



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**JADE IRGMA DE OLIVEIRA LITRAN DOS SANTOS**

**ANÁLISE CITOGENÉTICA EM ESPÉCIES DE SOLANACEAE:  
INVESTIGANDO O NÚMERO CROMOSSÔMICO E HETEROCROMATINA**

**AREIA**

**2023**

**JADE IRGMA DE OLIVEIRA LITRAN DOS SANTOS**

**ANÁLISE CITOGENÉTICA EM ESPÉCIES DE SOLANACEAE:  
INVESTIGANDO O NÚMERO CROMOSSÔMICO E HETEROCROMATINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**Orientador(a):** Prof. Dr. Leonardo Pessoa Felix.

**Coorientador(a):** Dra Angeline Maria da Silva Santos.

**AREIA**

**2023**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S237a Santos, Jade Irgma de Oliveira Litran dos.

Análise citogenética em espécies de solanaceae:  
investigando o número cromossômico e heterocromatina /  
Jade Irgma de Oliveira Litran dos Santos. -  
Areia:UFPB/CCA, 2023.

27f. : il.

Orientação: Leonardo Pessoa Felix.

Coorientação: Angeline Maria da Silva Santos.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Bandas heterocromáticas. 3.  
Poliploidia. 4. Solanum. I. Felix, Leonardo Pessoa. II.  
Santos, Angeline Maria da Silva. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA  
CAMPUS II – AREIA - PB**

## **DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

Aprovada em 13/06/2023

**“ANÁLISE CITOGENÉTICA EM ESPÉCIES DE SOLANACEAE:  
INVESTIGANDO O NÚMERO CROMOSSÔMICO E HETEROCROMATINA”**

**Autor: JADE IRGMA DE OLIVEIRA LITRAN DOS SANTOS**

Banca Examinadora:

**Prof. Dr. Leonardo Pessoa Felix**  
Orientador – UFPB

**Dr. José Achilles de Lima Neves**  
Examinador – Secretaria Municipal de Educação – Areia/PB

**Dra. Amanda de Souza Santos**  
Examinadora – UFPE

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba, mais especificamente ao Centro de Ciências Agrárias e aos Professores dessa Instituição, por todas as oportunidades e aprendizados oferecidos ao longo dos anos de graduação.

Agradeço aos meus pais André e Angela, por todo apoio e suporte dado ao longo desses anos e por terem acreditado em mim, vocês me deram forças para continuar cada dia, mesmo sem que soubessem disso, bem como aos meus irmãos Kin e Otto, que me fizeram companhia e me fizeram rir nessa cidade nova e distante de casa.

Ao professor Leonardo Pessoa Felix agradeço por ter aceitado ser meu orientador, sendo sempre muito solícito, carismático e um profissional no qual tenho muita admiração, além de ministrar aulas incríveis na disciplina de Botânica, disciplina pela qual sou extremamente encantada.

À Angeline Maria da Silva Santos, minha coorientadora que sempre me incentivou e me mostrou onde melhorar a cada desafio, desde a primeira oportunidade de iniciação científica ao seu lado. Te agradeço por ter me escolhido lá no início de tudo e por me ensinar tantas coisas boas e importantes desde a época das aulas de Botânica junto ao professor Leonardo, além de coorientadora é uma amiga dentro e fora da universidade. Agradeço igualmente ao José Lourivaldo, por sempre me auxiliar no laboratório quando precisei, além dos bons conselhos de vida pessoal e profissional.

À banca avaliadora composta por José Achilles de Lima Neves e Amanda de Souza Santos, agradeço por terem aceitado fazer parte desse momento tão importante, bem como por todas as contribuições referentes ao trabalho realizado.

Ao meu companheiro de vida, Filipe Mariano, que sempre esteve ao meu lado, nos momentos bons e ruins, aprendi e ainda aprendo muitas coisas com você, desde o princípio sempre acreditou no meu potencial e sempre fez questão de me mostrar isso todos os dias.

À Itatiane e Thiphanie, que sempre me apoiaram, me colocaram pra cima e acreditaram em mim até mesmo quando nem eu acreditava mais. Vocês duas, que estiveram comigo desde o primeiro dia de aula, rindo e chorando entre uma prova e outra, enfrentando todos os desafios

da graduação e da vida sem desacreditar umas das outras, tenho muito orgulho de vocês e de quem vêm se tornando.

Aos meus amigos Jeremias, José, Pedro, Gledson, Laura, Larissa, Isabel, Denise, Suzanna, Henrique e todos àqueles que fizeram parte dessa caminhada e contribuíram de alguma forma não só na vida acadêmica, mas que foram peças importantes para que eu chegasse aonde estou hoje, agradeço pelo carinho de vocês e fico feliz de poder acompanhar o crescimento de cada um.

Agradeço também a cada um que esteve presente nos meus dias no Laboratório de Citogenética Vegetal, por cada conhecimento compartilhado, cada momento de descontração e pelos amigos que fiz.

Por fim, à Serena e Andrômeda, minhas companheiras de quatro patas, que estiveram comigo por praticamente toda a graduação, que foram meu ponto de apoio e me fizeram companhia quando ninguém mais fez, nos momentos de tristeza e alegria, me segurei em vocês e busquei forças para continuar firme nessa reta final.

## RESUMO

Entre as Angiospermas, Solanaceae é uma das maiores famílias. Composta por aproximadamente 2.800 espécies distribuídas em mais de 98 gêneros. Devido a sua diversidade de uso na alimentação, as solanáceas também são economicamente importantes. As espécies de Solanaceae apresentam geralmente o número cromossômico básico variando de  $x = 7$  a  $x = 13$ , outros registros de números básicos também são apresentados  $x = 17, 19$  e  $23$ . Entretanto, o número básico  $x = 12$  e o número cromossômico diploide  $2n = 24$  são mais frequentes na família. O objetivo do trabalho foi (1) determinar o número cromossômico e (2) caracterizar os padrões de distribuição da heterocromatina constitutiva rica em GC e AT em espécies de Solanaceae, através da dupla coloração com CMA/DAPI. As espécies dos gêneros *Athenaea*, *Brunfelsia*, *Capsicum* e *Solanum* analisadas neste estudo apresentaram número cromossômico  $2n = 24$ . *Solanum hexandrum*,  $2n = 48$ , foi a única espécie poliploide observada. Foram identificados dois principais tipos de bandas através do bandeamento cromossômico com os fluorocromos CMA/DAPI: bandas  $CMA^+/DAPI^-$  e bandas  $DAPI^+/CMA^-$ , ricas em GC e AT, respectivamente. Em todas as espécies analisadas, foi notada a predominância de bandas terminais  $CMA^+$ , variando apenas em número e forma, podendo ocorrer tanto como blocos heterocromáticos quanto puntiformes. Algumas espécies apresentaram pequenas bandas terminais em ambos os braços de todos cromossomos. Possivelmente, esta heterocromatina telomérica é presente em todas as espécies, mas às vezes pode passar despercebida devido ao tamanho reduzido das bandas. As bandas  $CMA^+$  puntiformes terminais são comuns no gênero *Solanum*, sugerindo que o compartilhamento dessa característica pode representar um estado ancestral no gênero, ou seja, um resultado de evolução em conjunto.

**Palavras-chave:** bandas heterocromáticas; poliploidia; *Solanum*.

## ABSTRACT

Among the Angiosperms, Solanaceae is one of the largest families. Composed of approximately 2,800 species distributed in more than 98 genera. Due to their diversity of use in food, solanaceous plants are also economically important. Species of Solanaceae generally present the basic chromosome number ranging from  $x = 7$  to  $x = 13$ , other records of basic numbers are also presented  $x = 17, 19$  and  $23$ . However, the basic number  $x = 12$  and the diploid chromosome number  $2n = 24$  are more frequent in the family. The objective of this work was (1) to determine the chromosome number and (2) to characterize the distribution patterns of constitutive heterochromatin rich in GC and AT in Solanaceae species, through double staining with CMA/DAPI. The species of the genera *Athenaea*, *Brunfelsia*, *Capsicum* and *Solanum* analyzed in this study presented chromosome number  $2n = 24$ . *Solanum hexandrum*,  $2n = 48$ , was the only polyploid species observed. Two main types of bands were identified through chromosomal banding with CMA/DAPI fluorochromes: CMA<sup>+</sup>/DAPI<sup>-</sup> bands and DAPI<sup>+</sup>/CMA<sup>-</sup> bands, rich in GC and AT, respectively. In all analyzed species, the predominance of CMA<sup>+</sup> terminal bands was noted, varying only in number and shape, and could occur both as heterochromatic and punctiform blocks. Some species showed small terminal bands on both arms of all chromosomes. Possibly, this telomeric heterochromatin is present in all species, but sometimes it can go unnoticed due to the reduced size of the bands. Terminal punctiform CMA<sup>+</sup> bands are common in the genus *Solanum*, suggesting that sharing this characteristic may represent an ancestral state in the genus, that is, a result of co-evolution.

