

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA EHLERT

REVISÃO TAXONÔMICA INTEGRATIVA DE *Cordulisantosia* FLECK & COSTA,
2007: UM GÊNERO DE LIBÉLULAS ENDÊMICO DE MONTANHAS DA MATA
ATLÂNTICA DO SUDESTE DO BRASIL (INSECTA: ODONATA: CORDULIIDAE s.s.)

CURITIBA

2021

JULIANA EHLERT

REVISÃO TAXONÔMICA INTEGRATIVA DE *Cordulisantosia* FLECK & COSTA,
2007: UM GÊNERO DE LIBÉLULAS ENDÊMICO DE MONTANHAS DA MATA
ATLÂNTICA DO SUDESTE DO BRASIL (INSECTA: ODONATA: CORDULIIDAE s.s.)

Monografia apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas,
Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Paraná

Orientador: prof. Dr. Ângelo Parise Pinto (DZoo/UFPR)

CURITIBA

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

JULIANA EHLERT

REVISÃO TAXONÔMICA INTEGRATIVA DE *Cordulisantosia* FLECK & COSTA, 2007: UM GÊNERO DE LIBÉLULAS ENDÊMICO DE MONTANHAS DA MATA ATLÂNTICA DO SUDESTE DO BRASIL (INSECTA: ODONATA: CORDULIIDAE s.s.)

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Parise Pinto
Departamento de Zoologia, UFPR

Dra. Mônica Piovesan
Programa de Pós-graduação em Entomologia, UFPR

Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Machado Feitosa
Departamento Zoologia, UFPR

Curitiba, 16 de dezembro de 2021.

RESUMO

As libélulas do grupo Corduliidae s.l. representam linhagens intermediárias entre os Libellulidae e outros Libelluloidea, tornando investigações sobre a sistemática e filogenia dos corduliídeos indispensáveis para compreender a evolução dos Libelluloidea. *Cordulisantosia* Fleck & Costa, 2007 é um pequeno gênero confinado às florestas em cadeias montanhosas da Serra do Mar e da Mantiqueira, sudeste do Brasil, em altitudes superiores a 1000 metros. Três espécies muito semelhantes foram descritas para o gênero e são consideradas válidas: *C. marshalli* (Costa & T.C. Santos, 1992) (Nova Friburgo, RJ), *C. machadoi* (Costa & T.C. Santos, 2000) (Parque Nacional Serra da Bocaina, SP) e *C. newtoni* (Costa & T.C. Santos, 2000) (Parque Nacional do Itatiaia, MG). As fêmeas são desconhecidas, mas os últimos estádios larvais de duas espécies foram descritos. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise taxonômica integrativa das espécies de *Cordulisantosia* com base em dados morfológicos e moleculares, apresentando uma revisão taxonômica completa contendo ilustrações, diagnoses e caracterização do gênero. O estudo morfológico comparativo, a obtenção de medidas e fotografias foram realizados com auxílio de um estereomicroscópio e câmera fotográfica. Foram realizadas reações em cadeia da polimerase para obtenção de dados moleculares para realização de análises de distância genética. Uma revisão bibliográfica foi realizada para elaboração de listas sinonímicas e para a compilação de dados de distribuição. Sete localidades em três estados brasileiros foram definidas para contemplar a distribuição do gênero. Após análise do material, foi observado que as espécies foram diagnosticadas com base em parâmetros dúbios, como pequenas diferenças nos apêndices caudais e coloração dos reflexos metálicos, que variam conforme a direção de incidência e tipo de fonte luminosa. Portanto, os caracteres diagnósticos utilizados para a distinção das espécies não serviam para esse propósito, tornando o gênero monotípico contendo apenas sua espécie-tipo, *Santosia marshalli*. Assim, o gênero foi redescrito e diagnosticado, seus caracteres diagnósticos ilustrados, bem como a primeira fêmea registrada e caracterizada.

Palavras-chave: Anisoptera. Taxonomia integrativa. Mata Atlântica.

ABSTRACT

INTEGRATIVE TAXONOMIC REVISION OF *Cordulisantosia* FLECK & COSTA, 2007: AN ENDEMIC GENUS OF DRAGONFLIES FROM MOUNTAINS OF THE SOUTHEASTH BRAZILIAN ATLANTIC FOREST (INSECTA: ODONATA: CORDULIIDAE s.s.)

The dragonflies of Corduliidae s.l. represents intermediate lineages between Libellulidae, and other Libelluloidea families, making investigations about corduliids phylogeny and systematics pivotal to comprehend the evolution of Libelluloidea. *Cordulisantosia* Fleck & Costa, 2007 is a small genus confined to forests in the mountain range of Serra do Mar and Mantiqueira, southeastern Brazil, usually at elevations higher than 1000 m a.s.l. Three remarkably similar species were described for the genus: *C. marshalli* (Costa & T.C. Santos, 1992) (Nova Friburgo, RJ), *C. machadoi* (Costa & T.C. Santos, 2000) (Parque Nacional Serra da Bocaina, SP) e *C. newtoni* (Costa & T.C. Santos, 2000) (Parque Nacional do Itatiaia, MG). The females remain unknown, but the ultimate larval stadium for two species were described. The goal of this study is to realize an integrative taxonomic analysis of *Cordulisantosia*, based in morphological and molecular data, providing a complete review with diagnoses, illustrations, and characterization of genus. The comparative morphological analyses, obtention of measurements and images were realized with aid of stereomicroscope and photographic camera. Polymerase chain reactions were performed to obtain molecular data for genetic distance analysis. A complete literature review was realized to elaborate synonymous lists and to compile distribution data. Seven locations in three Brazilian states were defined as records to the genus distribution. After analyzing the material, we observed that the species were diagnosed based on dubious parameters, such as the small differences in the caudal appendages and color shades of the metallic reflections, that vary with the type of light source and angle of incidence. The diagnostic characters used to distinguish the species did not serve this purpose, turning the genus monotypic with only its type-specie *Santosia marshalli*. Thus, the genus was redescribed and diagnosed, with its diagnostic characters illustrated. The first female was registered and characterized.

Keywords: Anisoptera. Integrative taxonomy. Atlantic forest.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, amigos e colegas de laboratório por todo o apoio e colaboração nos dias difíceis.

Ao meu orientador, prof. Ângelo Parise Pinto, pela paciência e dedicação à minha formação enquanto pesquisadora.

A todos os professores que compartilharam seu conhecimento, em especial ao prof. Maurício O. Moura, profa. Mirna M. Casagrande, prof. Walter A. P. Boeger e prof. Rodney R. Cavichioli.

Ao Emanuel Razzolini, pelo auxílio com as análises moleculares e à Mônica Piovesan pelo auxílio na obtenção de fotografias de automontagem.

Ao Laboratório de Sistemática de Insetos Aquáticos (LABSIA) e à Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de desenvolver o presente estudo.

LISTA DE ABREVIATURAS

PARNA – Parque Nacional

Ax – veia transversal antenodal

CuA – veia do cubito anal anterior

Fw – asa anterior (fore wing)

Hw – asa posterior (hind wing)

Mspl – média suplementar

pt – pterostigma

Px – veia transversal pós-nodal

Rspl – radio suplementar

S1–10 – segmentos abdominais de 1 a 10

VS – vesícula espermática (*vesica spermalis*)

V1–4 – 1º a 4º segmentos da vesícula espermática

dba – lobo distal do 4º segmento da vesícula espermática (*distal balloon*)

vba – lobo ventral do 3º segmento da vesícula espermática (*ventral balloon*)

p-ps – esclerito proximal da vesícula espermática (*proximal pump-sclerite*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 MATERIAL EXAMINADO.....	13
3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.3 ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO	13
3.4 ANÁLISE MORFOLÓGICA COMPARATIVA	14
3.5 ANÁLISE MORFOMÉTRICA	15
3.6 AMPLIFICAÇÃO DE DNA E ANÁLISE DE DISTÂNCIA GENÉTICA	15
4. RESULTADOS	17
4.1 ANÁLISE MOLECULAR	18
4.2 ANÁLISE MORFOMÉTRICA	19
4.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA COMPARATIVA	21
4.4 TRATAMENTO TAXONÔMICO	22
4.4.1 <i>Diagnose de Cordulisantosia</i>	23
4.4.2 <i>Descrição de Cordulisantosia marshalli.</i>	28
5. DISCUSSÃO	36
6. CONCLUSÃO	39
7. REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

A ordem Odonata representa uma das linhagens mais antigas de insetos alados (Ware et al. 2007), com origem no Carbonífero, há 323–298 milhões de anos (Kohli et al. 2021), e são importantes predadores de nível trófico elevado em ambientes de água doce. Possui três subordens viventes: Anisozygoptera, Anisoptera e Zygoptera, sendo que apenas as duas últimas ocorrem no Brasil, representadas por quatro e 11 famílias, respectivamente (Pinto 2021). Dentre as famílias de Anisoptera, Libellulidae se apresenta como a dominante e mais diversa, entretanto, seu relacionamento filogenético com outros Libelluloidea continua incerto, em especial em relação aos gêneros que compõem os Corduliidae *sensu lato* (e.g., Dijkstra et al. 2013). Do ponto de vista evolutivo, Corduliidae *s.l.* é um grupo chave para compreensão da evolução da subordem por representar linhagens intermediárias entre Libellulidae e outras famílias de Libelluloidea (Pinto 2015).

Na atual circunscrição, as espécies de Corduliidae *s.l.* ocorrem em todas as regiões biogeográficas e representam um dos menores e mais raros componentes da fauna de Odonata na região neotropical, com 53 espécies em sete gêneros (Pinto & Carvalho 2010; Pinto & Lamas 2010). O grupo abrange pelo menos três linhagens distintas: Macromiidae, “Synthemistidae” e Corduliidae *sensu stricto*, este último sugerido como grupo-irmão dos Libellulidae (Ware et al. 2007; Bybee et al. 2021). No total, 22 gêneros estão incluídos em Corduliidae *s.s.* (Bybee et al. 2021) cinco deles registrados para o Brasil (Pinto 2021).

Cordulisantusia Fleck & Costa, 2007 é um dos representantes da linhagem dos Corduliidae *s.s.*, compõe um pequeno gênero com espécies de libélulas confinadas às florestas nas cadeias montanhosas da Serra do Mar e da Mantiqueira, no sudeste do Brasil, normalmente sendo encontradas em elevações superiores a 1000 m do nível do mar (Costa & Santos 2000). Foi descrito com base em um único macho proveniente do município de Nova Friburgo, estado do Rio de Janeiro e sua única espécie, *Santosia marshalli* Costa & T.C. Santos, 1992, designada como espécie-tipo. O gênero foi originalmente nomeado como *Santosia* Costa & T.C. Santos, 1992 em homenagem ao pioneiro da odonatologia no Brasil, Newton Dias dos Santos (veja Costa & Santos, 1992). Posteriormente *Santosia* demonstrou ser homônimo júnior de *Santosia* Stål, 1858, gênero de percevejos de Reduviidae, sendo então substituído

por *Cordulisantosia* Fleck & Costa 2007. Foram descritas três espécies, a saber: *Cordulisantosia marshalli*, do município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro; *Cordulisantosia machadoi* (Costa & T.C. Santos, 2000), do Parque Nacional da Serra da Bocaina, município de São José do Barreiro, São Paulo; e *Cordulisantosia newtoni* (Costa & T.C. Santos, 2000), do Parque Nacional do Itatiaia, município de Itamonte, Minas Gerais. Embora sejam consideradas válidas, são morfologicamente similares e com base nos caracteres diagnósticos é praticamente impossível atribuir com segurança qualquer desses nomes a indivíduos do gênero.

As espécies foram diagnosticadas com base na coloração dos reflexos metálicos no sintórax, descritas como azuis em *C. marshalli* e verdes em *C. machadoi* e *C. newtoni*; no formato do abdômen, descrito como achatado em *C. marshalli* e cilíndrico em *C. machadoi* e *C. newtoni*; e em pequenas diferenças nos apêndices caudais, como comprimento e formato dos cercos (Costa & Santos 1992, 2000). Para distinção entre as duas últimas espécies descritas, *C. machadoi* e *C. newtoni*, foram indicadas diferenças mínimas nos apêndices caudais e nos reflexos metálicos, sendo apenas verdes em *C. machadoi* e azuis e verdes em *C. newtoni*. As fêmeas são desconhecidas, mas o último estágio larvar de foi descrito para *C. machadoi* e *C. newtoni* (Costa & Santos 2000).

