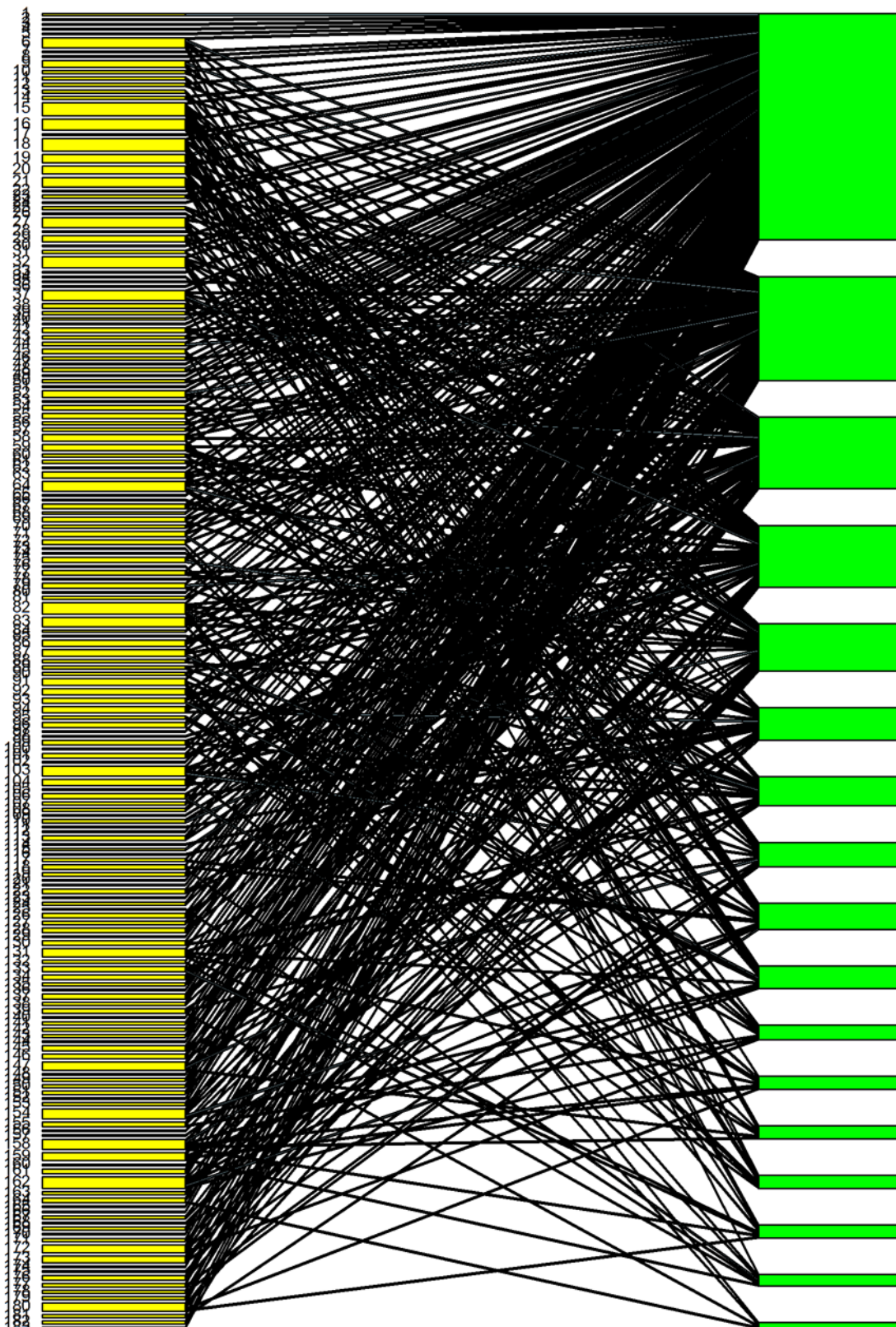


Figura 3. Rede de interações bipartida entre espécies de abelhas nativas sem ferrão (à esquerda, amarelo) e plantas nativas do RS (à direita, verde) conforme os dados do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A), colhidos em dezembro de 2017. A rede foi plotada através do pacote *bipartite* do programa *R*.

