



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS – ICEB  
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE  
CURSO DE CIÊNCIA BIOLÓGICAS

ANANDA RIBEIRO MACEDO DE ANDRADE

ANÁLISE CITOGENÉTICA DA FORMIGA DO GÊNERO *Solenopsis* sp.  
(FORMICIDAE: MYRMICINAE) E A POLIPLOIDIA EM POPULAÇÕES  
PRESENTES NA REGIÃO DE OURO PRETO, MINAS GERAIS, Brasil

OURO PRETO – MG  
2022

**ANANDA RIBEIRO MACEDO DE ANDRADE**

**ANÁLISE CITOGENÉTICA DA FORMIGA DO GÊNERO *Solenopsis* sp.  
(FORMICIDAE: MYRMICINAE) E A POLIPLOIDIA EM POPULAÇÕES  
PRESENTES NA REGIÃO DE OURO PRETO, MINAS GERAIS, Brasil**

Monografia apresentada ao Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Maykon Passos Cristiano

Coorientador: Danon Clemes Cardoso

**OURO PRETO – MG  
2022**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Ananda Ribeiro Macedo de Andrade**

**Análise citogenética da formiga do gênero *Solenopsis* sp. (Formicidae: Myrmicinae) e sua poliploidia na região de Ouro Preto, Minas Gerais**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 15 de junho de 2022.

### Membros da banca

Dr. Hildeberto Caldas de Sousa – Presidente da banca - Universidade Federal de Ouro Preto  
Dra. Natália Martins Travençoli, Universidade Federal de Viçosa  
Msc. Paulo Cesar Afonso Neto, Universidade Federal de Viçosa

Maykon Passos Cristiano, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 10/08/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Maykon Passos Cristiano, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/08/2022, às 09:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0343227** e o código CRC **B7394A17**.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha mãe Bernadete, essa conquista é nossa! Às minhas avós Mary e Wilma, sou privilegiada por estarem comigo e poderem acompanhar de perto o encerramento de um ciclo tão importante!

À toda a minha família, por todo apoio e carinho.

À UFOP, pelo ensino gratuito e de qualidade, pela minha formação e todas as oportunidades que tive e que virão.

À Volúpia, minha segunda casa que me ensinou tanto sobre a vida e amizades. Por me fazer encontrar amigos que levarei para sempre, e por ter me proporcionado os melhores anos da minha vida.

Ao Maykon, obrigada pela orientação, disponibilidade e (muita!) paciência para me ensinar durante meus 4 anos de laboratório e em todos os projetos em que fiz parte. Ao Danon, pelos aprendizados dentro da sala de aula e no laboratório.

Ao pessoal do Laboratório de Genética Evolutiva e de Populações (LGEP) pelos momentos, ensinamentos e todas as escalas que dividimos para cuidar das formigas. Agradecimento especial à Gabrielle que sempre se pôs disponível para me ensinar e ajudar quando precisei!

Aos demais professores da biologia, por terem me ensinado sobre a ciência da vida e por terem me instigado o pensamento crítico.

Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica e ao fomento às pesquisas.

## RESUMO

A família Formicidae é composta por formigas que se organizam em castas, em que cada indivíduo possui uma função conjunta de organização, de tal forma que conseguem fazer o gerenciamento do ninho. Dentre elas, existe o gênero *Solenopsis*, uma formiga de característica oportunista e agressiva, conhecida por ser invasora de habitats e pela ferroadada que causa ardência e alergia em seres humanos. Esse gênero é particularmente difícil de ser classificado e identificado, uma vez que sua morfologia provê poucos indicativos para a diferenciação de espécies. Para isso, uma ferramenta que vem auxiliando em estudos evolutivos e taxonômicos é a citogenética. A análise cariotípica é capaz de preencher lacunas na taxonomia e filogenética que apenas análises morfológicas não são capazes de completar. Os estudos citogenéticos foram capazes de elucidar a taxonomia entre espécies próximas de formigas, e que esse grupo possui grande variação do número de cromossomos haploides, variando de  $n=1$  até  $n=60$ . Com isso foi possível dar início ao entendimento da evolução de Formicidae. Para o gênero *Solenopsis*, estudos foram feitos que comprovaram a hibridação de populações invasoras com nativas. Sendo assim tem-se como objetivo estudar citogeneticamente as formigas do gênero *Solenopsis* sp., na região de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, a fim de registrar a ocorrência do gênero e a poliploidia, bem como caracterizar o cariótipo das populações. As formigas foram coletadas de 4 colônias diferentes dentro do Campus da Universidade Federal de Ouro Preto, e levadas ao laboratório onde foi realizada a preparação das lâminas com os cromossomos. Foram analisadas e contabilizadas aproximadamente 450 metáfases. O cariótipo das populações cromossomos apresentaram número variado de ploidia, de  $n=16$  até  $8n=128$ . A fórmula do cariótipo encontrada foi de  $n=10M + 4SM + 2ST$ ,  $2n=20M + 8SM + 4ST$  e  $4n=40M + 16SM + 8ST$  em uma mesma população. Foram montados e medidos 10 cariótipos haploides ( $n=16$ ), 10 cariótipos diploides ( $2n=32$ ) e 1 cariótipo tetraploide ( $4n=64$ ). A poliploidia pode ser encontrada de forma natural nas populações, ou pode ser resultante de hibridações que ocorrem entre populações de espécies invasoras e espécies nativas. Neste caso, é importante estudar cariomorfométricamente as populações invasoras de lugares diferentes, a fim de entender possíveis mudanças genômicas entre as populações.

Palavras-chave: *Cariótipo, Evolução, Formiga do fogo, Espécie invasora.*

## ABSTRACT

*The Formicidae family is composed of ants that are organized into castes, in which each individual has a joint organizational function, in such a way that they manage the nest. Among them, is the genus Solenopsis, an ant with an opportunistic and aggressive characteristic, known for being invasive of habitats and for the sting that causes burning and allergy in humans. This genus is particularly difficult to classify and identify since its morphology provides few indications for species differentiation. For this, a technique that has been helping in evolutionary and taxonomic studies is the cytogenetics. The karyotypic analysis can fill gaps in taxonomy and phylogenetics that only morphological analyzes are unable to complete. The cytogenetic studies were able to elucidate the taxonomy between closely related species of ants, and also that this group has a large variation in the number of haploid chromosomes, ranging from  $n=1$  to  $n=60$ . It was possible then to begin the understanding of the chromosomal evolution of ants. For the genus Solenopsis, studies were carried out that proved the hybridization of invasive and native populations. Therefore, the objective is to study cytogenetically the ants of the genus Solenopsis sp., in the region of Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil, to record the occurrence of the genus and polyploidy, as well as to characterize the karyotype of the populations. The ants were collected from 4 different colonies within the Campus of the Federal University of Ouro Preto and taken to the laboratory where the slides with the chromosomes were prepared. Approximately 450 metaphases were analyzed and counted. The karyotype of the chromosome populations showed a varied number of ploidy, from  $n=16$  to  $8n=128$ . The karyotype formula found was  $n=10M + 4SM + 2ST$ ,  $2n=20M + 8SM + 4ST$  and  $4n=40M + 16SM + 8ST$  in the same population. Ten haploid karyotypes ( $n=16$ ), 10 diploid karyotypes ( $2n=32$ ) and 1 tetraploid karyotype ( $4n=64$ ) were assembled and measured. Polyploidy can be found naturally in populations, or it can result from hybridizations that occur between populations of invasive species and native species. In this case, it is important to study karyomorphometrically the invasive populations from different places to understand possible genomic changes between populations.*