**Keywords:** heterochromatic bands; polyploidy; *Solanum*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1	HISTÓRICO DE SOLANACEAE	9
2.2	NÚMERO CROMOSSÔMICO EM ESPÉCIES DE SOLANACEAE	11
2.3	HETEROCROMATINA EM SOLANACEAE	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>14</b>
3.1	COLETA E DOCUMENTAÇÃO BOTÂNICA	15
3.2	ANÁLISE CITOGENÉTICA E COLORAÇÃO COM CMA/DAPI	15
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>18</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A família Solanaceae é constituída por aproximadamente 98 gêneros, com cerca de 2.800 espécies, uma das maiores famílias botânicas entre as plantas vasculares (DUPIN et al., 2017) apresentando distribuição cosmopolita. A América do Sul é considerada um dos principais centros de diversidade e endemismo, no Brasil são encontrados 36 gêneros representados por 507 espécies (FLORA DO BRASIL, 2022). Destes, *Solanum* L. é o maior gênero de Solanaceae, onde são encontradas cerca de 291 espécies no território brasileiro (AGRA et al., 2009).

As espécies da família possuem grande diversidade morfológica e ecológica, favorecendo a ocupação dos mais diversos habitats, como em regiões desérticas, florestas tropicais úmidas e áreas de vegetação secundária. (D'ARCY, 1991; KNAPP, 2002). Estudos indicaram que eventos de dispersão de sementes a longa distância associadas a outros elementos, mesmo com difícil comprovação, explicariam a biogeografia de Solanaceae (OLMSTEAD et al, 2008). As espécies da família são consideradas espécies oportunistas, por serem colonizadoras de áreas perturbadas, frequentemente encontradas em pastagens, clareiras, estradas e margens florestais, sendo consideradas importantes na estruturação de comunidades vegetais (MESQUITA, 2016).

Solanaceae é uma das famílias mais importantes economicamente dentre as Angiospermas devido a sua diversidade de uso na alimentação, como a batata (*S. tuberosum* L.) uma importante fonte de carboidrato, o tomate (*S. lycopersicum* L.), a berinjela (*S. melongena* L.), as pimentas no geral (*Capsicum* spp.), entre outras espécies. Outra característica importante da família é a produção de grande quantidade de metabólitos secundários variados, o que contribui para a indústria farmacêutica e para fins medicinais, como a atropina (*Atropa belladonna* L.) e os psicotrópicos provenientes da nicotina (*Nicotiana tabacum* L.), que por sua vez é uma das plantas mais utilizadas para a extração de drogas. Outras solanáceas são amplamente utilizadas como ornamentais, a petúnia (*Petunia hybrida* E. Vilm.), a dama-da-noite (*Cestrum* spp.) e o manacá-de-cheiro (*Brunfelsia uniflora* (Pohl) D. Don), são alguns exemplos (ZAMBERLAN, 2012).

Citogeneticamente, Solanaceae agrupa espécies com características cariotípicas conservadas a nível genérico. Números cromossômicos constantes, cariótipos em sua maioria simétricos e cromossomos metacêntricos são observados em diversos trabalhos (GADELLA et al., 1969; PLOWMAN, 1979; BOAVENTURA; PIEDADE, 1993; ACOSTA et al., 2005;

MESQUITA et al, 2017). Solanaceae apresenta como possíveis números cromossômicos básicos entre  $x = 7$  e  $x = 13$ , além de registros de números básicos como  $x = 17, 19$  e  $23$ . Entretanto, o número básico  $x = 12$  e o número cromossômico diploide  $2n = 24$  são mais frequentes, com predominância de cromossomos metacêntricos ou submetacêntricos (MELO et al., 2011). Cerca de 34,4% das 2.800 espécies de Solanaceae têm registros de números cromossômicos na literatura (RICE et al., 2014).

Análises citogenéticas são fundamentais para uma melhor compreensão das relações evolutivas e filogenéticas. Dentre as técnicas utilizadas para a caracterização de espécies podemos destacar a coloração com CMA/DAPI, fluorocromos que permitem uma análise detalhada da heterocromatina das espécies vegetais. A aplicação de fluorocromos no bandeamento tem sido uma valiosa técnica para a análise do cariótipo, proporcionando um auxílio significativo na delimitação taxonômica entre espécies relacionadas (SULTANA; ALAM, 2007). Em *Solanum lycopersicum* L. foi possível caracterizar espécies próximas identificando diferenças significativas na quantidade e localização no cromossomo de bandas CMA, ricas em GC (BRASILEIRO-VIDAL et al., 2009). Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi (1) determinar o número cromossômico e (2) caracterizar os padrões de distribuição da heterocromatina constitutiva rica em GC e AT em espécies de Solanaceae, através da dupla coloração CMA/DAPI.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. HISTÓRICO DE SOLANACEAE

A família Solanaceae apresenta uma complexidade taxonômica ainda não compreendida totalmente. Diversas classificações intra-familiares foram apresentadas desde a formalização da família por Jussieu em 1789. Solanaceae pode ser dividida em três subfamílias: Cestroideae, Solanoideae e Nicotianoideae, com base em pesquisas utilizando caracteres morfológicos combinados com os caracteres moleculares, como: tipo de inflorescência, cor da flor, cor e forma das anteras, disposição da antera no filamento cor e forma das sementes, tipo de fruto, folhas, além do espaçador intergênico *ndhF-rpl32*, considerado um ótimo marcador para inferir as relações filogenéticas a nível taxonômico (JAMIL et al., 2023).

Estudos filogenéticos baseados em marcadores moleculares, apresentaram maior clareza sobre as relações filogenéticas entre os táxons, diferente dos sistemas mais antigos, que utilizavam caracteres morfológicos e bioquímicos (MELO et al., 2011). As subfamílias

Solanoideae e Cestroideae constituem grupos não monofiléticos, as Cestroideae se apresentam parafiléticas em relação às Solanoideae, que por sua vez, são parafiléticas em relação às Nolanaceae (OLMSTEAD et al., 2008).

Dos gêneros que constituem as subfamílias Solanoide e Cestroideae, no presente trabalho será dado enfoque para os seguintes gêneros:

*Athenaea* Sendtn. pertencente à subfamília Solanoideae, é um pequeno gênero neotropical que reúne 12 espécies, destas, 11 são endêmicas do Brasil, com sua maior diversidade na região Sudeste. São arbustos ou pequenas árvores que crescem em sub-bosques ou aberturas fragmentadas da Mata Atlântica (RODRIGUES et al., 2021). *Athenaea* foi reestabelecido como o nome correto para o táxon referido anteriormente como *Aureliana* Sendtn. (Withaninae e Solanaceae), que por sua vez é um homônimo posterior de *Aureliana* Boehm. (Ariliaceae) sendo, portanto, ilegítimo (RODRIGUES et al. 2019). O gênero já foi considerado como parte da subtribo Withaninae e da tribo Physalideae por Olmstead et al., (2008), porém, estudos recentes apontaram que Withaninae não é monofilético, tendo em vista que três espécies (*Whitania coagulans* (Stocks) Dunal, *W. riebeckii* Schweinf. Ex Balf. f. e *W. somnifera* (L.) Dunal) estão intimamente relacionadas em Withaninae e outras duas espécies (*W. aristata* Pauquy e *W. frutescens* (L.) Pauquy) intimamente relacionadas com *Aureliana* (DEANNA et al., 2019). A espécie *Athenaea fasciculata* (Vell.) I.M.C. Rodrigues & Stehmann é a mais difundida do gênero, sendo distribuída ao longo da Mata Atlântica até o Nordeste do Brasil, ocorrendo também no Paraguai e Argentina, do Oeste ao Leste do Peru e Bolívia (RODRIGUES et al. 2019). As espécies de *Athenaea* são encontradas também em diversas fitofisionomias ao longo de toda a Costa Atlântica brasileira, inclusive em áreas perturbadas e em estágios iniciais de sucessão.