DISCUSSÃO

As interações estabelecidas entre as abelhas e as flores revelaram-se heterogêneas, indicando um sistema assimétrico, onde poucas espécies concentram grande parte das interações e espécies com poucas interações estão conectadas a espécies com muitas interações. O grafo bipartido aponta um forte aninhamento da rede de interações entre abelhas e plantas, confirmado estatisticamente. Nota-se que as interações concentram-se em poucas espécies e que nesse conjunto de ligações, as densidades diminuem progressivamente em cada lado, de cima para baixo (na rede as espécies estão ordenadas conforme o grau). Além disso, há uma maioria das espécies raras de um lado estabelecendo interações com as espécies mais comuns do outro lado.

Estudos de comunidades de abelhas realizados em biomas brasileiros (PINHEIRO-MACHADO *et al.* 2002), em particular no Nordeste (NEVES & VIANA 2002, AGUIAR 2003, LORENZON *et al.* 2003, RODARTE *et al.* 2008) têm revelado que as interações entre flores e abelhas são predominantemente generalistas, quando demonstram que as abelhas não utilizam apenas flores melitófilas, e que as espécies vegetais, por sua vez, são visitadas por muitas espécies de abelhas. Entretanto, poucos estudos têm se dedicado a analisar as interações entre flores e visitantes sob a perspectiva das redes tróficas (por exemplo, BEZERRA *et al.* 2009, SANTOS *et al.* 2009).

O aninhamento pode ser um resultado simples da abundância diferencial entre as espécies, ou seja, as espécies mais comuns estabelecem mais interações do que as raras, interagindo com as espécies mais comuns do outro nível trófico. No entanto, este aninhamento pode também vir das diferenças na atratividade das espécies vegetais, e de aspectos da seleção das fontes de recursos por parte das abelhas com base em outras características além da abundância e a disponibilidade floral. Essa topologia é caracterizada por apresentar um núcleo coeso, onde as espécies generalistas interagem entre si, estabelecendo uma rede funcional e disponibilizando recursos para as espécies raras persistirem, conferindo maior estabilidade ao sistema (NEWMAN, 2006).

Segundo Dunne *et al.* (2002) e Memmott *et al.* (2004) as redes de interação de polinizadores são relativamente tolerantes à extinção de espécies. Porém estes autores alertam que a tolerância não é sinônimo de imunidade à extinção e a perda de polinizadores generalistas constitui um grave perigo às redes de interação de polinizadores.

O presente estudo revelou que, para o Rio Grande do Sul, a rede comportou-se conforme o esperado para as redes mutualistas já conhecidas, caracterizando-se em um sistema com predominantes relações generalistas. Essa topologia possui importantes implicações para a conservação, tais como: (1) tais redes de interações são altamente coesas, ou seja, a maioria das plantas e animais generalistas interage entre si, gerando uma densa massa de interações que atinge toda a comunidade, aliado à distribuição heterogênea do número de interações por espécie, tal padrão oferece rotas alternativas de respostas às perturbações ambientais, conferindo maior estabilidade ao sistema; (2) a comunidade é organizada de maneira assimétrica, com espécies especialistas interagindo com espécies generalistas, oferecendo recursos alternativos para as espécies raras (BASCOMPTE *et al.* 2003; JORDANO *et al.* 2006).

É importante ressaltar que esta rede de interações decorre de informações obtidas para abelhas do RS e plantas nativas no RS, embora estas relações possam ter sido registradas em diversos pontos do Brasil por trabalhos variados sobre visitação floral. Isso significa que a rede, da forma como está, representa uma visão do potencial das interações entre abelhas nativas e plantas neste Estado, tendo em vista uma vasta gama de dados. Desta forma, a análise desta rede demonstra um conjunto de dados ainda longe de poder ser considerado completo, mas fornecendo desde já uma indicação sobre as interações encontradas em nosso Estado. Esperamos que este trabalho possa servir também como incentivo para a continuidade dos trabalhos em campo e de compilação de resultados para melhor entendimento dos processos ecossistêmicos de polinização no RS.