Keywords: *Karyotype, Evolution, Fire Ant, Invasive Species*

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1	Formulação do problema .....	11
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
5.1	Área de estudo e Amostragem.....	13
5.2	Preparação da amostra.....	16
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>26</b>
	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A família Formicidae é reconhecida como uma das mais prósperas entre os invertebrados, sendo amplamente distribuída em todo mundo, exceto nos polos (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). O sucesso adaptativo é o responsável, para que existam determinadas colônias capazes de abrigar mais de 300 milhões de indivíduos em um só ninho (CAETANO *et al.*, 2002). Essa família é a única em que todas as espécies possuem a característica conhecida como eussocialidade (WILSON, 1990). Assim, os indivíduos da colônia se encarregam do cuidado das proles, possuem castas diferenciadas que contam com divisão de trabalho e sobreposição de gerações. Ademais, a rainha é a responsável pela reprodução, enquanto as operárias constroem ninhos, defendem a colônia e são responsáveis por adquirir e processar os alimentos (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Essa divisão de trabalho se relaciona também com a morfologia de cada operária, em que o tamanho da formiga definirá qual função dentro do ninho está mais apta a realizar (HAIGHT, 2010).

As formigas do gênero *Solenopsis* são conhecidas como formigas 'lava-pé' ou de 'fogo', e ganharam esse nome popular por serem bastante agressivas, por suas picadas doloridas, graças ao acúmulo de proteínas alergênicas e alcalóides presentes em seu veneno (FOX, 2010). Além disso, são espécies nativas da América do Sul (BUREN, 1972), mas com grande potencial de invasão de habitat. Atualmente são encontradas em países da América Central, América do Norte e Oceania (CALLCOTT & COLLINS, 1996; HOLWAY *et al.*, 2002). Embora a mirmecofauna seja essencial na participação da manutenção do solo e agrossistemas a longo prazo (LOBRY DE BRUYN, 1999), as formigas do gênero *Solenopsis* são responsáveis também por grandes prejuízos, tanto na agricultura como afetando seres humanos e animais, podendo ser consideradas pragas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). A espécie *Solenopsis saevissima* é responsável por 35% dos relatos de picadas de insetos (FOX *et al.* 2012; CHADEE & MAITRE 1990). Além disso, quando as formigas de fogo chegam em um ambiente invasor, tornam-se prejudiciais a outras espécies nativas, que podem ser desalojadas devido à agressividade imposta por elas (WOJCIK *et al.*, 2001).

De acordo com FOX (2010), PITTS *et al.* (2005) e SHOEMAKER *et al.* (2006), o gênero *Solenopsis* é considerado um grupo taxonômico difícil de ser identificado



morfologicamente, uma vez que não dispõe de estruturas morfológicas específicas que servem como indicadores para serem diferenciadas. Fora isso, existe o cruzamento interespecífico em que a ocorrência ainda é desconhecida e possuem diferenças morfológicas que não são facilmente perceptíveis.

A citogenética é uma técnica da biologia molecular usada para o estudo de cariótipos (SPEICHER & CARTER 2005). Os estudos citogenéticos se fazem de extrema importância para o conhecimento evolutivo e taxonômico, visto que a análise de cariótipos é capaz de distinguir as espécies, e assim complementar o conhecimento filogenético e evolutivo (LUKHTANOV *et al.*, 2006; LORITE & PALOMEQUE, 2010).

Um dos exemplos em que a citogenética pôde auxiliar, foi na proposta da taxonomia em formigas do gênero *Pachycondyla* e *Dolichoderus*. (MARIANO *et al.*, 2012; SANTOS, 2016). Já em Hexapoda, foi possível descrever cromossomos politênicos (METZ, 1916). Os primeiros a descreverem as formigas citogeneticamente foram os autores CROZIER (1975), apresentando uma revisão dos Hymenoptera, e IMAI *et al.* (1977, 1984), que publicou estudos citogenéticos sobre formigas australianas e indianas. Ademais, os autores BOLTON *et al.* (2007) descreveram mais de 12.000 espécies de formigas, na qual algumas delas foram analisadas citogeneticamente. Com esses estudos, concluiu-se que as formigas são um dos grupos com a maior diversidade no número de cromossomos, que podem variar do número de cromossomos haploides  $n = 1$  até  $n = 60$  (BOLTON *et al.*, 2007). Já no gênero *Solenopsis*, os estudos de Wurm *et al.* (2011) apresentaram informações seu genoma, possibilitando entender sua estrutura genética, como a identificação de duplicidades gênicas e a multifuncionalidade de genes VG.

A poliploidia foi uma alteração cromossômica identificada graças aos estudos citogenéticos. Neste caso, seu genoma pode ser multiplicado para mais de duas cópias de homólogos completos (FOX & DURONIO, 2013). Essa alteração é comum em plantas (GOULD, 1991), porém, rara em animais (CLARK & WALL, 1996; WHITE, 1973). Em invertebrados, a poliploidia está relacionada com indivíduos que realizam partenogênese, que é o caso dos Hymenoptera (OTTO & WHITTON, 2000). A poliploidia foi encontrada em estudos feitos com o gênero *Solenopsis* (SILVA, 2016), que tem consequentemente a diferenciação do sexo por haplodiploidia, onde a fêmea (rainha) é diploide ( $2n$ ) e o macho haplóide ( $n$ ) (LORITE & PALOMEQUE, 2010).

A partir da iniciativa de documentar os cariótipos em diferentes regiões por CROZIER (1975), IMAI *et al.*, (1977, 1984), foi possível estabelecer uma base de

informações para dar início ao entendimento do processo evolutivo na Família Formicidae. Com esses dados, foi descrita a teoria da Interação Mínima, que de acordo com IMAI (1988): “a evolução do cariótipo em eucariotos tende a um aumento no número de cromossomos por meio de processos de fissão cêntrica; estes eventos são essenciais para a não-ocorrência de interações entre os cromossomos, que podem ser facilitadas pelo tamanho longo dos braços cromossômicos”. Portanto, a citogenética é uma ferramenta que visa não somente à compreensão da biodiversidade, mas também viabiliza a criação de tecnologias de desenvolvimento para a preservação de espécies. (CHAPIM *et al.*, 2000).