Apenas 12 exemplares do gênero são citados na literatura, todos depositados na Coleção Entomológica do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, instituição que teve maior parte de seu acervo destruído em setembro de 2018 devido a um incêndio de grandes proporções no Palácio do Paço de São Cristóvão, perdendo a maior parte de sua coleção entomológica (Kury et al. 2018). O museu foi a primeira instituição científica do Brasil e detinha a maior coleção de história natural da América Latina, representando uma perda inestimável para a pesquisa e patrimônio brasileiros (Zamudio et al. 2018). Felizmente todos os exemplares de *Cordulisantosia* foram salvos por estarem sob empréstimo ao Departamento de Zoologia da UFPR.

Devido à dificuldade na delimitação de espécies baseada unicamente na morfologia dos exemplares, muitas vezes métodos da taxonomia integrativa têm sido um recurso em crescente utilização para auxiliar a taxonomia tradicional, ao integrar diferentes abordagens e conjuntos de dados como moleculares, morfológicos e ecológicos (Schlick–Steiner 2010). Como parte de um estudo em andamento sobre o

status taxonômico e distribuição dos cordulídeos na América do Sul e devido aos limites genérico e específicos serem duvidosos, além de inúmeras imprecisões, omissões e erros observados sobre o conhecimento morfológico e taxonômico de suas espécies, *Cordulisantosia* é revisado com emprego de uma abordagem taxonômica integrativa.

2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise taxonômica integrativa das espécies de *Cordulisantosia* Fleck & Costa, 2007 com base em dados morfológicos e moleculares. Desta forma, ficam estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Fornecer uma revisão taxonômica completa contendo listas sinonímicas, ilustrações, diagnoses e caracterização das espécies de *Cordulisantosia*;
2. Delimitar as espécies enquanto entidades biológicas discretas, por meio de análises morfológicas comparativas e distância genética;
3. Propor uma nova diagnose para *Cordulisantosia*;
4. Revisar os registros de ocorrência e fornecer mapas de distribuição atualizados;
5. Fornecer dados moleculares para o gênero com base em fragmentos do gene mitocondrial citocromo c oxidase I (COI).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material examinado

O material analisado é proveniente das seguintes coleções biológicas:

DZRJ – Coleção Entomológica Prof. José Alfredo Pinheiro Dutra, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

DZUP – Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure, Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil;

MNRJ – Departamento de Entomologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

3.2 Revisão bibliográfica

Um amplo levantamento bibliográfico foi realizado para elaboração de listas sinonímicas e para reunir informações sobre dados morfológicos e de distribuição das espécies, através da verificação de diversas bases de dados online (e.g., *Biodiversity Heritage Library*, *Scielo* e *Web of Science*).

3.3 Análise de distribuição

Através de uma extensa pesquisa e revisão, os dados de distribuição foram obtidos da literatura e compilados em uma base de dados digital. Devido às imprecisões e a falta de dados sobre os sítios de coleta, os dados de procedência dos exemplares e a geografia da região foram investigados para definição das localidades com a maior precisão possível, abrangendo todos os sítios.

As coordenadas para cada localidade foram obtidas de fontes diversas na seguinte ordem hierárquica: (1) através dos dados de expedições de campo com dispositivos de GPS (provenientes de outros projetos), (2) baseado na bibliografia original dos coletores e de outras expedições realizadas por eles nos mesmos locais,

e (3) com auxílio do programa computacional Google Earth Pro (versão 7.3.2.5776). A partir dos dados de distribuição compilados, um mapa contendo os registros de ocorrência de *Cordulisantosia* com aspectos da vegetação, unidades de conservação e topografia da região com a área de ocorrência foi produzido com o auxílio do programa computacional gratuito QGIS (versão 2.18.0).

3.4 Análise morfológica comparativa

A terminologia adotada segue a utilizada por Pinto & Lamas (2010) para morfologia externa e venação alar, bem como estruturas da genitália do macho, enquanto a terminologia proposta por Matushkina (2011) foi utilizada para as estruturas externas da genitália da fêmea.

Para a análise morfológica comparativa, todos os exemplares foram examinados com o auxílio de estereomicroscópios e comparados às suas descrições originais, tendo seus caracteres compilados em uma tabela em bases de dados online para realização das diagnoses. O gênero foi comparado com os demais do grupo dos Libelluloidea (Macromiidae, Corduliidae s.s., “Synthemistidae”, Libellulidae e gêneros *incertae sedis*) através de descrições originais, guias e manuais de identificação, revisões e catálogos taxonômicos (Martin 1908, Bridges 1994, Garrison et. al. 2006, Theischinger & Hawking 2006, Dijkstra & Clausnitzer 2014, Dijkstra & Schröter 2020, Orr & Kalkman 2015), sendo os caracteres que suportam *Cordulisantosia* revisados. As medidas foram realizadas com um estereomicroscópio com uma câmara clara acoplada.

Os holótipos de cada espécie e a fêmea tiveram as asas e os apêndices caudais em vista dorsal, ventral e lateral fotografados. A maioria das imagens foram produzidas utilizando técnicas de empilhamento de foco por meio dos programas Helicon Remote (versão 3.9.12 W) e Helicon Focus (versão 7.7.5 W), exceto para a vesícula espermática em que um estereomicroscópio Leica equipado com câmera fotográfica foi utilizado, sendo as fotos empilhadas no programa LAS Suite Version 4.12. As fotografias foram editadas para elaboração de pranchas, com auxílio de editores de imagem.

3.5 Análise morfométrica

Imagens em alta resolução dos cercos em vista lateral e dorsal de 21 exemplares foram obtidas com as mesmas técnicas descritas na seção 3.3. Os dados foram então organizados utilizando o programa computacional tpsUtil (versão 1.81). Em cada imagem foram criados 7 marcos anatômicos (*landmarks*) com auxílio do programa computacional tpsDig (versão 2.31) (Rolf 2006).

Os dados foram importados para o programa MorphoJ (versão 2.0) (Klingenberg 2011) e submetidos a uma análise multivariada utilizando o método de Análise de Componentes Principais (PCA) para uma análise de ordenação e distinção de possíveis unidades discretas. Após inserção dos dados, foram criadas classificações de “espécie” e “população” para facilitar a visualização das análises.

3.6 Amplificação de DNA e Análise de distância genética

As amostras de DNA genômico extraído e disponíveis no laboratório são provenientes de outro projeto em andamento, sendo as amostras demais espécies utilizadas para reações de teste e controle (Tabela 1). As amostras foram organizadas e compiladas em uma base de dados digital. Foram identificados seis extratos de DNA genômico de *Cordulisantosia* provenientes das Serras da Mantiqueira e do Mar, que foram utilizados para amplificação de DNA através de procedimentos de PCR sob o seguinte protocolo para a solução de 25µL no total: 12,5 µL de Dream GreenTaq, 7,5 µL de ddH₂O, 1µL de BSA, 2µL de primers (direta e reversa), 2µL de DNA; para a amplificação foi estabelecido o seguinte programa 3' à 95°C, 1' à 95°C, 1' à 50°C, 2' à 72°C e 7' à 72°C, com 40 ciclos.

Tabela 1. Número de amostra e espécie utilizadas para PCR.

Nº amostra	Espécie	Nº amostra	Espécie
3448	<i>Erythemis credula</i>	3452	<i>Cordulisantosia marshalli</i>
3451	<i>Rhionaeschna decessus</i>	3474	<i>Cordulisantosia marshalli</i>
3478	<i>Rhodopygia cordinallis</i>	3475	<i>Cordulisantosia marshalli</i>
3482	<i>Erythemis plebeja</i>	3476	<i>Cordulisantosia marshalli</i>
3484	<i>Erythemis vesiculosa</i>	3477	<i>Cordulisantosia marshalli</i>

As primeiras reações foram realizadas com amostras de teste para ajuste do protocolo. Os primers utilizados para reação e obtenção de fragmentos do gene mitocondrial citocromo c oxidase I (COI) são: direta 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3' LCO-1490 (COI+) e reversa 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3' HCO-2198 (COI-) (Folmer 1994). Os resultados do procedimento de PCR foram verificados através da técnica de eletroforese em gel de agarose.

4. RESULTADOS

Ao total foram examinados 26 exemplares, incluindo a totalidade das séries-tipo dos três nomes de espécie disponíveis para o gênero, sendo 12 correspondentes às séries-tipo e 14 exemplares adicionais. A série-tipo de *C. marshalli* é composta apenas pelo holótipo macho (fig. 1A), proveniente de Nova Friburgo (RJ), enquanto a de *C. machadoi* possui oito exemplares, todos do Parque Nacional da Serra da Bocaina (SP) e, por fim, de *C. newtoni* que reúne três espécimes de diferentes localidades: Itamonte (MG), Itatiaia (RJ) e Teresópolis (RJ). Dos novos registros: cinco são provenientes de coletas realizadas entre 2015 e 2016 durante o projeto “BIOTA-FAPERJ – BIOTECTA: Conhecer para proteger” pelo prof. Ângelo P. Pinto no Parque Nacional do Itatiaia, um coletado em 2013 por Tom Kompier em Nova Friburgo, RJ e os seis restantes pertencentes à coleção MNRJ, coletados pela equipe do prof. Newton Dias dos Santos entre os anos de 1953 e 1977, provenientes de quatro localidades diferentes: Parque Nacional Serra da Bocaina (SP), Itamonte (MG), Itatiaia (RJ) e Resende (RJ). Duas fêmeas de *Cordulisantosia* foram identificadas e são descritas e ilustradas pela primeira vez, sendo uma delas coletada em cópula. (fig. 1E–F).

Com a incorporação dos novos exemplares e compilação dos dados de ocorrência, uma tabela contendo as sete localidades georreferenciadas foi gerada para compreensão da área de ocorrência do gênero (Tabela 2).

Tabela 2. Localidades e coordenadas dos registros de ocorrência de *Cordulisantosia*.

Localidade	Estado	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Hotel Fazenda São João	RJ	Nova Friburgo	22°22'30" S	42°30'03" W	1.500
Parque Nacional da Serra da Bocaina	SP	São José do Barreiro	22°44'55" S	44°38'24" W	1.800
Brejo da Lapa	MG	Itamonte	22°21'33" S	44°44'14" W	2.140
Agulhas Negras	RJ	Resende	22°22'52" S	44°40'03" W	2.463
Fazenda Campestre	RJ	Nova Friburgo	22°22'07" S	42°40'43" W	1.060
Abrigo Rebouças	RJ	Resende	22°23'06" S	44°40'43" W	2.392
Lago da Saldanha	RJ	Teresópolis	22°26'54" S	42°59'28" W	1.023