O gênero *Brunfelsia* Plum. ex L. é composto por cerca de 45 espécies, sendo inserido na subfamília Cestroideae (SOARES; MENTZ, 2007), possuindo dois centros de diversidade, na América do Sul onde aproximadamente metade das espécies são nativas, podendo ser encontrado em quase todo o território brasileiro, e América Central com 23 espécies endêmicas. As espécies geralmente possuem hábito arbustivo lenhoso ou pequenas árvores, sua inflorescência é terminal ou axilar com flores zigomórficas. As flores de *Brunfelsia* por serem extremamente perfumadas atraem polinizadores como mariposas noturnas. As espécies do gênero são caracterizadas pela produção de compostos alucinógenos ou tóxicos, muito utilizados por grupos indígenas (FILIPOWICZ; RENNER, 2010).

O gênero *Capsicum* L., pertencente à subfamília Solanoide, possui cerca de 41 espécies, das quais, cinco são domesticadas: *C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* Ruiz e Pav. As espécies são agrupadas em três categorias de acordo com o nível de exploração pelo homem: domesticadas (largamente cultivadas), semidomesticadas (pouco cultivadas) e silvestres (não cultivadas comercialmente) (CARVALHO et al., 2006; ALMEIDA et al., 2020). São espécies cultivadas nos trópicos e subtropicais, sendo culturas muito valiosas em países temperados sob cultivo protegido, podendo ser encontradas em todo o território brasileiro, as pimentas com frutos pungentes são utilizadas como tempero seco, fresco ou como óleo resina, aquelas que não possuem pungência são utilizadas como vegetais (GUPTA; TSUCHIYA, 1991).

O gênero *Solanum* L., subfamília Solanoide, é considerado um dos maiores em número de representantes das angiospermas, reunindo cerca de 1.500 espécies. Sendo bastante diverso em morfologia e ecologia, ocorre amplamente nos continentes tropicais e temperados, com distribuição cosmopolita. A maior diversidade das espécies está presente nas Américas Central e do Sul, com cerca de 500 espécies endêmicas. Além de agrupar espécies com características químicas com alto potencial econômico na indústria farmacêutica, alimentícia, bem como a utilização como plantas medicinais e no controle biológico (DE OLIVEIRA et al., 2020).

## 2.2. NÚMERO CROMOSSÔMICO EM ESPÉCIES DE SOLANACEAE

A citogenética reúne todo estudo relativo aos cromossomos, isolados ou em conjunto, compactados ou estendidos, bem como tudo relacionado à sua morfologia, organização, função, replicação, variação e evolução (GUERRA, 1988; BRAMMER et al., 2007; ). O uso de informações cromossômicas em estudos taxonômicos de grupos vegetais vem sendo relatado desde o início do século XX (GUERRA, 1990), além do desenvolvimento de tecnologias onde é possível explorar os genomas dos organismos afim de encontrar os níveis de variabilidade e a diversidade genética (CHIES et al., 2014).

Segundo Guerra (2008), o número cromossômico é um parâmetro citogenético importante e mais amplamente utilizado na citotaxonomia vegetal, por ser de fácil obtenção, além de ser uma característica conservada dentro de determinados grupos, podendo auxiliar no estabelecimento de relações filogenéticas entre espécies e grupos próximos. Outras características como o tamanho dos cromossomos, o número cromossômico, o comprimento da cromatina, a relação entre os braços, a presença de constrição secundária bem como os padrões

de bandas longitudinais, obtidas através de colorações diferenciais, são de grande importância nos estudos taxonômicos e evolutivos (BRASILEIRO-VIDAL; GUERRA, 2003).

A descrição do cariótipo muitas vezes deve ser acompanhada de outras informações, como o conteúdo de DNA, bem como uma filogenia bem sustentada, possibilitando que um estudo mais completo das questões evolutivas de grandes ou pequenos grupos (STACE, 2000; GUERRA, 2012). Na citotaxonomia moderna, a caracterização do cariótipo é combinada com técnicas que determinam a quantidade de DNA, técnicas de bandeamento e hibridização *in situ*, resultando na diferenciação cromossômica longitudinal (CHIES et al., 2014). Apesar de existirem outros meios, a contagem cromossômica é amplamente utilizada, permitindo o diagnóstico de eventos importantes na evolução vegetal: a poliploidia (CHIES et al., 2014; GUERRA, 2008).

O número cromossômico básico proposto para Solanaceae é  $x = 12$  e o número diplóide  $2n = 24$  é o mais frequente na família (MELO et al., 2011). Frequentemente são encontradas espécies com um número básico que varia de  $x = 7$  a  $x = 13$ . Outros números básicos, no entanto, também foram documentados, como  $x = 17$ ,  $x = 19$  e  $x = 23$ . O número cromossômico varia de  $2n = 14$  em *Petunia axillaris* (Lam.) Britton, Sterns & Poggenb., *P. hybrida* E. Vilm. (BADR et al., 1997) a  $2n = 96$  em *Capsicum annuum* L., *S. laciniatum* Aiton (RAO et al., 1987; BEUZENBERG; HAIR, 1983). Em alguns gêneros de Solanaceae como *Solanum*, *Lycium*, *Capsicum* e *Cestrum* é possível encontrar uniformidade cariotípica principalmente em número, tamanho e morfologia dos cromossomos. Os gêneros *Solanum*, *Lycium* apresentam número cromossômico constante com  $2n = 24$ , cariótipos simétricos, com cromossomos pequenos, predominantemente, metacêntricos e submetacêntricos (ACOSTA et al., 2005; MELO et al., 2011; CHEN et al., 2013; MESQUITA et al., 2019).

No gênero *Capsicum* L. muitas espécies apresentaram número cromossômico  $2n = 24$  e cariótipo simétricos, porém outras também apresentam  $2n = 26$  cromossomos e cariótipo assimétricos (MOSCONE et al., 2007; ROHAMI et al., 2010) como duas espécies do oeste da América do Sul de *C. rhomboideum* (Dunal) Kuntze e uma espécie silvestre do sul do Brasil apresentaram número básico  $x = 13$  (GUPTA; TSUCHIYA, 1991). Pozzobon et al. (2006), observaram número cromossômico  $2n = 24$  em espécies silvestres e semidomesticadas de *Capsicum* para *C. baccatum* var. *praetermissum* (Heiser & P.G.Sm.) Hunz., *C. chinense* Jacq., *C. flexuosum* Sendtn. e *C. rhomboideum* (Dunal) Kuntze. Além disso, os pesquisadores encontraram também o número cromossômico  $2n = 26$  para as espécies *C. buforum* Hunz., *C.*

*campylopodium* Sendtn., *C. cornutum* (Hiern) Hunz., *C. schottianum* Sendtn., *C. villosum* var. *villosum* Sendtn e outras cinco novas espécies nativas do sudeste brasileiro.

Por possuir grande importância econômica, *Solanum* é amplamente estudado cariologicamente, apresentando número cromossômico  $2n = 24$  sendo o mais encontrado entre os seus representantes (ACOSTA et al., 2005, 2012, ; MIGUEL et al., 2012; ), com 48% de suas espécies contabilizadas (DEANNA et al., 2022). Há uma tendência de análises citogenéticas para grupos de espécies com representantes economicamente valiosos como, por exemplo, *Capsicum* e *Nicotiana*, enquanto pequenos clados e grupos monotípicos genéricos são cariologicamente desconhecidos (DEANNA et al., 2022).

Contagens cromossômicas são relatadas na literatura para o gênero *Athenaea* Sendtn, com registro de  $2n = 24$  em *A. picta* (Mart.) Sendtn. (GADELLA et al., 1969). Estudos citogenéticos para nove espécies das 49 espécies aceitas do gênero *Brunfelsia* (*B. americana* L. (BEDI, 1981), *B. australis* Benth., *B. dwyeri* D'Arcy (DAVIDSE, 1981), *B. grandiflora* D. Don, *B. lactea* Krug & Urb., *B. latifolia* (Pohl) Benth. (PLOWMAN, 1979), *B. nitida* Benth. (BOAVENTURA; PIEDADE, 1993), *B. pauciflora* (Cham. & Schltld.) Benth.. (PLOWMAN, 1979) e *B. undulata* Sw.) demonstraram que todas possuem  $2n = 22$  como número cromossômico.

Solanaceae experimentou eventos de duplicações do genoma completo que ocorreram próximo ao seu momento de origem, o que pode ter desempenhado um papel significativo no surgimento de características essenciais e na subsequente diversificação das espécies. (SCHRANZ et al., 2012). A poliploidia, um fenômeno amplamente estudado (CHIARINI et al., 2016; VAN DE PEER et al., 2021), vem sendo objeto de pesquisa desde o início da citogenética em Solanaceae até os dias atuais, devido às vantagens que pode conferir. Ocorre quando existe a duplicação ou multiplicação de um complemento cromossômico inteiro (GUERRA, 2008), apresentando um papel importante na evolução das angiospermas, apesar de apresentar frequência variável entre as famílias (LEITCH; BENNET, 1997).