## 1.1 Formulação do problema

Os efeitos causados pela *Solenopsis* são tão adversos que hoje em dia constam na lista da FUNASA como animais de características peçonhentas (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; FUNASA, 2001). Sua característica agressiva e oportunista atribuiu para que fosse um importante invasor tanto em ambientes urbanos quanto preservados (LOFGREN *et al.*, 1975) e estando em áreas antropizadas, conseqüentemente há o contato da formiga com crianças e adultos, pelo fato dos ninhos se localizarem em lugares residenciais, escolas, ou lugares abertos como parques (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999). A ferroada da formiga é capaz de causar reações alérgicas aos humanos (ALLEN *et al.*, 2001), podendo levar ao choque anafilático e até a morte (MARTINS, 2010). Fora os prejuízos com a saúde humana, é estimado que após a introdução acidental da formiga nos Estados Unidos, o país passou a gastar cerca de 2,5 bilhões de dólares para o controle da praga por ano (DELLA LUCIA, 2003).

Existe um obstáculo para eliminar essas formigas consideradas como pragas (SHOEMAKER *et al.*, 2006), que é o fato de atualmente se alojarem em ambientes com bastante perturbação antrópica, tanto mecânica quanto química. Isso faz com que elas se dispersem em colônias menores, o que facilita sua reprodução e dificulta seu controle (PINTO *et al.*, 2007). Fora isso, HÖLLDOBLER & WILSON (1990) citam que são capazes de dispersar rainhas férteis para várias direções, acentuando ainda mais sua disseminação.

Sendo uma espécie considerada como invasora qual seria a importância de analisar sua evolução cariotípica em diferentes lugares?



**Figura 1-** Representação de *Solenopsis saevissima*. **Fonte:** [www.antweb.org](http://www.antweb.org).

## 2 JUSTIFICATIVA

As ferramentas citogenéticas vêm auxiliando na identificação das espécies e possibilitando o manejo do organismo. Como o gênero *Solenopsis* é uma espécie invasora, e tendo como base o efeito fundador comum de espécies invasoras, este organismo se torna um interessante grupo para estudar as mudanças cromossômicas que podem ser fixadas em diferentes populações de lugares distintos.

## 3 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral contribuir com o banco de dados citogenéticos dos insetos da família Formicidae apresentando informações e dados científicos sobre o cariótipo e ploidia do gênero da formiga *Solenopsis Cf. saevissima*.

## 4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A) Estudar e caracterizar os cromossomos da espécie *Solenopsis* Cf. *saevissima* do campus da UFOP em Ouro Preto – Minas Gerais, Brasil;

B) Determinar o número e morfologia dos cromossomos da espécie *Solenopsis* Cf. *saevissima*;

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Área de estudo e Amostragem

O estudo foi realizado no *campus* da Universidade Federal de Ouro Preto, na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais – Brasil. A área de estudo está situada na região Sudeste do estado, com uma área de 1248 Km<sup>2</sup>, latitude 20°17'15" S, longitude 43°30'29" e altitude de 1179 m.

Os ninhos da formiga *Solenopsis* foram coletados no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto durante o período de outubro de 2020 até dezembro de 2021. Os ninhos foram identificados de acordo com a descrição de PORTER & TSCHINKEL (1987), na qual citam ninhos com um amontoado de terra localizados em áreas gramadas, ensolaradas e abertas. As formigas foram coletadas com o auxílio de uma pá, armazenadas em um recipiente plástico e levadas ao laboratório para posterior processamento. As figuras 1, 2, 3 e 4, respectivamente, representam as colônias coletadas, e a figura 5 representa a localização das colônias no Campus.



**Figura 2--** Representa a Colônia 1 coletada no ponto de coordenada (20°23'46.20"S 43°30'26.01"O).



**Figura 3-** Representa a Colônia 3 coletada no ponto de coordenada (20°23'45.58"S 43°30'33.83"O).



**Figura 4-** Representa a Colônia 4 coletada no ponto de coordenada (20°23'42.22"S 43°30'41.33"O).



**Figura 5-** Representa a Colônia 5 coletada no ponto de coordenada -(20°23'46.20"S43°30'26.01"O).



**Figura 6-** Mapa da Universidade Federal de Ouro Preto, indicando os pontos de coletas nos ninhos das colônias 1,3,4 e 5. **Fonte:** Google Earth Pro. **Escala:** canto inferior direito.

## 5.2 Preparação da amostra

Após coletadas, as amostras de *Solenopsis Cf. saevissima* foram levadas diretamente ao Laboratório de Genética Evolutiva e de Populações (LGEP) da UFOP, e enquanto vivas, as larvas pós-defecantes (sem mecônio) foram separadas para que o experimento fosse realizado. Como descrito por IMAI *et al.* (1988), o gânglio cerebral da larva foi retirado e colocado em uma lâmina. Em seguida o gânglio foi transferido para um recipiente contendo solução hipotônica de Colchicina (0.005%). Após uma hora e vinte minutos que os gânglios ficaram imersos na solução, estes foram macerados com o auxílio de duas agulhas, com o intuito de espalhar as células na porção central da lâmina. O gânglio macerado foi fixado inicialmente com o fixador 1 (ácido acético:etanol:água destilada; 3:3:4), em seguida pelo fixador 2 (ácido acético:etanol; 1:1) e por fim com o fixador 3, composto de ácido acético. Os fixadores devem percorrer toda a extensão da superfície da lâmina para serem drenados nas

extremidades. Após a secagem, as lâminas foram etiquetadas com seu código da colônia e número da lâmina e por fim armazenadas em caixas propícias de papelão e colocadas na geladeira. As melhores lâminas foram armazenadas em caixas plásticas e congeladas no freezer para melhor conservação.

As lâminas foram coradas com Giemsa no intuito de observar o número cromossômico e a sua morfologia. Aproximadamente, 450 fotos foram capturadas das metáfases encontradas nas lâminas, provenientes de 4 colônias diferentes (N1, N3, N4 e N5). As metáfases foram fotografadas utilizando microscópio de fluorescência Axio Imager Z2, Zeiss, acoplado a um sistema de captura de imagens AxioCam MRc.

Todas as fotos capturadas tiveram o número de cromossomos contados em cada metáfase. Foram montados e medidos 10 cariótipos haploides (n), 10 cariótipos diploides (2n) e um cariótipo tetraploide (4n) seguindo a classificação proposta por LEVAN (1964). Para isso, foram utilizados os programas de imagens Corel Photo Paint 2020 e ImageProPlus, para montagem dos cariótipos e medição dos cromossomos, respectivamente.

Para cada cromossomo foi medido o comprimento total (TL), braço curto (S), braço longo (L), calculados a partir da distância entre o braço e a região do centrômero. O comprimento total (KL) do cariótipo foi calculado a partir da soma do comprimento total (TL) de todos os cromossomos. O tamanho relativo (RL) foi calculado em relação ao tamanho total de todos os cromossomos com a fórmula  $(TL \times 100 / \sum TL)$ . A razão (r) entre o comprimento do braço longo e braço curto foi dado pela fórmula  $(r = L/S)$  e usada para classificar os cromossomos como metacêntricos (m), submetacêntricos (sm) e subtelocêntricos (st) como descrito por LEVAN (1964).