A dominância da Família Asteraceae dentre as plantas é provável resultado da ampla distribuição e alta ruderalidade do grupo, que se configura como a mais rica família vegetal dos Campos sulinos (ca. 600 espécies) (BOLDRINI 1993). O gênero *Baccharis* foi o mais abundante da família (6 espécies), embora *Baccharis* se destaque por ser no geral arbustos ou vassouras medindo em média de 0,5 a 4,0 m de altura. Apresentam ampla dispersão no estado, com 120 espécies descritas para o Brasil, a maior parte delas localizadas na região sudeste do País (VERDI *et al.* 2005; BARROSO 1975).

O conhecimento da flora meliponícola é imprescindível, pois esta se caracteriza pelas espécies vegetais que possam fornecer pólen e/ou néctar, recursos essenciais para a manutenção e permanência das colônias de abelhas e para a produção de mel e outros derivados. O conhecimento das plantas fornecedoras de recursos tróficos (principalmente pólen e néctar) às abelhas é essencial para o estabelecimento de

programas de conservação desses animais (CARVALHO E MARCHINI, 1999). Além disso, informações dessa natureza são importantes para a obtenção de uma meliponicultura produtiva, tornando possível, a partir desses dados, o estabelecimento de metas para o desenvolvimento sustentável desta atividade.

Algumas iniciativas e estudos vêm sendo desenvolvidos progressivamente ao longo dos anos, e proporcionando o conhecimento de algumas plantas visitadas por abelhas sem ferrão (ver KNOLL 1990; VIANA 1992; CASTRO 1994; WILMS *et al.* 1996; WILMS 1996; VIANA *et al.* 1997; WILMS E WIECHERS 1997; AGUILAR 1999). Mas, ainda assim, esse conhecimento não é suficiente para o conhecimento da manutenção das comunidades de abelhas sem ferrão em habitats naturais e antropizados brasileiros. Especialmente, porque a flora meliponícola tem uma grande variação de caráter regional, o que dificulta a extrapolação de dados mais para muitas regiões.

Em virtude de ações antrópicas os meliponíneos encontram-se fortemente ameaçados. Ações como perda de habitat, desmatamentos, queimadas, predação por parte dos meleiros são os principais fatores apontados para a diminuição acentuada do número de colônias no ambiente (AIDAR E CAMPOS 1998). Essa redução drástica da diversidade de abelhas sem ferrão tende a acarretar a extinção de espécies vegetais nativas importantes em nosso ecossistema, implicando assim, em um provável desequilíbrio de diversos habitats (ROUBIK 1989).

A polinização, como um processo ecológico, é importante não somente para a reprodução sexuada das angiospermas, mas também, para a produção de alimentos e a manutenção e conservação das redes de interações entre plantas e animais (YAMAMOTO *et al.* 2010). Embora as abelhas sem ferrão possam estar relacionadas à atividades econômicas bem estabelecidas, como produção de mel, cera e própolis, a grande importância desses organismos, é o papel chave que desempenham nos processos ecossistêmicos em que estão envolvidas (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.* 2004).

A criação de abelhas sem ferrão, chamada de meliponicultura, é considerada uma atividade sustentável, de fácil manejo e baixo custo. Ela gera renda e possui relevância na manutenção da biodiversidade através da polinização de grande parte das espécies nativas. A criação racional destas abelhas visa praticamente à exploração do mel, sendo o principal produto dos ninhos (NOGUEIRA-NETO 1953; 1970; 1997). Além do mel, o pólen, o cerume, a própolis e a formação de novos ninhos são outros produtos também aproveitados das abelhas sem ferrão (CORTOPASSI- LAURINO *et al.* 2006; VENTURIERI *et al.*, 2012).