Outra alteração importante além das alterações cariotípicas, é sobre os genes de rDNA, a grande subunidade (45S ou 35S) contém os genes 18S, 5.8S e 26S, sendo cruciais para a viabilidade, além de serem altamente dinâmicos em relação aos progenitores diploides (RENNY-BYFIELDS; WENDEL, 2014). Apesar de apresentar uniformidade quanto ao número cromossômico, a poliploidia se apresenta com importância relevante na evolução de espécies de Solanaceae, como em espécies dos gêneros *Lycium*, *Nicotiana*, *Physalis* L. e

*Solanum*, onde é possível encontrar indivíduos tetraploides com  $2n = 4x = 48$  e indivíduos hexaploides desses mesmos gêneros (CCBD, 2023).

### 2.3. HETEROCROMATINA EM SOLANACEAE

Para o estudo da heterocromatina em plantas são utilizadas duas técnicas principais: o bandeamento C e o bandeamento CMA/DAPI, ambas vêm se mostrando úteis nos estudos evolutivos até os dias atuais (SCHWEIZER, 1976; CUCO et al., 2003; MELO et al., 2011; ACOSTA et al., 2016; DEANNA et al., 2022). O bandeamento C identifica a ocorrência e distribuição da heterocromatina através de soluções que eliminam proteínas e regiões eucromáticas, evidenciando porções altamente heterocromáticas (SOARES-SCOTT et al., 2005), enquanto o bandeamento CMA/DAPI utiliza os fluorocromos cromomicina A<sub>3</sub> (CMA) e 4',6-diamidino-2-fenilindol (DAPI) evidenciando regiões ricas em CG e AT, respectivamente, permitindo a identificação da composição das bases nitrogenadas da heterocromatina (HOLMQUIST, 1979; GUERRA, 2000).

Cerca de 7,7% das 2.800 espécies de Solanaceae foram estudadas com técnicas de bandeamento cromossômico:

A maioria das espécies estudadas pertence ao gênero *Solanum* (69 de 1.238 espécies, 5,6%). Em seguida, temos o gênero *Capsicum* (25 de 41 espécies, 60,9%) e o gênero *Lycium* (24 de 105 espécies, 22,9%). Estes dois últimos gêneros são também os mais bem estudados em termos relativos, juntamente com *Nierembergia* Ruiz & Pav. (71,4% de 21 spp.), *Jaborosa* Juss. (65,2% de 23 spp.) e *Iochroma* Benth. (22,6% de 31 spp.) (DEANNA et al., 2022).

Bandeamento com fluorocromos, especialmente CMA/DAPI, tem demonstrado que os cromossomos são compostos principalmente por cromatina não codificante (DEANNA et al., 2022). Além disso, essa técnica revelou um forte sinal filogenético e estabeleceu padrões distintos em diferentes clados em Solanaceae (ACOSTA et al., 2016). A utilização de CMA/DAPI tem auxiliado na detecção da variabilidade genética, mesmo diante da uniformidade morfológica dos cromossomos, fornecendo informações sobre variações em nível populacional relacionadas à especiação, bem como revelando regiões ricas em AT e GC nos cromossomos (DEANNA et al., 2022).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA E DOCUMENTAÇÃO BOTÂNICA

Foram coletados espécimes de Solanaceae provenientes dos estados de Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Pernambuco, Paraíba e Sergipe. Todos os espécimes foram mantidos em cultivo no jardim experimental do Laboratório de Citogenética e Taxonomia Vegetal do Departamento de Biociências do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (DB/CCA/UFPB). As exsicatas de todo o material estudado foram depositadas no acervo do Herbário Jayme Coelho de Moraes (EAN).

#### 3.2 ANÁLISE CITOGENÉTICA E COLORAÇÃO COM CMA/DAPI

Para as análises citológicas, pontas de raízes jovens foram coletadas, pré-tratadas com 8-hidroxiquinoleína por 24 h a 10°C, fixadas em etanol-ácido acético 3:1 (v/v) e estocadas em freezer a -20°C. Para preparação das lâminas, foi realizada a digestão enzimática das pontas de raízes com solução enzimática contendo 2% celulase (Onozuka) e 20% pectinase (Sigma) (w/v) por 60 minutos a 37°C. Em seguida as lâminas foram preparadas pelo método de esmagamento em ácido acético 60% , com as lamínulas retiradas em nitrogênio líquido, secas ao ar e envelhecidas por três dias à temperatura ambiente (GUERRA; SOUZA, 2002).

Para a coloração com fluorocromos foi utilizado o protocolo conforme descrito Vaio et al. (2018). As lâminas foram coradas com CMA (Cromomicina A<sub>3</sub> – 0,1 mg.mL<sup>-1</sup>) por 1 hora em câmara escura e posteriormente com DAPI (4',6-diamidino-2-fenilindol - 1µg.mL<sup>-1</sup>) mais meio de montagem tampão McIlvaine (pH 7,0) e envelhecidas novamente por três dias em câmara escura. As melhores metáfases foram fotografadas em fotomicroscópio de epifluorescência AxioCam MRm Zeiss equipado com câmera de vídeo, utilizando um programa para captura de imagens.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho foram analisados 13 indivíduos pertencentes aos gêneros *Athenaea*, *Brunfelsia*, *Capsicum* e *Solanum*, sumarizadas da Tabela 1. Todas as espécies analisadas apresentaram número cromossômico  $2n = 24$ . A única exceção foi uma população de *Solanum hexandrum* Vell., coletada em Itaguaçu – ES, que apresentou número cromossômico  $2n = 48$ . Das espécies analisadas aqui, três delas apresentam registros

cromossômicos inéditos: *Brunfelsia* cf. *brasiliensis*, *S. hexandrum* (Itaguaçu – ES) e *S. sycocarpum*.

Alguns pesquisadores apontam hipóteses para a definição do número de base cromossômica ancestral para a família, como: Raven (1975) propôs  $x = 7$  para Solanales, enquanto  $x = 12$  pode ter sido derivado do nível tetraploide ( $n = 14$ ) através de redução aneuploide na história inicial de Solanaceae. Acosta et al. (2006), por sua vez, sugeriram  $x = 11$  seja o número ancestral que melhor se encaixa às hipóteses filogenéticas (OLMSTEAD et al., 1999). Para o gênero *Solanum* outros autores propõem o número básico  $x = 12$  (ACOSTA et al., 2005; MELO et al., 2011), e essa proposição é confirmada pelas espécies analisadas neste trabalho desse gênero. Esse número básico ancestral é mantido em todas as linhagens atuais de *Solanum* e parece ser uma característica compartilhada, sinapomorfia, na subfamília Solanoideae (OLMSTEAD et al., 1999, 2008).

Em *Athenaea*, o número cromossômico encontrado foi  $2n = 24$  em *A. fasciculata* (Vell.) I.M.C. Rodrigues & Stehmann e corrobora com dados registrados na literatura (CHIARINI et al., 2017). No gênero *Brunfelsia*, estudos demonstraram que todas as nove espécies analisadas até o momento possuem  $2n = 22$  (PLOWMAN, 1979; BEDI, 1981; DAVIDSE, 1981; BOAVENTURA; PIEDADE, 1993), divergindo do número cromossômico encontrado no presente trabalho, em *Brunfelsia* cf. *brasiliensis* (Spreng.) L.B.Sm. & Downs com  $2n = 24$ . O número cromossômico  $2n = 24$  reportado para *Capsicum* se confirma aqui, embora estudos realizados por Pozzobon et al. (2006) indiquem uma clara distinção entre as espécies silvestres brasileiras de *Capsicum* com  $x = 13$  e as demais, principalmente com  $x = 12$ . Com as informações citogenéticas obtidas até o momento não foi possível confirmar se  $x = 13$  é primitivo ou derivado. Todavia, uma comparação entre estudos citológicos e os dados morfoecológicos sugere que  $x = 13$  é o número básico ancestral, representando duas linhas evolutivas distintas (MOSCONI et al., 1993, 2007; POZZOBON et al., 2006).

Embora *Solanum* apresente uma relativa estabilidade cromossômica numérica, o número cromossômico observado em *S. hexandrum*,  $2n = 4x = 48$ , representa um caso de poliploidia entre as espécies estudadas. A poliploidia e este número têm sido observados em algumas espécies de *Solanum* como, por exemplo, em *S. acaule* Bitter, *S. brevicaulis* Bitter, *S. campylacanthum* Hochst. Ex A. Rich., *S. comptum* C.V. Morton e *S. grandidentatum* Phil. (CHIARINI et al., 2017). Além disso, há registro na literatura de poliploidia com número

cromossômico  $2n = 72$  em *S. furcatum* Dunal, indicando que essa espécie seria um hexaploide (CHIARINI et al., 2017).