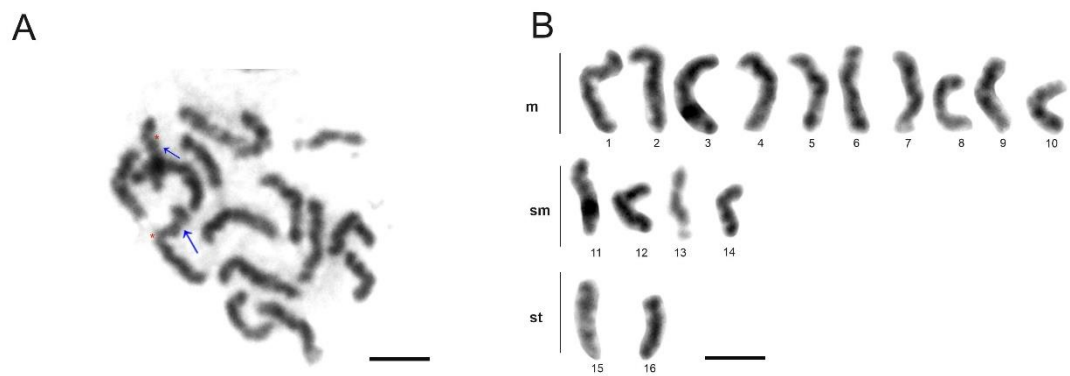
## 6 RESULTADOS

Foram encontrados os números cromossômicos  $n=16$  (22 metáfases),  $2n= 32$  (122 metáfases),  $4n=64$  (26 metáfases) e  $8n=128$  (01 metáfase) (Figuras 2-13) em todas as populações. As fórmulas cariotípicas encontradas nas populações foram de  $n=10M + 4SM + 2ST$ ,  $2n=20M + 8SM+ 4ST$  e  $4n=40M + 16SM+ 8ST$ . Os dois maiores pares cromossômicos metacêntricos e submetacêntricos, apresentaram constrição secundária em algumas metáfases. Acredita-se que todos os ninhos coletados sejam de uma mesma população que se dividiu. A Tabela 01 e 02, trazem as análises cariomorfométricas dos cariótipos haploides e diploides com a classificação de cada cromossomo, respectivamente. Na Tabela 03 são apresentadas as medidas do cariótipo tetraploide, que não apresenta medidas de desvio padrão, uma vez que apenas um cariótipo foi medido.

**Tabela 01-** Análise de morfometria dos cromossomos  $n=16$  de *Solenopsis Cf. saevissima*.

Cromossomo	TL	L	S	RL	r	Classificação
1	4.46±1.03	2.5±0.6	1.96±0.51	8.73±0.54	1.3±0.24	Metacêntrico
2	3.97±0.85	2.21±0.48	1.76±0.47	7.81±0.52	1.31±0.4	Metacêntrico
3	3.86±0.91	2.1±0.46	1.76±0.47	7.54±0.421	1.22±0.16	Metacêntrico
4	3.54±0.81	2.03±0.43	1.5±0.53	6.95±0.45	1.51±0.72	Metacêntrico
5	3.46±0.94	1.94±0.53	1.52±0.43	6.73±0.7	1.28±0.14	Metacêntrico
6	3.43±0.8	1.85±0.49	1.58±0.34	6.73±0.67	1.16±0.16	Metacêntrico
7	3.1±0.82	1.75±0.5	1.34±0.38	6.04±0.69	1.34±0.3	Metacêntrico
8	3.04±0.71	1.69±0.38	1.35±0.45	5.96±0.6	1.4±0.75	Metacêntrico
9	2.71±0.96	1.47±0.44	1.23±0.53	5.23±1.08	1.24±0.2	Metacêntrico
10	2.41±0.75	1.33±0.41	1.08±0.38	4.73±1.07	1.26±0.31	Metacêntrico
11	3.46±0.76	2.42±0.61	1.04±0.22	6.84±1.09	2.35±0.53	Submetacêntrico
12	3.15±0.72	2.12±0.52	1.02±0.22	6.2±0.73	2.07±0.29	Submetacêntrico
13	2.6±0.65	1.79±0.47	0.8±0.22	5.08±0.49	2.33±0.64	Submetacêntrico
14	2.3±0.56	1.55±0.41	0.75±0.18	4.56±0.83	2.06±0.36	Submetacêntrico
15	3.02±1.11	2.41±0.96	0.6±0.18	5.84±1.47	3.98±1.04	Subtelocêntrico
16	2.53±0.63	1.91±0.57	0.61±0.16	4.95±0.63	3.25±1.07	Subtelocêntrico
KL	51.1					

TL: comprimento total; L: comprimento do braço longo; S: comprimento do braço curto; RL: comprimento relativo, r: razão entre o comprimento do braço longo e braço curto KL: comprimento do cariótipo.

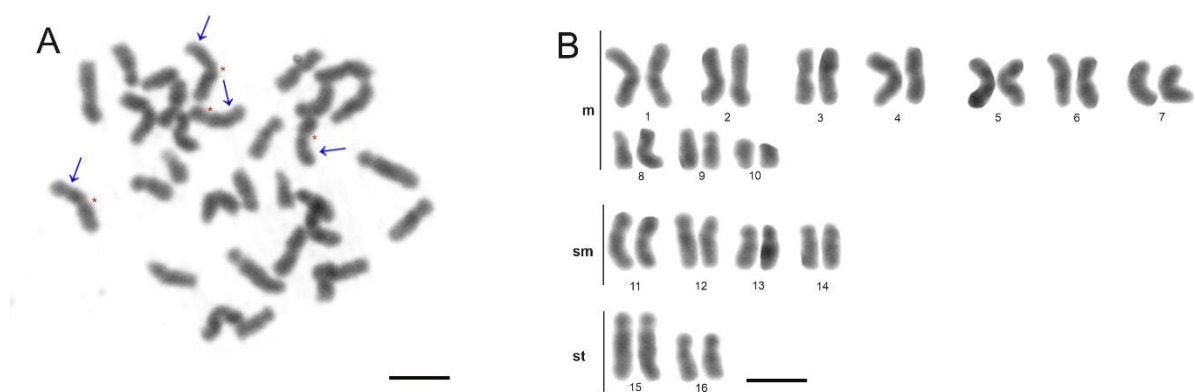


**Figura 7** - Coloração convencional de células mitóticas de *Solenopsis Cf. saevissima*. (N4, Lâmina 8, Metáfase 12) **A** metáfase e cariótipo haplóide **B** com  $n=16$ . \* representa a localização do centrômero e → indica constrição secundária. Barra de escala: 10  $\mu\text{m}$ .