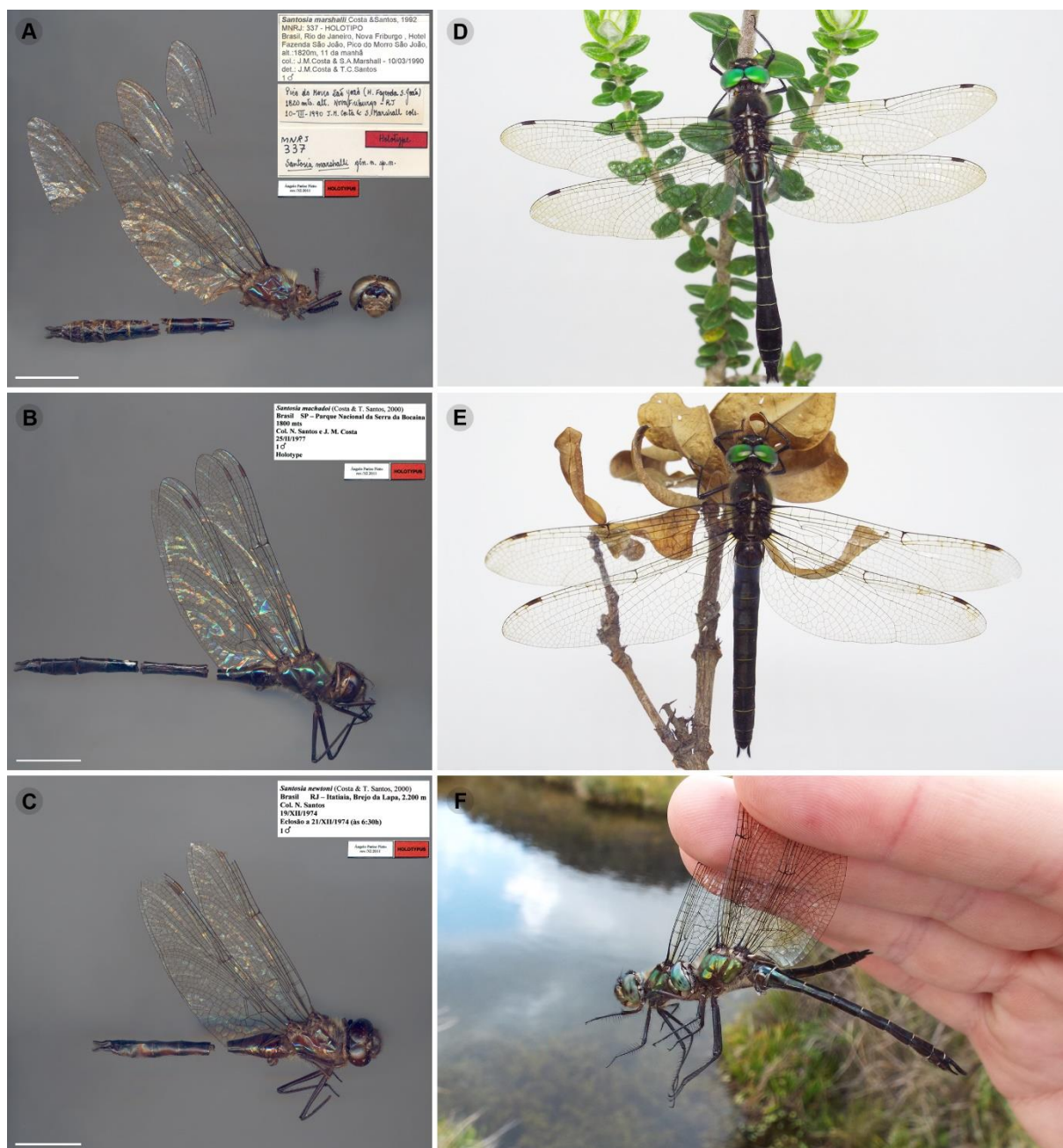


Figura 1. Hábito de espécimes fixados e suas respectivas etiquetas (A–C) e indivíduos em vida (D–F) de *Cordulisantosia*: (A) *C. marshalli*, holótipo macho (MNRJ 337); (B) *C. machadoi*, holótipo macho (MNRJ); (C) *C. newtoni*, holótipo macho (MNRJ); (D–E) indivíduos em vida de *C. marshalli* Parque Nacional do Itatiaia (MNRJ 0165): (D). Macho; (E) fêmea; (F) casal capturado em cópula. FONTE: fotos por Ângelo P. Pinto (2016).

4.1 Análise molecular

Os extratos genômicos foram extraídos em 2016 no Laboratório de Poliqueta do Departamento de Zoologia da UFRJ para realização de um projeto em andamento e alíquotas contendo em média 10 μ L foram transferidas à UFPR em 2017. Os extratos

de n° 3448–3453 já haviam sido utilizados em reações de PCR para esse projeto e obtiveram resultados positivos após verificação com eletroforese em gel.

Dentre o total, cinco reações de PCR foram realizadas com 10 amostras diferentes (Tabela 1). Apenas a amostra teste n° 3484 apresentou resultado positivo e foi utilizada como controle. As reações posteriores foram realizadas com os extratos de interesse e não obtiveram resultados positivos. O volume dos extratos era escasso e com o fim da amostra utilizada como controle positivo, o restante das amostras foram solicitadas para a Universidade Federal do Rio de Janeiro para realização de futuras reações. Foram realizadas mais duas reações de PCR com extratos contendo maior volume, porém com menor concentração de DNA, que também não apresentaram resultados positivos.

Hipóteses foram levantadas para identificação de problemas, desde erros nas etapas de preparo da reação à intercorrências com o armazenamento dos extratos e possível danificação do material, mas com a falta de resultados, pouco volume de extratos e prazo reduzido para conclusão da monografia, a etapa foi adiada para reajuste dos protocolos e obtenção de novos extratos.

4.2 Análise morfométrica

Dos 26 exemplares disponíveis 21 foram utilizados para a análise morfométrica, uma vez que dois são fêmeas (apêndices caudais dimorficamente diferentes dos machos), dois não possuem os segmentos terminais do abdômen e um estava com os apêndices danificados e não foi possível replicar a posição adequada para padronização das imagens, portanto, foram excluídos da análise.

Os resultados preliminares de PCA baseados na morfometria dos apêndices caudais superiores dos machos não apresentou grupos distintos para nenhuma das classificações determinadas (fig. 2). Entretanto, é interessante observar que os dados referentes aos marcos anatômicos dos exemplares da Serra dos Órgãos ficaram bastante dispersos.

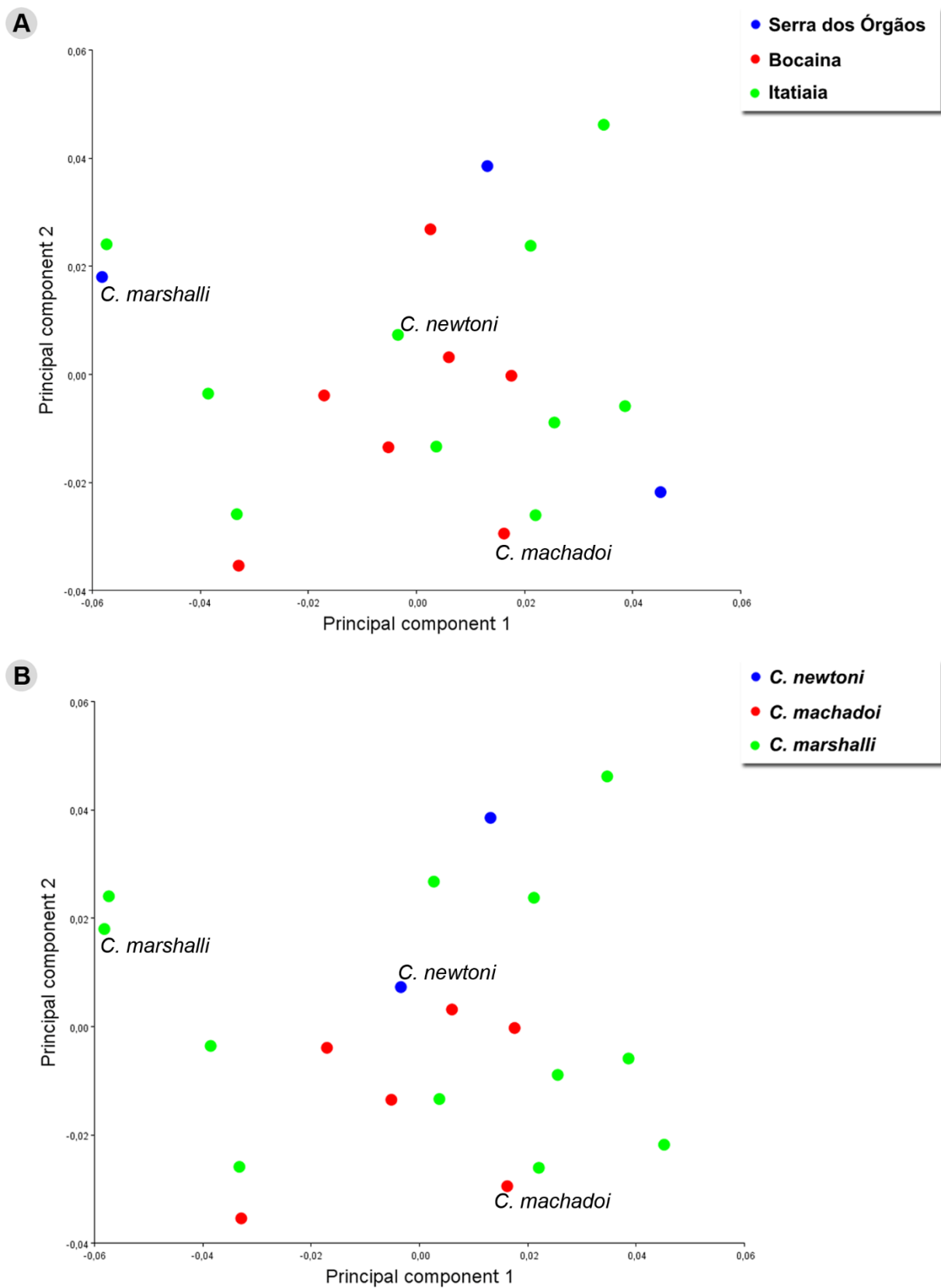


Figura 2. Gráficos de PCA de dados morfométricos dos cercos de machos de *Cordulisantosia*. Os pontos nomeados correspondem ao holótipo das espécies: (A) PCA para classificação de população; (B) PCA para classificação de espécie.

4.3 Análise morfológica comparativa

As descrições originais são relativamente curtas e após a comparação com o material foram identificadas inúmeras incongruências. Além disso, as espécies foram diagnosticadas em uma chave dicotômica que utiliza características não mutuamente excludentes (não antagônicas), baseadas em três elementos principais para sua distinção: forma do sétimo ao décimo segmentos abdominais (S7–10) achatados (*C. marshalli*) ou cilíndricos (*C. machadoi* e *C. newtoni*); comprimento dos cercos tão longos quanto (*C. marshalli*) ou maiores que o comprimento de S9+10 (*C. machadoi* e *C. newtoni*); reflexos metálicos na fronte e sintórax com coloração apenas azul (*C. marshalli*) ou esverdeada (*C. machadoi* e *C. newtoni*). Por fim, para diferenciar *C. machadoi* de *C. newtoni* foi utilizada a proporção entre a distância da “porção carenada” dos cercos e o comprimento do epiprocto, com comprimentos similares (*C. machadoi*) ou diferentes, com epiprocto maior em comprimento que os cercos (*C. newtoni*) e o tamanho da concavidade ventro-lateral dos cercos ser grande (*C. machadoi*) ou pequena (*C. newtoni*). Com a análise das séries-tipo e comparação com as descrições originais, todas as características foram consideradas não diagnósticas e mal interpretadas.

Todo os espécimes examinados apresentam o abdômen levemente achatado e expandido entre S6–10, medidas de proporções entre esses segmentos apresentaram variações na largura, assim como variações no comprimento dos cercos em relação ao comprimento do S9+10 e não permitem a distinção em unidades discretas entre os exemplares das populações examinadas (Tabela 3). A coloração, em especial a tonalidade, é um fenômeno observacional, sendo dependente da preservação dos espécimes, sofrendo variações individuais e alterações após a morte, fixação e condições de preservação de cada exemplar. O comprimento do epiprocto em relação a extensão da porção carenada dos cercos também se mostrou variável, pois depende da posição dos apêndices caudais quando fixados, uma vez que se trata de peças móveis (Tabela 3). O tamanho da concavidade dos cercos não é descrito de forma paramétrica (apresentado simplesmente como grande ou pequeno, sem proporções), sendo assim sujeito a interpretação, além das variações entre os espécimes.

A partir desta análise, fica evidente que os caracteres diagnósticos utilizados em Costa & Santos (1992, 2000) são inadequados para suportar três espécies distintas, sendo propostas nesse estudo duas novas sinonímias tornando o gênero monotípico.

Tabela 3. Medidas e proporções dos caracteres diagnósticos utilizados nas descrições originais.