O bandeamento cromossômico com os fluorocromos CMA/DAPI revelou dois tipos principais de bandas:  $CMA^+/DAPI^-$  e  $DAPI^+/CMA^-$  (Tabela 1, Figuras 2, 3 e 4). Foi observada a predominância de bandas  $CMA^+$  terminais em todas as espécies analisadas, variando apenas em número e em forma (blocos heterocromáticos e/ou puntiformes). Em *A. fasciculata* há quatro bandas  $CMA^+/DAPI^-$  na região terminal dos cromossomos (Figura 1A). Na espécie *B. brasiliensis* além de duas bandas terminais  $CMA^+/DAPI^-$ , também foram observadas cerca de 22 bandas terminais  $DAPI^+/CMA^-$  (Figura 1B). Bandas  $DAPI^+$  também foram observadas em *Lycianthes australe* (C.V.Morton) Hunz. & Barboza (REGO et al., 2009) e em algumas espécies de *Solanum*. Bandas ricas em GC ( $CMA^+$ ) foram observadas em *Capsicum* sp., com duas bandas terminais proeminentes e cerca de 10 bandas terminais puntiformes (Figura 1C), todas  $CMA^+/DAPI^-$ .

Nas espécies pertencentes ao gênero *Solanum*, a *S. hexandrum* proveniente da população de Minas Gerais possui duas bandas terminais em blocos e cerca de 22 bandas terminais puntiformes  $CMA^+/DAPI^-$  (Figura 2A). Enquanto, na espécie poliploide *S. hexandrum* do Espírito Santo apresenta quatro bandas terminais em blocos e cerca de 45 bandas terminais puntiformes  $CMA^+/DAPI^-$  em ambos os braços cromossômicos (Figura 2B). As espécies *S. paniculatum* L. (Figura 2C), *S. paraibanum* Agra (Figura 2D) e *S. reflexiflorum* Moric. Ex Dunal (Figura 2E) possuem duas bandas terminais  $CMA^+/DAPI^-$ . Para *S. sycocarpum* Mart. & Sendtn. observa-se seis bandas terminais  $CMA^+/DAPI^-$ , sendo duas em blocos e quatro puntiformes (Figura 2F). Em *Solanum* sp.1 (Figura 3A) e *Solanum* sp2 (Figura 3B), constatou-se duas bandas terminais em blocos e seis terminais puntiformes  $CMA^+/DAPI^-$ . Nas espécies *Solanum* sp3 (Figura 3C) e *Solanum* sp. nv (Figura 3D) identificou-se duas bandas terminais  $CMA^+/DAPI^-$ .

As sequências de heterocromatina ricas em GC – bandas  $CMA^+$  – possivelmente estão colocalizadas ou adjacente as Regiões Organizadoras de Nucléolos (RONs) e tem sido frequentemente descrita em muitas espécies vegetais (GUERRA, 2000). No entanto, nem todas as bandas  $CMA^+$  estão associadas às RONs em *Solanum*, o que implica que as sequências ricas em GC são independentes dos genes de rDNA (JO et al., 2009). Algumas espécies apresentaram pequenas bandas terminais em ambos os braços de todos cromossomos. Possivelmente, esta

heterocromatina está presente em todas as espécies, mas às vezes pode passar despercebida devido ao tamanho reduzido das bandas (CHIARINI et al., 2018).

A composição, localização e distribuição da heterocromatina em *Solanum* são variáveis. Esta variação pode ser em relação ao número e tamanho das bandas entre as espécies analisadas, sendo comum a ocorrência de bandas CMA<sup>+</sup>/DAPI<sup>-</sup>. As bandas CMA<sup>+</sup> puntiformes terminais são comuns no gênero *Solanum*, tendo sido observado em *S. lycopersicum* (BRASILEIRO-VIDAL et al., 2009). Isso sugere que o compartilhamento dessa característica pode representar um estado ancestral no gênero, ou seja, um resultado de evolução em conjunto.

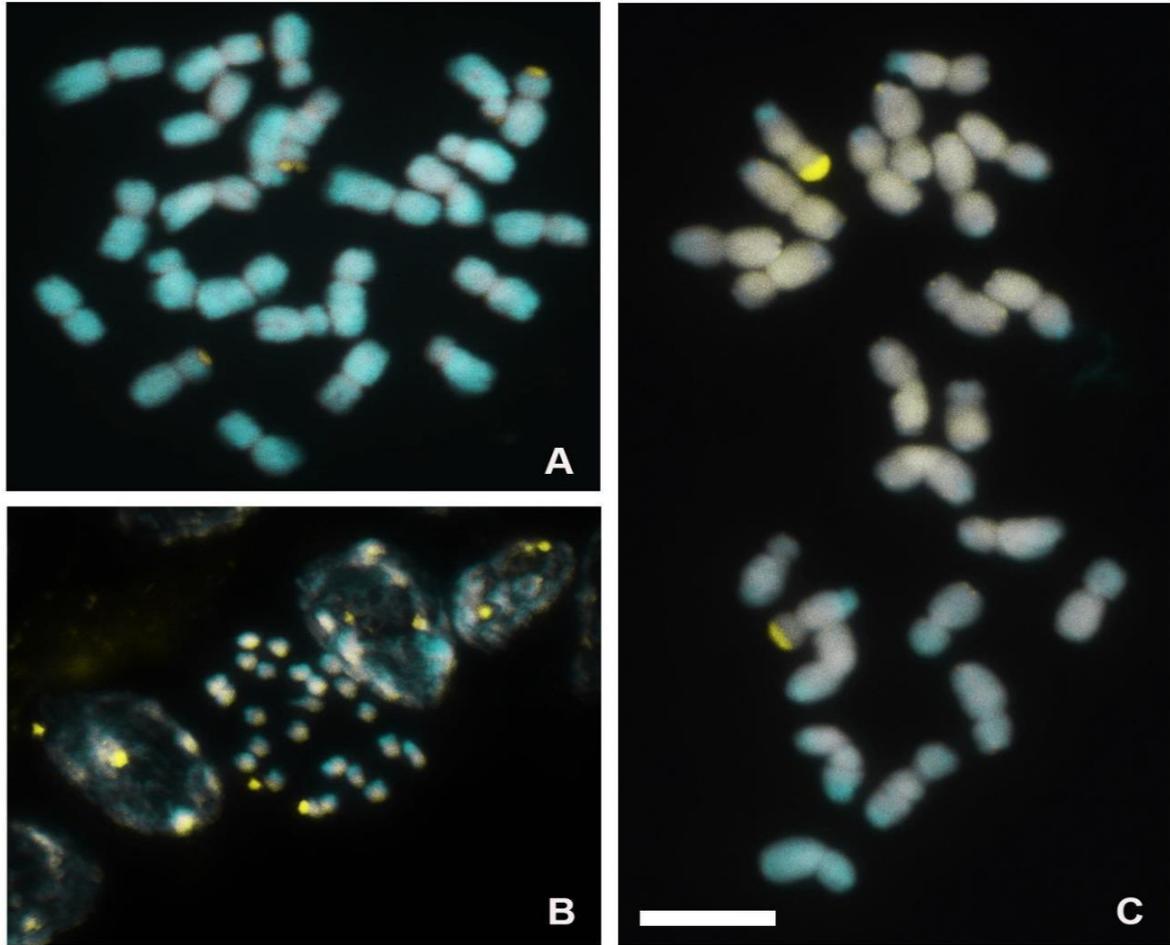
## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies analisadas neste estudo apresentaram número cromossômico  $2n = 24$  nos gêneros *Athenaea*, *Brunfelsia*, *Capsicum* e *Solanum*. Foi observada uma espécie poliploide a *Solanum hexandrum* com número cromossômico  $2n = 48$ . Foram identificados dois principais tipos de bandas através do bandeamento cromossômico: bandas CMA<sup>+</sup>/DAPI<sup>-</sup> e bandas DAPI<sup>+</sup>/CMA<sup>-</sup>. Em todas as espécies analisadas, foi notada a predominância de bandas terminais CMA<sup>+</sup>, variando apenas em número e forma, podendo ocorrer tanto como blocos heterocromáticos quanto puntiformes.