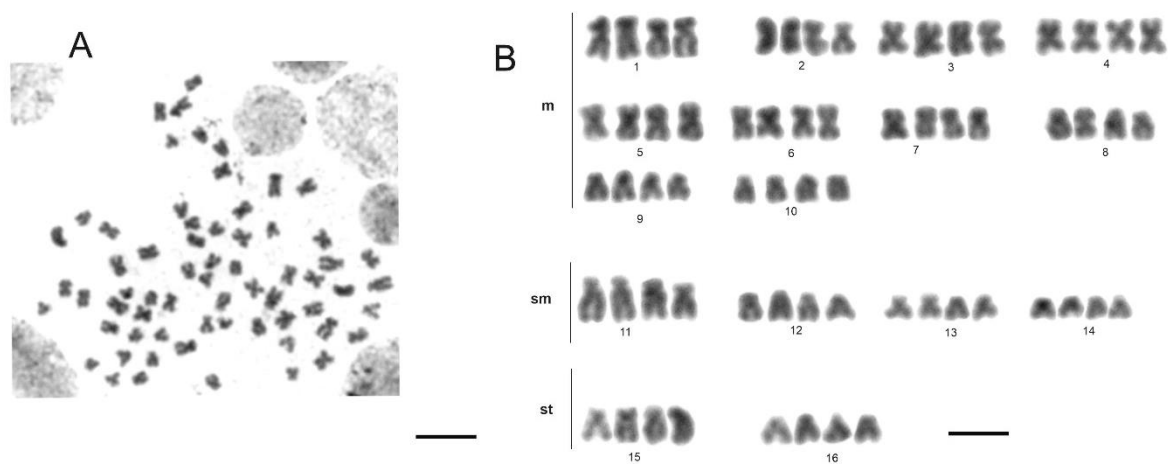
**Tabela 02-** Análise de morfometria dos cromossomos 2n=32 de *Solenopsis Cf. saevissima*.

<b>Cromossomo</b>	<b>TL</b>	<b>L</b>	<b>S</b>	<b>RL</b>	<b>r</b>	<b>Classificação</b>
1	2.86±0.71	1.57±0.4	1.28±0.34	4.14±0.29	1.23±0.19	Metacêntrico
1	2.77±0.62	1.52±0.36	1.24±0.29	4.03±0.21	1.23±0.17	Metacêntrico
2	2.56±0.64	1.37±0.32	1.19±0.33	3.71±0.22	1.16±0.15	Metacêntrico
2	2.63±0.69	1.45±0.4	1.18±0.32	3.82±0.29	1.23±0.18	Metacêntrico
3	2.43±0.7	1.35±0.4	1.07±0.32	3.51±0.38	1.27±0.18	Metacêntrico
3	2.6±0.8	1.42±0.4	1.16±0.42	3.72±0.44	1.25±0.15	Metacêntrico
4	2.33±0.67	1.3±0.41	1.02±0.28	3.37±0.41	1.27±0.21	Metacêntrico
4	2.23±0.56	1.19±0.26	1.04±0.3	3.24±0.32	1.16±0.11	Metacêntrico
5	2.24±0.66	1.21±0.42	1.02±0.26	3.23±0.35	1.17±0.2	Metacêntrico
5	2.18±0.62	1.16±0.34	1.02±0.29	3.15±0.36	1.14±0.1	Metacêntrico
6	2.13±0.53	1.13±0.26	0.99±0.28	3.1±0.39	1.16±0.2	Metacêntrico
6	2.04±0.6	1.18±0.36	0.86±0.24	2.95±0.31	1.37±0.18	Metacêntrico
7	2.11±0.6	1.17±0.34	0.93±0.27	3.03±0.28	1.25±0.13	Metacêntrico
7	2.14±0.62	1.17±0.35	0.97±0.27	3.08±0.33	1.19±0.14	Metacêntrico
8	1.88±0.53	1.07±0.36	0.8±0.18	2.73±0.38	1.34±0.24	Metacêntrico
8	1.95±0.56	1.07±0.36	0.88±0.23	2.82±0.3	1.19±0.23	Metacêntrico
9	2.04±0.62	1.12±0.39	0.91±0.24	2.95±0.47	1.23±0.2	Metacêntrico
9	1.87±0.35	1.05±0.21	0.82±0.15	2.77±0.42	1.28±0.19	Metacêntrico
10	1.51±0.44	0.84±0.21	0.67±0.23	2.18±0.29	1.28±0.16	Metacêntrico
10	1.5±0.48	0.85±0.26	0.65±0.23	2.17±0.31	1.35±0.21	Metacêntrico
11	2.63±0.67	1.8±0.49	0.82±0.21	3.82±0.41	2.19±0.37	Submetacêntrico
11	2.55±0.66	1.75±0.48	0.8±0.21	3.7±0.44	2.21±0.35	Submetacêntrico
12	2.1±0.52	1.41±0.34	0.68±0.2	3.06±0.5	2.14±0.4	Submetacêntrico
12	2.06±0.53	1.39±0.37	0.66±0.19	2.99±0.43	2.14±0.39	Submetacêntrico
13	1.87±0.47	1.28±0.34	0.58±0.12	2.71±0.36	2.2±0.19	Submetacêntrico
13	1.89±0.51	1.28±0.36	0.6±0.16	2.74±0.49	2.14±0.25	Submetacêntrico
14	1.84±0.48	1.25±0.32	0.58±0.18	2.69±0.61	2.17±0.27	Submetacêntrico
14	1.76±0.41	1.2±0.29	0.56±0.12	2.57±0.4	2.14±0.14	Submetacêntrico
15	2.53±0.65	1.97±0.55	0.55±0.12	3.66±0.39	3.54±0.5	Subtelocêntrico
15	2.56±0.79	2.02±0.64	0.54±0.17	3.68±0.39	3.76±0.57	Subtelocêntrico
16	1.77±0.82	1.36±0.62	0.4±0.19	2.47±0.53	3.42±0.37	Subtelocêntrico
16	1.79±0.76	1.37±0.59	0.41±0.18	2.51±0.42	3.4±0.92	Subtelocêntrico
KL	69.4742481					

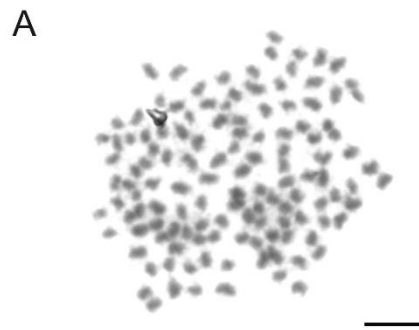
TL: comprimento total; L: comprimento do braço longo; S: comprimento do braço curto; RL: comprimento relativo, r: razão entre o comprimento do braço longo e braço curto, KL: comprimento do cariótipo



**Figura 8** - Coloração convencional de células mitóticas de *Solenopsis Cf. saevissima* (N5, Lâmina 2, Metáfase 10). **A** metáfase e cariótipo diploide **B** com  $2n=32$ . \* representa a localização do centrômero, → indica constrição secundária. Barra de escala: 10  $\mu$ m.



**Figura 9**- Coloração convencional de células mitóticas de *Solenopsis Cf. saevissima* (N4, Lâmina 8, Metáfase 80). **A** metáfase e cariótipo tetraploide **B** com  $4n=64$ . Barra de escala: 10 $\mu$ m.



**Figura 10-** Coloração convencional de células mitóticas de *Solenopsis Cf. saevissima* (N4, Lâmina 5, Metáfase 15). A metáfase e cariótipo octópode  $8n=128$ . Barra de escala:  $10\ \mu\text{m}$ .

**Tabela 03** - Análise de morfometria dos cromossomos de apenas 1 cariótipo 4n=64 de *Solenopsis Cf.*

*saeivissima* .