Espécime	Largura máx. S7–10	Base S6	Largura máx./ base S6	S9+10	Cercos	Cercos/ S9+10
<i>C. marshalli</i> holótipo	4,00	3,15	1,26	3,40	3,20	0,94
<i>C. machadoi</i> holótipo	3,70	2,10	1,76	3,90	3,40	0,87
<i>C. machadoi</i> parátipo	3,71	2,30	1,61	3,90	3,15	0,80
<i>C. machadoi</i> parátipo	3,70	2,20	1,68	3,80	3,40	0,89
<i>C. machadoi</i> parátipo	3,00	2,60	1,15	3,90	3,40	0,87
<i>C. newtoni</i> holótipo	3,20	2,60	1,23	3,40	3,00	0,88
<i>C. newtoni</i> parátipo	3,10	2,40	1,30	3,50	3,30	0,94
<i>C. newtoni</i> parátipo	2,90	2,50	1,16	3,30	3,20	0,96

4.4 Tratamento taxonômico

***Cordulisantosia* Fleck & Costa, 2007**

Espécie-tipo: *Santosia marshalli* Costa & T.C. Santos, 1992, atualmente seu sinônimo válido *Cordulisantosia marshalli* (Costa & T.C. Santos, 1992): 336–338, figs. 1–8, por designação original [ICNZ Arts. 67.8, 68.2].

Santosia Costa & T.C. Santos, 1992: 236–238, figs. 1–8 (descrição, fixação da espécie tipo, inclusão em chave para gêneros de Corduliinae registrados para o Brasil, ilustrações do ♂ holótipo da espécie-tipo); —Bridges (1994: III.46, IV.10, VIII.64, catálogo); —Machado & Costa (1995: 191, menção); —Jarzembowski & Nel (1996: 76, análise filogenética); —Carvalho & Nessimian (1998: 14, 16, menção); —Carvalho & Kloosterman (2001: comparação com a larva de *Aeschnosoma* Selys, 1870 e *Neocordulia* Selys, 1882); —Theischinger & Fleck (2003: 412, menção); —Carvalho et al. (2004: 10, chave para adultos); —Garrison et al. (2006: 3, 147, 151, 165, 167–168, 314–315, 339–341, figs. 837, 910, mapa 76, chave para adultos, diagnose e mapa de

distribuição); —Heckman (2006: 61, 65, chave de gênero para larvas e adultos); —Ware et al. (2007: 306, menção).

Cordulisantosia Fleck & Costa, 2007: 68 (novo nome em substituição a *Santosia* Costa & T.C. Santos, 1992, um homônimo júnior de *Santosia* Stål, 1858, Hemiptera, Reduviidae); —Carvalho et al. (2008: 63, chave de gênero para larvas de Corduliidae s.l. da América do Sul); —Fleck & Neiss (2012: 68, chave de gênero para larvas de Corduliidae s.l. da América do Sul); —Dijkstra et al. (2013: 42, menção); —Hamada et. al. (2018: 407, chave de gênero para larvas); —Pinto (2019: 57, menção); —Bybee (2021: Apêndice B, classificação).

4.4.1 Diagnose de *Cordulisantosia*

Corduliídeos de tamanho médio (52–54 mm), cor de fundo predominantemente castanha com reflexos metálicos verdes e azuis, com densa pilosidade dourada no tórax. Olhos compostos verdes vívidos em vida (Fig. 1D–F). O status genérico de *Cordulisantosia* como um gênero de Corduliidae s.s. é suportada pelas seguintes características: margem posterior dos olhos compostos ligeiramente sinuosa e base do triângulo discoidal na asa posterior (Hw) com a origem sob ou proximal ao nível do árculo (fig. 3A–B; distingue de todos os gêneros de Macromiidae: margem posterior dos olhos com uma acentuada projeção delimitada do restante do olho e triângulo discoidal da Hw originado distal ao árculo); crenulação distinta na margem distal do palpo labial das larvas e espaço mediano da asa com uma célula (R–M&CU), sem veias transversais (fig. 3A–B; distingue-se de todos os gêneros de “Synthemistidae”: margem distal do palpo labial com grandes e poucas denteações e espaço mediano com pelo menos duas células, com veias transversais, exceto em *Archaeophya* e *Gomphomacromia* nos quais o espaço mediano possui uma única célula); triângulos discoidais da asa anterior (Fw) atravessados por veia transversal e base do triângulo discoidal da Hw com a origem sob ou proximal o nível do árculo (distingue-se de todos os gêneros *incertae sedis* de Libelluloidea: triângulos não atravessados (unicelular), exceto em *Apocordulia*; base do triângulo discoidal distal ao árculo, exceto em *Austrocordulia*); as características sexuais secundárias masculinas como a quilha tibial, aurículas nos tergitos do S2 e triângulo anal na Hw (distingue-se de todos os gêneros de Libellulidae; sem quilha, aurícula e triângulo anal); a coloração quase homogênea verde azulada profunda dos reflexos metálicos e a falta de manchas pálidas por todo o corpo, combinados com a alça anal da asa alongada com Cuspl

(*midrib*) bem definida também diferencia *Cordulisantosia* de todos os gêneros de Libelluloidea.

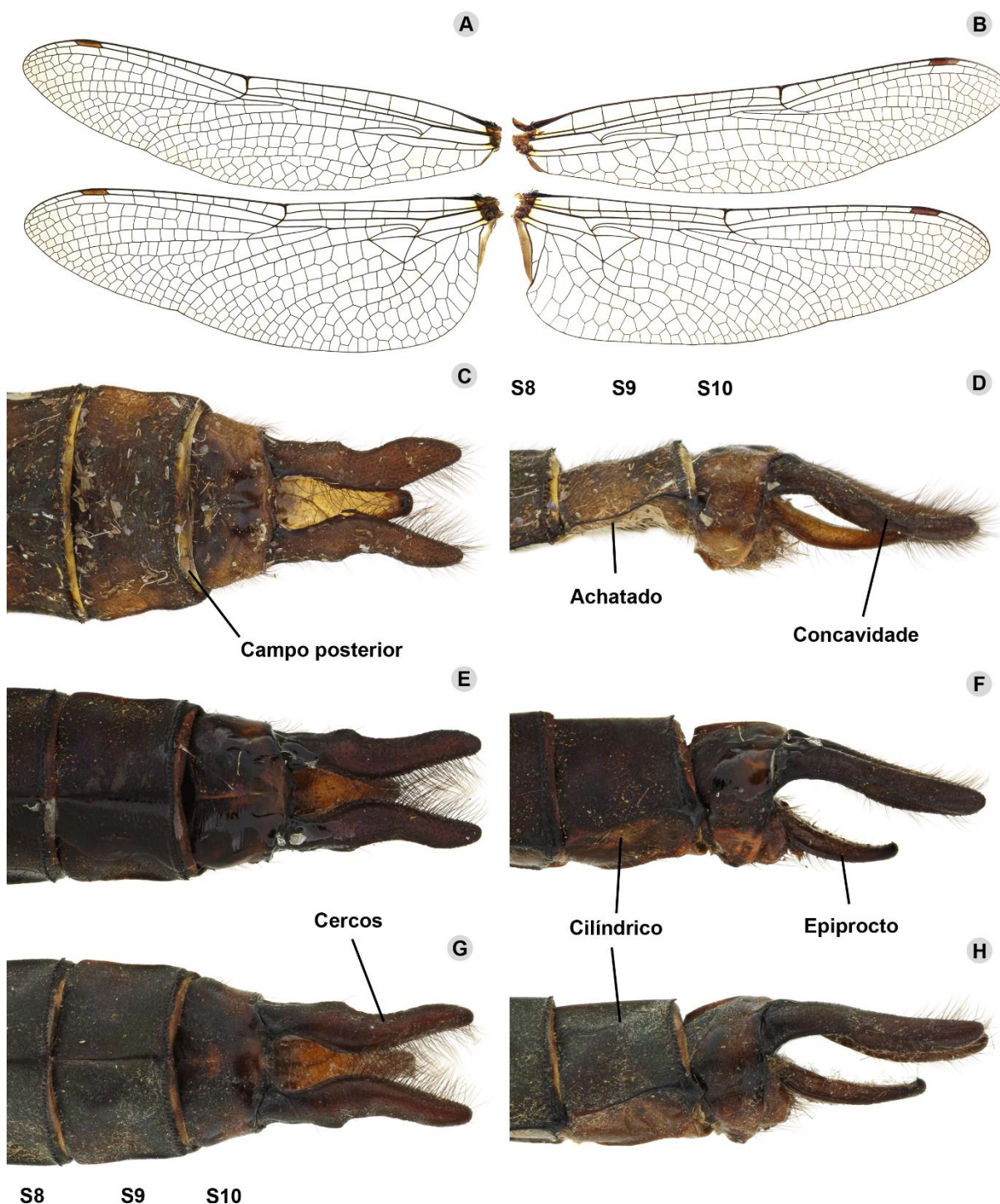


Figura 3. Espécimes de *Cordulisantosia*: (A–B) asas de *C. marshalli*, fêmea (A) e macho (B); (C–D) holótipo macho de *Santosia marshalli*, S8–S10 e apêndices caudais em vista dorsal (C) e lateral (D); (E–F) holótipo macho de *Santosia machadoi*, S8–S10 e apêndices caudais em vista dorsal (E) e lateral (F); (G–H) holótipo macho de *Santosia newtoni* S8–S10 e apêndices caudais em vista dorsal (G) e lateral (H). FONTE: a autora (2021).

Machos e fêmeas de *Cordulisantosia* podem ser distinguidos das espécies dos outros 22 gêneros de Corduliidae s.s. pela seguinte combinação de caracteres: triângulo discoidal da Hw com uma célula, sem veias transversais; triângulo da Fw atravessado por veias transversais formando três células (tricelular) e duas veias transversais CuP-*crossing* na Hw; membrana da asa predominantemente hialina, sem mancha basal (fig. 3A–B). Machos também podem ser diferenciados pelos esternitos do S–S8 liso, sem carena transversal supranumerária, pilosidade ou processos em forma de tubérculos; pela porção média do tergito do S10 lisa, sem projeções dorsais (figs. 3C–H); cercos cilíndricos com escavação ventral e ápice arredondado, carenas mal definidas na porção basal em vista ventro-lateral (figs. 4A–F) e superfície regular, sem processos tuberculares, projeções ou espinhos. Fêmeas com placa subgenital bilobada, levemente projetada ventralmente, com largura máxima menor que a largura do S9, fenda/sulco/incisão/concavidade de metade do comprimento total da placa (fig. 6C).

Espécies válidas incluídas: gênero monotípico contendo apenas a espécie-tipo *Santosia marshalli* Costa & T.C. Santos, 1992, combinação válida *Cordulisantosia marshalli* (Costa & T.C. Santos, 1992).

***Cordulisantosia marshalli* (Costa & T.C. Santos, 1992)**

(Figuras 1–5)

Santosia marshalli Costa & T.C. Santos, 1992: 236–238, figs. 1–8 (descrição do holótipo ♂, Brasil. Estado do Rio de Janeiro: município de Nova Friburgo, H[otel] Fazenda S[ão] João, Pico do Morro São João, 1820 m a.s.l., 10.III.1990, J.M. Costa & S.[A.] Marshall leg., no MNRJ); —Bridges (1994: III.46, VII.147, VIII.64, XIII.85, catálogo, reprodução do par de asas do holótipo); —Machado & Costa (1995: 191, menção); —Costa & Mascarenhas (1998: 16, catálogo de tipos do MNRJ, comentários sobre dados de coleta e condições de preservação); —Costa & Santos (2000: 99, 110, chave, comparação com *C. machadoi* e *C. newtoni*); —Garrison et al. (2006: 151, 167–168, figs. 837, 910, menção, reprodução do par de asas do holótipo); —Heckman (2006: 60, 90, 92, chave, reprodução de prancha do holótipo,) —Carvalho et al. 2008: 63 (menção);

***Cordulisantosia marshalli*:** —Fleck & Costa (2007: 68, nova combinação); —Pinto & Lamas (2010: 614, menção); —Garrison & von Ellenrieder (2019: 51, lista sinonímica);

Santosia machadoi Costa & T.C. Santos, 2000 **Sin. nov.:** 96–99, 105–110, figs. 1–3, 7, 31–37 (descrição do holótipo ♂, BRASIL. Estado de São Paulo: [São José do Barreiro], Parque Nacional da Serra da Bocaina, 1800 m a.s.l., 25.II.1977, N.[D.] Santos & J.M. Costa leg. e 7♂ parátipos,

todos do MNRJ, descrição da F–0 larva a partir da exúvia do macho criado em laboratório, chave de espécies de *Cordulisantosia*, chave de larvas de Corduliinae do Neotrópico, comparação com *C. marshalli* e *C. newtoni*); —Costa et al. (2000: 8, 14, menção); —Paulson (2004: 167, 169, menção); —Garrison et al. (2006: 167, menção); —Heckman (2006: 64, 91, 92, reprodução das pranchas de larva e adultos, chave para larvas e adultos); —Carvalho et al. (2008: 63, menção).