Este estudo tem relevância no reconhecimento do que se tem publicado sobre as interações entre as abelhas sem ferrão do estado e as plantas nativas, destacando as espécies de maior importância ou mais estudadas e principalmente frisando a falta de estudo nas espécies mais raras ou menos estudadas de abelhas. É de extrema importância que, futuramente, se pesquise mais a fundo sobre as interações entre as sete espécies de meliponíneos mantidas fora da matriz e as plantas visitadas por elas, sendo de mesma importância a manutenção e atualização do banco de dados do Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, D.S.; CAMPOS, L.A.O. Manejo e manipulação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Apidae: Meliponinae). An. Soc. Entomol. Bras., Londrina, v. 27, n. 1, p. 157-159, Mar. 1998.
- BARROSO, G. M.; RODRIGUÉSIA. *Baccharidiopsis*, um genero novo da subtribo *Baccharidinae* (tribo *Astereae*), 1975.
- BASCOMPTE, J. et al.. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 100: 9383-9387, 2003.
- BASILIO A.M.; MEDAN D.; TORRETTA J. P.; BARTOLONI N.J. A year-long plant-pollinator network. *Austral Ecology*, 2006.
- BOLDRINI, I.I. Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solos, Depressão Central, Rio Grande do Sul. Doctoral thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 262 pp, 1993.
- CAMARGO, J.M.F. & POSEY, D. A. 1990. O Conhecimento dos Kayapó Sobre as Abelhas Sociais Sem Ferrão (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera). Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Zoologia, v. 6, n.1, p. 17-42.
- CARVALHO, C.A.L. & MARCHINI, L.C. Plantas visitadas por *Apis mellifera* L. no vale do rio Paraguaçu, Município de Castro Alves, Bahia 1999
- CORTOPASSI-LAURINO, M., V.L. IMPERATRIZ-FONSECA, D.W. ROUBIK, et al. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, v. 37, n.2, p. 275-292, 2006
- DANFORTH, B. N. et al. The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. *Pnas*, n. , p.15118-15123, 10 out. 2006. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/103/41/15118>>

- DUNNE, J. A. , WILLIAMS, R. J. AND MARTINEZ, N. D. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*, 5: 558–567, 2002.
- ENDRESS, P. K. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 511p.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: www.floradobrasil.jbrj.gov.br/
- Flora Digital, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: www.ufrgs.br/fitoecologia/florars
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Conservação de polinizadores no ano internacional da biodiversidade. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p.14-15, 2010.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; DE JONG, D. Bees as pollinators in Brasil: assessing the status and suggesting best practices. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006. 112 p.
- JANZEN, D. H. *Ecologia vegetal nos trópicos*. São Paulo: EDUSP, 1980. 79p.
- JORDANO, P. et al. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. In: Waser, N. M. and Ollerton, J. (eds), *Plantpollinator interactions: 1238 from specialization to generalization*. Univ. of Chicago Press, pp. 173-199, 2006
- KEVAN, P.G.; BAKER, H.G. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Ann. Rev. Ent.*, 28: 407-53
- KERR, W. E. & POSEY, D. A. 1984. Informações adicionais sobre agricultura dos Kayapós. *Interciencia*, v. 9, n.6, p. 392-400.
- Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul (MARQUES, A. A. B. et al. Lista de Referência da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul. Decreto no 41.672, de 9 de setembro de 2014. Porto Alegre: FZB/MCT–PUCRS/PANGEA
- MAGALHÃES, T. L. & VENTURIERI, G. C. 2010. Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no nordeste paraense. *SÉRIE DOCUMENTOS, EMBRAPA*, n. 364, 36p
- MELO, G. A. R.; GONÇALVES, R. B. Higher-level bee classifications (Hymenoptera, Apoidea, Apidae sensu lato). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 22, 2005. p. 153– 159.