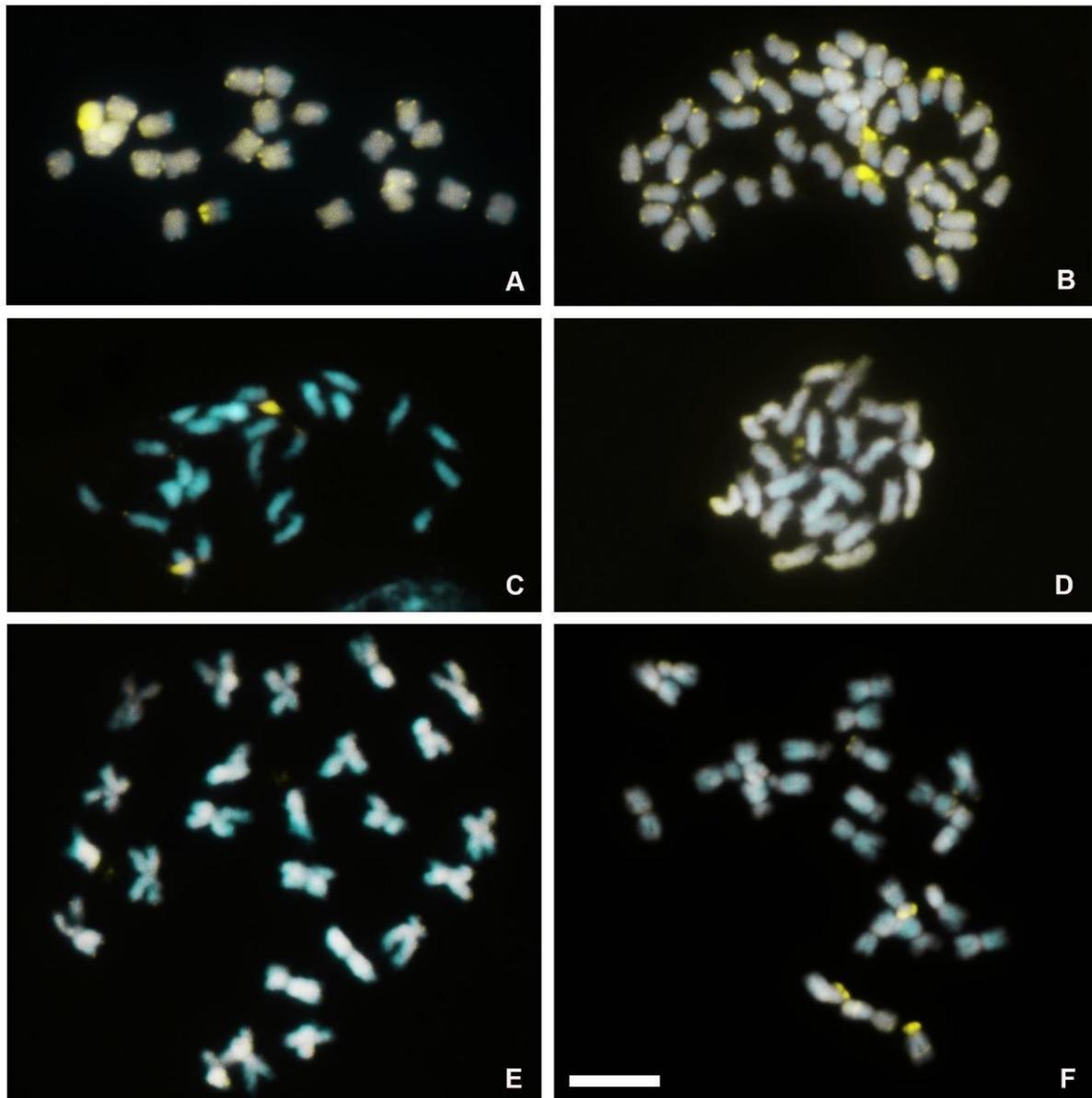
**Tabela 1:** Espécies da família Solanaceae analisadas por meio de dupla coloração com fluorocromos. gênero e espécie, local de coleta, coletor e número, contagens cromossômicas prévias (CP), números cromossômicos determinados no presente trabalho (PT), tipos de bandas CMA/DAPI.

Táxon	Local de coleta †	Coletor e número	CP* 2n	PT 2n	Bandas heterocromáticas		Figura
					CMA <sup>+</sup> /DAPI <sup>-</sup>	DAPI <sup>+</sup> /CMA <sup>-</sup>	
<b><i>Athenaea</i> Sendtn.</b>							
<i>A. fasciculata</i> (Vell.) I.M.C.Rodrigues & Stehmann	Taquaritinga do Norte - PE	LPF 15857	24	24	4 <i>t</i>	-	1A
<b><i>Brunfelsia</i> Plum. ex L.</b>							
<i>Brunfelsia</i> cf. <i>brasiliensis</i> (Spreng.) L.B.Sm. & Downs	Alto Paraíso - GO	JMPC 857	-	24**	2 <i>t</i>	ca. 22 <i>t</i>	1B
<b><i>Capsicum</i> L.</b>							
<i>Capsicum</i> sp.	Taquaritinga do Norte - PE	LPF 15863	-	24	2 <i>t</i> + ca. 10 <i>dt</i>	-	1C
<b><i>Solanum</i> L.</b>							
<i>S. hexandrum</i> Vell.	Caparaó - MG	EMA 1270	-	24**	2 <i>t</i> + ca. 22 <i>dt</i>	-	2A
<i>S. hexandrum</i> Vell.	Itaguaçu - ES	EMA 1320	-	48**	4 <i>t</i> + ca. 45 <i>dt</i>	-	2B
<i>S. paniculatum</i> L.	Buíque - PE	LPF 19571	24	24	2 <i>t</i>	-	2C
<i>S. paraibanum</i> Agra	Brejo da Madre de Deus - PE	LPF 17822	-	24	2 <i>t</i>	-	2D
<i>S. reflexiflorum</i> Moric. ex Dunal	Bonito - PE	LPF 18690	-	24	2 <i>t</i>	-	2E
<i>S. sycocarpum</i> Mart. & Sendtn.	Bezerros - PE	LPF 18736	-	24**	6 <i>t</i>	-	2F
<i>Solanum</i> sp.1	Bonito - PE	LPF 18655	-	24	2 <i>t</i> + 6 <i>dt</i>	-	3A
<i>Solanum</i> sp.2	Ibitirama - ES	EMA 1286	-	24	2 <i>t</i> + 6 <i>dt</i>	-	3B
<i>Solanum</i> sp.3	Poço Redondo - SE	JMPC 521	-	24	2 <i>t</i>	-	3C
<i>Solanum</i> sp. nv.	São Domingos do Cariri - PB	LPF 19722	-	24	2 <i>t</i>	-	3D

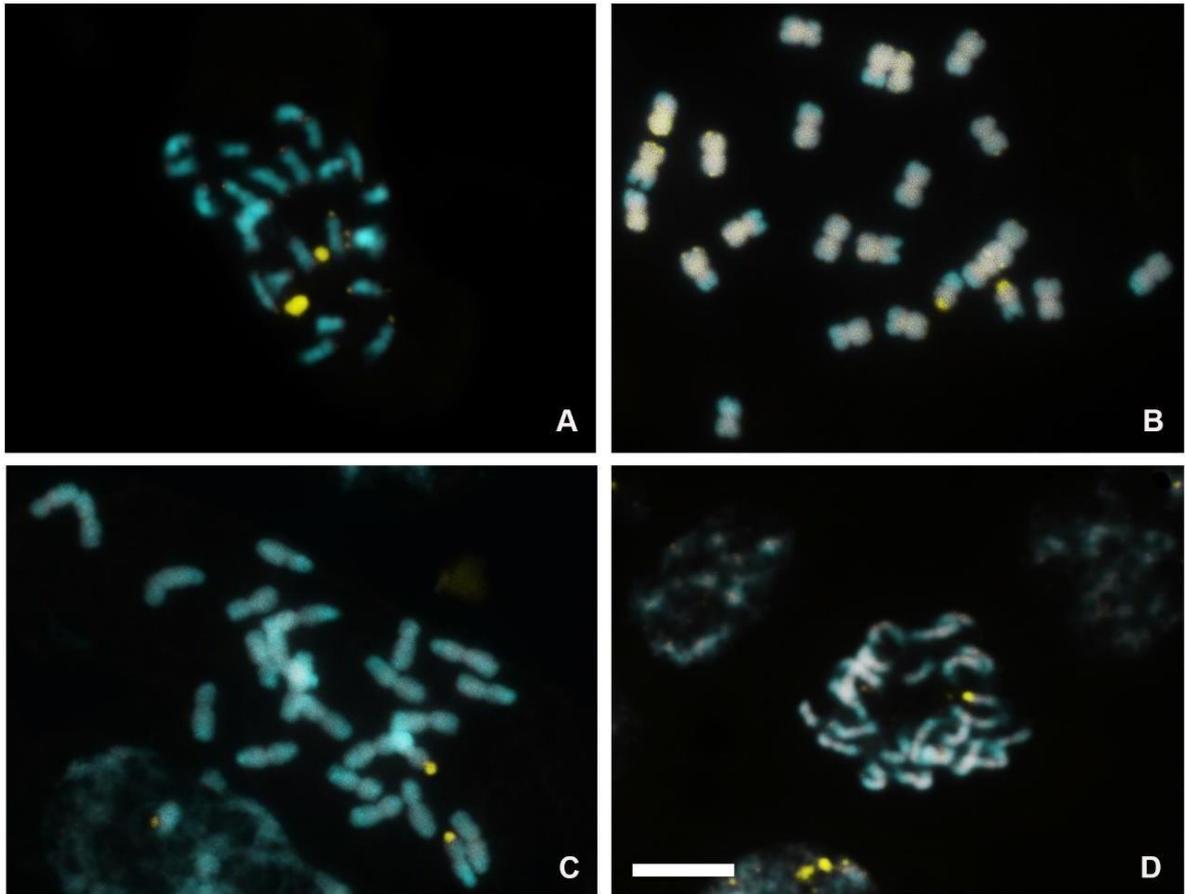
† Estados Brasileiros referentes aos locais de coleta: ES, Espírito Santo; GO, Goiás; MG, Minas Gerais; PB, Paraíba; PE, Pernambuco; SE, Sergipe. \*Fonte para as contagens cromossômicas prévias: Chromosome Counts Database (CCDB), 2017; \*\*Contagem inédita para a espécie. A posição das bandas nos cromossomos está abreviada como segue: *t* = terminais; *dt* = puntiformes.