Cordulisantosia machadoi: —Fleck & Costa (2007: 68, nova combinação); —Pinto & Lamas (2010: 614, menção); —Hamada et. al. (2018: 410, comparação com larvas de Libelluloidea, fig 14.3.1); —Garrison (2019: 51, lista sinonímica).

Santosia newtoni Costa & T.C. Santos, 2000 **Sin. nov.**: (descrição do Holótipo ♂, BRASIL. Estado do Rio de Janeiro [sic. Estado de Minas Gerais: município de Itamonte, Parque Nacional do] Itatiaia, Brejo da Lapa [22°21'35.73"S, 44°44'12.19"W], 2000 m a.s.l., 19.XII.1974, N.[D.] Santos leg. e 2♂ parátipos, todos do MNRJ, descrição da larva F–0 a partir da exúvia de um macho criado em laboratório, chave de espécies de *Cordulisantosia*, chave de espécies para larvas de Corduliinae do Neotrópico, comparação com *C. marshalli* e *C. machadoi*); —Paulson (2004: 167, 169, menção); —Garrison et al. (2006: 63167, menção); —Heckman (2006: 91–92, reprodução das pranchas de larva e adultos, chave para larvas e adultos); —Carvalho et al. (2008: 63, menção).

Cordulisantosia newtoni: —Fleck & Costa (2007: 68, nova combinação); —Pinto & Lamas (2010: 614, menção); —Garrison (2019: 51, lista sinonímica).

Material-tipo examinado (12 ♂). ***Santosia marshalli***: Holótipo ♂ por designação original (Costa & Santos, 1992) para MNRJ. BRASIL. Estado do Rio de Janeiro: município de Nova Friburgo, distrito Mury, Hotel Fazenda São João (22°22'30" S, 42°30'03" W), 10.III.1990, J. M. Costa & S. A. Marshall leg. (MNRJ); ***Santosia machadoi***: Holótipo ♂ por designação original (Costa & Santos, 2000) para MNRJ. BRASIL. Estado de São Paulo: município de São José do Barreiro, Parque Nacional Serra da Bocaina (22°44'55" S, 44°38'24" W), 25.II.1977, N.D. Santos & J.M. Costa leg. 5♂ parátipos (MNRJ), mesma data e coletores; 2♂ parátipos, idênticos, mas 18.II.1977 (MNRJ). ***Santosia newtoni***: Holótipo ♂ por designação original (Costa & Santos, 2000) para MNRJ. Estado de Minas Gerais: município de Itamonte, Parque Nacional do Itatiaia, Brejo da Lapa (22°21'33" S, 44°44'14" W), 19.XII.1974, N.D. Santos leg. (MNRJ). 1♂ parátipo, município de Resende, Parque Nacional do Itatiaia, rio Campo Belo, Abrigo Rebouças (22°23'06" S, 44°40'43" W), 13.I.1953 N.D. Santos, J.P. Machado, A.L. Castro e L. Travassos leg. (MNRJ); 1♂ parátipo, município de Teresópolis, Lago do Saldanha (Lacy), granja Guarani (22°26'54" S, 42°59'28" W), 14.III.1966, N.D. Santos leg. (MNRJ).

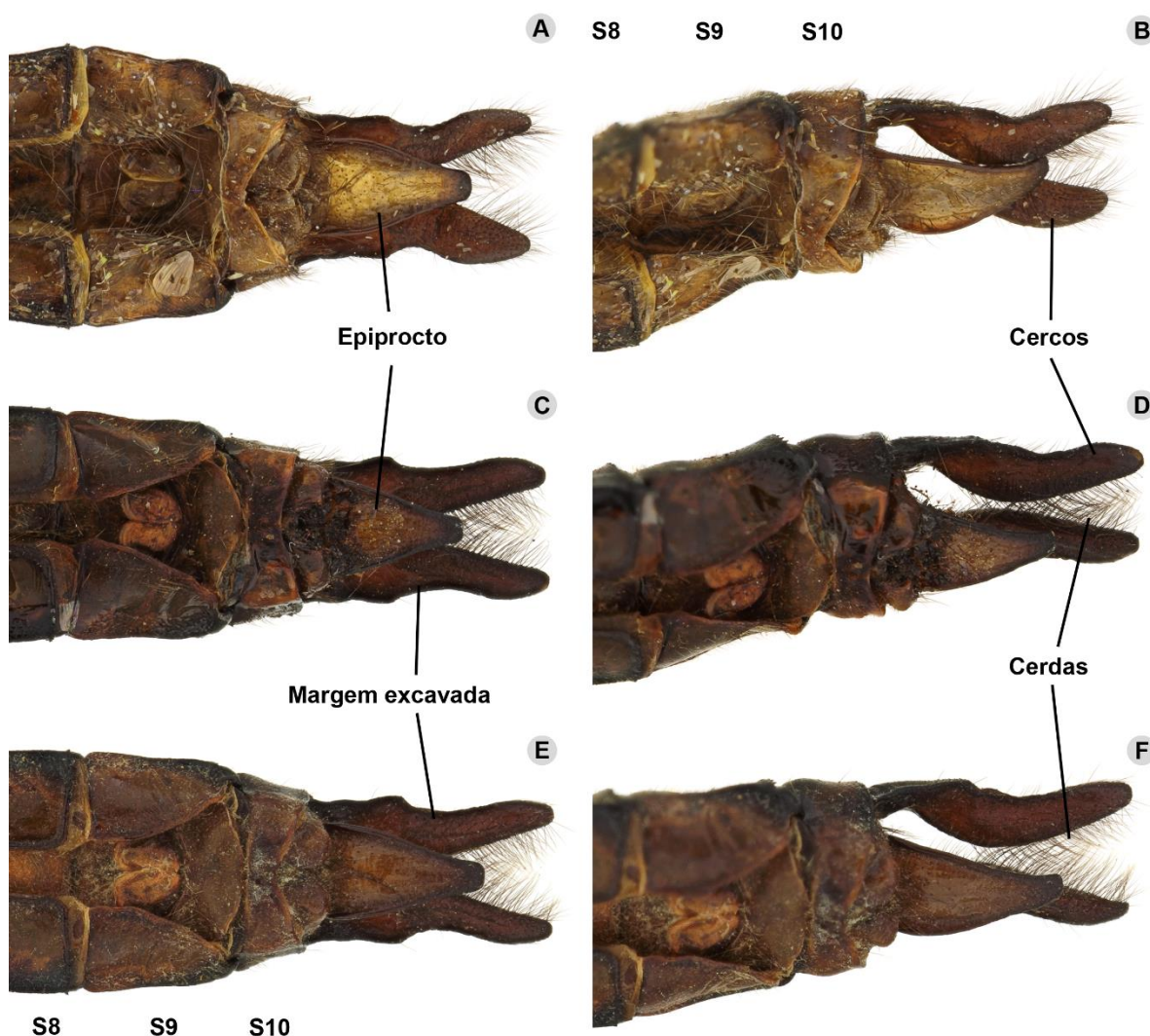


Figura 4. Espécimes de *Cordulisantosia*: (A, C, E) últimos segmentos abdominais (S8–10) e apêndices caudais em vista ventral e (B, D, F) em vista ventro-lateral: (A–B) holótipo de *Santosia marshalli*; (C–D) holótipo de *Santosia machadoi*; (E–F) holótipo de *Santosia newtoni*. FONTE: a autora (2021).

Material examinado (2♀ e 12 ♂). BRASIL. Estado de Minas Gerais: 2♂, município de Itamonte, Parque Nacional do Itatiaia, Brejo da Lapa (22°21'33" S, 44°44'14" W), 19.II.1971 (MNRJ); 1♂ idêntico, mas 19.XII.1974 (MNRJ); 2♂ idêntico, mas 05. I.2016 (MNRJ); 1♂ idêntico, mas 04.II.2016 (MNRJ); 1♀ idêntico, mas 03.XII.2015 (MNRJ). Estado de São Paulo: 1♂, município de São José do Barreiro, Parque Nacional Serra da Bocaina (22°44'55" S, 44°38'24" W), 25.II.1977, N. D. Santos & J. M. Costa leg. (MNRJ). Estado do Rio de Janeiro: 1♂, município de Nova Friburgo, distrito de Salinas, Fazenda Campestre (22°22'07" S, 42°40'43" W), 30.IV.2013 (MNRJ); 1♂, município de Resende, Parque Nacional do Itatiaia, Pico das Agulhas Negras (22°22'52" S,

44°40'03" W), 13.I.[19]56 (MNRJ); 2♂, município de Resende, Parque Nacional do Itatiaia, rio Campo Belo, Abrigo Rebouças (22°23'06" S, 44°40'43" W), 13.I.1953 (MNRJ); 1♀ e 2♂ idêntico, mas 07.I.2016 (MNRJ).

Etimologia

A combinação *Santosia marshalli* foi originalmente proposta para homenagear dois grandes pesquisadores e coletores do referido material. O nome genérico homenageia o pioneiro da odonatologia no Brasil, Dr. Newton Dias dos Santos, enquanto o nome específico se refere ao Dr. Stephen A. Marshall. De acordo com o princípio de prioridade conforme o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (Artigo 23, capítulo 6), com a sinonímia das demais espécies anteriormente descritas para o gênero, o nome mais antigo disponível *Cordulisantosia marshalli* é considerado sinônimo sênior subjetivo (Artigo 61.3.1, capítulo 13) e, portanto, válido para representar a espécie-tipo do gênero. Com a inalterabilidade de espécimes-tipo (Artigo 72.9, capítulo 13) para os demais nomes específicos, ficam mantidas as séries-tipo de *C. machadoi* e *C. newtoni*.

4.4.2 Descrição de *Cordulisantosia marshalli*.

Macho

Cabeça. Lábio e labro laranja-amarelado. Anteclípeo e pós-clípeo amarelo ocre ou amarelo-esverdeados. Antefronte amarela a avermelhada, com uma faixa vermelha na margem superior; pós-fronte castanha com reflexos metálicos azulados e esverdeados, com uma depressão central dividindo-a em dois lobos. Antena castanho escuro. Vértice castanho escuro com reflexos metálicos azuis e verdes. Triângulo occipital castanho, maior que o comprimento da costura dos olhos, com a margem superior arredondada.

Tórax. Pró tórax castanho. Sintórax castanho com reflexos metálicos azulados e esverdeados, coberto com longas cerdas douradas; processo antealar mesopleural castanho sem reflexos metálicos. Pernas castanho escuro; quilha tibial em todas as

pernas, com porção distal projetada agudamente; cobrindo 0,5 na pro-, 0,5 a 0,76 na meso- e 0,75 a 0,83 na tíbia metatorácica; coloração clara em alguns espécimes.

Asas (fig. 3B). Membrana hialina a levemente amarelada; venação castanha escura; pt castanho; membrânula castanho escuro com mancha esbranquiçada na porção proximal, ocupando cerca de 0,2 de seu comprimento. Venação como segue: Ax: 7–9 na Fw, 5–6 na Hw; Px: 6–8 na Fw, 7–10 na Hw; árculo entre a 1° e 2° Ax em todas as asas, mais próximo da segunda em alguns espécimes; setores do árculo não peciolados, divergindo na origem; 1–2 veias transversais da ponte (*bridge crossvein*) em todas as asas; extremidades da Rspl mal definidas, com 6–10 células na Fw e 7–10 na Hw; triângulo discoidal atravessado com 2 células, coincidindo com a 3° Ax na Fw e livre (não atravessado) com 1 célula na Hw; subtriângulos com 3 células, raramente 2 (um espécime na asa esquerda); campo discoidal da Fw inicia com 2 fileiras de células, aumenta para 3 no nível do nó até o fim; em alguns espécimes retorna para duas fileiras após o nó e termina novamente com 3; estreitando na extremidade distal na margam anal da asa. Espaço cúbito-anal (cu-a) com 1–2 veias transversais na Fw e 2, raramente 1 na Hw (um espécime). Mspl com 4–6 células na Fw e 5–7 na Hw. Alça anal no nível da origem da RP3-4 (*midfork*); alongada com Cuspl distinta (*midrib*) e sola pequena bem definida, normalmente 3 células na extremidade distal. Triângulo anal atravessado com duas células, célula basal ocupando $\frac{2}{3}$ do triângulo.