Cromossomo	TL	L	S	RL	r	Classificação
1	2.15	1.29	0.86	1.00	1.50	Metacêntrico
1	2.23	1.37	0.87	1.03	1.58	Metacêntrico
1	2.23	1.33	0.90	1.03	1.48	Metacêntrico
1	2.21	1.39	0.82	1.02	1.69	Metacêntrico
2	2.15	1.15	1.01	1.00	1.14	Metacêntrico
2	1.73	0.95	0.78	0.80	1.22	Metacêntrico
2	1.87	0.94	0.93	0.86	1.01	Metacêntrico
2	1.79	1.11	0.68	0.83	1.63	Metacêntrico
3	1.98	1.09	0.89	0.92	1.23	Metacêntrico
3	2.06	1.08	0.98	0.95	1.11	Metacêntrico
3	1.66	0.85	0.81	0.77	1.04	Metacêntrico
3	1.83	0.98	0.85	0.85	1.16	Metacêntrico
4	1.85	1.00	0.84	0.85	1.19	Metacêntrico
4	1.89	1.04	0.85	0.88	1.22	Metacêntrico
4	1.89	1.00	0.89	0.88	1.13	Metacêntrico
4	2.13	1.14	0.99	0.99	1.15	Metacêntrico
5	1.94	1.01	0.93	0.90	1.08	Metacêntrico
5	2.00	1.10	0.90	0.92	1.23	Metacêntrico
5	1.90	1.05	0.85	0.88	1.23	Metacêntrico
5	1.94	0.98	0.96	0.90	1.02	Metacêntrico
6	1.76	0.99	0.77	0.82	1.28	Metacêntrico
6	1.73	1.04	0.70	0.80	1.48	Metacêntrico
6	1.90	0.99	0.91	0.88	1.09	Metacêntrico
6	1.93	0.99	0.94	0.89	1.05	Metacêntrico
7	1.85	1.03	0.82	0.86	1.26	Metacêntrico
7	1.68	0.93	0.75	0.78	1.24	Metacêntrico
7	1.56	0.81	0.75	0.72	1.09	Metacêntrico
7	1.60	0.87	0.73	0.74	1.20	Metacêntrico
8	1.62	0.97	0.65	0.75	1.48	Metacêntrico
8	1.62	0.88	0.74	0.75	1.19	Metacêntrico
8	1.62	0.87	0.75	0.75	1.16	Metacêntrico
8	1.43	0.89	0.54	0.66	1.63	Metacêntrico
9	1.43	0.89	0.54	0.66	1.64	Metacêntrico
9	1.65	0.83	0.82	0.76	1.00	Metacêntrico
9	1.54	0.93	0.61	0.71	1.52	Metacêntrico
9	1.35	0.77	0.58	0.62	1.34	Metacêntrico
10	1.32	0.74	0.59	0.61	1.25	Metacêntrico
10	1.35	0.82	0.52	0.62	1.57	Metacêntrico
10	1.35	0.78	0.57	0.63	1.36	Metacêntrico
10	1.20	0.65	0.55	0.56	1.17	Metacêntrico
11	2.49	1.82	0.67	1.15	2.74	Submetacêntrico
11	2.70	1.94	0.76	1.25	2.53	Submetacêntrico
11	2.08	1.47	0.61	0.96	2.40	Submetacêntrico
11	2.02	1.41	0.61	0.94	2.29	Submetacêntrico
12	1.41	1.01	0.39	0.65	2.58	Submetacêntrico
12	1.46	0.99	0.47	0.68	2.11	Submetacêntrico
12	1.47	0.97	0.50	0.68	1.96	Submetacêntrico
12	1.30	0.84	0.47	0.60	1.80	Submetacêntrico
13	1.40	0.90	0.50	0.65	1.80	Submetacêntrico
13	1.43	0.93	0.50	0.66	1.85	Submetacêntrico
13	1.31	0.84	0.47	0.61	1.81	Submetacêntrico
13	1.29	0.83	0.46	0.59	1.79	Submetacêntrico
14	1.05	0.68	0.37	0.49	1.87	Submetacêntrico
14	0.97	0.71	0.26	0.45	2.67	Submetacêntrico
14	1.19	0.84	0.35	0.55	2.41	Submetacêntrico
14	1.06	0.76	0.30	0.49	2.54	Submetacêntrico
15	1.98	1.49	0.49	0.92	3.05	Subtelocêntrico
15	1.71	1.29	0.42	0.79	3.10	Subtelocêntrico
15	1.86	1.42	0.44	0.86	3.25	Subtelocêntrico
15	1.79	1.42	0.38	0.83	3.77	Subtelocêntrico
16	1.39	1.06	0.32	0.64	3.32	Subtelocêntrico
16	1.50	1.17	0.33	0.69	3.57	Subtelocêntrico
16	1.31	1.02	0.29	0.61	3.52	Subtelocêntrico
16	1.32	1.01	0.31	0.61	3.23	Subtelocêntrico
KL	215.97811					

TL: comprimento total; L: comprimento do braço longo; S: comprimento do braço curto; RL: comprimento relativo, r: razão entre o comprimento do braço longo e braço curto, KL: comprimento do cariótipo

Pode-se observar uma grande variação no número de cromossomos após todas as metáfases contabilizadas, além da presença de poliploidia. A figura 11 traz o gráfico que carrega a relação do número de cromossomos e sua frequência encontrada.



**Figura 11** -Gráfico que corresponde ao número de cromossomos e sua frequência encontrada.

## 7 DISCUSSÃO

A variação cariotípica  $n=16$  até  $8n=128$  cromossômicos encontrada na espécie *Solenopsis Cf. saevissima* está de acordo com a descrição de outros estudos, como o de MURAKAMI (2021). Entretanto, estudos feitos com citometria de fluxo por SILVA, (2016) indicam que a poliploidia em *Solenopsis* ocorre de maneira natural, assim como nas demais formigas (CROZIER, 1975; IMAI *et al.*, 1977; IMAI & YOSIDA, 1966). Além disso, a citometria de fluxo no estudo de SILVA, (2016) também mostra que ocorre regressão da presença células poliploides ao longo do desenvolvimento da formiga,

concluindo que as ocorrências de sua poliploidia se dão apenas na fase larval, não permanecendo na fase adulta.

No caso de *Solenopsis*, a poliploidia é resultado de uma endomitose (SILVA, 2016), que consiste nas fases normais G1 e G2, porém com uma mitose incompleta. Uma vez que não ocorre a citocinese encerrando o ciclo, os cromossomos se acumulam, gerando o poliploidismo (LEE *et al.*, 2008). Ainda no estudo de SILVA, (2016) observou-se que a medida que o número do cariótipo diploide aumenta, os cromossomos metacêntricos diminuem, dando espaço ao surgimento de cromossomos com morfologias submetacêntricas e subtelo-cêntricas, como o encontrado neste estudo. Isso traz relação com a teoria da Interação Mínima de IMAI *et al.* (1988). Ou seja, esse processo de fissão é uma tendência que minimiza as taxas de mutação. Somado a isso, as formigas, por terem um mecanismo reprodutivo por haplodiploidia, são capazes de suportar mais arranjos cromossômicos (LORITE & PALOMEQUE, 2010).