**Figura 1:** Metáfases mitóticas coradas com os fluorocromos CMA (amarelo), DAPI (azul) e número cromossômico  $2n = 24$ . *Athenaea fasciculata* (A); *Brunfelsia* cf. *brasiliensis* (B) e *Capsicum* sp. (C). Barra em C corresponde a 10  $\mu\text{m}$ .



**Figura 2:** Metáfases mitóticas coradas com os fluorocromos CMA (amarelo) e DAPI (azul). *S. hexandrum* (A) com  $2n = 24$ ; *S. hexandrum* (B) com  $2n = 48$ ; *S. paniculatum* (C), *S. paraibanum* (D), *S. reflexiflorum* (E) e *S. sycocarpum* (F) com  $2n = 24$ . Barra em F corresponde a 10  $\mu\text{m}$ .



**Figura 3:** Metáfases mitóticas coradas com os fluorocromos CMA (amarelo) e DAPI (azul). *Solanum* sp1 (A); *Solanum* sp.2 (B); *Solanum* sp.3 (C) e *Solanum* sp. nv. (D) todas com  $2n = 24$ . Barra em D corresponde a 10  $\mu$ m.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, M. C.; BERNADELLO, G.; GUERRA, M. Karyotype analysis in several South American species of *Solanum* and *Lycianthes rantonnei* (Solanaceae). **Taxon**, v. 54, p. 713-723, 2005.
- ACOSTA, M. C.; ORDOÑEZ, A. D. V.; COCUCCI, A. A.; MOSCONE, E. A. Chromosome reports in South American Nicotianeae (Solanaceae) with particular reference to *Nierembergia*. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 93, p. 634–646, 2006.
- ACOSTA, M. C.; GUERRA, M.; MOSCONE, E. A. Karyological relationships among some South American species of *Solanum* (Solanaceae) based on fluorochrome banding and nuclear DNA amount. **Plant systematics and evolution**, v. 298, p. 1547-1556, 2012.
- ACOSTA, M. C.; MOSCONE, E. A.; COCUCCI, A. A. Using chromosomal data in the phylogenetic and molecular dating framework: karyotype evolution and diversification in *Nierembergia* (Solanaceae) influenced by historical changes in sea level. **Plant Biology**, v. 18, p. 514–526, 2016.
- AGRA, M. D. F.; NURIT-SILVA, K.; BERGER, L. R. Flora da Paraíba, Brasil: *Solanum* L. (Solanaceae). **Acta Botânica Brasileira**, v. 23, p. 826-842, 2009.
- ALMEIDA, B. M. et al. Pimentas *Capsicum* L.: aspectos botânicos, centro de origem, diversificação e domesticação, importância socioeconômica e propriedades terapêuticas (Parte 1). **As vicissitudes da pesquisa e da teoria nas ciências agrárias. Ponta Grossa (BR): Editora Atena**, p. 33-47, 2020.
- BADR, A. et al. Chromosomal criteria and taxonomic relationships in the Solanaceae. **Cytologia**, v. 62, n. 2, p. 103-113, 1997.
- BEDI, Y. S. In chromosome number reports LXXIII. **Taxon**, v. 30, p. 843, 1981.
- BEUZENBERG, E. J.; HAIR, J. B. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora—25 Miscellaneous species. **New Zealand of Botany**, v. 21, n. 1, p. 13-20, 1983.
- BOAVENTURA, Y. M. S.; PIEDADE, L. H. Floral Biology and Cytological Analysis of *Brunfelsia nitida* Benth. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Genética**, v. 16, p. 785-85, 1993.
- BRAMMER, S. P.; ZANOTTO, M.; CAVERZAN, A. Citogenética vegetal: da era clássica à molecular. **Embrapa Trigo. Documentos Online**, 2007.
- BRASILEIRO-VIDAL, A. C.; GUERRA, M. Citogenética molecular em cereais. **DE TRIGO (Triticum aestivum x Thinopyrum ponticum) COM**, p. 22, 2003.
- BRASILEIRO-VIDAL, A. C. et al. Different chromatin fractions of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and related species. **Micron**, v. 40, n. 8, p. 851-859, 2009.

- CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. **Embrapa Hortaliças, Brasília, (INFOTECA-E)**, p. 27. 2006.
- CHIARINI, F.; SCALDAFERRO, M.; ACOSTA, M. C. Recurrent Origin and Different Lineages of Ploidy in *Solanum elaeagnifolium*. In: **Cytogenetic and Genome Research**. Allschwilerstrasse 10, Ch-4009 Basel, Switzerland: Karger, p. 106-106. 2016.
- CHIARINI, F. E.; LIPARI, D.; BARBOZA, G. E.; KNAPP, S. IAPT/IOPB chromosome data 25. **Taxon**, v. 66, n. 5, p. 1246–1252, 2017.
- CHIARINI, F.; SAZATORNIL, F.; BERNARDELLO, G. Data reassessment in a phylogenetic context gives insight into chromosome evolution in the giant genus *Solanum* (Solanaceae). **Systematics and Biodiversity**, v. 16, p. 397–416, 2018.
- CHIES, T. T. S. et al. O estudo da biodiversidade e evolução vegetal através de marcadores de DNA e citogenética: exemplos em Iridaceae e Poaceae. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 279-293, 2014.
- CHEN, J. et al. Nuclear genome size estimation and karyotype analysis of *Lycium* species (Solanaceae). **Scientia horticulturae**, v. 151, p. 46-50, 2013.
- CUCO, S. M. et al. Técnicas para a obtenção de preparações citológicas com alta frequência de metáfases mitóticas em plantas: *Passiflora* (Passifloraceae) e *Crotalaria* (Leguminosae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 363-370, 2003.
- DAVIDSE, G. Chromosome numbers of miscellaneous angiosperms. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 68, n. 1, p. 222-224, 1981.
- D'ARCY, W. G. **The classification of the Solanaceae**. In: HAWKES, J. G.; LESTER, R. N.; SKELDING, A. D. (eds.), *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. Academic Press, London. Pages 3-47. 1979.
- D'ARCY, W. G. The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. **Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution**. London: Kew Royal Botanical Gardens; p. 75-137. 1991.
- DE OLIVEIRA, M. L. B. et al. Uso, classificação e diversidade de *solanum* L. (solanaceae). **Biodiversidade**, v. 19, n. 3, 2020.
- DEANNA, R. et al. Repeated evolution of a morphological novelty: a phylogenetic analysis of the inflated fruiting calyx in the Physalideae tribe (Solanaceae). **American Journal of Botany**, v. 106, n. 2, p. 270-279, 2019.
- DEANNA, R.; ACOSTA, M. C.; SCALDAFERRO, M.; CHIARINI, F. Chromosome Evolution in the Family Solanaceae. **Frontiers of Plant Science**, v. 12, p. 1-9, 2022.
- DUPIN, J.; MATZKE, N. J.; SÄRKINEN, T.; KNAPP, S.; OLMSTEAD, R. G.; BOHS, L.; SMITH, S. D. Bayesian estimation of the global biogeographical history of the Solanaceae. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 4, p. 887-899, 2017.