Abdômen (fig. 3C–H, 4). Cilíndrico, segmentos posteriores expandidos. Coloração de fundo predominantemente castanho a castanho escuro, com reflexos metálicos pouco intensos, azuis e verdes do S3–6 e acobreados em S7–9. S1–2 e S10 sem carena lateral; carena transversal na metade do comprimento do S3 e na porção anterior nos S4–7, pouco definida no S7; carena posterior com espinhos curtos no S4–9. Campo posterior amarelado em todos os segmentos (principalmente em espécimes bem preservados). Esternitos castanho escuro, mais claros nos segmentos posteriores. Aurículas castanho escuro, arredondadas, ápice agudo e levemente projetado. Cercos castanho escuro, cilíndricos, achatados ventralmente, com $\frac{2}{3}$ da margem dorso–interna coberta com longas cerdas, ápice dos cercos arredondados; em vista dorsal, margem externa escavada formando um ângulo, margem interna carenada, ápice ligeiramente paralelos; em vista lateral a margem externa escavada forma uma concavidade que inicia a aproximadamente 0,33 do cerco, proximal a área

carenada; proporcionalmente 0,87 a 1 do comprimento do S9+10. Epiprocto castanho, 0,5 a 0,75 do comprimento dos cercos em vista lateral, com extremidade arredondada e ápice agudo e ligeiramente curvado em direção aos cercos.

Genitália secundária (fig. 5). Lâmina anterior castanho a castanho claro, margem posterior em formato de U e ápice irregular nas extremidades distais. Hâmulo posterior castanho escuro, não ramificado, em formato de foice, mais alto que o lobo genital, ápices ligeiramente convergentes e com pequena projeção aguda. Lobo genital castanho, bem desenvolvido, subquadrangular; oblíquo, ápice ao nível 0,7 do campo posterior do S2; margem interna com pilosidade dourada. *Vesica spermatis*. Superfície ventral do V1 com um par de processos projetados obliquamente em 0,3 na porção distal, ápice coberto com cerdas douradas. V2 cilíndrico e liso, expandindo somente na articulação do V2–V3; superfície ventral de V3 com esclerito proximal (p–ps), lobo ventral (vba) bem desenvolvido, curvado e projetado ventro-distalmente; margem dorso-posterior do V3 em formato de V; V4 irregular, com um par de longos flagelos assimétricos tanto no comprimento e quanto na forma; flagelo esquerdo projetado lateralmente, com ápice agudo e liso; flagelo direito projetado ventralmente (para cima), com ápice espiralado; lobo distal (dba) arredondado com superfície ventral coberta com pequenos processos espinhosos.

Medidas (mm). Comprimento total 52–54. Comprimento do abdômen (sem apêndices caudais) 3,4–3,8. Largura máxima da cabeça 7,1–8,14. Largura máxima da FW 0,7–0,9. Comprimento máximo Fw 3,5–3,8. Largura máxima Hw 1,0–1,1. Comprimento máximo Hw 3,4–3,6. Comprimento do pt 2,14–2,30. Comprimento do fêmur metatorácico 8,0–9,4. Comprimento tibia metatorácica 8,0–9,0. Largura máxima base S6 2,2–3,0. Largura máxima ápice S6 2,5–3,5. Largura máxima S7–S9 3,0–4,0. Comprimento S9–10 3,3–4,1. Comprimento dos cercos 3,0–3,4. Comprimento epiprocto 2,0–2,4.

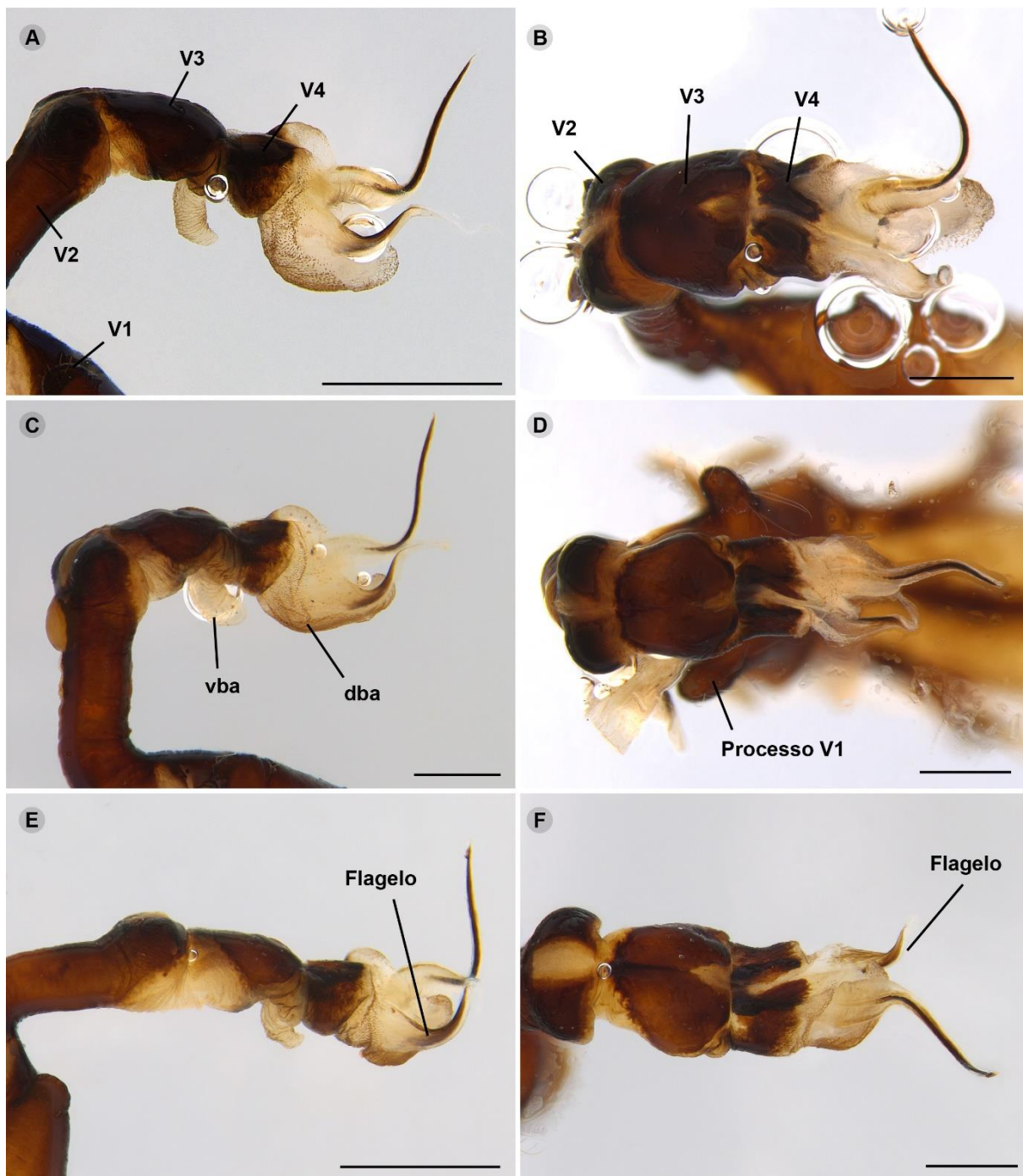


Figura 5. VS de espécimes das três populações de *Cordulisantosia*: (A–B) V1–V4 de *C. marshalli* (Serra dos Órgãos) e vista lateral e dorsal; (C–D) V1–V4 de *C. machadoi* (Serra da Bocaina) em vista lateral e dorsal; (E–F) V1–V4 de *C. newtoni* (Parque Nacional do Itatiaia) em vista lateral e dorsal. FONTE: a autora (2021).

Fêmea.

Similar ao macho, exceto pela ausência das características sexuais secundárias (quilhas na tíbia, aurículas e triângulo anal nas asas), as diferenças observadas são descritas abaixo.

Abdômen (fig.6). Uniformemente cilíndrico; em vista ventral, esternito do S8 coberto por pilosidade dourada na porção basal. Placa subgenital medindo 0,7 do comprimento total do S9, bifurcada com ápices arredondados e com mancha amarelada cobrindo aproximadamente de 0,3–0,4 distal dos lobos; par de estilos pequenos, amarelados com mancha preta no ápice e projetados para a margem externa; Apêndices caudais menores que os do macho. Cercos castanho escuro, medindo 0,8–0,9 do comprimento de S9+10, cilíndricos, cobertos por cerdas longas e escuras, com ápice agudo e ligeiramente convergente. Epiprocto castanho claro, medindo 0,3 do comprimento dos cercos.

Medidas (mm). Comprimento total 50,5–51. Comprimento do abdômen (sem apêndices caudais) 3,4–3,5. Largura máxima da cabeça 8,0–8,2. Largura máxima Fw 0,9. Comprimento máximo Fw 3,9. Largura máxima Hw 1,1–1,2. Comprimento máximo Hw 3,8. Comprimento do pt 2,29. Comprimento fêmur metatorácico 8,29–8,57. Largura máxima base S6 3,5–3,8. Largura máxima ápice S6 3,6–3,8. Largura máxima S7–S9 4,0. Comprimento S9 1,4. Comprimento S9–10 2,2. Comprimento máximo placa subgenital 1,40. Largura máxima placa subgenital 1,0–1,2. Comprimento dos cercos 2,2.

Larva. Descrita por Costa & Santos (2000), com base nas exúvias de último estágio de duas larvas criadas e com adultos emergidos em laboratório, determinadas como representantes de *C. machadoi* (PARNA da Serra da Bocaina) e *C. newtoni* (PARNA do Itatiaia).

Distribuição. Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, região de Mata Atlântica (fig. 7).