Um estudo recente sobre *Solenopsis* de MURAKAMI (2021) traz comparações feitas entre suas espécies, tanto em áreas nativas como áreas invadidas. Seus resultados apresentam diferenças na morfologia cromossômica entre as populações analisadas, principalmente na ploidia, sugerindo uma possível hibridização generalizadas entre formigas nativas da América do Sul e América do Norte. Evidências de hibridização nesse gênero já foram relatadas por TABER & COKENDOLPHER (1988) e ROSS & SHOEMAKER (2005). O primeiro deles sugere que as espécies nos EUA podem hibridizar tanto com as espécies *S. invicta*, como também *S. geminata* e *S. molesta*. Além disso, a hibridização em espécies geneticamente próximas pode gerar desarranjos no citoplasma, duplicando o genoma e conseqüentemente resultando em poliploidia (FUJIWARA *et al.*, 1997)

As hipóteses apresentadas por MURAKAMI (2021) para a hibridação, neste caso, seriam de que as espécies invasoras ao se instalarem no novo ecossistema, cruzaram com outras espécies próximas, ou espécies geneticamente distantes. Isso resultou na variação encontrada no número de cromossomos. Como resultado da hibridação, as colônias aumentam a diversidade genética da população, e carregam genes adaptativos se adequando bem ao ambiente invadido (CHEN, 2010).



## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados complementam a importância do entendimento da evolução cromossômica em espécies invasoras. A cariotipagem, é um importante estudo que traz o número e morfologia dos cromossomos, se mostrando uma boa ferramenta para o entendimento barreiras genéticas dentro dos grupos filogenéticos. (CARDOSO *et al.*, 2018b; CRISTIANO *et al.*, 2017). No presente estudo, a espécie *Solenopsis Cf. saevissima* foi analisada citogeneticamente pela primeira vez na região de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. Os resultados foram correspondentes à estudos prévios feitos de espécies nativas, não apresentando, portanto, sinais de hibridação nas populações analisadas. É importante, por fim, que uma mesma espécie invasora seja estudada em localizações diferentes, a fim de serem identificadas possíveis cruzamentos interespecíes, hibridações ou quaisquer outros eventos genômicos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ANTWEB. Version 8.45.1. California Academy of Science, online at <https://www.antweb.org>. Acessado em 08/07/2022.

BISCOTTI, M. A.; OLMO, E. HESLOP-HARRISON, J. S. Repetitive DNA in eukaryotic genomes. *Chromosome Res*, 23, 415-420, 2015.

BOLTON, B.; ALPERT, G.; WARD, P. S.; NASKRECKI, P. Catálogo de formigas do mundo de Bolton 1758-2005. – Harvard University Press, Cambridge, MA, CD-ROM, 2007.

BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas, p.135-180. In MARICONI, F. A. M. (eds) Insetos e outros invasores de residências. Piracicaba, FEALQ, 460p, 1999.

BUREN, W. F. Revisionary studies on the taxonomy of the imported fire ants. *Journal of the Georgia Entomological Society*. v. 7, p. 1–26, 1972.

CAETANO, F. H.; JAFFÉ, K.; ZARA, F. J. (Org.) Formigas: biologia e anatomia.1 ed., Rio Claro: Editora Topázio, UNESP, SP, 2002.

CALLCOTT, A. A.; COLLINS, H. L. Invasion and range expansion of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in North America from 1918-1995. *Florida Entomologist*, v.79, p. 240-251, 1996.

CARDOSO, D. C.; HEINZE J.; MOURA, M. N.; CRISTIANO, M. P. Chromosomal variation among populations of a fungus-farming ant: implications for karyotype evolution and potential restriction to gene flow. *BMC Evolutionary Biology* 18(1): 1–146, 2018b.

CHADEE, DD, E MAITRE, A.. Formigas: potenciais vetores mecânicos de infecções hospitalares em Trini pai. *Trans. R. Soc. Tropa Med. Hyg.* 84(2): 297, 1990.

CHAPIM III, F. S.; ZAVALETA, E.S.; EVINER, V.T.; *et al.* Consequences of changing biodiversity. - *Nature* 504: 234-242, 2000.

CHEN, Z., J. Mecanismos moleculares de poliploidia e vigor híbrido. *Tendências Plant Sci* 15:57–71. ZJ, 2010.

CIOFFI, M. B.; KEJNOVSKY, E.; BERTOLLO, L. A. C. The Chromosomal Distribution of Microsatellite Repeats in the Genome of the Wolf Fish *Hoplias malabaricus*, Focusing on the Sex Chromosomes. *Cytog Gen Res.* 132: 289-296, 2010.

CLARK, M. S., WALL, W. J. Chromosome form and function. In: Clark MS, Wall WJ (eds) *Chromosomes: the complex code*. Chapman and Hall, London, pp 61–65, 1996.

CRISTIANO, M. P.; PEREIRA, T. T. P.; SIMÕES, L. P.; SANDOVAL-GÓMEZ, V. E.; CARDOSO, D. C. Reavaliação do número cromossômico e morfologia da formiga tartaruga *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) usando análise cariomorfológica e observações do novo comportamento de nidificação. *Insetos* 8(4): 1–114, 2017.

CROZIER, R., H: Cariótipos de 21 espécies de formigas (Hymenoptera-Formicidae), com revisões de cariótipos de formigas conhecidos. – *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 12: 109-8, 1970.

CROZIER, R., H: Hymenoptera. In: JOHN, B. (Ed.): *Citogenética Animal*, vol. 3. *Insecta* 7. – Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 95 pp, 1975.

DELLA LUCIA, M., T., C. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical, p. 337-349. In: Fernandez, F. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Acta Noturna, 2003.

EDWARDS, R., G. Heteroploidia induzida por colchicina no camundongo. I. A indução de triploidia pelo tratamento dos gametas. – *J Exp Zool* 137: 317- 347, 1958.

FOX, D., T.; DURONIO R., J. Endoreplication and polyploidy. Insights into development and disease. *Development.* 140: 3-12, 2013.

FOX, E. G. P. Biologia, morfologia, e bioquímica de veneno da formiga lava-pés *Solenopsis saevissima* Smith (Insecta: Hymenoptera: Formicidae). 2010. 87 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

FUJIWARA, A.; ABE, S.; YAMAHA, E.; YAMAZAKI, F.; *et al.* Eliminação cromossômica parental na embriogênese inicial dos híbridos salmonídeos inviáveis entre o salmão masu fêmea e o macho truta arco-íris. *Cromossoma*, 106:44-52, 1997.

GLOWACKA, K., JEZOWSKI, S. & KACZMAREK, Z. Indução in vitro de poliploidia por tratamento de colchicina de brotos e caracterização preliminar de poliploides induzidos em duas espécies de *Miscanthus*. – *Culturas e Produtos Industriais*, 32: 88-96, 2010.

GOULD, S. J. *Viva o brontossauro: reflexões sobre história natural*. Companhia das Letras, São Paulo. 525p, 1991.

HAIGHT, K. L. Worker size and nest defense in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America*, v.103, n.4, p.678-682, 2010.

HARLAN, J.R., DE WET, J.M.J. On Ö Winge and a prayer: the origins of polyploidy. *The Botanical Review*, New York, v.41, n.4, p.311-390, 1975.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. *The ants*. Harvard University Press, 1990.