FILIPOWICZ, N.; RENNER, S. S. *Brunfelsia* (Solanaceae): A genus evenly divided between South America and radiations on Cuba and other Antillean islands. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. v. 64, p. 1-11. 2012.

GADELLA, T. W. J.; KLIPHUIS E.; LINDEMAN J. C.; MENNEGA E. A. Chromosome numbers and seedling morphology of some Angiosperms collected in Brazil. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 18, n. 1, p. 74-83, 1969.

GIACOMIN, L. L. **Estudos taxonômicos e filogenéticos de *Solanum* sect. *Gonatotrichum* Bitter (Solanoideae, Solanaceae) no Brasil**. 121f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2010.

GUERRA, M. A situação da citotaxonomia de Angiospermas nos trópicos e, em particular, no Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 4, p. 75-86. 1990.

GUERRA, M. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: Concepts and implications. **Cytogenetic and Genome Research**. V. 120, p. 339-350. 2008.

GUERRA, M. Cytotaxonomy: the end of childhood. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 146, n. 3, p. 703-710, 2012.

GUERRA, M. **Introdução à citogenética geral**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 142p.

GUERRA, M. Patterns of heterochromatin distribution in plant chromosomes. **Genetics and Molecular Biology**. V. 23, p. 1029-1041. 2000.

GUERRA, M.; SOUZA, M. J. **Como observar cromossomos**: Um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Recife: Funcec, 2002. 131p.

GUPTA, P. K.; TSUCHIYA, T. (Ed.). **Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution**. Newnes, 1991. 629p.

HOLMQUIST, G. The mechanism of C-banding: depurination and  $\beta$ -elimination. **Chromosoma**, v. 72, n. 2, p. 203-224, 1979.

JAMIL, I. et al. Phylogeny of solanaceae based on morphological and molecular data-useful approach for classification. **Pak. J. Bot**, v. 55, n. 2, p. 529-538, 2023.

JO, SH. et al. Evolution of ribosomal DNA-derived satellite repeat in tomato genome. **BMC Plant Biology**, v. 9, p. 1-14, 2009.

KNAPP, S. Floral diversity and evolution in the Solanaceae. **Developmental genetics and plant evolution**. Taylor and Francis, p. 267-297. 2002.

LEITCH, I. J.; BENNETT, M. D. Polyploidy in angiosperms. **Trends in Plant Science**, v. 2, n. 12, p. 470-476. 1997.

MELO, C. A. F. et al. Karyotype analysis for diploid and polyploid species of the *Solanum* L. **Plant Systematics and Evolution**, v. 293, p. 227-235, 2011.

- MESQUITA, A. T. **Estudos cromossômicos em 16 espécies pertencentes à família Solanaceae Juss.** 96f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2016.
- MESQUITA, A. T. et al. Diversidade no tamanho de genoma em Solanaceae Juss. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 38, n. 1supl, p. 155-155, 2017.
- MESQUITA, A. Teixeira et al. Chromosome number and genome size diversity in five Solanaceae genera. **Caryologia**, v. 72, n. 3, p. 105-115, 2019.
- MIGUEL, V.; ACOSTA, M. C.; MOSCONE, E. A. Karyotype analysis in two species of *Solanum* (Solanaceae) Sect. *Cyphomandropsis* based on chromosome banding. **New Zealand Journal of Botany**, v. 50, n. 2, p. 217-225, 2012.
- MOSCONE, E. A. et al. Giemsa C-banded karyotypes in *Capsicum* (Solanaceae). **Plant systematics and evolution**, v. 186, p. 213-229, 1993.
- MOSCONE, E. A. et al. The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a Cytogenetic Perspective. In: **VI International Solanaceae Conference: Genomics Meets Biodiversity** v. 745, p. 137–69. 2007.
- OLMSTEAD, R. G. et al. A molecular phylogeny of the Solanaceae. **Taxon**, v. 57, n. 4, p. 1159-1181, 2008.
- OLMSTEAD, R. G.; SWEERE, J. A.; SPANGLER, R. E.; BOHS, L.; PALMER, J. D. “**Phylogeny and provisional classification of the Solanaceae based on chloroplast DNA,**” in Solanaceae IV: advances in biology and utilization, eds M. Nee, D. E. Symon, R. N. Lester, and J. P. Jessop (Kew: Royal Botanic Gardens), p. 257–274, 1999.
- POZZOBON, M. T.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DE BEM BIANCHETTI, L. Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (Solanaceae) species: do  $x=12$  and  $x=13$  represent two evolutionary lines? **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 151, n. 2, p. 259-269, 2006.
- PLOWMAN, T. In IOPB chromosome number reports LXIII. **Taxon**, v. 28, p. 268–269, 1979.
- RAO, K. G. R.; HARINI, I.; KUMAR, O. A. Colchicine induced chromosome mosaicism in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). **Proceedings: Plant Sciences**, v. 97, p. 55-61, 1987.
- RAVEN, P. H. The bases of angiosperm phylogeny: cytology. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 62, p. 724–764, 1975.
- REGO, L. N. A. A.; DA SILVA, C. R. M.; TOREZAN, J. M. D.; GAETA, M. L.; LAFORGA VANZELA, A. L. Cytotaxonomical study in Brazilian species of *Solanum*, *Lycianthes* and *Vassobia* (Solanaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 279, p. 93–102, 2009.
- RENNY-BYFIELD, S.; WENDEL, J. F. Doubling down on genomes: polyploidy and crop plants. **American journal of botany**, v. 101, n. 10, p. 1711-1725, 2014.

- RICE, A.; GLICK, L.; ABADI, S.; EINHORN, M.; KOPELMAN, N. M.; SALMAN-MINKOV, A.; MAYZEL, J.; CHAY, O.; MAYROSE, I. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers. **New Phytologist**, 2014.
- RODRIGUES, I. M. da C.; KNAPP, S.; STEHMANN, J. R. Two new species of *Athenaea* Sendtn. (Solanaceae) from the Atlantic forests of south-eastern Brazil. **PhytoKeys**, v. 178, p. 1-15, 2021.
- RODRIGUES, I. M. C.; KNAPP, S.; STEHMANN, J. R. The nomenclatural re-establishment of *Athenaea* Sendtn. (Solanaceae) with a nomenclatural synopsis of the genus. **Taxon**, v. 68, n. 4, p. 839-846, 2019.
- ROHAMI, M. et al. Karyotype Analysis of several Ecotypes of *Capsicum annum* L. in Iran. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 38, n. 3, p. 177-180, 2010.
- SCHRANZ, M. E.; MOHAMMADIN, S.; EDGER, P. P. Ancient whole genome duplications, novelty and diversification: the WGD Radiation Lag-Time Model. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 15, 147–153, 2012.
- SCHWEIZER, D. Reverse fluorescent chromosome banding with chromomycin and DAPI. **Chromosoma**, v. 58, n. 4, p. 307-324, 1976.
- SOARES, E. L. C.; MENTZ, L. A. O gênero *Brunfelsia* L. (solanaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa, Botânica**, n. 58, p. 245-262, 2007.
- SOARES-SCOTT, M. D. et al. Citogenética clássica e molecular em passifloras. Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, p. 213-240, 2005.
- SOLANACEAE in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB225>>. Acesso em: 31 mai. 2023.
- STACE, C. A. Cytology and Cytogenetics as a Fundamental Taxonomic Resource for the 20th and 21st Centuries. **Taxon**. v. 49, p. 451-77, 2000.
- SULTANA, S. S.; ALAM, S. S. Differential fluorescent chromosome banding of *Solanum nigrum* L. and *Solanum villosum* L. from Bangladesh. **Cytologia**, v. 72, n. 2, p. 213-219, 2007.
- VAIO, M. et al. Multiple karyotype changes distinguish two closely related species of *Oxalis* (*O. psoraleoides* and *O. rhombeo-ovata*) and suggest an artificial grouping of section *Polymorphae* (Oxalidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 188, n. 3, p. 269-280, 2018.
- VAN DE PEER, Y.; ASHMAN, T. L.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. Polyploidy: an evolutionary and ecological force in stressful times. **Plant Cell**, v. 33, p. 11–26, 2021.
- ZAMBERLAN, P. M. **Estudos filogenéticos e filogeográficos nos gêneros *Athenaea sendtn.* e *Aureliana sendtn.* (Solanaceae)**. 118f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2012.