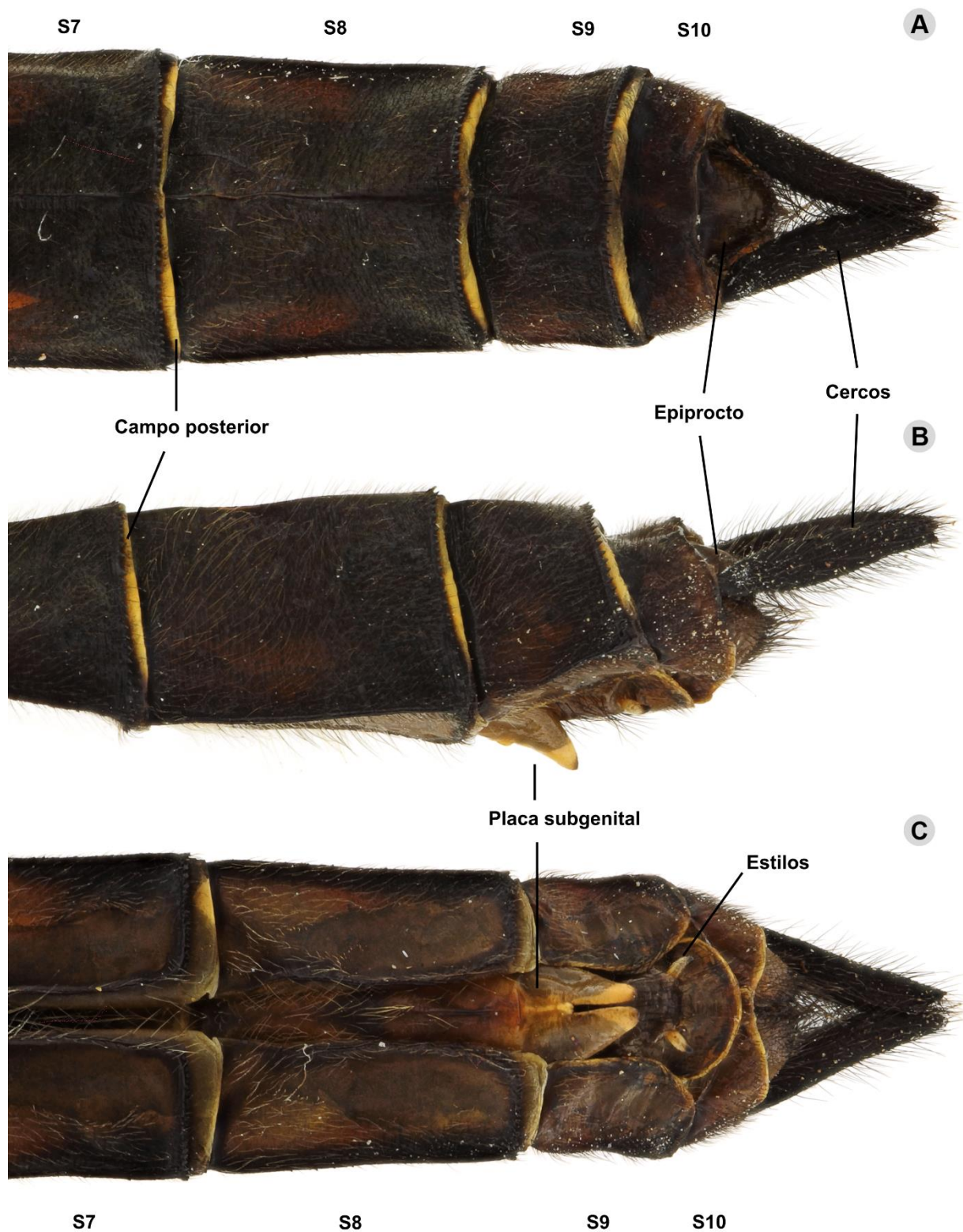


Figura 6. Segmentos finais da fêmea de *Cordulisantosia marshalli* em diferentes vistas: (A) S7–10 e apêndices caudais em vista dorsal; (B) S7–S10, placa subgenital e apêndices caudais em vista lateral; (C) S7–S10, placa subgenital e apêndices caudais em vista ventral. FONTE: a autora (2021).

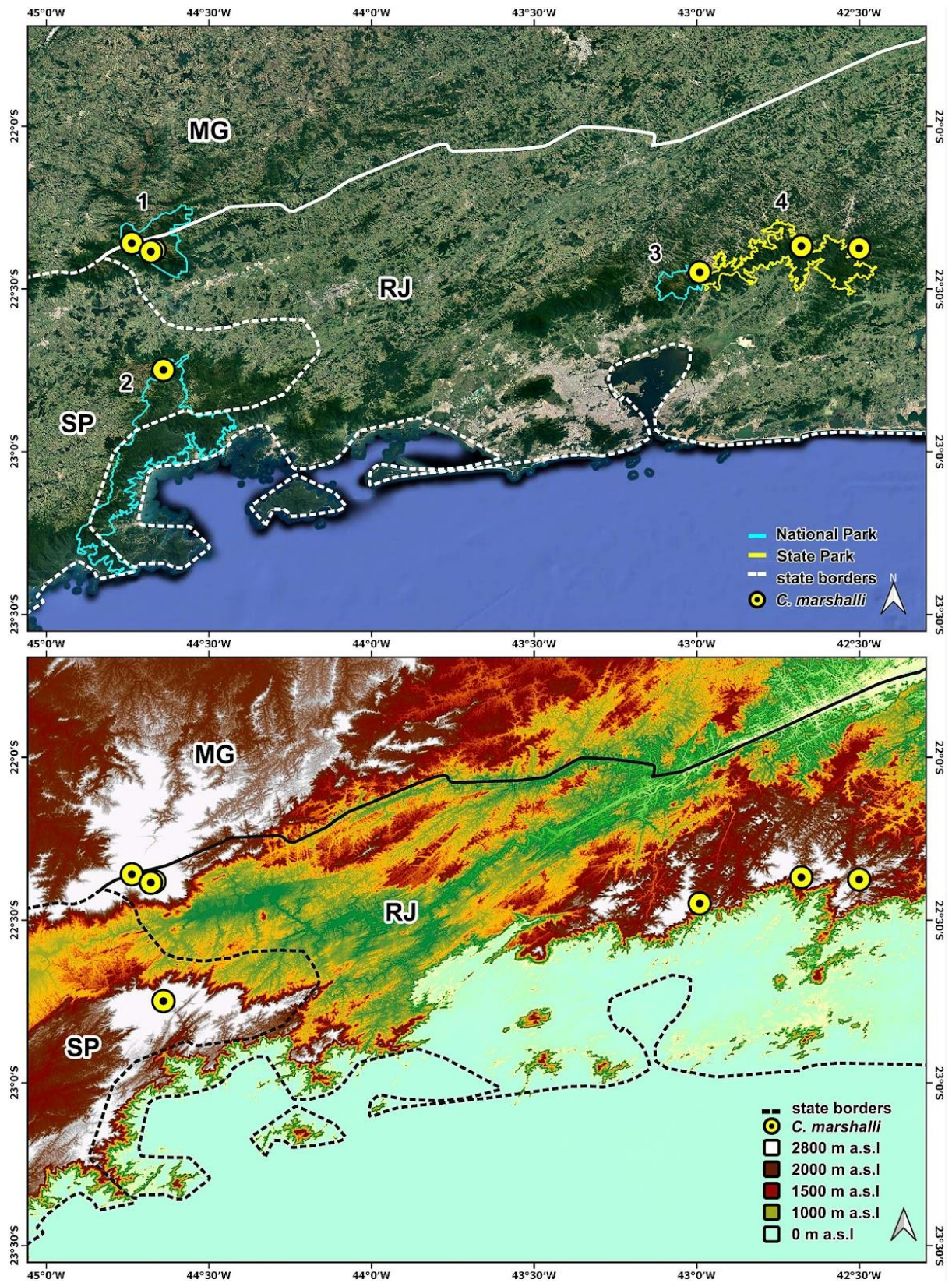


Figura 7. Mapa de distribuição com registros de ocorrência de indivíduos de *Cordulisantosia marshalli*, e informações sobre a topografia da região.

Biologia e ecologia. Indivíduos da espécie aparentemente estão restritos a locais com elevações acima de 1000 m de altitude (fig. 7) em cadeias de montanha como os picos da Serra da Mantiqueira (Parque Nacional do Itatiaia), Serra da Bocaina (Parque Nacional da Serra da Bocaina) e Serra dos Órgãos e do Mar (Parque Nacional da Serra dos Órgãos e regiões dos municípios de Nova Friburgo). A vegetação do maciço do Itatiaia onde os espécimes foram coletados compreende a zona superior ou zona temperada (2,000 a 2,400 m de altitude), caracterizada por campos de planalto e predominância de gramíneas, com ilhas de matas de Floresta Ombrófila mista (com *Araucaria angustifolia*). Acima dos 2,400 metros, a vegetação se torna escassa. A hidrografia da região dos campos é composta por riachos e lagoas esparsas de águas frias, límpidas e de correnteza (Santos, 1970). Os exemplares da série-tipo de *C. machadoi* foram coletados em riachos próximos a cachoeiras (Costa & Santos, 2000).

Comentários. O holótipo *C. newtoni* emergiu em laboratório. As exúvias das larvas de último estágio de desenvolvimento de *C. machadoi* e *C. newtoni* estavam depositadas no Museu Nacional e foram destruídas pelo incêndio de 2018, sendo conhecidas atualmente apenas pelas ilustrações originais. A série-tipo de *C. machadoi* conta com sete exemplares coletados entre 18.II.1977 e 25.II.1977, entretanto um dos exemplares adicionais associados ao gênero foi coletado no mesmo local e data pelo mesmo grupo, mas havia sido determinado como *C. marshalli* e não é mencionado na publicação original. A proporção entre o comprimento do epiprocto e dos cercos foi utilizada para caracterizar *C. machadoi*, entretanto foi observada uma grande variação entre os exemplares da série-tipo, sendo o holótipo detentor do menor epiprocto, medindo 0,5 do comprimento dos cercos e enquanto a maior proporção contém cerca de 0,7 do comprimento dos cercos.

5. DISCUSSÃO

Após examinar os espécimes de *Cordulisantosia* e confrontá-los com as descrições originais foram identificadas falhas para distinção das espécies, que podem ser categorizadas como: (1) por omissões, como por exemplo a falta de informações sobre os locais de coleta dos exemplares, o que tornou necessário um estudo sobre as expedições dos coletores e sobre a geografia do local; (2) por imprecisões, como por exemplo a utilização da coloração dos reflexos metálicos no sintórax e tamanho das porções carenadas dos cercos quando estes não foram informados na descrição de *C. marshalli*, partes das descrições originais que não correspondem ao material indicado como descrito e utilização de termos não paramétricos sem proporção replicáveis (ex. largo, grande); (3) por interpretação, como por exemplo a percepção de achatado/cilíndrico para se referir ao abdômen dos exemplares e a tonalidade da coloração metálica.

Outra questão que gera confusão para a interpretação da identidade das espécies do grupo é o holótipo de *C. newtoni* ser descrito como emergido em laboratório. Após exame, o exemplar não apresenta aspecto de adulto recém emergido, já que após a emergência há o período de pré-reprodutivo ou maturação em que é atingida a maturidade sexual do indivíduo, na qual ocorrem mudanças na coloração do corpo, nas asas e no desenvolvimento das gônadas (veja Cobert, 1980). As ilustrações das larvas apresentam distorções na posição das antenas, que se encontram mais próximas em uma ilustração e afastadas em outra. Por fim, algumas características parecem ter sido descritas a partir das ilustrações, como na asa do holótipo de *C. marshalli*, na qual o árculo da Hw foi ilustrado e descrito como mais próximo da segunda veia antenodal, mas no exemplar está posicionado mais próximo da primeira veia transversal antenodal.

A utilização da iridescência como parâmetro para diferenciação das espécies é controversa por ser influenciada por uma combinação de processos diferentes, alterando significativamente a coloração. Uma das principais interferências é a de camada fina, na qual quanto maior a angulação da incidência luminosa, menor o comprimento de onda, gerando uma mudança de tonalidade de acordo com o ângulo da visão ou movimento (Kinoshita & Yoshioka 2005). Outra interferência seria a de multicamadas, que consiste no empilhamento de camadas finas e causa a

combinação dos efeitos de interferência para cada camada. A distância entre as camadas empilhadas também causaria variações nas colorações (Kinoshita & Yoshioka 2005). Assim, além da variação natural esperada entre indivíduos, o estado de preservação dos exemplares influenciaria na distância entre as camadas, se compararmos um exemplar danificado por achatamento ou quebrado e outro bem preservado ou até mesmo vivo, uma vez que um exemplar amassado contaria com uma deformação de suas estruturas.

A diferença de proporções entre os apêndices caudais se torna um caráter problemático quando utilizado como única característica para determinar espécies distintas, principalmente quando essa diferença é mínima como no caso de *Cordulisantosia*, em que pode ser interpretado como variação individual. Há vários exemplos de situações como essa em Libelluloidea, como em *Lauromacromia dubitalis* Fraser, 1939 onde Ehlert & Pinto (2019) associaram um macho com epiprocto de comprimento maior que os cercos (proporção anteriormente considerada menor ou igual) para a espécie. Além disso, há grupos com diferenças significativas nos apêndices caudais que são consideradas variações intraespecíficas, como em *Micrathyrina mengeri* Ris, 1919.

As espécies parecem terem sido descritas como representantes de populações provenientes de três cadeias de montanhas distintas, sendo elas: *C. marshalli* para a Serra dos Órgãos, *C. machadoi* para a Serra da Bocaina e *C. newtoni* para a Serra da Mantiqueira. Entretanto, a série-tipo de *C. newtoni* conta com 3 exemplares de duas populações diferentes, com holótipo e um parátipo da Serra da Mantiqueira e outro parátipo da Serra dos Órgãos (Costa & Santos, 2000), que seria a população de *C. marshalli*. Dessa forma, as autoras enfraquecem essa hipótese e reforçam a similaridade entre as espécies, principalmente entre *C. marshalli* e *C. newtoni*.