- MEMMOTT J. The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology Letters* 2: 276-280. Anais do IX Encontro sobre Abelhas, 2010 Ribeirão Preto - SP, Brasil 306, 1999.
- MEMMOTT, J., WASER, N. M., PRICE. M. V. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proc. R. Soc. B* 271: 2605-2611, 2004.
- MICHENER, C. D. Biogeography of the bees. *Annals Of The Missouri Botanical Garden, Missouri*, v. 66, n. 3, p.277-347, 1979.
- MICHENER, C. The bees of the world. The Johns Hopkins University Press. 2000. 913p.
- MICHENER, C. D. The Bees of the World. Baltimore, Johns Hopkins University Press. 953p, 2007.
- MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R.. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. 1058 p.
- NEWMAN, M.E.J. Modularity and community structure in networks. *PROC.NATL.ACAD.SCI.USA*, 103. 18, 2006.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1953. A Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão. São Paulo, Chácaras e Quintais.
- NOGUEIRA-NETO, P. A criação das abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo, Tecnapis, 1990.
- NOGUEIRA-NETO, P. A criação de abelhas indígenas sem ferrão. Nogueiraps, 1997. 446 p.
- POSEY, D. A. & CAMARGO, J.M.F. 1985. Additional notes on the classification and knowledge of stingless bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by Kayapó indians of Gorotire, Pará, Brazil. *Annals of Carnegie Museum* 54 (8): 247-274.
- PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. The natural history of pollination. Portlan: Tiber Press, 1996. 476 p.
- RAVEN, P.; EVERT, R.; EICHHORN, S. *BIOLOGIA VEGETAL*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.
- RAMALHO, M; BATISTA, M. A. Polinização na Mata Atlântica: perspectiva ecológica da fragmentação, p.93-142. In: Franke, C. R.; Rocha, P. L. B.; Klein, W; Gomes, S. L. Mata Atlântica e Biodiversidade. EDUFBA, Salvador, 2005. 476p.
- RODRIGUES A.S. Etnoconhecimento sobre abelhas sem ferrão: saberes e práticas dos índios Guarani M'Byá na Mata-Atlântica. Dissertação de Mestrado. Curso de

Pós-Graduação em Ecologia de Agroecossistemas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESLQ), 2005

- ROUBIK, D. W. An overview of Africanized honey-bee populations: reproduction, diet, and competition. In: NEEDHAM, G. R. (Ed.) Africanized honey bees and bee mites. Ellis Horwood Ltd. Chichester, England. 1988. p. 45-54.
- ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989. 514 p
- R Core Team. 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica, 2012.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 2002. 253 p.
- Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil. Disponível em : www.abelhaseplantas.cria.org.br
- SCHLINDWEIN, C. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4., 2000, Ribeirão Preto (SP). Anais. Ribeirão Preto: USP, 2000. p. 131-141.
- SLAA, E.J., SÁNCHEZ-CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, F. E. 2006. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, v. 37, n. 2, p. 293-315.
- SHARKEY M. Phylogeny and Classification of Hymenoptera. University of Kentucky, Lexington, 2007
- VÁZQUEZ D P, SIMBERLOFF D. 2002. Ecological specialization and susceptibility to disturbance: conjectures and refutations. *American Naturalist* 159: 606–623.
- VENTURIERI, G. C.; ALVES, D. A.; VILLAS-BÔAS, J. K.; CARVALHO, C. A. L., MENEZES, C., VOLLET-NETO, A, CONTRERA, F. A. L., CORTOPASSI-LAURINO, M., NOGUEIRA-NETO, P., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2012. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. In: Imperatriz-Fonseca, VL et al org. Polinizadores no Brasil: Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. EDUSP, ISBN 978-85-314-1344-5, p. 213-236.

- VERDI, L.G.; BRIGHENTE, I.M.C.; PIZZOLATTI, M.G. Gênero *Baccharis* (Asteraceae): aspectos químicos, econômicos e biológicos. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 85-94, Feb. 2005.
- WILSON, E. Animal Communication. *Scientific American*, 227(3), 52-63, 1972.
- WITTER, S.; BLOCHTEIN, B. Abelhas Sem Ferrão do Rio Grande do Sul: manejo e conservação. *Boletim FEPAGRO*, v 15, 79 p., 2007
- YAMAMOTO M.; BARBOSA A.; OLIVEIRA P. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger), 2010, *Oecologia Australis* 14: 174-192.