HOLWAY, D. A.; LACH, L.; SUAREZ A. V.; TSUTSUI, N. D.; CASE, T. J. The causes and consequences of ant invasions. *Annu Rev Ecol Syst* 33:181-233, 2002.

IMAI, H. T.; BARONI URBANI, C.; KUBOTA, M.; SHARMA, G. P.; NARASIMHANNA, M. H.; DAS, B. C.; SHARMA, A. K.; SHARMA, A.; DEODIKAR, G. B.; VAIDYA, V. G.; RAJASEKARASETTY, M. R. Karyological survey of Indian ants. *Japanese Journal of Genetics* 59:1-32, 1984.

IMAI, H. T.; TAYLOR R. W.; CROZIER, R. H. Modes of spontaneous chromosomal mutation and karyotype Evolution in ants with reference to the minimum interaction hypothesis. *The Japanese Journal of Genetics* 63(2): 159 – 185, 1988.

IMAI, H. T.; CROZIER R. H.; TAYLOR, R. W. Karyotype evolution in Australian ants. *Chromosoma*, v. 59, p. 341-393, 1977.

LEE, G.J.; CHUNG, S. J.; PARK, I. S.; et al. Variation in the phenotypic features and transcripts of color mutants of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) derived from gamma ray mutagenesis. *J. Plant Biol.* 51, 418-423, 2008.

LEVAN, A.; FREDGA, K; SANDBERG, A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220, 1964.

LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 74, p. 425-441, 1999.

LOFGREN, C. S.; BANKS, W. A.; GLANCEY, B. M. Biology and control of imported fire ants. *Annual Review of Entomology*, v. 20, n. 1, p. 1-30, 1975.

LORITE, P.; PALOMEQUE, T. Karyotype evolution in ants (Hymenoptera: Formicidae), with a review of the known ant chromosome numbers. *Myrmecological News*, vol 13, p. 89-102, 2010.

LUKHTANOV, V. A.; VILA, R.; KANDUL, N. P. Rearrangement of the *Agrodiaetus dolus* species group (Lepidoptera, Lycaenidae) using a new cytological approach and molecular data. *Insects, Systematics; Evolution*, v. 37, n. 3, p. 1-10, 2006.

MARIANO, C. S. F.; POMPOLO, S. G.; SILVA, J. G.; DELABIE, J. H. C. Contribution of cytogenetics to the debate on the paraphyly of *Pachycondyla* spp. (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae). *Psyche*, v. 2012, p. 1-9, 2012.

MARIANO, CLÉA, S. F.; SANTOS, IGOR S. *et al.* Citogenética e evolução do cariótipo em formigas poneromorfas. In: DELABIE, Jacques H. C. *et al.* As formigas poneromorfas do Brasil. Ilhéus: Editus, p. 103-125, 2015.

MARTINS, C. Análises moleculares das formigas lava-pés (*Solenopsis* spp.) (Hymenoptera: Formicidae) e da presença da endobactéria *Wolbachia* / Cíntia Martins. - Rio Claro: [s.n.], 85 f.: il., figs., tabs, 2010.

METZ, C., W. Mutations in three species of *Drosophila*. *Genetics* 591—607, 1916.

MS (Ministério da Saúde) /FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos Brasília: MS/FUNASA, 2001.

MURAKAMI, T.; PARIS, C.; CHIRINO, M. *et al.* Unusual chromosome numbers and polyploidy in invasive fire ant populations. *Genetica* 149, 203-215, 2021.

OTTO, S. P.; WHITTON, J. Polyploid incidence and evolution. *Annu Rev Genet.*;34:401-437, 2000.

PACHECO, J. P.; MACKAY, W. The systematics and biology of the New World thief ants of the genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae) edition. – Edwin Mellen Pr; Bilingual edition, 501 pp, 2013.

PALOMEQUE T.; LORITE P. Satellite DNA in insects: a review. *Heredity (Edinb)*;100(6):564-73, 2008.

PINTO, A. S.; ROSSI, M. M.; SALMERON, E. Manejo de Pragas Urbanas. Editora CP 2, Piracicaba, 208p, 2007.

PITTS, J. P.; MCHUGH, J. V.; ROSS, K. G. Cladistic analysis of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group (Hymenoptera: Formicidae). *Zoologica Scripta*, v. 34, p. 493-505, 2005.

PORTER, S. D.; TSCHINKEL, W. R. Foraging in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae): affects of weather and season. *Environmental Entomology*. v. 16, p. 802-808, 1987.

ROSS, K. G.; SHOEMAKER, D. D. Delimitação de espécies em formigas nativas da América do Sul. *Mol Ecol* 14:3419-3438, 2005.

SANTOS, M.N. Research on urban ants: approaches and gaps. *Insectes Sociaux*, v.63, p.359-371, 2016.

SCHWEIZER, D. Simultaneous fluorescence staining of R bands and specific heterochromatic regions (DA-DAPI bands) in human. *Cytogenet. Cell Genet* 27: 190–193, 2005.

SHOEMAKER, D. D.; AHRENS, M. E.; ROSS, K. G. Molecular phylogeny of fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group based on mtDNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 38, p. 200-215, 2006.

SIGAL, S. H.; RAJVANSHI, P.; GORLA, G. R. *et al.* A poliploidia induzida pela hepatectomia parcial atenua a replicação dos hepatócitos e ativa os eventos de envelhecimento celular. – *Am J Physiol* 276: G1260-1272, 1999.

SILVA, A. P. A. Descrição citogenética de 13 morfoespécies de *Solenopsis* Westwood, 1840 (Hymenoptera: Formicidae). 58f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SPEICHER, M. R.; CARTER, N. P.; The new cytogenetics: blurring the boundaries with molecular biology. *Nat Rev Genet*, 2005

TABER, S. W.; COKENDOLPHER, J. C. Cariótipos de uma dúzia de espécies de formigas do sudoeste dos EUA (Hymenoptera: Formicidae). *Caryologia* 41:93-102,1988.

WHITE, M. J. D. Citologia e evolução animal. 3ª edição. – Cambridge University Press, Londres e Nova York, 961 pp,1973.

WILSON, E.O. Success and dominance in ecosystems: the case of social insects. *Ecology Institute*. Oldendorf/Luhe. P.104 p,1990.

WOJCIK, DANIEL, P.; ALLEN, CRAIG R.; BRENNER, *et al.* Red Imported Fire Ants: Impact on Biodiversity. Nebraska Cooperative Fish & Wildlife Research Unit -- Staff Publications. 47, 2001.

WURM Y., WANG J., RIBA-GROGNOZ O. *et al* (2011). O genoma da frenética *Solenopsis invicta*. *Proc Natl Acad Sci USA* 108:5679–5684.

YOSIDA, T. H.; IMAI, H.; SATO, H. Chromosomal Alteration And The Development Of Tumors Xii. Differentiation Of Karyotypes In Mouse Ascites Hepatomas Mh-134 And Mh-129p Maintained In Different Locations. *Gann Japanese Journal of Cancer Research*, 57(1), 9-17\_3,1966.