A análise molecular foi a etapa deste projeto mais afetada pela pandemia de Sars-CoV-2 (COVID-19), uma vez que as atividades demandavam sua realização de maneira presencial, havendo uma limitação de acesso além da limitação de tempo já prevista. O próximo passo para andamento do projeto é a realização de novas reações de PCR para que os produtos que apresentem fragmentos de DNA sejam enviados para sequenciamento no Departamento de Bioquímica, na Universidade Federal do Paraná, para posterior análise das amostras. A partir dos eletroferogramas obtidos, as sequências contingentes serão alinhadas e o método mais adequado para

investigar as distâncias genéticas determinado após sua obtenção. O objetivo final é que as sequências obtidas sejam incorporadas no banco de dados GenBank da plataforma NCBI.

A análise morfométrica, mesmo em estágio inicial, sendo um dos objetivos futuros do projeto aprofundá-las, incorporando traçados de curva (através de *semi landmarks*) que possibilitem a obtenção do contorno da peça. Com a possibilidade de realização de novas coletas, exemplares adicionais poderiam ser incorporados nas análises morfométrica e molecular, endossando e expandindo seus resultados.

Por fim, o gênero havia sido considerado como pertencente à Corduliidae s.s. com base unicamente na venação e comparado apenas com gêneros dessa linhagem registrados para o Brasil, sendo eles na época da publicação *Aeschnosoma* Selys, 1870, *Paracordulia* Martin, 1906 e *Dorocordulia* Needham, 1901 (posteriormente *Navicordulia* Machado & Costa, 1995). Assim, decidimos realizar uma nova diagnose para o gênero, diferenciando-o de todos os gêneros de Libelluloidea.

6. CONCLUSÃO

As características morfológicas selecionadas para a delimitação das espécies até então válidas não correspondem à realidade observacional e, portanto, não servem para este propósito. Assim, o gênero foi diagnosticado, redescrito e ilustrado. As primeiras fêmeas registradas também foram descritas. A distribuição do grupo foi atualizada e foram fornecidos mapas com registros de ocorrência e informações sobre o relevo da região. A análise morfométrica embora preliminar indica não haver diferenciação entre os cercos dos indivíduos das três populações e ressalta a importância de realizar expedições de coleta para obter exemplares adicionais a serem incorporados nas análises.

Diante das informações apresentadas, conclui-se que os exemplares das três populações correspondem a uma única espécie e que portando *Santosia machadoi* e *S. newtoni* são sinônimos juniores subjetivos de *S. marshalli*, sendo nome válido para espécie *Cordulisantosia marshalli* (Costa & T.C. Santos 1992).

7. REFERÊNCIAS

- Bridges, C.A. (1994). Catalogue of the family-group, genus-group and species-group names of the Odonata of the world (3rd ed.). Urbana, IL: Charles A. Bridges/Private.
- Bybee, S.M., Kalkman, V. J., Erickson, R. J., Frandsen, P. B., Breinholt, J. W., Suvorov, A., Dijkstra, K. D. B., Cordero-Rivera, A., Skevington, J. H., Abbott, J. C., Herrera, M. S., Lemmon, A. R., Lemmon, E. M. & Ware, J. L. 2021. Phylogeny and classification of Odonata using targeted genomics. *Molecular phylogenetics and evolution*, 160: 107–115.
- Carvalho, A.L., & Kloosterman, R.R. 2001. Descrição da larva de *Neocordulia carlochagasi* Santos, 1967 (Insecta, Odonata, Corduliidae). *Contribuições Avulsas sobre a História Natural do Brasil, Série Zoologia*, 32: 1–5.
- Carvalho, A. L. & Nessimian, J. L. 1998. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas. *Ecologia de Insetos Aquáticos, Series Oecologia Brasiliensis*, vol. V. PPGE–UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Carvalho, A. L., Salgado, L. G. V., & Fleck, G. 2008. Description of the larva of *Lauromacromia picinguaba* Carvalho, Salgado & Werneck–de–Carvalho 2004, with key to the genera of Corduliidae larvae occurring in South America. *Zootaxa* 1848: 57–65.
- Carvalho, A. L., Salgado, L. G. V., & Werneck–de–Carvalho, P. C. 2004. Description of a new species of *Lauromacromia* Geijskes, 1970 (Odonata: Corduliidae) from Southeastern Brazil. *Zootaxa* 666: 1–11.
- Corbet, P. S. (1980). Biology of Odonata. *Annual review of entomology*, 25(1): 189–217.
- Costa, J. M & T. C. Santos. 1992. *Santosia marshalli* gen. nov., spec. nov. – A new genus and species of Corduliinae from Brazil (Anisoptera: Corduliidae). *Odonatologica* 21(2): 235–239.
- Costa, J. M & T. C. Santos. 2000. Two new species of *Santosia* Costa & Santos, 1992 with a description of five new corduliid larvae (Anisoptera: Corduliidae). *Odonatologica* 29(2): 95–111.

- Costa, J. M., Machado, A. B. M., Lencioni, F. A. A. & T. C. Santos. 2000. Diversidade e distribuição dos odonatas (Insecta) no estado de São Paulo, Brasil. *Publicações Avulsas do Museu Nacional* 80: 1–27.
- Costa, J. M., & Mascarenhas, B. J. A. 1998. Catálogo do material-tipo de Odonata (Insecta) do Museu Nacional. *Publicações Avulsas do Museu Nacional* 76: 1–30.
- Dijkstra, K.–D.B., Bechly, G., Bybee, S. M., Dow, R. A., Dumont, H. J., Fleck, G., Garrison, R. W., Hämäläinen, M., Kalkman, V. J., Karube, H., May, M. L., Orr, A. G., Paulson, D. R., Rehn, A. C., Theischinger, G., Trueman, J. W. H., Tol, J. V., Von Ellenrieder, N. & Ware, J. 2013. The classification e diversity of dragonflies e damselfleis (Odonata). *Zootaxa* 3703(1): 36–45.
- Dijkstra, K.D., & Schröter, A. (2020). Field guide to the dragonflies of Britain and Europe. Bloomsbury Publishing.
- Dijkstra, K.D.B., & Clausnitzer, V. (2014). The dragonflies and damselflies of eastern Africa: handbook for all Odonata from Sudan to Zimbabwe.
- Ehlert, J., & Pinto, Â.P. 2020. Additions to the dragonfly genus *Lauromacromia*, with description of the female of *Lauromacromia luismoojeni* and new distributional records (Odonata: Corduliidae s.l.). *International Journal of Odonatology*, 23(2): 79–91.
- Fleck, G. & J.M. Costa. 2007. Replacement name for a homonymous dragonfly generic name (Odonata). *Zootaxa* 1542: 68–68.
- Fleck, G. & Neiss, U.G. 2012. A new species of the genus *Aeschnosoma* Selys, 1870 (Odonata: Anisoptera: Corduliidae s.s.). *Zootaxa* 3159: 47–58.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol Mar Biol Biotechnol*, 3: 294–9.
- Garrison, R. W., von Ellenrieder, N., & Louton, J. 2006. Dragonfly Genera of the New Word: an illustrated and annotated key to the Anisoptera. Baltimore, MD: *The Johns Hopkins University Press*.
- Hamada, N., Thorp, J. H., & Rogers, D. C. (2018). Keys to Neotropical Hexapoda. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Volume III. Academic Press.
- Heckman, C. W. (2006). Encyclopedia of South American Aquatic Insects – Odonata: Anisoptera. *Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America*. HH: Hamburg Springer, Institute for Hydrology and Fishery Science.

- Jarzembowski, E.A. & Nel, A. 1996. New fossil dragonflies from the Lower Cretaceous of SE England and the phylogeny of the superfamily Libelluloidea (Insecta: Odonata). *Cretaceous Research* 17: 67–85.
- Kinoshita, S., & Yoshioka, S. 2005. Structural colors in nature: the role of regularity and irregularity in the structure. *ChemPhysChem*, 6(8): 1442–1459.
- Klingenberg, C. P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353–357
- Kohli, M., Letsch, H., Greve, C., Béthoux, O., Deregnacourt, I., Liu, S., Zhou X., Donath A., Mayer C., Podsiadlowski L., Machida R., Niehuis O., Rust J., Wappler T., Yu X., Misof, B. & Ware, J. 2020. How old are dragonflies and damselflies? Odonata (Insecta) transcriptomics resolve familial relationships. *BioRxiv* (preprint): 1–15.
- Kury, A. B., Giupponi, A. P., & Mendes, A. C., 2018. Immolation of Museu Nacional, Rio de Janeiro—unforgettable fire e irreplaceable loss. *The Journal of Arachnology*, 46(3): 556–559.
- Machado, A. B. M., & Costa, J. M. 1995. Navicordulia gen. nov., a new genus of neotropical Corduliinae, with descriptions of seven new species (Anisoptera: Corduliidae). *Societas Internationalis Odonatologica* 24(2): 187–218.
- Martin, R. (1906). Cordulines. In: Catalogue Systématique et Descriptif des Collections Zoologiques du baron Edmond de Selys Longchamps. Fasc. 17, Bruxelles, Hayez, *Impr. des académies*, 94p. pls. I-III.
- Matushkina, N. A. 2011. Morphology of exophytic ovipositors in dragonflies (Odonata: Gomphidae, Corduliidae, Libellulidae), with reference to ovipositor muscles and sensilla. *International Journal of Odonatology*, 14(3): 233–248.
- Orr, A. G., & Kalkman, V. J. (2015). Field guide to the dragonflies of New Guinea. Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie.
- Paulson, D. R. 2004. Critical species of Odonata in the Neotropics. *International Journal of Odonatology* 7(2) 2004: 163–188.
- Pinto, A. P. (2015) Toward a synopsis of Central e South American corduliids: taxonomic status of the genera (Anisoptera: Corduliidae s.l.). ICO 2015 – International Congress of Odonatology. WDA, Argentina, 32.
- Pinto, A. P. 2019. First report on the dragonflies from Parque Estadual da Ilha do Cardoso, state of São Paulo, Brazil, with notes on the morphology and behavior of

- Lauromacromia picinguaba* (Odonata: Corduliidae sl.). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 54(1): 48–60.
- Pinto, A. P. 2021. Corduliidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2448>>. Acesso em: 07 set. 2021
- Pinto, A. P. & Carvalho, A. L. 2010. A nova espécie of *Lauromacromia* (Odonata: Corduliidae) from Southeastern Brasil, com a cladistic analysis of the genus e comments on Neotropical dragonfly biogeography. *Zootaxa* 2425: 45–68.
- Pinto, A. P. & Lamas, C. J. E. 2010. *Navicordulia aemulatrix* sp. nov. (Odonata, Corduliidae) from northeastern Santa Catarina State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 54(4): 608–617.
- Rohlf F. J. TpsDig—Digitize landmarks e outlines. Ver.2.05. Nova York: Department of Ecology e Evolution, Estado University of Nova York at Stony Brook; 2006.
- Schlick–Steiner, B. C., Steiner, F. M., Seifert, B., Stauffer, C., Christian, E., & Crozier, R. H., 2010. Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. *Annual review of entomology*, 55: 421–438.
- Theischinger, G., & Hawking, J. (2006). The complete field guide to dragonflies of Australia. Csiro Publishing.
- Theischinger, G. & Fleck, G. 2003. A new character useful for taxonomy and phylogeny of Anisoptera (Odonata). *Bulletin de la Société entomologique de France* 108(4): 409–412.
- Ware, J., M. May, & K. Kjer. 2007. Phylogeny of the higher Libelluloidea (Anisoptera: Odonata): An exploration of the most speciose superfamily of dragonflies. *Molecular Phylogenetics e Evolution* 45: 289–310.
- Zamudio K. R., Kellner A., Serejo C., Britto M. R., Castro C. B., Buckup P. A., Pires D. O., Couri M., Kury A. B., Cardoso I. A., Monné M. L., Pombal Jr. J., Mello–Patiu C., Padula V., Pimenta A. D., Ventura C. R. R., Hajdu E., Zanol J., Bruna, E. M. Fitzpatrick J., Rocha L. A. 2018. Lack of science support fails Brasil. *Science*, 361(6409): 1322–1323